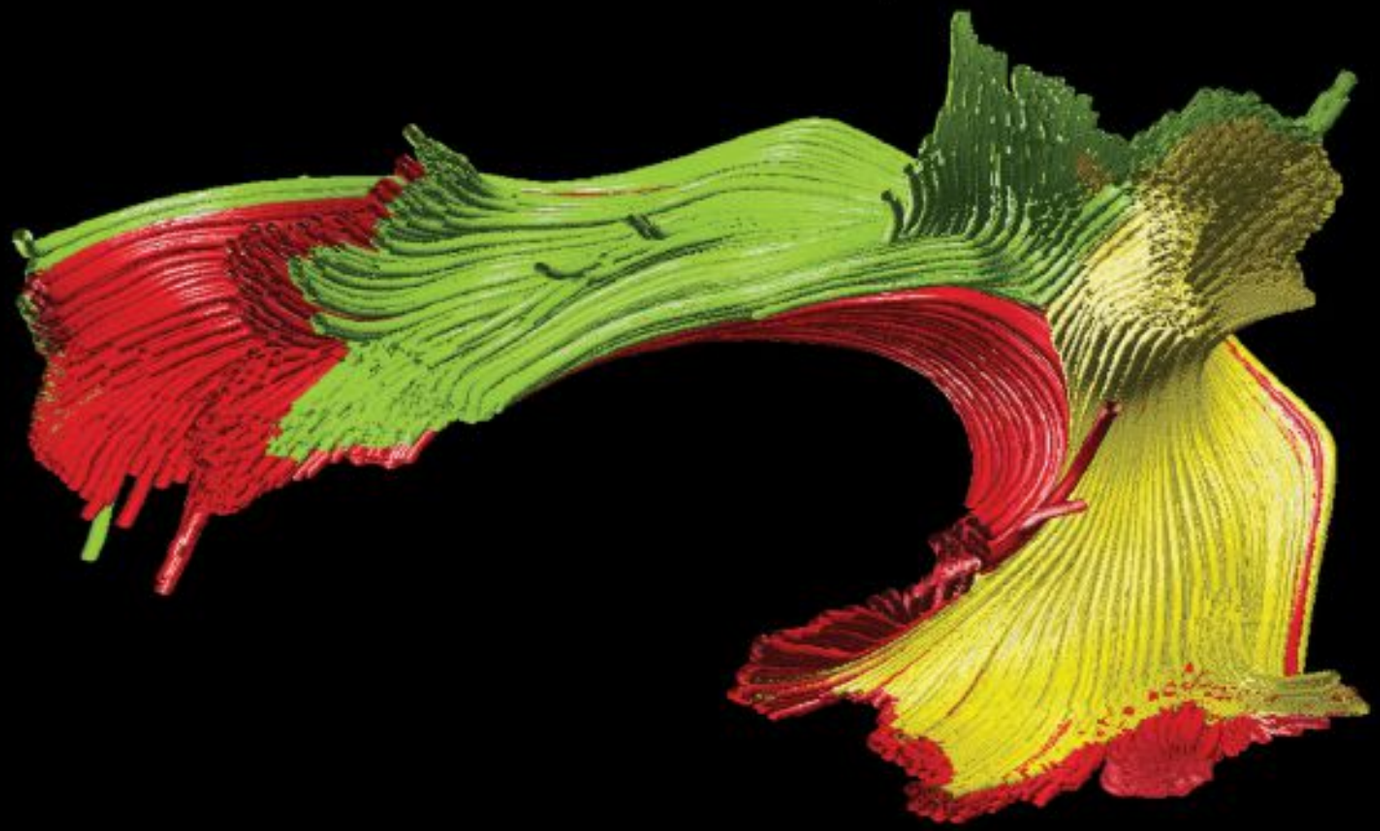
Expert CONSULT
CONTEÚDO ON-LINE EM PORTUGUÊS

Anatomia

A base anatômica da prática clínica



ANNIVERSARY EDITION
150 YEARS
One Hundred and Fiftieth Year

Tradução da 40ª edição

Editora Chefe
Susan Standring

GRAY'S Anatomia

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

40ª Edição

GRAY'S Anatomia

A Base Anatômica da Prática Clínica

EDITOR-IN-CHIEF

Susan Standring PhD, DSc, FKC
Emeritus Professor of Anatomy
King's College London
London, UK

Seção EDITORS

Neil R Borley FRCS, FRCS(Ed), MS
Consultant Colorectal Surgeon
Department of Gastrointestinal Surgery
Cheltenham General Hospital
Gloucestershire Hospitals NHS Trust
Cheltenham, UK

Patricia Collins PhD
Associate Professor of Anatomy
Anglo-European College of Chiropractic
Bournemouth, UK

Alan R Crossman PhD, DSc
Professor of Anatomy
Faculty of Life Sciences
The University of Manchester
Manchester, UK

Michael A Gatzoulis MD, PhD, FESC, FACC
Professor of Cardiology, Congenital Heart Disease;
Consultant Cardiologist, Adult Congenital Heart Centre and Centre for Pulmonary Hypertension
Royal Brompton Hospital, and the National Heart and Lung Institute, Imperial College
London, UK

Jeremiah C Healy MA, MB BChir, MRCP, FRCR
Consultant Radiologist
Chelsea and Westminster Hospital;
Honorary Senior Lecturer Imperial College
London, UK

David Johnson MA, BM BCh, DM, FRCS(Eng)
Consultant in Plastic, Reconstructive and Craniofacial Surgery
Department of Plastic and Reconstructive Surgery
Radcliffe Infirmary
Oxford, UK

Vishy Mahadevan PhD, FRCS(Ed), FRCS(Eng)
Professor of Surgical Anatomy and Barbers' Company Reader in Anatomy
Raven Department of Education
The Royal College of Surgeons of England
London, UK

Richard LM Newell BSc, MB BS, FRCS
Honorary Consultant Orthopaedic Surgeon
Royal Devon and Exeter Healthcare NHS Trust
Exeter, UK

Caroline B Wigley BSc, PhD
Senior Honorary University Teaching Fellow
College of Medicine and Dentistry Peninsula
Exeter, UK

CHURCHILL LIVINGSTONE
ELSEVIER

Do original: Gray's Anatomy
© 2008, Elsevier Limited
ISBN original: 978-0-8089-2371-8

Tradução autorizada do idioma inglês da edição publicada por Churchill Livingstone – um selo editorial Elsevier
© 2011 Elsevier Editora Ltda.
ISBN: 978-85-352-3439-8

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998.
Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Capa
Interface/Sergio Liuzzi

Editoração Eletrônica
Futura

Elsevier Editora Ltda.
Conhecimento sem Fronteiras

Rua Sete de Setembro, nº 111 – 16º andar
20050-006 – Centro – Rio de Janeiro – RJ

Rua Quintana, nº 753 – 8º andar
04569-011 – Brooklin – São Paulo – SP

Serviço de Atendimento ao Cliente
0800 026 53 40
sac@elsevier.com.br

Preencha a ficha de cadastro no final deste livro e receba gratuitamente informações sobre os lançamentos e promoções da Elsevier.
Consulte também nosso catálogo completo, os últimos lançamentos e os serviços exclusivos no site www.elsevier.com.br

NOTA

O conhecimento médico está em permanente mudança. Os cuidados normais de segurança devem ser seguidos, mas, como as novas pesquisas e a experiência clínica ampliam nosso conhecimento, alterações no tratamento e terapia à base de fármacos podem ser necessárias ou apropriadas. Os leitores são aconselhados a checar informações mais atuais dos produtos, fornecidas pelos fabricantes de cada fármaco a ser administrado, para verificar a dose recomendada, o método e a duração da administração e as contraindicações. É responsabilidade do médico, com base na experiência e contando com o conhecimento do paciente, determinar as dosagens e o melhor tratamento para cada um individualmente. Nem o editor nem o autor assumem qualquer responsabilidade por eventual dano ou perda a pessoas ou a propriedade originada por esta publicação.

O Editor

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

S789g

Standring, Susan

Gray's, anatomia / Susan Standring ; [tradução Denise Costa Rodrigues... et al.]. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2010.
il.

Tradução de: Gray's anatomy, 40th ed.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-352-3439-8

1. Anatomia humana. I. Gray, Henry, 1825-1861. II. Título.

10-2798

CDD: 612
CDU: 612

CÓPIA NÃO AUTORIZADA É CRIME
ABDR
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DIREITOS REPROGRÁFICOS
RESPEITE O DIREITO AUTORAL

REVISÃO CIENTÍFICA

Adilson Dias Salles (caps. 51 e 52)
Professor Adjunto do Programa de Graduação em Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Pesquisador do Departamento de Antropologia do Museu Nacional da UFRJ
Doutor em Medicina nas Áreas de Ortopedia e Traumatologia pela UFRJ
Mestre em Anatomia Humana pela UFRJ

Alexandre Leite Rodrigues de Oliveira (caps. 1, 2, 4 a 7, 42, 43, 80, 81 e 83)
Professor Associado do Departamento de Anatomia, Biologia Celular e Fisiologia e Biofísica do Instituto de Biologia da Universidade de Campinas (Unicamp), SP
Doutor em Biologia Celular e Estrutural do Departamento de Anatomia, Biologia Celular e Fisiologia do Instituto de Biologia da Unicamp

Andrea Monte Alto Costa (caps. 8 a 12)
Professora Adjunta do Departamento de Histologia e Embriologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Doutora em Ciências (Biologia Celular e Tecidual) pela Universidade de São Paulo (USP)

Carlos Romualdo Rueff Barroso (caps. 16, 17, 25, 32, 48 e 58)
Professor Adjunto do Departamento de Morfologia do Instituto Biomédico da Universidade Federal Fluminense (UFF), RJ
Doutor em Ciências (Biologia Humana e Experimental) pela UERJ
Mestre em Morfologia pela UERJ

Cristiane Regina Ruiz (caps. 26, 27, 36, 37, 39, 40, 45, 47, 49, 50, 53 a 56, 67 a 69, 79, 82 e índice)
Professora de Anatomia Humana e Anatomia em Imagens do Centro Universitário São Camilo, SP
Doutora em Ciências (Morfologia) pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp/EPM)
Mestre em Ciências (Morfologia) pela Unifesp/EPM

José Antonio Thomazini (caps. 46, 60 a 64, 71, 72, 74 e 77)
Professor Doutor do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP)

Luís Fernando Tirapelli (caps. 28 e 33)
Professor Doutor do Departamento de Anatomia Humana e Neuroanatomia Humana da FMRP-USP

Luiz Fernando Takase (caps. 30, 75 e 76)
Professor Adjunto do Departamento de Morfologia e Patologia no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Pós-doutorado no Programa de Neurociências no Departamento de Psicologia da Universidade de Princeton, EUA
Doutor e Mestre em Ciências Morfofuncionais pelo Departamento de Anatomia do ICB da USP

Marcelo Sampaio Narciso (caps. 59, 78 e 85)
Professor Adjunto do Programa de Graduação de Histologia do ICB da UFRJ
Doutor e Mestre em Ciências Morfológicas pelo Programa de Ciências Morfológicas (PCM) do ICB da UFRJ
Especialista em Histologia e Embriologia pela UERJ

Marcio Antonio Babinski (caps. 15, 18 a 24, 65 e 66)
Professor Adjunto Doutor do Departamento de Morfologia do Instituto Biomédico da UFF

Patricia Castelucci (caps. 73 e 84)
Professora Doutora do Departamento de Anatomia do ICB da USP
Professora Doutora, com Pós-doutorado no Department of Anatomy and Cell Biology da University of Melbourne, Austrália

Renato Paulo Chopard (caps. 29, 34, 35 e 44)
Doutor e Livre-docente do Departamento de Anatomia do ICB da USP

Sílvia de Campos Boldrini (caps. 31 e 70)
Professora Doutora do Departamento de Anatomia do ICB da USP

Silvia Lacchini (caps. 13, 14 e 57)
Professora Doutora do Departamento de Anatomia do ICB da USP
Pós-doutorado em Cardiologia Molecular pelo Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor-HC-FMUSP)
Doutora em Fisiologia Cardiovascular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Wilson de Mello Junior (caps. 3, 38 e 41)
Professor Adjunto do Departamento de Anatomia do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) - Botucatu, SP
Livre-docente em Anatomia Humana

TRADUÇÃO

Bruna Romana de Souza (caps. 9 e 10)
Professora Adjunta do Departamento de Biologia Animal do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Doutora em Biologia Humana e Experimental pela UERJ
Mestre em Morfologia pela UERJ

Carlos Romualdo Rueff Barroso (caps. 53 e 81)

Claudia Coana (caps. 8, 11, 12, 68 a 71 e índice)
Bacharel em Letras/Tradução pelo Centro Universitário Ibero-Americano (Unibero), SP

Cristiane Matsuura (cap. 45)
Professora Adjunta da Escola de Educação Física do Exército, RJ
Doutorado em Educação Física pela Universidade Gama Filho (UGF), RJ

Cristiane Regina Ruiz (caps. 17, 18, 20 e 43)

Denise Costa Rodrigues (caps. 25 a 35, 40 e 41)
Pós-graduada em Tradução pela Universidade de Franca (Unifran), SP
Bacharel em Tradução pela Universidade de Brasília (UnB), DF
Licenciada em Letras (Língua e Literatura Inglesas) pela UnB

Douglas Arthur Omena Futuro (caps. 44, 46, 47, 51, 52, 60, 84 e 85)
Médico Ortopedista, RJ

Fernanda Gurgel Zogaib de Almeida (caps. 79, 80 e 83)
Mestre em Ciências - Programa de Pós-Graduação em Biologia Humana e Experimental pela UERJ
Especialista em Anatomia Humana pela Universidade Estácio de Sá (Unesa), RJ
Graduada em Licenciatura Plena em Educação Física e Desportos pela UERJ

Fernando Diniz Mundim (caps. 15, 16, 42 e 57)
Professor Adjunto do Instituto de Psiquiatria da UFRJ

Marcela Otranto de Souza e Mello (cap. 14)
Doutoranda em Biologia Humana Experimental pela UERJ
Mestre em Ciências (Biologia Humana Experimental) pela UERJ

Marcelo Sampaio Narciso (caps. 13, 19, 21 a 24, 54 a 56, 58, 59, 61 a 67, 72, 73, 76 a 78 e 82)

Nelson Gomes de Oliveira (caps. 1 a 7, 36 a 39, 48 a 50)
Médico do Trabalho da Petrobras (aposentado)

Thiago da Silva Torres (caps. 74 e 75)
Professor Substituto do Departamento de Anatomia Humana do Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes da UERJ
Doutorando em Biologia Humana e Experimental pela UERJ
Mestre em Morfologia pela UERJ

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

COLABORADORES

Michael A Adams BSc, PhD
Reader in Spine Biomechanics
Department of Anatomy
University of Bristol
Bristol, UK

Andrew Amis PhD, DSc(Eng), FIMechE
Professor of Orthopaedic Biomechanics
Imperial College London
London, UK

Robert H Anderson BSc, MD, FRCPath
Formerly Professor of Paediatric Cardiac Morphology
Institute of Child Health
University College
London, UK;
Professor of Paediatrics
Medical University of South Carolina
Charleston, South Carolina, USA

Tipu Aziz BSc, MBBS, MD, FRCS, FRCS(SN), DMedSci
Professor of Neurosurgery
University of Oxford
Oxford, UK

Timothy J Beale MBBS FRCS FRCR
Consultant Radiologist
Royal National Throat Nose and Ear Hospital
London, UK

Sue M Black OBE, BSc, PhD, DSc, FRSE, Hon FRCPS (Glasg)
Professor, Head of Anatomy and Human Identification
College of Life Sciences
University of Dundee
Dundee, UK

Nikolai Bogduk BSc (Med), MB BS, PhD, MD, DSc, DipAnat, Dip Pain Med, FAFRM, FAFMM, FFPM(ANZCA)
Professor of Pain Medicine
University of Newcastle
Newcastle, New South Wales, Australia

Peter R Braude PhD, FRCOG, FMedSci
Professor and Head of Department of Women's Health
King's College London;
Honorary Consultant in Reproductive Medicine,
Guy's and St Thomas' Foundation Trust
London, UK

Jonathan L Brown MA, MSc, MD, FRCP, DTMH
Professor and Consultant Physician and Gastroenterologist,
Gloucestershire Hospitals NHS Trust
Gloucester, UK

Anthony Bull BEng, DIC CEng, PhD, FIMechE
Reader in Musculoskeletal Mechanics
Department of Bioengineering
Imperial College London
London, UK

Andrew Bush MB BS (Hons), MA MD FRCP, FRCPCH
Professor of Paediatric Respirology
Department of Paediatric Respiratory Medicine
Imperial College and Royal Brompton Hospital
London, UK

Declan JP Cahill BSc, MSc, FRCS (Urol)
Consultant Urologist
Department of Urology
Guy's and St Thomas' NHS Trust
London, UK

Cécile Chalouni PhD
Technical Director and Associate Research Scientist in Cell Biology
Department of Cell Biology
Ludwig Institute for Cancer Research
Yale University School of Medicine
New Haven, CT, USA

Ashish Chandra FRCPath, DipRCPath (Cyto)
Consultant Histopathologist
Guy's and St. Thomas' Hospital NHS Foundation Trust
London, UK

Roger Chinn MB BS, MRCP, FRCR
Consultant Radiologist
Department of Radiology
Chelsea and Westminster NHS Foundation Trust
London, UK

Bodo E A Christ MD, PhD, h.c.
Professor, Director of the Institute of Anatomy and Cell Biology
University of Freiburg
Freiburg, Germany

Alfred Cutner MD, FRCOG
Consultant Gynaecologist
Department of Obstetrics and Gynaecology
University College London Hospitals
London, UK

Catriona L Davies MB BS, MRCP, FRCR
Consultant Radiologist
Chelsea and Westminster Hospital
London, UK

Patricia Dolan BSc, PhD
Reader in Biomechanics
Department of Anatomy
University of Bristol
Bristol, UK

Ronald H Douglas BSc, PhD
Professor of Visual Science
Department of Optometry and Visual Science
City University
London, UK

Justin A Durham BDS, MFDS, RCS (Ed), FHEA
Clinical Fellow and Honorary Specialist Registrar in Oral Surgery
School of Dental Sciences
Newcastle University
Newcastle, UK

William C Earnshaw PhD, FRSE
Professor and Wellcome Trust Principal Research Fellow
Wellcome Trust Centre for Cell Biology
University of Edinburgh
Edinburgh, UK

David M Evans FRCS
Consultant Hand Surgeon
Clinical Director
The Hand Clinic
Windsor, UK

Paul A Felts PhD
Senior Lecturer
Centre for Anatomy and Human Identification
University of Dundee
Dundee, UK

Alex Freeman MSc, MBBS, MD, MRCPath
Consultant Urological Pathologist
University College London Hospitals NHS Foundation Trust
London, UK

David Furness PhD
Reader in Auditory Neuroscience
MacKay Institute of Communication and Neuroscience
The School of Life Sciences Keele University
Keele, UK

Andrew JT George MA, PhD, FRCPath, FRSA
Professor of Molecular Immunology
Department of Immunology
Division of Medicine
Faculty of Medicine
Imperial College London
London, UK

Jonathan M Glass BSc, MB BS, FRCS (Urol)
Urologist
Department of Urology
Guy's and St Thomas' Hospitals
London, UK

Michael Gleeson MD, FRCS
Consultant Otolaryngologist and Skull Base Surgeon to Guy's, Kings and St. Thomas' Hospitals, London;
Professor of Skull Base Surgery
National Hospital for Neurology and Neurosurgery, London;
Honorary Skull Base Surgeon to the Great Ormond Street Hospital for Sick Children
London, UK

David J A Goldsmith MA, FRCP
Consultant Nephrologist
Kidney Unit
Guy's Hospital
London, UK

Anthony Graham BSc (Hons), PhD
Professor of Developmental Biology
MRC Centre for Developmental Neurobiology and Division of Anatomy and Human Sciences
School of Biomedical and Health Sciences
Guy's Campus
King's College London
London, UK

Paul D Griffiths MB ChB, PhD, FRCR
Professor of Radiology
Academic Unit of Radiology
Division of Clinical Science
University of Sheffield
Sheffield, UK

Gerald PH Gui MS, FRCS, FRCS(Ed)
Consultant Surgeon
Academic Surgery (Breast Unit)
Royal Marsden NHS Foundation Trust
London, UK

Chinmay M Gupte FRCS(Tr & Orth), PhD, MA (Oxon), MRCS
Specialist Registrar
St Mary's Hospital and North West Thames
London, UK

Carole M Hackney BSc (Hons), PhD
Professor of Auditory Neuroscience
MacKay Institute of Communication and Neuroscience
School of Life Sciences
Keele University
Keele, UK

Peter A Helliwell FIBMS, CSci, CBA, Cert Ed
Chief Scientist and Manager
Molecular and Cell Biology Unit
Department of Cellular Pathology
Royal Cornwall Hospital
Truro, UK

John M Hutson AO
Professor of Paediatric Surgery
University of Melbourne
Department of Urology
Royal Children's Hospital
Parkville, Australia

Alan Jackson BSc (Hons), PhD, MRCP, FRCR, FRCP
Professor of Radiology Imaging Science and Biomedical Engineering
Wolfson Molecular Imaging Centre
The University of Manchester
Manchester, UK

Bruce W Jafek MD, FACS, FRSM
Professor and Former Chairman (1976–1998)
Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery
University of Colorado School of Medicine
Denver, Colorado, USA

Eric R Jauniaux MD, PhD, MRCOG
Professor and Consultant in Materno-Fetal Medicine
Department of Obstetrics and Gynaecology
University College London Medical School,
London, UK

Jonathan C Kentish MA, PhD
Professor of Cellular Cardiology
Cardiovascular Division
King's College London
London, UK

Aadil A Khan BM BCh, MPH, MRCS(Eng)
Speciality Trainee in Plastic Surgery
Oxford Region
UK

Nasir Khan MBBS, MRCP, FRCR
Consultant Radiologist
Chelsea and Westminster Hospital;
Royal Marsden Hospital
London, UK

W Niall A Kirkpatrick BDS, MB BS, MD, FRCS, FRCS(Plast)
Consultant Craniofacial Plastic Surgeon
Craniofacial Unit
Chelsea and Westminster Hospital
London, UK

John G Lawrenson BSc, PhD, MCOptom
Professor of Clinical Visual Science
Department of Optometry and Visual Science
City University
London, UK

Justin Lee BSc, MBBS, MRCS(Eng), FRCR
Consultant Radiologist
Department of Radiology
Chelsea and Westminster Hospital
London, UK

David Lowe MD, FRCS, FRCPath, FIBiol
Consultant Histopathologist
The London Clinic
London, UK

Andres Lozano MD, PhD, FRCSC
Professor, Division of Neurosurgery
University of Toronto
Toronto, Ontario, Canada

Joseph Mathew MBBS, FMCPath, FRCPath, CertTLHE, PGCE, CertBusStud, FHEA
Consultant in Histopathology
Department of Histopathology
Royal Cornwall Hospitals Trust
Truro, UK

Stephen McHanwell BSc, PhD
Professor of Anatomical Sciences
School of Dental Sciences
The Dental School
Framlington Place
Newcastle-Upon-Tyne, UK

Mary-Clare C Miller MA (Cantab), MB BS, MRCS (Eng)
Specialty Registrar in Plastic Surgery
London Deanery
London, UK

Sukhbinder Minhas MD, FRCS (Urol)
Consultant Uro-andrologist and Senior Lecturer
The Institute of Urology
University College Hospital
London, UK

Zoltán Molnár MD, DPhil
Professor of Developmental Neuroscience
Department of Physiology, Anatomy and Genetics
University of Oxford
Oxford, UK

Michael Monteiro BDS, FDSRCS, MB BCH, MRCS
Specialist Registrar
Department of Oral and Maxillofacial Surgery
Brighton and Sussex University Hospitals NHS Trusts
Brighton, UK

Louise A Moore MB ChB, Dip Paeds, FRANZCR
Consultant Radiologist
Department of Radiology
Tauranga Hospital
Tauranga, New Zealand

Antoon FM Moorman PhD
Professor of Embryology and Molecular Biology of Cardiovascular Diseases
Head, Department of Anatomy and Embryology
Academic Medical Center
Amsterdam, The Netherlands

Gillian M Morriss-Kay BSc (Hons), PhD,DSc
Professor Emeritus
Department of Physiology, Anatomy and Genetics
University of Oxford
Oxford, UK

Timothy AJ Mould MA (Oxon), DM (Oxon), FRCOG
Consultant Gynaecological Oncologist
University College London Hospitals Gynaecological Cancer Centre
University College London Hospitals
London, UK

Jagdeep Nanchahal BSc, PhD, MBBS, FRCS(plast), FRACS
Professor of Hand, Plastic and Reconstructive Surgery
Kennedy Institute of Rheumatology and Charing Cross Hospital
Imperial College
London, UK

David Neary MD, FRCP
Professor of Neurology
The Greater Manchester Neuroscience Centre
Salford Royal Hospital
University of Manchester
Manchester, UK

Niri S Niranjan MBBS,LRCP, MS, FRCS, FRCS(Plast), FRCS Ed, FRCS Eng
Consultant Plastic, Reconstructive and Cosmetic Surgeon
St. Andrew's Centre for Burns and Plastic Surgery
Broomfield Hospital
Chelmsford, UK

Simon Padley BSc, MBBS, FRCP, FRCR
Consultant Radiologist,
Royal Brompton and Harefield NHS Trust
Honorary Senior Lecturer
Imperial College Medical School
London, UK

Pranav P Pandya BSc, MRCOG, MD
Consultant and Honorary Senior Lecturer in Fetal Medicine and Obstetrics
Institute for Women's Health
Department of Obstetrics and Gynaecology
University College London Hospitals
London, UK

Terence A Partridge BSc, PhD, FMed.Sci
Research Faculty
Research Center for Genetic Medicine
Children's National Medical Center
Washington, DC, USA

Hannes Petersen MD, PhD
Head of Department and Associate Professor
Department of Anatomy and Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery
University of Iceland and Landspitali University Hospital,
Reykjavik, Iceland

Raj Prasad MS, MCh, FRCS
Consultant Surgeon
Hepatobiliary and Transplant Unit
St James's University Hospital
Leeds, UK

Donald J Reid PhD
Lecturer in Oral Anatomy
The Dental School
School of Dental Sciences
Newcastle-Upon-Tyne, UK

Patricia A Reynolds BDS, MBBS, MAODE(Open), PhD, FDSRCS(Eng)(Edin)
Professor of Dental Education
King's College London Dental Institute
London, UK

Paul D Robinson PhD, MBBS, BDS, FDSRCS
Oral and Maxillofacial Surgeon (Retired from)
Department of Maxillofacial Surgery
King's College London Dental Institute
London, UK

Pallav L Shah MD, MBBS, FRCP
Consultant Physician
Royal Brompton Hospital
London, UK

Jane Sowden PhD
Senior Lecturer
Developmental Biology Unit
University College London Institute of Child Health
University College London
London, UK

Jonathan Spratt BA, MB BChir, MA (Cantab), FRCS(Eng), FRCS(Glasg), FRCR
Consultant Clinical Radiologist
University Hospital of North Durham;
Visiting Professor of Radiology
University of Wisconsin
Madison, USA;
Visiting Fellow in Anatomy
University of Northumbria
Newcastle, UK

Cheryll Tickle MA, PhD
Foulerton Research Professor of the Royal Society
Department of Biology and Biochemistry
University of Bath,
Bath, UK

Graham Tytherleigh-Strong MB BS, FRCS (Orth), FFESM (UK), DSportMed
Consultant Orthopaedic Surgeon
Division of Orthopaedics
Addenbrooke's Hospital
Cambridge University Teaching Hospital Trust
Cambridge, UK

Bart Wagner BSc, CSci, FIBMS
Chief Biomedical Scientist
Regional Electron Microscopy Unit
Histopathology Department
Northern General Hospital,
Sheffield, UK

Jeremy PT Ward BSc, PhD
Head of Department of Physiology and Professor of Respiratory Cell Physiology
Division of Asthma Allergy and Lung Biology
King's College London
London, UK

Ming Zhang MB(Anhui), MMed (Anhui), PhD(Otago)
Senior Lecturer of Clinical Anatomy
Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand

REVISORES

Andrew Amis PhD, DSc (Eng), FIMechE
Professor of Orthopaedic Biomechanics
Imperial College London
London, UK

Anthony Bull BEng, DIC CEng, PhD, FIMechE
Reader in Musculoskeletal Mechanics
Department & Bioengineering
Imperial College London
London, UK

Robert F Brooks BSc, PhD
Senior Lecturer
Department of Anatomy and Human Sciences
School of Biomedical and Health Sciences
King's College London
London, UK

Michael Gleeson MD, FRCS
Consultant Otolaryngologist and Skull Base Surgeon to Guy's, Kings and St Thomas' Hospitals, London
Professor of Skull Base Surgery, National Hospital for Neurology and Neurosurgery London, UK
Honorary Skull Base Surgeon to the Great Ormond Street Hospital for Sick Children
London, UK

Chinmay M Gupte FRCS (Tr&Orth), PhD, MA(Oxon), MRCS
Specialist Registrar
St Mary's Hospital and North West Thames
London, UK

Peter Goldstraw FRCS
Consultant Thoracic Surgeon
Department of Thoracic Surgery
Royal Brompton Hospital
London, UK

John Granton MD, FRCPC
Associate Professor of Medicine
Director, Pulmonary Hypertension Program
University Health Network Director
Toronto General Hospital
Toronto, Ontario, Canada

Siew Yen Ho PhD, FRCPath
Reader and Honorary Consultant
Head of Cardiac Morphology
National Heart and Lung Institute
Imperial College London
Royal Brompton and Harefield NHS Trust
London, UK

Nick Jones MB, BDS, FRCS, FRCS (Oto)
Consultant Otorhinolaryngologist,
Division of Otorhinolaryngology,
School of Medical and Surgical Science,
The University of Nottingham
Nottingham, UK

Mark R Johnson MBBS, PhD, MRCP, MRCOG
Reader in Obstetrics, Imperial College;
Consultant Obstetrician and Obstetric Physician
Department of Obstetrics and Gynaecology
Chelsea and Westminster Hospital
London, UK

E Birgitte Lane PhD, FRSE, FMedSci
Professor and Executive Director
A*STAR Institute of Medical Biology
Singapore

Roger J Morris
Head of the School of Health and Life Sciences
King's College London
Guy's Campus
London, UK

Andrew G Nicholson MD, MRCPath
Professor and Consultant Histopathologist
Royal Brompton Hospital
London, UK

Koichiro Niwa MD, PhD, FACC
Director Departments of Adult Congenital Heart Disease and Paediatric Cardiology
Chiba Cardiovascular Center
Chiba, Japan

Jaideep J Pandit MA, BM, DPhil, FRCA
Consultant Anaesthetist and Fellow of St John's College
Nuffield Department of Anaesthetics
John Radcliffe Hospital
Oxford, UK

John Pepper MChir, FRCS
Professor of Cardiac Surgery
Imperial College School of Medicine
London, UK

Michael I Polkey MB ChB, FRCP
Professor of Respiratory Medicine
Royal Brompton Hospital and National Heart and Lung Institute
London, UK

Darryl Shore FRCS
Consultant Cardiac Surgeon
Director of Paediatric and Adult Congenital Surgery
Royal Brompton and Harefield NHS Trust
London, UK

Christos Tolias MBBS, PhD, FRCS(Engl), FRCS(SN)
Consultant Neurosurgeon and Honorary Senior Lecturer
Department of Neurosurgery
Kings College Hospital
London, UK

Giles Toogood MA DM FRCS
Consultant Hepatobiliary Surgeon
Hepatobiliary and Transplant Unit
St James's University Hospital
Leeds, UK

Eleftherios Tsiridis MD, MSc, PhD, FRCS
Consultant Orthopaedic and Trauma Surgeon
Academic Orthopaedic Unit
Leeds General Infirmary and Chapel Allerton
Leeds Teaching Hospitals
Leeds, UK

Graham Tytherleigh-Strong MB BS, FRCS(Orth), FFESM (UK), DSportMed
Consultant Orthopaedic Surgeon
Division of Orthopaedics
Addenbrooke's Hospital
Cambridge University
Teaching Hospital Trust
Cambridge, UK

Anselm Uebing MD
Fellow in Adult Congenital Heart Disease
Adult Congenital Heart Centre
Royal Brompton Hospital
London, UK

Hideki Uemura MD, FRCS
Consultant Cardiac Surgeon
Department of Cardio-thoracic Surgery
Royal Brompton Hospital
London, UK

Christopher R Weatherley MD, FRCS, FRCSEd, FRCSEd (Orth)
Consultant Spinal Surgeon
Princess Elizabeth Orthopaedic Centre
Royal Devon and Exeter Hospital
Exeter, UK

Gary D Webb MD, FRCP(C)
Director, Philadelphia Adult Congenital Heart Center
Philadelphia, Pennsylvania, USA

Roy O Weller BSc, MD, PhD, FRCPath
Emeritus Professor of Neuropathology
Clinical Neurosciences
University of Southampton School of Medicine
Southampton, UK

REVISORES INTERNACIONAIS

Masood Ahmed MBBS, MS
Professor, Department of Anatomy
Baqai Medical University
Karachi, Pakistan

Sadakazu Aiso MD, PhD
Professor, Department of Anatomy
Keio University
School of Medicine
Keio, Japan

Saad Al-Ali MB ChB, PhD
Senior Lecturer
Department of Anatomy with Radiology
University of Auckland
Auckland, New Zealand

PD Athavia MB BS, MS, DHA, DHRD
Professor and Head
Department of Anatomy
Lokmanaya Tilak Municipal Medical College
Sion Hospital
Mumbai, India

Brion Benninger MD, MS
Clinical Anatomy Directer
Departments of Surgery, Oral Maxillofacial Surgery and Integrated Biosciences
Oregon Health and Science University
Oregon, USA

Rolfe Birch MChir, FRCS
Consultant Orthopaedic Surgeon
Peripheral Nerve Injury Unit
Royal National Orthopaedic Hospital
Stanmore, UK

Phil Blyth PhD
Lecturer in Anatomy
Department of Anatomy with Radiology
University of Auckland
Auckland, New Zealand

Chris Briggs Dip Ed, BSc, MSc, PhD
Associate Professor
Department of Anatomy and Cell Biology
University of Melbourne
Melbourne, Australia

Stuart Bunt MA, DPhil (Oxon)
Professorial Fellow
School of Anatomy and Human Biology
University of Western Australia
Perth, Australia

Robert Callister PhD
Professor of Anatomy
School of Biomedical Sciences
University of Newcastle
Newcastle, Australia

John Corson MD
Professor of Surgery
University of New Mexico;
Chief of Surgery
New Mexico Veterans Administration Center
Albuquerque, New Mexico, USA

Richard Drake PhD
Director of Anatomy and Professor of Surgery
Cleveland Clinic
Lerner College of Medicine
Case Western Reserve University
Cleveland, Ohio, USA

Norman Eizenberg MBBS
Senior Lecturer
Department of Anatomy and Cell Biology
The University of Melbourne
Melbourne, Australia

Harold Ellis CBE, Mch, FRCS
Emeritus Professor of Surgery
Department of Anatomy and Human Sciences
Biomedical and Health Sciences
King's College London
London, UK

Darrell JR Evans PhD
Professor of Developmental Tissue Biology
Department of Anatomy
Brighton and Sussex Medical School
Brighton, UK

Richard Faull BMed Sc, MB ChB, PhD, DSc, FRSNZ
Professor of Anatomy
Department of Anatomy with Radiology
University of Auckland
Auckland, New Zealand

Mark K Ferguson MD
Professor of Surgery
University of Chicago
Chicago, USA

David Green BSc (Hons), PhD (Cantab)
Professor, Head of Department
Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand

Rod Green BSc (Hons), DipEd, MSc, PhD
Senior Lecturer and Anatomy Discipline Coordinator
School of Human Biosciences
La Trobe University
Bundoora, Australia

JP Gunasegaran MSc PhD(Anat)
Professor, Department of Anatomy
Rajah Muthiah Medical College
Annamalai University
Chidambaram, India

Nobutaka Hirokawa MD, PhD
Professor, Department of Cell Biology and Anatomy
Graduate School of Medicine
University of Tokyo
Tokyo, Japan

Cynthia Jensen PhD
Head of Department of Anatomy with Radiology and Associate Professor
University of Auckland
Auckland, New Zealand

D Gareth Jones CNZM, BSc(Hons), MBBS(Lond), MD(Otago), DSc(W Aust), CBiol, FIBiol
Professor, Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand

John Paul Judson MBBS, MS, DHA
Associate Professor of Anatomy and Head of Human Biology Department
International Medical University
Kuala Lampur, Malaysia

Yogendra Kumar Kadian MD
Associate Professor and Head
Department of Anatomy
Sikkim Manipal Institute of Medical Sciences
Sikkim, India

Mitsuhiro Kawata MD
Professor, Department of Anatomy and Neurobiology
Kyoto Prefectural University of Medicine
Kyoto, Japan

Jeffrey Kerr PhD
Associate Professor
Anatomy and Developmental Biology
Monash University
Victoria, Australia

Rachel Koshi MBBS, MS, PhD
Professor of Anatomy in Surgery
Weill Cornell Medical College in Qatar
Doha, Qatar

Ashwin Kumaria BSc (Hons)
Research Associate
Department of Neurosurgery
Kings College Hospital
London, UK

Nancy M Major MD
Associate Professor Radiology and Surgery, Biological Anthropology and Anatomy
Musculoskeletal Division
Director Medical Student Radiology
Duke University Medical Center
Durham, USA

Robert Mansel MS, FRCS
Professor of Surgery
University Department of Surgery
Cardiff University
University Hospital of Wales
Cardiff, UK

Keith Moore PhD, FIAC, FRSM, FAAA
Professor Emeritus
Department of Surgery, Faculty of Medicine
Division of Anatomy
University of Toronto
Toronto, Ontario, Canada

REVISORES INTERNACIONAIS

Tim O'Brien MA, DM, FRCS (Urol)
Consultant Urological Surgeon
Department of Urology
Guy's and St Thomas's NHS Trust
London, UK

Ronan O'Rahilly MD, DSc, Dr hc
Professor Emeritus
Faculty of Medicine
University of California
Davis, California, USA

TH Quinn PhD
Professor of Anatomy and Surgery
Creighton University School of Medicine
Omaha, Nebraska, USA

John Reynard DM, MA, FRCS (Urol)
Consultant Urological Surgeon
Nuffield Department of Surgery
University of Oxford
Oxford, UK

Sue Runciman BSc, PhD, DipEd
Senior Lecturer
Department of Anatomy and Histology
Flinders University
Adelaide, SA, Australia

Ashok Sahai BSc, MBBS, MS (Anat)
Professor and Head
Department of Anatomy
CSM Medical University (Upgraded King George's Medical College)
Lucknow, India

Tatsuo Sakai DMedSci
Professor, Department of Anatomy
School of Medicine
Juntendo University
Tokyo, Japan

Sujatha Salgado MBBS, MPhil
Senior Lecturer
Department of Anatomy
Faculty of Medicine
University of Kelaniya
Ragama, Sri Lanka

John H Shepherd FRCS, FRCOG, FRACOG
Professor of Surgical Gynaecology
St Bartholomew's Hospital;
Consultant Surgeon
Royal Marsden Hospital
London, UK

Yosaburo Shibata DMedSci, PhD
Professor, Department of Developmental Molecular Anatomy
Graduate School of Medical Sciences
Kyushu University
Fukuoka, Japan

Kohei Shiota MD, PhD
Professor and Chairman
Department of Anatomy and Developmental Biology
Director, Congenital Anomaly Research Center
Kyoto University Graduate School of Medicine
Kyoto, Japan

Fiona Stewart MBBS, BSc
Associate Professor
School of Rural Medicine
University of New England
Armidate, NSW, Australia

Mark David Stringer BSc, MBBS, MRCP, FRCP, FRCS, MS, FRCS (Edin)
Clinical Anatomist
Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand
(Formerly Professor of Paediatric Surgery, Leeds, UK)

Mark Sullivan MBBS, BSc, MD, FRCS (Urol)
Consultant Urological Surgeon & Honorary Senior Lecturer
Churchill Hospital
Oxford, UK

Tim Terry BSc, MBBS, LRCP, FRCS, MS
Consultant Urological Surgeon and Honorary Senior Lecturer
Department of Urology
Leicester General Hospital
Leicester, UK

Grant Townsend BDS, BScDent (Hons), PhD, DDSc, FADI
Professor of Dental Science
School of Dentistry
The University of Adelaide
Adelaide, South Australia

Wayne Vogl PhD
Professor, Department of Cellular and Physiological Sciences
Faculty of Medicine
The University of British Columbia
Vancouver, Canada

Dzung Vu MBBS, MD, DipAnat, GradCertHEd
Senior Lecturer
Department of Anatomy
University New South Wales
New South Wales, Australia

Anil H Walji MD, PhD
Professor and Director, Division of Anatomy
Professor of Radiology and Diagnostic Imaging
Professor of Surgery
Faculty of Medicine and Dentistry
University of Alberta
Alberta, Canada

Colin Wendell-Smith AO, MBBS, PhD, LLD Hon, FRANZCOG
Professor Emeritus
Department of Anatomy and Physiology
University of Tasmania
Tasmania, Australia

John A Windsor BSc MBChB DipObst MD FRACS FACS
Professor of Surgery
Head, Department of Surgery
Faculty of Medical and Health Sciences
The University of Auckland
Auckland, New Zealand

Ming Zhang MB (Anhui), MMed (Anhui), PhD (Otago)
Senior Lecturer of Clinical Anatomy
Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand

APRESENTAÇÃO

A 40ª edição do *Gray's Anatomia* celebra os 150 anos de publicação contínua de um livro extraordinário. Embora esta edição pareça bem diferente da primeira (ver apresentação histórica de Ruth Richardson na página xix), o objetivo básico de Henry Gray e do ilustrador Henry Vandyke Carter – que era descrever a anatomia clinicamente relevante do corpo humano, com foco especial (mas não exclusivo) nos cirurgiões em prática – não mudou ao longo dos anos. A anatomia pode estar se esforçando para manter o espaço adquirido em muitos currículos de graduação, mas vem desfrutando um renascimento no nível de pós-graduação. O conhecimento detalhado da anatomia clínica, com o qual nem se sonharia na primeira edição, é atualmente fundamental para clínicos que trabalham em áreas ligadas à tecnologia, como exames por imagem e cirurgia endoscópica e robótica.

Nove Editores de Seção (Neil Borley, Pat Collins, Alan Crossman, Michael Gatzoulis, Jeremiah Healy, David Johnson, Vishy Mahadevan, Richard Newell e Caroline Wigley) trabalharam comigo nesta 40ª edição. Eles aportaram suas vastas experiências como anatomistas, biólogos celulares e clínicos; e agradeço-lhes a dedicação e o apoio entusiástico. Pat Collins, Jeremiah Healy e Caroline Wigley também trabalharam em estreita cooperação com todos os membros da equipe editorial na atualização do texto e das ilustrações de embriologia, exames por imagem e microestrutura, respectivamente, em todo o livro. Harold Ellis editou meticulosamente a seção sobre epônimos que está disponível no site e fez comentários sobre muitos capítulos.

Cada Editor de Seção foi auxiliado por um grupo de Colaboradores – anatomistas e clínicos experientes (por vezes, ambos) – que contribuíram com textos e/ou ilustrações e micrografias originais. As provas de impressão foram examinadas por uma equipe de Revisores e, finalmente, por um grupo de Revisores Internacionais: seus comentários foram incorporados ao texto e agradeço suas contribuições críticas. Ao trabalhar nesse nível de detalhamento, fiquei muitas vezes impressionada como a anatomia ainda é polêmica ou simplesmente desconhecida: cirurgiões, radiologistas e embriologistas costumam discordar calorosamente sobre as relações estruturais ou processos de desenvolvimento. *Gray's Anatomia* continua a destacar essas incertezas e a apresentar diferentes perspectivas.

Via de regra, a orientação dos diagramas e das fotografias no livro foi padronizada de modo a mostrar o lado esquerdo do corpo, independentemente de ser apresentada uma perspectiva lateral ou medial; os cortes transversos são visualizados de baixo para cima para facilitar a comparação com as imagens clínicas. Foram escolhidos exemplos clinicopatológicos nos quais a patologia é decorrência direta ou consequência da anatomia, ou nos quais as características anatômicas são fundamentais para o diagnóstico/tratamento/controle da condição. Todas as ilustrações anteriores à 39ª edição e a grande maioria das imagens e micrografias de espécimes histológicos e embriológicos foram substituídas; sempre que possível, as fotomicrografias ilustram a histologia e a embriologia humanas, e as fontes não humanas foram assinaladas nas legendas. As novas ilustrações foram geradas especialmente ou foram retiradas de outros textos (principalmente do *Sobotta's Atlas of Anatomy, Volumes 1 e 2* ou do *Gray's Atlas de Anatomia*), fazendo desta a primeira edição inteiramente em cores do *Gray's Anatomia*.

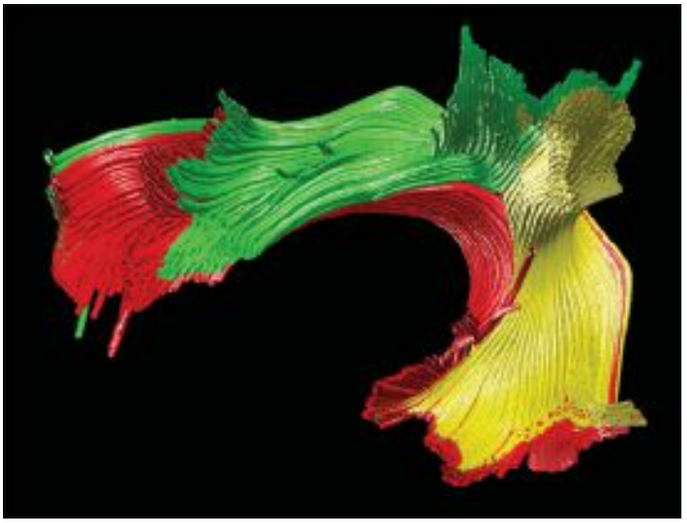
Perguntam-me com frequência por que o *Gray's Anatomia* não inclui uma anatomia cirúrgica e radiológica *ainda mais* detalhada, com outros exemplos de variações anatômicas e de anatomia laparoscópica e endoscópica, e por que eliminamos todas as referências, exceto algumas poucas. A resposta é que gostaríamos muito de fazê-lo, e incluir algo a respeito de anatomia sistemática, mas chegamos a um ponto em que não há espaço para mais material em um volume único. Listas curtas de referência são fornecidas ao final de cada capítulo para orientar leituras adicionais, e uma lista de textos e referências gerais que cobre o material apresentado em mais de um capítulo, como, por exemplo, a distribuição dos angiossomas, aparece na página xxvi. A Bibliografia, que reuniu todas as referências citadas em algumas edições anteriores, da 35 a 38, está no site.

Faço um agradecimento sincero à equipe editorial da Elsevier, inicialmente sob a liderança de Inta Ozols e depois de Madelene Hyde, que contribuiu com sua orientação, seu profissionalismo, bom humor e apoio incessante. Agradeço mais particularmente a Alison Whitehouse, Gavin Smith, Martin Mellor e Louise Cook que estavam do outro lado da linha ou do email quando precisei de ajuda. Sou particularmente grata a meu querido marido Guy Standring que tolerou repartir sua vida com *Gray's Anatomia*, e dedico a ele meu trabalho neste livro.

Susan Standring
Maio de 2008

IMAGEM DA CAPA

Reconstrução por tratografia das vias de linguagem da área perisilviana de Catani M, Jones DK & ffytche DH, Ann Neurol 2005; 57(1):8–16 com permissão de John Wiley & Sons. Após quase 120 anos, esta reconstrução por tratografia das vias da linguagem atualizou a anatomia das redes de linguagem. Imagem cortesia de Marco Catani, Natbrainlab, Centre for Neuroimaging Sciences and Section of Brain Maturation, Departamento de Medicina Psicológica, Instituto de Psiquiatria, King's College, Londres.



AGRADECIMENTOS

Nas legendas de figuras individuais agradecemos todas as imagens gentilmente cedidas por outras fontes. Todavia, gostaríamos de agradecer especificamente aos seguintes autores, que cederam generosamente tantas figuras de livros publicados pela Elsevier:

Drake R., Vogl W., Mitchell A.W.M. 2004 *Gray's Anatomia para Estudantes*. Edimburgo: Churchill Livingstone.
Drake R., Vogt W., Mitchell A.W.M., Tibbits R., Richardson P. *2008 Gray's Atlas de Anatomia*. Edimburgo: Churchill Livingstone.
Putz R, Pabst R 2006 Sobotta: *Atlas der Anatomie des Menschen. Band 1. Kopf, Hals, obere Extremiutat. 22 Auflage*. Munique: Elsevier.
Putz R., Pabst R. 2006 Sobotta: *Atlas der Anatomie des Menschen. Band 2. Rumpf, Eingeweide, untere Extremiutat. 22 Auflage*. Munique: Elsevier.

Muitas das ilustrações de *Gray's Anatomia* têm como base o trabalho de ilustradores e fotógrafos que contribuíram para edições anteriores, e suas figuras por vezes foram conservadas quase inalteradas, porém mais comumente foram usadas como base para figuras novas nesta edição. A Editora gostaria de agradecer a eles. Pelas ilustrações reutilizadas da 39ª edição, agradecemos particularmente à nossa fotógrafa Sarah-Jane Smith e aos artistas que trabalharam no livro.

A Editora gostaria também de agradecer a: Anne-Marie Childs, BSc, MB ChB, MRCP, FRCPCH, Consultant Paediatric Neurologist, The General Infirmary em Leeds; James M. McCall BSc, MBBS, MRCP, FRCR, Consultant Radiologist, Chelsea and Westminster Hospital, Londres, e Romney J.E. Pope MA, MRCP, Consultant Radiologist, Royal Marsden e Chelsea and Westminster Hospitals, Londres, a ajuda na preparação do material para a nova edição.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

APRESENTAÇÃO HISTÓRICA

O ano de 2008 presencia o 150º aniversário da publicação de *Gray's Anatomia*. O livro é uma raridade na publicação de tratados, pois vem sendo publicado continuamente em ambos os lados do Oceano Atlântico há muito tempo. Um século e meio é um tempo excepcionalmente longo para um tratado e, naturalmente, o volume publicado atualmente é muito diferente daquele criado originalmente pelo Sr. Henry Gray e seu colega Dr. Henry Vandyke Carter na Londres de meados da época vitoriana. Nesse ensaio introdutório explicarei a longa história da obra, da época vitoriana até os dias atuais.

As deficiências dos tratados anatômicos existentes provavelmente impactaram Henry Gray quando ele ainda era estudante na St. George's Hospital Medical School, perto de Hyde Park Corner, em Londres, no início da década de 1840. Ele começou a cogitar a criação de um novo tratado de anatomia uma década depois, durante a guerra da Crimeia. Uma nova legislação estava em fase de planejamento, a qual viria a estabelecer o General Medical Council, (1858) para regulamentar a educação e os padrões profissionais. .

Gray tinha vinte e oito anos e era professor da St. George's. Era muito capaz, trabalhador e ambicioso, já sendo Fellow of the Royal Society e do *Royal College of Surgeons*. Embora pouco se saiba de sua vida pessoal, sua carreira fora brilhante até então, alcançada enquanto ele praticava e ensinava nas enfermarias do hospital e na sala de dissecação (Fig. 1). (1)

Gray compartilhou sua ideia de um novo livro com um colega talentoso do corpo docente da St. George's, Henry Vandyke Carter, em novembro de 1855. Carter vinha de uma família de artistas de Scarborough, e era também um artista talentoso, bem como microscopista. Ele já havia feito boas ilustrações para as publicações científicas de Gray anteriormente, mas logo viu que essa ideia era um projeto muito mais complexo. Carter registrou em seu diário:

> Pouca coisa a registrar. Gray me fez uma proposta para ajudar com desenhos para a produção de um Manual para estudantes; uma boa ideia, mas não chegamos a um plano definido... exigência grande, pois não poderia ser simplesmente um artista. (2)

Nenhum desses jovens estava interessado em produzir um livro bonito ou um livro caro. Seu propósito era simplesmente proporcionar um auxílio de ensino que fosse acessível e preciso para pessoas como seus próprios alunos, que em pouco tempo poderiam precisar operar pacientes reais ou soldados lesados em Sebastopol ou em outros campos de batalha. O livro que planejaram juntos era uma obra prática, que visava a encorajar os jovens a estudar anatomia, ajudá-los a passar em exames e auxiliá-los, considerando sua característica de cirurgiões em formação. Não era simplesmente um tratado anatômico, mas sim um guia para procedimentos de dissecação e para as grandes operações.

Gray e Carter pertenciam a uma geração de anatomistas prontos para infundir uma nova e respeitável cientificidade ao estudo da anatomia humana. Os aspectos desfavoráveis da história da profissão, datados do período em que ocorria roubo de corpos, estavam sendo diligentemente esquecidos. O *Anatomy Act* de 1812 legalizara a requisição dos cadáveres não reclamados dos necrotérios de asilos e hospitais, e o estudo da anatomia (agora com sua própria Superintendência) via sua respeitabilidade aumentar na Grã-Bretanha. As escolas particulares de anatomia, que haviam se multiplicado no período da Regência, fechavam suas portas e os hospitais de ensino mais importantes construíam novas salas destinadas especificamente à dissecação. (3)

Os mais conhecidos livros para estudantes à época de Gray e Carter eram provavelmente o *Anatomist's Vade Mecum*, de Erasmus Wilson, e *Elements of Anatomy*, de Jones Quain. Ambos eram livros pequenos — em formato de bolso — mas o livro de Quain apresentava dois grossos volumes. Tanto o trabalho de Quain quanto o de Wilson eram bons, a seu modo, mas suas páginas pequenas de tipo denso e suas ilustrações ainda menores eram de certa forma intimidantes para os leitores, parecendo exigir deles grande esforço e muito trabalho árduo.

As dimensões e a natureza do novo tratado planejado eram dados importantes. Os manuais de bolso eram um sucesso comercial, pois atraíam os estudantes por oferecer muito conhecimento num volume pequeno. No entanto, os livros em formato de bolso tinham ilustrações do tamanho de botões. O *Manual of Human Anatomy* de Knox, por exemplo, era um livro bom, mas tinha apenas 17 x 10 cm e poucas de suas ilustrações ocupavam mais de um terço da página. Gray e Carter devem ter discutido essa questão entre si e com o editor de Gray, J.W. Parker & Son, antes de decidirem quanto ao tamanho e ao alcance do novo livro, e especialmente quanto ao tamanho de suas ilustrações.

Os dois homens se ocuparam bastante durante os dezoito meses seguintes com o trabalho que serviu de base para o livro. Todas as dissecações foram realizadas conjuntamente. Gray escreveu o texto e Carter fez as ilustrações. Enquanto Gray e Carter trabalhavam, foi publicada uma nova edição do livro de Quain, dessa vez de "três andares" — três volumes —, ao todo 1.740 páginas. Os dias de trabalho de Gray e Carter eram longos, todo o período de luz do dia, oito a nove horas sem parar, durante todo o ano de 1856 e avançando bastante em 1857. Podemos inferir pelo calor da apreciação de Carter por Gray em seus agradecimentos publicados que sua colaboração fora bem afortunada.

O Autor reconhece os grandes serviços que obteve na execução desse trabalho pela ajuda de seu amigo, Dr. H. V. Carter, até recentemente *Demonstrator of Anatomy* no St. George's Hospital. Todos os desenhos em que se basearam as estampas foram por ele executados. (4)

Com todas as dissecações feitas e os blocos de madeira inscritos por Carter já nos impressores, Gray tirou uma licença de seis meses de suas funções de professor no St. George's para trabalhar como médico pessoal de uma família abastada. Esta foi provavelmente uma maneira tão boa quanto qualquer outra de tirar merecidas férias da sala de dissecação e do necrotério.

Carter participou da banca de exames de oficiais médicos na East Índia Company e foi de navio para a Índia na primavera de 1858, quando o livro ainda estava no estágio de provas de composição. Gray encarregara um colega de confiança, Timothy Holmes, de acompanhar a publicação do livro.

Gray reviu as últimas provas de composição pouco antes de o livro ser finalmente publicado. Posteriormente, a associação de Timothy Holmes com a primeira edição se mostraria vital para sua sobrevivência.

A PRIMEIRA EDIÇÃO

O livro que Gray e Carter haviam produzido juntos, *Anatomy, Descriptive and Surgical*, apareceu ao final de agosto de 1858, sendo imediatamente aclamado. As revisões no *Lancet* e no *British Medical Journal* foram muito elogiosas, e os estudantes correram para adquirir o livro.

Não é difícil entender porque ele foi um sucesso imediato. *Gray's Anatomy* deu uma goleada em seus concorrentes. O livro cabe bem na mão, parece substancial e contém tudo o que é necessário. Ele era consideravelmente menor e mais fino que o 'peso para portas' com o qual os leitores modernos estão acostumados. Para os contemporâneos ele era pequeno o bastante para ser portátil, porém grande o bastante para ilustrações decentes: '*royal octavo*' — 24 x 15 cm — cerca de dois terços do tamanho A4 moderno. Seu tamanho médio e seu volume único estavam longe da extensão do livro de Quain, porém eram o dobro do *Manual* de Knox.

Organizado com simplicidade e bem planejado, o livro se explica com segurança e bem; a clareza e a autoridade de sua prosa são evidentes. O que o tornou único em sua época, porém, foram o tamanho e a qualidade notáveis das ilustrações. Gray agradeceu aos gravadores em madeira, Butterworth & Heath, pelo "grande cuidado e a fidelidade" que tiveram nas gravações, mas o extraordinário sucesso do livro se deve, de fato, a Carter.

A beleza das ilustrações de Carter está em sua clareza diagramática, bastante atípica para a época. As imagens nos livros de anatomia da época eram geralmente *legendadas por procuração:* repletas de diminutos números

Fig. 1. Henry Gray (1827-1861) é mostrado aqui bem à frente, sentado aos pés do cadáver. A fotografia foi tirada por um estudante de medicina, Joseph Langhorn.O local é a sala de dissecação da escola de medicina do St. George's Hospital em Kinnerton Street, Londres. Gray é mostrado circundado por membros da equipe e estudantes. Quando a foto foi tirada, em 27 de março de 1860, Carter havia deixado o hospital para se tornar Professor de Anatomia e Fisiologia no Grant Medical College, em Bombaim (atualmente Mombai). A segunda edição da Gray's Anatomia estava em provas de composição, tendo saído em dezembro de 1860. Gray faleceu pouco mais de um ano depois, em junho de 1861, no auge de sua força.

ou letras (com frequência difíceis de serem encontrados ou lidos) ou providas de um punhado de setas numeradas fazendo referência a uma chave situada em outro lugar, geralmente numa nota de rodapé que era por vezes tão extensa que invadia a página seguinte. Esse tipo de dístico e de legenda obriga o olho do leitor a se mover de um lado para o outro da estrutura para o dístico, daí à legenda e de volta outra vez. Havia muito espaço para desvio, aborrecimento e distração. As ilustrações de Carter, em contraste, unificavam o nome e a estrutura, e permitiam que o olho assimilasse ambos num só relance. Estamos tão familiarizados com as imagens de Carter, que é difícil nos dar conta de quão incrivelmente modernas elas devem ter parecido em 1858. O livro fez a anatomia humana parecer nova, atraente, acessível e passível de ser feita.

A primeira edição era encadernada em tecido marrom claro, toda ornada de relevos em um padrão pontilhado e com uma borda em moldura dupla. Em sua lombada estava gravado em letras douradas:

GRAY'S
ANATOMY

com ***"DESCRIPTIVE AND SURGICAL"*** em letras de forma de tamanho menor sob o título. Desde então, o livro tem sido designado como *Gray's Anatomia*. Carter recebeu crédito junto com Gray na página título pela realização de todas as dissecações em que baseou o livro, e crédito individualizado por todas as ilustrações, embora seu nome aparecesse em tipo significativamente menor; por alguma razão obscura ele foi descrito como '*Late Demonstrator in Anatomy*' no St. George's Hospital, em vez de receber seu título integral da época, que era de Professor de Anatomia e Fisiologia do Grant Medical College, Bombaim. Talvez Gray tenha ficado preocupado com não ser colocado em segundo plano, pois ele ainda era apenas um *Lecturer* do St. George's. Gray pode ter percebido que suas palavras haviam sido impelidas para um plano secundário pela qualidade das imagens anatômicas de Carter. Ele não precisava ter se preocupado: o nome que ficou famoso na lombada do livro é o dele.

Gray recebeu £150 por cada mil cópias vendidas. Carter nunca recebeu pagamento de *royalties*, somente uma importância à ocasião de publicação, a qual que pode lhe ter permitido adquirir o microscópio há muito desejado, que ele levou consigo para a Índia (Fig. 2).

A primeira tiragem de 2.000 cópias da primeira edição se esgotou rapidamente. Uma edição paralela foi publicada nos Estados Unidos em 1859 e Gray deve ter ficado profundamente gratificado por precisar rever uma edição inglesa nova e aumentada em 1859-1860, embora ficasse certamente pesaroso e preocupado com a morte de John Parker Junior, à idade precoce de 40 anos, enquanto o livro estava sendo publicado. A segunda edição saiu em dezembro de 1860 e também vendeu rapidamente, assim como todas as edições seguintes.

No verão seguinte, em junho de 1861, no máximo de sua capacidade e com um futuro promissor, Henry Gray faleceu inesperadamente, com apenas 34 anos. Gray contraiu varíola enquanto cuidava de seu sobrinho Charles. Um nova cepa da doença se mostrou mais virulenta do que aquela contra a qual Gray havia sido vacinado quando criança; a doença se tornou confluente e Gray faleceu em questão de dias.

Em alguns meses o país ficaria de luto pela morte do Príncipe Alberto e a era criativa que ele havia presidido — especialmente a década que florescera depois da *Great Exhibition* de 1851 — passaria para a história.

O LIVRO SOBREVIVE

A obra Anatomy Descriptive and Surgical poderia ter morrido também. Com Carter na Índia, a morte de Gray tão pouco tempo depois daquela do jovem Parker poderia ter levado a uma catástrofe. Com certeza em St. George's houve uma sensação de calamidade. O grande homem da Medicina Sir Benjamin Vrodie, *Sergeant-Surgeon to the Queen* e grande patrocinador de Gray, a quem o livro havia sido dedicado, lamentou em desespero: 'Quem vai tomar o lugar dele?' (1)

Mas o velho J.W. Parker assegurou a sobrevivência do livro convidando Timothy Holmes, o médico que havia ajudado a rever as provas da primeira edição e que havia substituído Gray na escola de medicina, a ser o Editor da edição seguinte, Outros trabalhos de anatomia de vida longa, como o de Quain, continuaram a ser publicados de maneira semelhante, coeditados por outras mãos. (6)

Holmes (1825-1907) era outro talentoso membro da equipe do St. George's, um rapaz que estudou com bolsa e que havia ganho uma exibição em Cambridge, onde seu brilhantismo foi reconhecido. Holmes já era *Fellow* da *Royal College of Surgeons* à idade de 28 anos. John Parker Junior lhe havia comissionado editar *A System of Surgery* (1860-1864), uma série importante de ensaios de cirurgiões notáveis sobre temas escolhidos por eles mesmos. Muitos dos autores de Holmes são figuras importantes mesmo nos dias atuais: John Simon, James Paget, Henry Gray, Ernest Hart, Jonathan Hutchinson, Brown Séquard e Joseph Lister. Holmes havia perdido um dos olhos num acidente operatório e tinha maneiras ásperas que causavam medo nos estudantes, mas publicou um lamento pelo jovem Parker que revelou ser ele capaz de sentimentos profundos. (7)

A alma de John Parker sênior, porém, não estava mais em publicar livros. A morte de seu filho havia encerrado suas perspectivas de futuro. O negócio, com todo seu estoque e todos os direitos de *copyright*, foi vendido aos Srs. Longman. Parker se mudou para a aldeia de Farnham, onde veio a falecer posteriormente.

Com Holmes como editor e Longmans como editora, o futuro imediato da *Gray's Anatomia* foi assegurado. A terceira edição saiu em 1864, com relativamente poucas alterações. O espólio de Gray recebeu o restante de seus direitos depois de se pagar £100 a Holmes por seu trabalho.

O OBITUÁRIO QUE FALTOU

O porquê do obituário de Henry Gray não constar na *Gray's Anatomia* é curioso. Gray se referiu a Holmes como seu 'amigo' no prefácio da primeira edição, porém também seria correto dizer que eles eram rivais. Ambos haviam acabado de se candidatar a um cargo vago no St. George's como *Assistant Surgeon*. Se Gray tivesse vivido, seria de se supor que Holmes não seria indicado, apesar de sua idade mais avançada. (1)

Comentaristas posteriores sugeriram, como se com conhecimento de causa, que a 'revisão de provas' de Holmes incluiu a melhora do estilo de escrita de Gray. Isso pode ser reflexo da autoestima de Holmes, mas pode também haver algum fundo de verdade. Não há dúvida de que, como editor de sete edições seguintes da *Gray's Anatomia* (da 3ª à 9ª edição, 1863-1880), Holmes acrescentou material novo e precisou corrigir e comprimir algumas passagens, mas é igualmente possível que, em 1857, o manuscrito original de Gray estivesse em péssimo estado para o trabalho de Holmes. Em outras palavras, Gray escrevia de maneira lúcida, mas aparentemente ele sempre pagava um copista para transcrever seu trabalho antes de submetê-lo à publicação. Infelizmente o manuscrito original de *Gray's Anatomia* não sobreviveu, sendo assim impossível se ter certeza de que parte da versão final foi realmente escrita por Holmes.

Pode ser que a carreira brilhante de Gray, ou talvez o patrocínio que sem dúvida a fez avançar, tenha despertado inveja em seus colegas, ou que houvesse algo nas maneiras de Gray que impedisse a afeição ou mesmo ocasionasse ressentimento em pessoas socialmente inferiores e inteligentes como Carter e Holmes, especialmente se eles cressem que suas contribuições à brilhante carreira de Gray não tinham recebido o devido crédito. Qualquer que seja a explicação, nenhuma referência à vida ou à morte de Gray apareceu na própria *Gray's Anatomia* até o século XX. (8)

UMA SUCESSÃO DE EDITORES

Holmes expandiu áreas do livro que o próprio Gray havia inserido na segunda edição (1860), notadamente em 'anatomia geral' (histologia) e em 'desenvolvimento' (embriologia). No período de Holmes como editor, o livro aumentou de 788 páginas em 1864 para 960 em 1880 (9ª edição),

sendo a seção de histologia paginada separadamente em algarismos romanos na parte anterior do livro. Foram adicionadas ilustrações extras, tiradas basicamente de outras obras publicadas.

As ligações com Gray e Carter e com o St. George's foram mantidas com a indicação do novo editor, T. Pickering Pick, que era estudante no St. George's na época de Gray. De 1883 (10ª edição) em diante Pick se manteve a par das pesquisas realizadas, reescreveu e integrou a histologia e a embriologia ao livro, retirou Holmes da página título, retirou o prefácio de Gray à primeira edição e adicionou subtítulos em negrito que com certeza melhoraram a aparência e a acessibilidade do texto. Pick disse que havia 'tentado manter em mente o fato de que o livro se destinava a estudantes de anatomia e não para o "Anatomista Científico' (13ª edição, 1893).

Pick também introduziu a impressão a cores (em 1887, 11ª edição) e experimentou acrescentar ilustrações usando o novo método de impressão de pontos em meios-tons (que funcionou) e de novas ilustrações em preto e branco (que não funcionou). As tonalidades de cinza em meio-tom se compararam mal às gravações em madeira de Carter, ainda nítidas e claras em comparação.

O que Henry Vandyke Carter pensou dessas alterações é um fértil tópico para especulação. Ele retornou à Inglaterra em 1888, tendo se aposentado do *Indian Medical Service*, com vários títulos — *Deputy Surgeon General* e em 1890 foi nomeado *Honorary Surgeon* da Rainha Vitória. Carter continuou pesquisando durante toda sua carreira médica na Índia e se tornou um dos mais ilustres bacteriologistas/especialistas em doenças tropicais da Índia antes que houvesse de fato um nome para qualquer dessas disciplinas. Carter fez algumas descobertas importantes, incluindo o fungo causador do micetomas, que ele descreveu e nomeou. Ele foi também uma figura-chave na confirmação científica na Índia de algumas descobertas internacionais importantes, como a descoberta da causa da hanseníase por Hansen, a descoberta do bacilo causador da tuberculose por Koch e a descoberta do organismo causador da malária por Laveran. Carter se casou tardiamente na vida e tinha dois filhos pequenos ao falecer em Scarborough em 1897, aos 65 anos. Assim como Gray, ele não recebeu nenhum obituário no livro.

Quando Robert Howden (um anatomista profissional da *University of Durhamn*) se uniu a Pick na página título, em 1901 (15ª edição), o livro ainda era facilmente reconhecível como aquele criado por Gray e Carter. Embora muitas das ilustrações de Carter tivessem sido revistas ou substituídas, muitas outras ainda permaneciam. Infelizmente, porém, toda uma seção (embriologia) fora de novo paginada em separado, pois sua revisão levara mais tempo que o esperado. O livro havia aumentado de tamanho, aparentemente de forma inexorável, e era agora bastante grosso e pesado, com 1.244 páginas e 2,5 kg de peso. Ambos os coeditores, e talvez também sua editora, ficaram insatisfeitos com a obra.

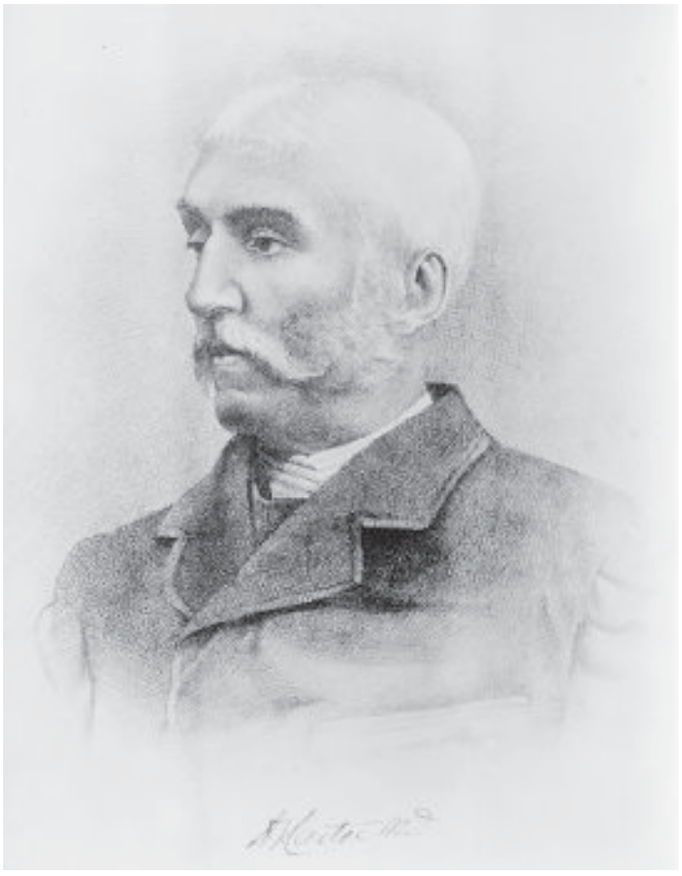


Fig. 2. Henry Vandyke Carter (1831-1897). Carter foi nomeado Honorary Surgeon to the Queen em 1890.

EDIÇÃO-CHAVE: 1905

Decisões importantes foram tomadas bem antes da edição seguinte, que acabou sendo a última de Pick em associação a Howden. Publicada 50 anos depois da primeira vez que Gray sugeriu a idéia a Carter, a edição de 1905 (16ª) foi um marco editorial.

O período de 1880-1930 foi difícil para a ilustração anatômica, porque as novas técnicas de fotolitografia e uso de meios-tons ainda não haviam sido aperfeiçoadas e de qualquer maneira não podiam proporcionar a arrojada simplicidade de traço exigida por uma obra como *Gray's*, que dependia tanto de ilustrações claras e de letras nítidas. Reconhecendo a inferioridade das ilustrações em meios-tons em comparação aos originais gravados em madeira de Carter, Pick e Howden decidiram corajosamente descartar totalmente os meios-tons de segunda classe. Muitas das ilustrações da nova edição eram de Carter ou eram antigas ilustrações suplementares inspiradas em seu trabalho ou gravações em madeira ou desenhos a lápis recém-encomendados, visando à 'harmonia com as figuras originais de Carter' Elas rivalizaram com êxito com a *verve* de Carter. Com menos páginas e impressa em papel mais leve, a edição de 1905 (16ª edição) pesava menos que sua antecessora, 2,1 kg. Do ponto de vista tipográfico, a nova edição era soberba.

Howden passou a ser o único editor em 1909 (17ª edição) e imediatamente imprimiu sua personalidade em *Gray's*. Retirou do título a palavra 'Cirúrgica,' trocando-o para *Anatomia Descritiva e Aplicada* e aboliu totalmente o nome de Carter. Ele também instigou o inicio de um corpo editorial de especialistas para o livro, acrescentando à página título: '*Notes on Applied Anatomy*' de A.J. Jex-Blake e W. Fedde Fedden, ambos membros do St. George's. Pela primeira vez, o número de ilustrações ultrapassou a casa do milhar. Howden foi responsável pela significativa inovação de incluir uma curta nota histórica sobre o próprio Henry Gray, quase 60 anos depois de sua morte, que incluía um retrato fotográfico (1918, 20ª edição).

A CONTROVÉRSIA DA NOMENCLATURA

A era de Howden e aquela de seu sucessor, T.B.Johnston (do Guy's) foram obscurecidas por uma nuvem de controvérsia internacional quanto à terminologia anatômica. Os anatomistas europeus estavam tentando padronizar os termos anatômicos usando com frequência construções do latim, uma mudança que suscitou resistência na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos. O livro ficou preso nesses debates por mais de vinte anos. A tentativa de ser imparcial com ambos os lados usando múltiplos termos ocasionou sem dúvida muita confusão entre os estudantes, até que um meio termo operacional foi finalmente obtido em 1955 (32ª edição, 1958).

Johnston supervisionou a segunda tentativa de dar título ao livro (em 1938, 27ª edição): ele passou a ser, oficialmente, *Gray's Anatomia*, acabando finalmente com a ficção de ter sido alguma vez designado por outro nome. O livro sofreu pela escassez de papel e por dificuldades de impressão durante a II Guerra Mundial, mas edições sucessivas ainda assim continuaram a aumentar de tamanho e de peso, enquanto as ilustrações eram substituídas e adicionadas à medida que o texto era revisado. Entre o primeiro esforço solo de Howden (1909, 17ª edição) e a última edição de Johnston (1958, 32ª edição), o livro se expandiu em mais de 300 páginas — de 1296 para 1604, e quase 300 ilustrações adicionais levaram o total para mais de 1.300. Johnston também introduziu chapas radiográficas (1938) e em 1958 (32ª edição) eletromicrografias de A.S. Fitton-Jackson, uma das primeiras ocasiões em que uma mulher recebeu crédito por uma contribuição ao livro. Johnston se sentiu obrigado a mencionar que ela era 'parente consanguínea do próprio Gray,' talvez à guisa de desculpa.

DEPOIS DA II GUERRA MUNDIAL

As edições de *Gray's* lançadas nas décadas imediatamente posteriores à Segunda Guerra Mundial deram impressão de estagnação intelectual. Uma expansão constante ocorreu de forma quase que ritual, com a inserção de detalhes adicionais.

A importância histórica fundamental da inovação no sucesso de *Gray's* parece ter sido perdida de vista por seus editores e pelos responsáveis pela publicação — Johnston (1930-1958, da 24ª à 32ª edição); J.Whillis (coeditor juntamente com Johnston 1938-1954), D.V. Davies (1958-1967, 32ª à 34ª edição) e F. Davies (coeditor juntamente com D.V. Davies 1958-64, 32ª e 33ª edição). *Gray's* havia se tornado tão proeminente que talvez a complacência tenha se insinuado ou os editores estivessem atemorizados ou ocupados demais para enfrentar o 'enorme esforço' de uma revisão mais profunda. (9) As mortes inesperadas de três importantes figuras associadas ao livro nessa época, James Whillis, Francis Davies e David

Vaughan Davies — todos os quais haviam sido preparados para assumir as rédeas editoriais — pode ter contribuído para retardar o processo. O trabalho se tornou algo sem brilho.

EDIÇÃO-CHAVE: 1973

D.V. Davies havia reconhecido a necessidade de modernização, mas sua morte inesperada deixou o trabalho para outras mãos. Dois professores de Anatomia em Guy's, Roger Warwick e Peter Williams, o último dos quais estava há alguns anos envolvido como indexador de *Gray's*, consideraram uma honra levar a cabo as intenções de Davies.

Sua 35ª edição, de 1973, se desviou significativamente da tradição. Mais de 780 páginas (das 1471) foram escritas de novo, quase um terço das ilustrações foram novamente comissionadas e as legendas das ilustrações foram refeitas em todo o livro. Com a reformulação completa do texto em páginas maiores de coluna dupla, um novo índice e a inovação de uma bibliografia, a aparência e a impressão dadas por essa edição da obra eram bastante diferentes de sua antecessora de 1967 (34ª edição); era muito mais parecida com as edições modernas.

Esta edição de 1973 se distinguiu dos volumes anteriores em outros aspectos significativos. Os editores explicitaram sua intenção de tentar combater a tendência à especialização e à 'compartimentalização' na medicina do século XX abrangendo e tentando integrar a complexidade do conhecimento disponível. Warwick e Williams renunciaram abertamente à postura de onisciência adotada por muitos tratados, e consideraram importante aceitar e mencionar áreas de ignorância ou de incerteza. Eles compartilharam com o leitor a dificuldade de se manter atualizado no mar de pesquisas e aceitaram com humildade animadora a impossibilidade de levar cabo seu ambicioso programa.

A edição de 1973 de Warwick e Williams tinha muito em comum com a primeira edição de Gray e Carter. Ela era audaciosa e inovadora, respeitosa em relação a seu legado, enquanto também se aventurava em novos territórios. Era visualmente atraente e visualmente informativa. Personificava a sensação de um tesouro de informações colocado à disposição do leitor. (10) Ela foi publicada simultaneamente nos Estados Unidos (a obra norte-americana havia adquirido uma natureza distinta e própria nesse ínterim) e vendeu extremamente bem nesse país. (10)

A influência da edição de Warwick e Williams foi forte e duradoura e estabeleceu um novo padrão pelo quarto de século seguinte. Como ocorreu algumas vezes antes, deliberadamente ou não, um novo editor estava sendo preparado para o futuro: a Dra. Susan Standring (de *Guy's*), que criou a nova bibliografia para a edição de *Gray's* de 1973, passou a atuar na junta editorial e atuou como Editora-Chefe nas duas últimas edições (2004-2008, 39ª e 40ª edição). Ambas as edições são importantes, por razões diferentes.

Todo o conteúdo da obra foi reorganizado na 39ª edição, da anatomia sistemática à regional. Essa grande mudança não foi apenas de organização, mas também histórica, porque desde seu início *Gray's* havia priorizado sistemas corporais, com ênfase subsidiária sobre como os sistemas interagem nas regiões. A Dra. Standring explicou que a mudança de ênfase para as regiões do corpo há muito era pedida por leitores e usuários da obra, e que as novas técnicas de aquisição de imagens de nosso tempo haviam aumentado a importância clínica da anatomia local. (11) A mudança foi facilitada por um enorme esforço coletivo por parte da equipe editorial e dos ilustradores.

A edição atual consolida essa mudança de momento e tem importância histórica por ser a *quadragésima* edição, publicada no 150º aniversário da publicação original de Gray's, no outono de 1858 (ver Tabela 1).

Tabela 1 Edições do Gray's Anatomia

Edições	Data	Autor/Editor(es)	Editora	Título
1ª	1858	Henry Gray	JW Parker & Son	*Anatomia Descritiva e Cirúrgica*
		Os desenhos de Henry Vandyke Carter. As dissecações conjuntamente pelo autor e o Dr. Carter.		
2ª	1860	Henry Gray	JW Parker & Son	
3ª	1864	T Holmes	Longman	
4ª	1866	T Holmes	Longman	
5ª	1869	T Holmes	Longman	
6ª	1872	T Holmes	Longman	
7ª	1875	T Holmes	Longman	
8ª	1877	T Holmes	Longman	
9ª	1880	T Holmes	Longman	
10ª	1883	TP Pick	Longman	
11ª	1887	TP Pick	Longman	
12ª	1890	TP Pick	Longman	
13ª	1893	TP Pick	Longman	
		Prefácio de Gray retirado.		
14ª	1897	TP Pick	Longman	
15ª	1901	TP Pick & R Howden	Longman	
16ª	1905	TP Pick & R Howden	Longman	
17ª	1909	Robert Howden	Longman	*Anatomia Descritiva e Aplicada*
		Notas sobre anatomia aplicada de A.J. Jex-Blake & W. Fedde Fedden		
18ª	1913	Robert Howden & Blake & Fedden	Longman	
19ª	1916	Robert Howden & Blake & Fedden	Longman	
20ª	1918	Robert Howden & Blake & Fedden	Longman	
		Primeira edição a apresentar um obituário e uma fotografia de Henry Gray.		
21ª	1920	Robert Howden	Longman	
		Notas sobre anatomia aplicada de A.J. Jex-Blake & John Clay		
22ª	1923	Robert Howden	Longman	
		Notas sobre anatomia aplicada de John Clay & John D. Lickley		
23rd	1926	Robert Howden	Longman	
24ª	1930	TB Johnston	Longman	
25ª	1932	TB Johnston	Longman	
26ª	1935	TB Johnston	Longman	
27ª	1938	TB Johnston & J Whillis	Longman	*Gray's Anatomia*
28ª	1942	TB Johnston & J Whillis	Longman	
29ª	1946	TB Johnston & J Whillis	Longman	
30ª	1949	TB Johnston & J Whillis	Longman	
31ª	1954	TB Johnston & J Whillis	Longman	
32ª	1958	TB Johnston & DV & F Davies	Longman	
33ª	1962	DV Davies & F Davies	Longman	
34ª	1967	DV Davies & RE Coupland	Longman	
35ª	1973	Peter L Williams & Roger Warwick	Longman	
		Com um volume separado: Neuroanatomia Funcional Humana –a seção de neurologia da Gray's Anatomia. 35ª edição, 1975.		
36ª	1980	Roger Warwick & Peter L Williams	Churchill Livingstone	
37ª	1989	Peter L Williams	Churchill Livingstone	
38ª	1995	Peter L Williams & Editorial Board	Churchill Livingstone	
39ª	2005	Susan Standring & Editorial Board	Elsevier	*A Base Anatômica da Prática Clínica*
40ª	2008	Susan Standring & Editorial Board	Elsevier	*A Base Anatômica da Prática Clínica*

A BIBLIA DOS MÉDICOS

Nem Gray nem Carter, jovens que — por seu trabalho árduo e dedicado entre 1856 e 1858 — criaram a *Gray's Anatomia* original, teriam imaginado que anos depois de suas mortes seu livro seria não apenas um nome familiar, como seria também considerado um trabalho de importância tão acentuada que um novelista a meio mundo de distância o classificaria como fundamental — juntamente com a Bíblia e Shakespeare — para a educação do médico. (11)

Agora, nesta 40ª edição da *Gray's Anatomia*, podemos olhar para trás sobre 150 anos de publicação contínua e avaliar o valor duradouro de seus esforços. Podemos discernir como o livro por eles criado triunfou sobre seus antecessores e sobreviveu até se tornar proeminente. Esta obra é um fenômeno editorial notável. Embora o livro tenha uma aparência bem diferente daquela do original e contenha muito mais, sua afinidade com a *Gray's Anatomia* de 1858 é facilmente demonstrada pela descendência direta, sendo cada edição atualizada pelos sucessores de Henry Gray. São, de fato, raros os trabalhos que tiveram uma história tão longa de publicação contínua de ambos os lados do Atlântico, e uma história tão útil.

Com essa nova e ótima edição do 150º aniversário, o livro marcha em frente.

Ruth Richardson, M.A., D.Phil., F.R.Hist.Soc.
Affiliated Scholar in the History & Philosophy of Science, University of Cambridge; Senior Visiting Research Fellow in History, University of Hertfordshire em Hatfield.

REFERÊNCIAS

1. Anon 1908: Henry Gray. St George's Hospital Gazette. 16 (4): 49–54.
2. Carter, HV: Diary. Wellcome Western Manuscript 5818: Nov 25th 1855.
3. Richardson, R 2000: Death, DisSeção & the Destitute. Chicago, Chicago University Press: 193–249, 287, 357.
4. Gray, H 1858: Anatomy: Descriptive and Surgical: London, JW Parker & Son: Preface.
5. Nicol, KE: Henry Gray of St George's Hospital: a Chronology. London, Published by the Author, 2002.
6. Quain, J 1856: Elements of Anatomy. Sharpey, W & Ellis, GV (eds). London, Walton & Maberly.
7. Holmes, T (ed) 1860: A System of Surgery. London, JW Parker & Son: I: Preface.
8. 1918: Gray's Anatomy. London, Longmans.
9. Tansey, EM 1995: A Brief History of Gray's Anatomy. Gray's Anatomy: London, Churchill Livingstone: xvii–xx.
10. 1973: Gray's Anatomy. London, Churchill: preface.
11. 2005: Gray's Anatomy, 39th edition. Elsevier: London. Preface.
12. Sinclair Lewis 1925: Arrowsmith. Place, Harcourt Brace: 4.

AGRADECIMENTOS

Por sua assistência enquanto eu realizava a pesquisa para esse ensaio, gostaria de agradecer aos bibliotecários, arquivistas e ao pessoal da British Library, Society of Apothecaries, London School of Hygiene & Tropical Medicine, Royal College of Surgeons, Royal Society of Medicine, St. Bride Printing Library, St. George's Hospital Tooting, Scarborough City Museum & Art Gallery, University of Reading, Wellcome Institute Library, Westminster City Archives e Windsor Castle, bem como aos seguintes indivíduos: Anne Bayliss, Gordon Bell, David Buchanan, Dee Cook, Arthur Credland, Chris Hamlin, Victoria Killick, Louise King, Keith Nicol, Sarah Potts, Mark Smalley, Nallini Thevakarrunai. Agradeço sobretudo a Brian Horwitz, que leu o texto em desenvolvimento e deu conselhos sobre ele.

NOMENCLATURA ANATÔMICA

A anatomia é o estudo da estrutura do corpo. Ela é convencionalmente dividida em anatomia topográfica ou macroscópica (que inclui a anatomia de superfície, ou 'no vivo,' a neuroanatomia, a anatomia endoscópica e a de aquisição de imagens), a anatomia microscópica ou histologia e a embriologia (o estudo do embrião e do feto).

A linguagem anatômica é uma das linguagens fundamentais da medicina. A descrição não ambígua de milhares de estruturas seria impossível sem um vocabulário extenso e frequentemente muito especializado. Idealmente esses termos, que são frequentemente derivados do latim ou do grego, devem ser usados à exclusão de qualquer outro em todo o mundo. Na realidade, muitos termos foram traduzidos para o vernáculo. A *Terminologia Anatômica*, preparada pelo *Federative Committee on Anatomical Terminology* (FCAT) em 1998, nos serviu de guia para a preparação da 39ª e a 40ª edições da *Gray's Anatomia*. Nos pontos em que alguns dos termos latinos foram anglicizados nós apresentamos a forma oficial, pelo menos uma vez, entre parênteses. Incluímos também epônimos, pois estes são frequentemente usados, possivelmente mais por clínicos que por anatomistas. De fato, alguns epônimos estão tão firmemente entrincheirados na linguagem dos clínicos que os evitar poderia causar confusão; o termo eponímico é muitas vezes o único meio de se descrever uma estrutura específica, por não haver nenhum termo anatômico alternativo simples. (Breves detalhes biográficos dos clínicos e anatomistas cujos nomes são usados dessa maneira estão incluídos na versão eletrônica do livro.)

PLANOS, DIREÇÕES E RELAÇÕES

Para se evitar a ambiguidade, todas as descrições anatômicas pressupõem que o corpo está na 'posição anatômica' convencional, isto é, de pé, ereto e voltado para a frente, membros superiores ao lado do corpo com a palma das mãos virada para diante, e membros inferiores unidos com os artelhos voltados para diante (Fig. 1). As descrições se baseiam em quatro planos imaginários, mediano, sagital, coronal e horizontal, aplicados ao corpo na posição anatômica. O plano mediano passa longitudinalmente através do corpo e o divide nas metades direita e esquerda. O plano sagital é qualquer plano vertical paralelo ao pleno mediano; embora frequentemente usado, o termo 'parassagital' é, portanto, redundante. O plano frontal (coronal) é ortogonal ao plano mediano e divide o corpo em partes anterior (frente) e posterior (costas). O plano horizontal (transverso) é ortogonal tanto ao plano mediano como ao sagital. Os radiologistas designam os planos transversos como axiais; a convenção dita que a anatomia axial deve ser vista como se estivéssemos olhando dos pés para a cabeça.

As estruturas mais próximas da cabeça são superiores, cranianas ou (por vezes) cefálicas, enquanto que as estruturas mais próximas dos pés são inferiores; o termo caudal é usado frequentemente em embriologia para designar a extremidade caudal do embrião. Medial e lateral são termos que indicam a proximidade ao plano mediano, sendo o medial mais próximo que o lateral; na posição anatômica, o dedo mínimo é medial em relação ao polegar, o hálux é medial em relação ao artelho menor. Termos especializados podem também ser usados para indicar medial e lateral. No membro superior, portanto, ulnar e radial são usados para indicar medial e lateral, respectivamente, e no membro inferior tibial e fibular são usados para indicar medial e lateral, respectivamente. Os termos podem se basear em relações embriológicas; a borda do membro superior que inclui o polegar e a borda do membro inferior que inclui o hálux são as bordas pré-axiais, enquanto que as bordas opostas são as bordas pós-axiais. Graus diversos de obliquidade são reconhecidos usando-se termos compostos, como, por exemplo, posterolateral.

Ao nos referirmos a estruturas no tronco e no membro superior, usamos livremente os sinônimos anterior, ventral, flexor, palmar, volar e posterior, dorsal e extensor. Reconhecemos que esses sinônimos nem sempre são satisfatórios, p. ex., o aspecto extensor da perna é anterior em relação às articulações do joelho e do tornozelo e superior no pé e nos dedos da mão; o aspecto plantar (flexor) do pé é inferior. Dorsal e ventral são termos usados particularmente por embriologistas e neuroanatomistas; por esta razão, eles aparecem em maior frequência nas Seções 2 e 3.

Distal e proximal são usados particularmente para descrever estruturas nos membros, tomando-se o ponto de dado como a fixação do membro ao tronco (designada por vezes como a raiz), de modo que uma estrutura proximal está mais próxima da fixação do membro que uma estrutura distal. Todavia, proximal e distal são também usados para se descrever estruturas que se ramificam, como, por exemplo, brônquios, vasos e nervos.

Externo (exterior) e interno (interior) designam a distância do centro de um órgão ou uma cavidade, como, por exemplo, as camadas da parede corporal ou o córtex e a medula do rim. Superficial e profundo são termos usados para se descrever as relações entre estruturas adjacentes. Ipsilateral designa o mesmo lado (do corpo, órgão ou estrutura), bilateral designa ambos os lados e contralateral o lado oposto.

Os dentes são descritos usando-se termos específicos, que indicam sua relação com seus vizinhos e sua posição na arcada dentária; estes termos são descritos no Capítulo 30.

MOVIMENTOS

Os movimentos de articulações, por exemplo, flexão, extensão, adução e abdução, e as muitas combinações possíveis desses movimentos 'puros' são descritos no Capítulo 5. Os movimentos especializados, como aqueles que ocorrem nas articulações do cotovelo, punho, tornozelo e articulações temporomandibulares, são descritos nos capítulos apropriados.

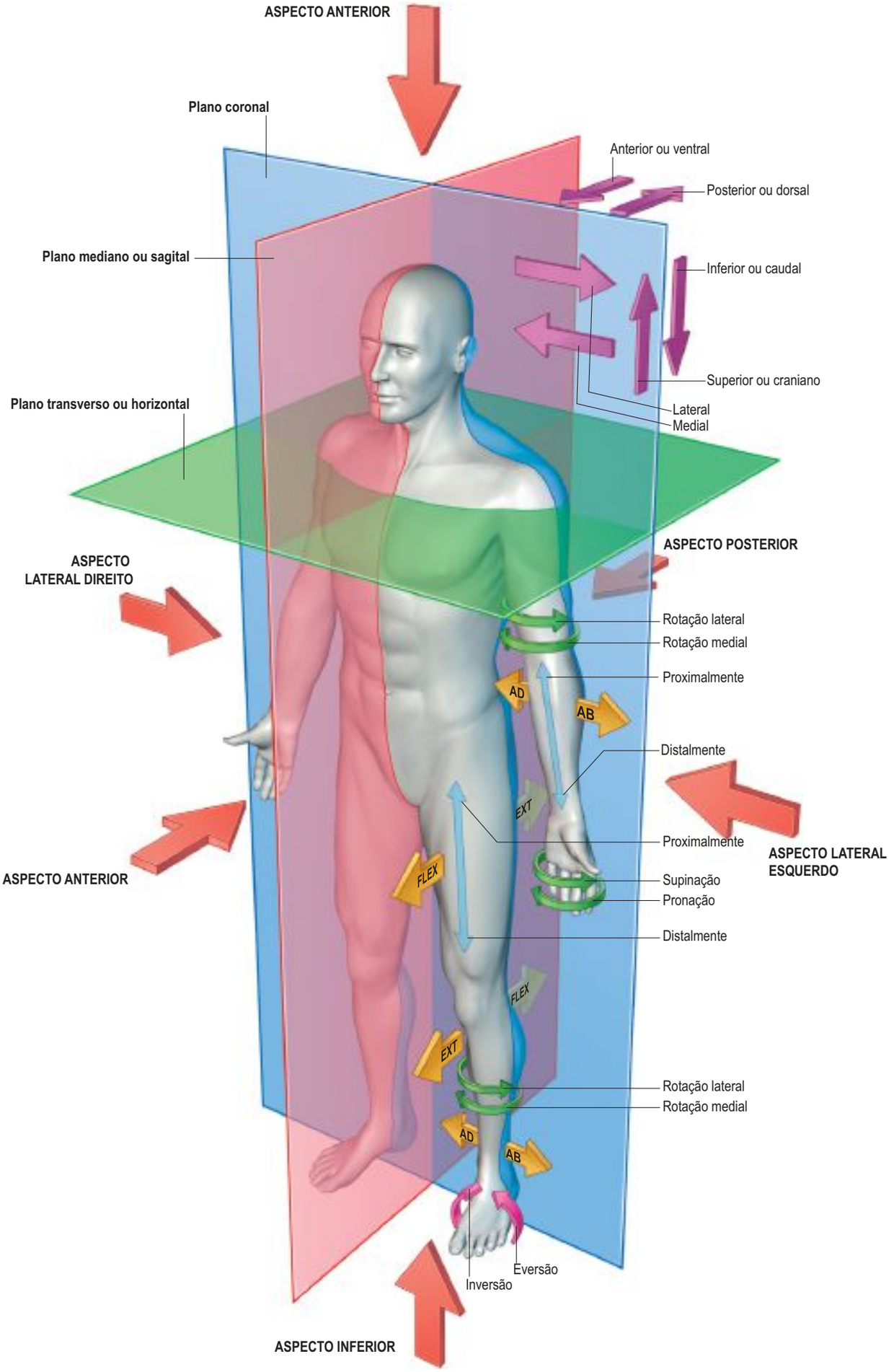


Fig. 1. A terminologia largamente usada na anatomia descritiva. Abreviações mostradas nas setas: AD, adução; AB, abdução; FLEX, flexão (da coxa na articulação do quadril); EXT, extensão (da perna na articulação do joelho).

BIBLIOGRAFIA DE TÍTULOS SELECIONADOS

As referências a seguir contêm informações relevantes de vários capítulos dessa edição. Portanto, são citados aqui e não no final de cada capítulo isoladamente. Para uma bibliografia histórica ampliada, todas as referências da 38ª edição estão disponíveis no site que acompanha o Gray's Anatomy.

TERMINOLOGIA

Federative Committee on Anatomical Terminology 1998 Terminologia Anatomica. International Anatomical Nomenclature. Stuttgart: Thieme.

Dorland, 2007, Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 31st edn. Philadelphia: W B Saunders.

CIÊNCIAS BÁSICAS

Abrahams P, Boon H, Spratt J, and Hutchings R 2008 McMinn's Clinical Atlas of Human Anatomy, 6th edn. London: Churchill Livingstone.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P 2002 Molecular Biology of the Cell, 4th edn. New York: Garland Science Publishing.

Berkovitz BKB, Kirsh C, Moxham BJ, Alusi G, Cheeseman T 2002 Interactive Head and Neck. London: Primal Pictures.

Boron W, Boulpaep E 2004 Medical Physiology, updated edn. Philadelphia: W B Saunders.

Crossman AR, Neary D 2005 Neuroanatomy, An Illustrated Colour Text, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Fitzgerald MJT, Folan-Curran J 2006 Clinical Neuroanatomy and Related Science, 5th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Guyton AC, Hall JE 2005 Textbook of Medical Physiology, 11th edn. Philadelphia: W B Saunders.

Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology. London: Mosby.

Kierszenbaum AL 2007 Histology and Cell Biology: An Introduction to Pathology, 2nd edn. St Louis: Mosby.

Moore KL, Persaud TVN 2008 Before We Are Born: Essentials of Embryology and Birth Defects, 7th edn. Philadelphia: W B Saunders.

Pollard TD, Earnshaw WC 2007 Cell Biology, 2nd edn. Philadelphia: W B Saunders.

Male D, Brostoff J, Roth D, Roitt I, 2006 Immunology, 7th edn. London: Mosby.

Salmon M 1994 Anatomic Studies: Book 1 Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk, Book 2 Arterial Anastomotic Pathways of the Extremities. Ed. by Taylor GI, Razaboni RM. St Louis: Quality Medical Publishing Inc.

Stevens A, Lowe JS 2004 Human Histology, 3rd edn. London: Mosby.

Young B, Lowe JS, Stevens A, Heath JW 2006 Wheater's Functional Histology: A Text and Colour Atlas, 5th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

IMAGENS E RADIOLOGIA/ ANATOMIA RADIOLÓGICA

Butler P, Mitchell AWM, Ellis H 1999 Applied Radiological Anatomy. New York: Cambridge University Press.

Ellis H, Dixon A, Logan BM 1999 Human Sectional Anatomy: Atlas of Body Sections, CT and MRI Images, 2nd edn. Oxford: Oxford University Press.

Haaga JR, Lanzieri CF, Gilkeson RC 2002 CT and MR Imaging of the Whole Body, 4th edn. St Louis: Mosby.

Lasjaunias P, Berenstein A, ter Brugge K 2001 Surgical Neuroangiography, vol 1. Clinical Vascular Anatomy and Variations, 2nd edn. Berlin, New York: Springer.

Meyers MA 2000 Dynamic Radiology of the Abdomen: Normal and Pathologic Anatomy, 5th edn. New York: Springer.

Pomeranz SJ 1992 MRI Total Body Atlas. Cincinnati: MRI-EFI Publications.

Sutton D, Reznek R, Murfitt J 2002 Textbook of Radiology and Imaging, 7th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Weir J, Abrahams PH 2003 Imaging Atlas of Human Anatomy, 3rd edn. London: Mosby.

Wicke L 1998 Atlas of Radiologic Anatomy, 7th edn. Philadelphia: Saunders.

Whaites E 2006 Essential of Dental Radiography and Radiology, 4th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

CLÍNICA

Birch R, Bonney G, Wynn Parry CB 1998 Surgical Disorders of the Peripheral Nerves. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Bogduk N 2005 Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum, 4th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Borges AF 1984 Relaxed skin tension lines (RSTL) versus other skin lines. Plast Reconstr Surg 73: 144–50.

Burnand KG, Young AE, Lucas JD, Rowlands B, Scholefield J 2005 The New Aird's Companion in Surgical Studies, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Canale ST, Beaty JH 2008 Campbell's Operative Orthopaedics, 11th edn. Philadelphia: Mosby.

Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Dyck PJ, Thomas PK 2005 Peripheral Neuropathy, 4th edn. Philadelphia: W B Saunders.

Ellis H 2002 Clinical Anatomy: A Revision and Applied Anatomy for Clinical Students, 10th edn. Maldem MA: Blackwell Scientific Publications.

Ellis H, Feldman S, Harrop-Griffiths W 2003 Anatomy for Anaesthetists, 8th edn. Oxford: Blackwell Science.

Rosai J 2004 Rosai and Ackerman's Surgical Pathology, 9th edn. London: Mosby.

Shah J 2003 Head and Neck Surgery and Oncology, 3rd edn. London: Mosby.

Taylor GI, Palmer JH, McManamy D 1987 The vascular territories of the body (angiosomes): experimental study and their clinical applications. In McCarthy JG, 1990, Plastic Surgery, vol I General Principles. Philadelphia: W B Saunders.

Zancolli E A, Cozzi E P 1992 Atlas of Surgical Anatomy of the Hand, Edinburgh: Churchill Livingstone.

EXAME CLÍNICO

Aids to the Examination of the Peripheral Nervous System, 4th Edition. London: W B Saunders, 2000.

Lumley JSP 2002 Surface Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

SUMÁRIO

Prefácio ix
Colaboradores x
Revisão xii
Revisão Internacional xiii
Apresentação xv
Agradecimentos xvii
Apresentação histórica xix
Ruth Richardson
Nomenclatura anatômica xxiv
Bibliografia de títulos selecionados xxvi

Seção 1 CÉLULAS, TECIDOS E SISTEMAS 1

Editora de Seção: Caroline Wigley
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C Healy
Com as contribuições especializadas de Michael A. Adams (Capítulo 5), Sue M. Black (5), Cécile Chalouni (1 & 4), Patricia Dolan (5), William C. Earnshaw (1), Paul A. Felts (3), Andrew J.T. George (4), Jonathan C. Kentish (6), Niall A. Kirkpatrick (7), Mary-Clare C. Miller (7), Jagdeep Nanchahal (7), Terence A. Partridge (5), Jeremy P.T .Ward (6)
Revisores: Robert F. Brooks (2), E. Birgitte Lane (7), Roger J. Morris (1)
Novas imagens fornecidas por Peter A. Helliwell (2-7), Joseph Matthew (2-7), Bart Wagner (1-7)

1 Estrutura e função básicas das células 3
2 Integração das células em tecidos 27
3 Sistema nervoso 41
4 Sangue, tecidos linfoides e hematopoese 67
5 Anatomia funcional do sistema musculoesquelético 81
6 Músculo liso e os sistemas cardiovascular e linfático 127
7 Pele e seus apêndices 145

Seção 2 EMBRIOGÊNESE 165

Editora de Seção: Patrícia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Com as contribuições especializadas de Peter R. Braude (8 & 11), Eric R. Jauniaux (9)

8 Desenvolvimento pré-implantação 167
9 Implantação e placentação 175
10 Populações de células na gastrulação 183
11 Indução embrionária e divisão celular 193
12 Populações celulares ao início da organogênese 197
13 Circulação embrionária primitiva 205
14 Desenvolvimento pré e pós-natal 211

Seção 3 NEUROANATOMIA 223

Editor de Seção: Alan R. Grosman
Editor de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Com as contribuições especializadas de Tipu Aziz (22), Roger Chinn (21 & 22), Anthony Graham (24), Paul D. Griffiths (17), Alan Jackson (16), Justin Lee (16-23), Andrés Lozano (21), Zoltan Molnár (24), David Neary (18-20, 23)
Revisores: Christos Talios (17), Roy O. Weller (16)

15 Considerações gerais do sistema nervoso 225
16 Sistema ventricular e espaço subaracnóideo 237
17 Irrigação sanguínea e drenagem do encéfalo 247
18 Medula espinal: organização interna 257
19 Tronco encefálico 275
20 Cerebelo 297
21 Diencéfalo 311
22 Núcleos da base 325
23 Hemisférios cerebrais 335
24 Desenvolvimento do sistema nervoso 361

Seção 4 CABEÇA E PESCOÇO 395

Editora de Seção: Susan Standring
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C Healy
Editora de Microestrutura: Caroline Wigley
Com as contribuições especializadas de Timothy J. Beale (31 & 32), Sue M. Black (26), Ronald H. Douglas (39 & 40), Justin A. Durham (30), David Furness (37), Michael Gleeson (36), Carole M. Hackney (37), Bruce W. Jafek (32), Aadil A. Khan (28), John G. Lawrenson (39 & 40), Stephen McHanwell (33 & 34), Michael Monteiro (25, 28 & 29), Gillian M. Moriss-Kay (35), Hannes Petersen (38), Donald J. Reid (30), Patricia A. Reynolds (31), Paul D. Robinson (31), Jane Sowden (41), Ming Zhang (28) e incluindo algumas figuras baseadas na extensa coleção oftalmológica de Gordon Russell (falecido) (39 & 40)
Revisores: Michael Gleeson (37 & 38), Nick Jones (32), Jaideep J. Pandit (28)

25 Cabeça e pescoço: visão geral e anatomia de superfície 397

CABEÇA E PESCOÇO

26 O exterior do crânio 409
27 Região intracraniana 423

28 Pescoço 435
29 Face e couro cabeludo 467

TRATO AERODIGESTIVO SUPERIOR

30 Cavidade oral 499
31 Fossas infratemporal e pterigopalatina e articulação temporomandibular 527
32 Nariz, cavidade nasal e seios paranasais 547
33 Faringe 561
34 Laringe 577
35 Desenvolvimento da cabeça e do pescoço 595

SENTIDOS ESPECIAIS

36 Orelha externa e média 615
37 Orelha interna 633
38 Desenvolvimento da orelha 651
39 Órbita e o aparelho visual acessório 655
40 O olho 675
41 Desenvolvimento do olho 699

Seção 5 O DORSO 705

Editor de Seção: Richard L.M. Newell
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Com as contribuições especializadas de Nikolai Bogduk (42 & 43), Bodo E.A. Christ (44), Justin Lee (42)
Revisor: Christopher R. Weatherley (42 & 43)

42 O Dorso 707
43 Medula espinal e nervos espinais: anatomia macroscópica 749
44 Desenvolvimento do dorso 763

Seção 6 CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR E MEMBROS SUPERIORES 775

Editor de Seção: David Johnson
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C Healy
Com as contribuições especializadas de David M. Evans (50), Justin Lee (46-50). Cheryll Ticle (51 & 52), Graham Tytherleigh-Strong (46 & 48)
Revisor: Graham Tytherleigh-Strong (47 & 49)

45 Cíngulo do membro superior e membro superior: visão geral e anatomia de superfície 777
46 Cintura peitoral (escapular), região do ombro e axila 791
47 Braço 823
48 Cotovelo 831
49 Antebraço 839
50 Punho e mão 857
51 Desenvolvimento dos membros 899
52 Desenvolvimento do membro superior e do seu cíngulo 905

Seção 7 TÓRAX 907

Editor de Seção: Michael A. Gatzoullis
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Editora de Microestrutura: Caroline Wigley
Com as contribuições especializadas de Robert A. Anderson (59), Andrew Bush (59), Gerald P.H. Gui (54), Antoon F.M. Moorman (59), Simon Padley (55-57), Pallav L. Shah (55, 57 & 58), Jonathan Spratt (55)
Revisores: Peter Goldstraw (55 & 57), John Granton (57), Siew Yen Ho (59), Mark R. Johnson (54), Andrew G. Nicholson (59), Koichiro Niwa (56), John Pepper (56), Michael I. Polkey (58), Darryl Shore (56), Eleftherios Tsiridis (54), Anselm Uebing (53), Hidecki Uemura (53), Gary D. Webb (56)

53 Tórax: aspectos gerais e anatomia de superfície 909
54 Parede torácica e mama 915

CORAÇÃO E MEDIASTINO

55 Mediastino 939
56 Coração e grandes vasos 959

PULMÕES E DIAFRAGMA

57 Pleura, pulmões, traqueia e brônquios 989
58 Diafragma 1007
59 Desenvolvimento do tórax 1013

Seção 8 ABDOME E PELVE 1039

Editores de Seção: Neil R. Borley (capítulos 60-73) e Jeremiah C. Healy (capítulos 74-78)
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Editora de Microestrutura: Caroline Wigley
Com as contribuições especializadas de Jonathan L. Brown (65-67), Declan J.P. Cahill (75), Aashish Chandra (74 & 75), Alfred Cutner (77), Catriona L. Davies (74-77), Alex Freeeman (76), Jonathan M. Glass (74), David J.A. Goldsmith (74), John Hutson (78), Nasir Khan (62, 65-67, 69, 70, 72, 74-77), David Lowe (77), Sukhbinder Minhas (76), Louise A. Moore (62, 65-67, 69, 70, 72), Timothy A.J. Mould (77), Pranav P. Pandya (77), Raj Prasad (68)
Revisor: Giles Toogood (66)

60 Abdome e pelve: revisão e anatomia de superfície 1041
61 Parede abdominal anterior 1055
62 Parede abdominal posterior e retroperitônio 1069
63 Pelve verdadeira, assoalho pélvico e períneo 1083
64 Peritônio e cavidade peritoneal 1099

TRATO GASTROINTESTINAL

65 Parte abdominal do esôfago e estômago 1111
66 Intestino delgado 1125
67 Intestino grosso 1137

VÍSCERAS ABDOMINAIS

68 Fígado 1163
69 Vesícula biliar e árvore biliar 1177
70 Pâncreas 1183
71 Baço 1191
72 Glândula suprarrenal (adrenal) 1197

DESENVOLVIMENTO DA CAVIDADE PERITONEAL, DO TRATO GASTROINTESTINAL E DE SEUS ANEXOS

73 Desenvolvimento da cavidade peritoneal, do trato gastrointestinal 1203

SISTEMA UROGENITAL

74 Rim e ureter 1225
75 Bexiga, próstata e uretra 1245
76 Sistema genital masculino 1261
77 Sistema genital feminino 1279
78 Desenvolvimento do sistema urogenital 1305

Seção 9 CÍNGULO DO MEMBRO INFERIOR E MEMBROS INFERIORES 1327

Editor de Seção: Vishy Mahadevan
Editora de Embriologia, Crescimento e Desenvolvimento: Patricia Collins
Editor de Aquisição de Imagens: Jeremiah C. Healy
Com as contribuições especializadas de Andrew Amis (81 & 82), Anthony Bull (81 & 82), Chinmay M. Gupte (81 & 82), Justin Lee (80-84), Niri S. Niranjan (79, 80, 83 & 84), Cheryll Tickle (85)
Revisores: Andrew Amis (84), Anthony Bull (84), Chinmay M. Gupte (84)

79 Cíngulo do membro inferior e membro inferior: visão geral e anatomia de superfície 1329
80 Cintura pélvica, região glútea e coxa 1349
81 Quadril 1387
82 Joelho 1393
83 Perna 1411
84 Pé e tornozelo 1429
85 Desenvolvimento da cintura pélvica e do membro inferior 1463

Índice remissivo 1465

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

SEÇÃO
1

CÉLULAS, TECIDOS E SISTEMAS

1 Estrutura e função básicas das células 3
Estrutura celular 3
Características gerais das células 3
Organização celular 3
Membrana plasmática 4
Cobertura celular (glicocálix) 4
Contatos da superfície celular 4
Sinalização celular 7
Transporte através das membranas celulares 9
Exocitose e endocitose 9
Citoplasma 10
Compartimentos e organização funcional 10
Retículo endoplasmático e ribossomos 10
Aparelho de Golgi (complexo de Golgi) 12
Endossomos, lisossomos, proteossomos e peroxissomos 12
Mitocôndrias 13
Organelas citossólicas: vacúolos lipídicos, citoesqueleto (actina, miosina, microtúbulos) 14
Projeções da superfície celular: cílios, flagelos e microvilos 16
Núcleo 18
Membrana nuclear 18
Cromatina 19
Cromossomos e cariótipos 19
Nucléolo 20
Divisão celular e ciclo celular 20
Mitose 21
Meiose 22
Diferenciação celular 23
Fusão celular 24
Apoptose 24

2 Integração das células em tecidos 27
Epitélios 27
Epitélios unilaminares (simples) 27
Epitélios multilaminares (estratificados) 29
Glândulas 31
Glândulas exócrinas 31
Glândulas endócrinas 31
Controle da secreção glandular 32
Membrana basal e lâmina basal 33
Tecidos conjuntivos e de suporte 34
Células dos tecidos conjuntivos gerais 34
Células residentes 34
Células migratórias 35
Células dos tecidos conjuntivos especializados 36
Matriz extracelular 36
Matriz fibrilar: colágenos e elastina 37
Matriz interfibrilar: glicosaminoglicanos, proteoglicanos e glicoproteínas aderentes 37
Classificação dos tecidos conjuntivos 38
Tecidos conjuntivos irregulares 38
Tecidos conjuntivos regulares 38
Tecido mucoide 38
Transdiferenciação e metaplasia 39
Mucosa (membrana mucosa) 39
Serosa (membrana serosa) 39
Fáscia 39

3 Sistema nervoso 41
Neurônios 41
Soma 41
Dendritos 42
Axônios 43
Sinapses e neurotransmissores 44
Glia central 48
Astrócitos 48
Oligodendrócitos 49
Mielina e mielinização 50
Epêndima 51
Micróglia 52
Nervos periféricos 52
Fibras nervosas periféricas 53
Bainhas de tecido conjuntivo 53
Células de Schwann 53
Células satélites 55
Suprimento sanguíneo dos nervos periféricos 55
Gânglios 55
Gânglios sensitivos 55
Gânglios autônomos 56
Gânglios entéricos 56
Sistema neuroendócrino disperso 56
Terminações sensitivas 57
Características gerais dos receptores sensitivos 57
Classificação funcional dos receptores 57
Terminações nervosas livres 58
Terminações encapsuladas 59
Fusos neuromusculares 60
Receptores articulares 61
Junções neuromusculares 61
Zona de transição SNC–SNP 63
Condução do impulso nervoso 63

4 Sangue, tecidos linfoides e hematopoese 67
Células do sangue periférico 67
Eritrócitos 67
Leucócitos 69
Tecidos linfoides 72
Linfonodos 72
Tecido linfoide associado à mucosa (TLAM) 74
Hematopoese 74
Medula óssea 74
Linhagens celulares 75
Fagócitos e células apresentadoras de antígeno 78
Macrófagos 78
Células dendríticas 79

5 Anatomia funcional do sistema musculoesquelético 81
Cartilagem 81
Microestrutura 81
Desenvolvimento e crescimento 84
Osso 85
Anatomia macroscópica 85
Microestrutura 86
Suprimento neurovascular 91
Desenvolvimento e crescimento 92
Articulações 97
Articulações fibrosas 97
Articulações cartilaginosas 98
Articulações sinoviais 99
Suprimento neurovascular 101
Classificação 101
Movimentos 103
Desenvolvimento 103
Músculo 103
Classificação dos músculos 104
Músculo esquelético 104
Microestrutura 104
Suprimento vascular e drenagem linfática 108
Inervação 110
Contração muscular: fisiologia básica 111
Forma e função nos músculos esqueléticos 113
Desenvolvimento 114
Células satélites e reparo do músculo 116
Biomecânica 117
Conceitos mecânicos 117
Propriedades materiais dos tecidos esqueléticos 119
Propriedades mecânicas das estruturas esqueléticas 120

Músculos e sistemas de alavancas 121
Movimentos 121
Mecanobiologia 123

6 Músculo liso e os sistemas cardiovascular e linfático . . 127
Músculo liso 127
Microestrutura do músculo liso e o mecanismo contrátil 127
Suprimento vascular 128
Inervação 128
Acoplamento excitação-contração no músculo liso 130
Desenvolvimento 130
Sistemas cardiovascular e linfático 130
Organização geral 130
Shunts e anastomoses vasculares 134
Microestrutura funcional dos vasos 135
Vasos linfáticos 139
Músculo cardíaco 139
Microestrutura 139
Suprimento vascular e drenagem linfática 141
Inervação 141
Acoplamento da excitação–contração no músculo cardíaco 141
Desenvolvimento 142

7 Pele e seus apêndices 145
Tipos e funções da pele 145
Microestrutura 145
Epiderme 145
Derme 150
Unidade pilossebácea 150
Glândulas sudoríferas 153
Aparelho ungueal 154
Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação 156
Desenvolvimento da pele e dos apêndices cutâneos 157
Epiderme e apêndices 157
Derme 159
Interações epitélio–mesênquima na pele em desenvolvimento 159
Crescimento neonatal 159
Sulcos e rugas naturais da pele 160
Linhas da pele 160
Alterações da pele relacionadas à idade 161
Cura de feridas e cicatrização cutâneas 162
Hemostasia 162
Inflamação 162
Proliferação 163
Remodelação 163
Cura de ferida sem cicatriz 163
Enxertos e retalhos de pele 163

Estrutura e função básicas das células

CAPÍTULO 1

ESTRUTURA CELULAR

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS CÉLULAS

As formas das células dos mamíferos variam amplamente dependendo das suas interações com outras células, seu ambiente extracelular e estruturas internas. Suas superfícies são muitas vezes altamente pregueadas quando estão envolvidas em funções absortivas ou de transporte. O tamanho celular é limitado pelas taxas de difusão, seja do material que entra ou sai das células, seja pela difusão em seu interior. O movimento de macromoléculas pode ser muito acelerado e também dirigido por processos de transporte ativo através das membranas e por mecanismos de transporte no interior da célula. Conforme a localização das funções absortivas ou de transporte, microvilos apicais (Fig. 1.1) ou dobras basolaterais criam uma grande área de superfície para transporte ou difusão.

Motilidade é uma característica da maioria das células, na forma de movimento de citoplasma ou organelas específicas de uma parte para outra da célula. Ela também inclui: a extensão de partes da superfície da célula como pseudópodos, lamelópodos, filópodos e microvilos; locomoção de células inteiras como na migração ameboide dos macrófagos teciduais; o batimento de flagelos ou cílios para mover a célula (p. ex., nos espermatozoides) ou líquidos a elas sobrejacentes (p. ex., no epitélio respiratório); divisão celular e contração muscular. Os movimentos celulares também estão envolvidos na captação de materiais do seu ambiente (endocitose, fagocitose) e na passagem de grandes complexos moleculares para fora das células (exocitose, secreção).

As células raramente operam independentemente umas das outras e comumente formam agregados por adesão, muitas vezes auxiliadas por junções intercelulares especializadas. Elas também podem se comunicar umas com as outras, seja gerando e detectando sinais moleculares que se difundem através dos espaços intercelulares ou, mais rapidamente, por contato de membrana, o qual pode envolver pequenos canais transmembrânicos transitórios ou interações entre moléculas de sinalização ligadas à membrana. Grupos coesos de células constituem tecidos, e conjuntos mais complexos de tecidos formam sistemas funcionais ou órgãos.

A maioria das células tem entre 5-50 μm de diâmetro: por exemplo, linfócitos em repouso têm 6 μm de diâmetro, eritrócitos 7,5 μm e células epiteliais colunares têm 20 μm de altura e 10 μm de largura (todas as medidas são aproximadas). Algumas células são muito maiores que isto: por exemplo, os megacariócitos da medula óssea têm mais de 200 μm de diâmetro. Os grandes neurônios e as células do músculo esquelético têm volumes relativamente enormes, em virtude das suas formas alongadas, alguns dos primeiros tendo mais de 1 metro de comprimento.

ORGANIZAÇÃO CELULAR

Cada célula é contida dentro da sua membrana plasmática limitante, ou de superfície, a qual encerra o citoplasma. Todas as células, exceto eritrócitos maduros, também contêm um núcleo que é circunscrito por uma membrana ou envelope nuclear (Figs. 1.1, 1.2). O núcleo inclui o genoma da célula contido nos cromossomos, o nucléolo e outras organelas subnucleares. O citoplasma contém diversos sistemas de organelas. Estes incluem

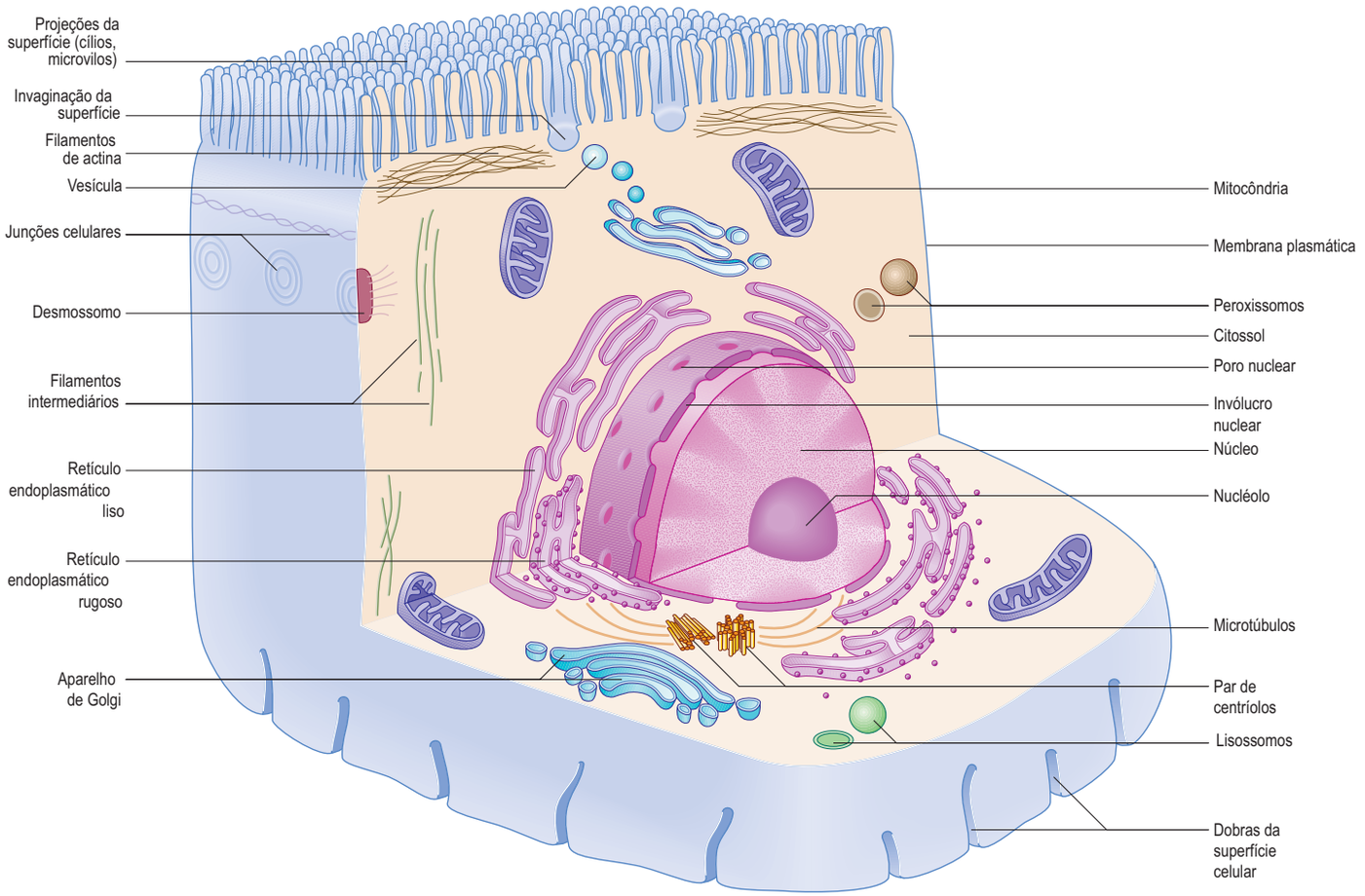


Fig. 1.1 Os principais componentes estruturais e a organização interna de uma célula generalizada.

uma série de estruturas limitadas por membrana que formam compartimentos separados dentro do citoplasma, como o retículo endoplasmático rugoso e liso, aparelho de Golgi, lisossomos, peroxissomos, mitocôndrias, e vesículas para transporte, secreção e armazenamento de componentes celulares. Há também estruturas que jazem livres no compartimento não membranoso, citossólico. Elas incluem os ribossomos e diversas redes de proteínas filamentares conhecidas coletivamente como o citoesqueleto. O citoesqueleto determina a forma geral da célula e promove extensões especializadas da superfície celular (microvilos, cílios, flagelos). Ele está envolvido na montagem de novas organelas filamentares (p.ex., centríolos) e controla movimentos do citoplasma e vesículas citoplasmáticas. O citossol contém muitas proteínas solúveis, íons e metabólitos.

Polaridade e domínios celulares

Os epitélios (incluindo endotélios e mesotélios) são organizados em lâminas ou estruturas mais complexas (Cap. 2) com ambientes muito diferentes em cada um dos lados. Estas células transferem ativamente macromoléculas e íons entre as duas superfícies e são assim polarizadas em estrutura e função (Fig. 1.3). Nas células polarizadas, particularmente nos epitélios, a célula é geralmente subdividida em domínios que refletem a polarização das atividades no seu interior. A superfície livre, por exemplo, aquela de face para a luz intestinal ou para a via aérea, é a superfície apical, e o seu citoplasma adjacente é o domínio celular apical. É neste local que a célula faz interface com um compartimento específico do corpo (ou, no caso da epiderme, com o mundo exterior). A superfície apical é especializada para atuar como uma barreira, restringindo acesso de substâncias a partir deste compartimento para o resto do corpo. Componentes específicos são seletivamente absorvidos ou acrescentados ao compartimento externo pelos processos ativos, respectivamente, de transporte ativo e endocitose em direção intracelular ou exocitose e secreção em direção extracelular. A superfície apical é muitas vezes coberta com pequenas protrusões da superfície celular, as microvilosidades, o que aumenta a área de superfície, particularmente para absorção.

A superfície da célula oposta à superfície apical é a superfície basal, com o seu domínio celular basal associado. Em um epitélio com uma só camada (simples), esta superfície está em aposição à lâmina basal. As superfícies restantes são conhecidas como superfícies laterais da célula. Em muitos casos as superfícies laterais e basal executam funções semelhantes, e o domínio celular é chamado domínio basolateral. As células transportam ativamente substâncias, como nutrientes digeridos a partir da luz intestinal ou secreções endócrinas, através da sua superfície basal (ou basolaterais) para dentro da matriz de tecido conjuntivo subjacente e capilares sanguíneos em seu interior. Gases apolares dissolvidos (oxigênio e dióxido de carbono) se difundem livremente entre a célula e a corrente sanguínea através da superfície basolateral. As superfícies apical e basolaterais são separadas por uma vedação intercelular hermética, a junção intercelular, que impede a passagem de até mesmo pequenos íons através do espaço entre células adjacentes, e assim mantém a diferença entre os ambientes em cada lado do epitélio.

MEMBRANA PLASMÁTICA

As células são limitadas por uma membrana plasmática individualizada, a qual compartilha características com o sistema de membranas internas que compartimentam o citoplasma e rodeiam o núcleo. Todas elas são compostas de lipídios (principalmente fosfolipídios, colesterol e glicolipídios) e proteínas, em proporções aproximadamente iguais. Os lipídios da membrana plasmática formam uma camada com duas moléculas de espessura, a bicamada lipídica. As extremidades hidrofóbicas de cada lipídio estão voltadas para o interior da membrana e as extremidades hidrofílicas dão face para fora. A maioria das proteínas está embutida no interior, ou flutua na bicamada lipídica como um mosaico fluido. Algumas proteínas, em virtude das extensas regiões hidrofóbicas das suas cadeias polipeptídicas, abrangem a espessura inteira da membrana (proteínas transmembrânicas), enquanto outras são apenas superficialmente afixadas à bicamada por grupos lipídicos. Ambas são proteínas integrais (intrínsecas) da membrana, diferentemente das proteínas periféricas (extrínsecas) da membrana, as quais são ligadas à membrana apenas através da sua associação com outras proteínas. Carboidratos na forma de oligossacarídeos e polissacarídeos estão ligados a proteínas (glicoproteínas) ou a lipídios (glicolipídios), e se projetam principalmente para dentro do domínio extracelular.

Combinações de técnicas bioquímicas, biofísicas e biológicas revelaram que os lipídios não são homogeneamente distribuídos nas membranas, mas que alguns são organizados em microdomínios na bicamada, chamados "membranas resistentes a detergentes" ou "jangadas" (*rafts*) de lipídios, ricos em esfingomielina e colesterol (Morris *et al.*, 2004). A capacidade de selecionar subconjuntos de proteínas gerando diferentes microdomínios lipídicos tem profundos efeitos na função da membrana plasmática, por exemplo, nos receptores das células T e na sinalização de neurotrofinas. O ambiente altamente organizado dos domínios proporciona um ambiente de sinalização, trânsito e fusão de membranas muito diferente daquele encontrado numa membrana em mosaico fluido desorganizada.

Ao microscópio eletrônico, membranas fixadas e contrastadas com metais pesados como ósmio aparecem em corte como duas camadas densamente coradas separadas por uma zona elétron-transparente — a unidade de membrana clássica (Fig. 1.4). A espessura total é cerca de 5 nm. Criofraturas sob congelação usualmente passam ao longo da linha média de cada membrana, onde as caudas hidrofóbicas dos fosfolipídios se encontram. Esta técnica também demonstrou partículas intramembranosas embutidas na camada bicamada lipídica; estas são da faixa de 5–15 nm e, na maioria dos casos, representam grandes moléculas ou complexos de moléculas de proteínas transmembrânicas. As partículas intramembranosas estão distribuídas assimetricamente entre as duas meias membranas, usualmente aderindo mais a uma face que à outra. Nas membranas plasmáticas, a meia membrana interna ou protoplasmática (citoplasmática) carrega mais partículas, vistas na sua superfície que dá face para o exterior (a face P). Onde elas foram identificadas, as partículas usualmente representam canais para a passagem transmembrânica de íons ou moléculas.

Medições biofísicas mostram que a bicamada lipídica é altamente fluida, permitindo difusão no plano da membrana. Assim, proteínas são capazes de se mover livremente nesses planos, a menos que estejam ancoradas no interior da célula. As membranas em geral, e a membrana plasmática em particular, formam fronteiras que limitam seletivamente a difusão e criam compartimentos fisiologicamente distintos. As bicamadas lipídicas são impermeáveis a solutos hidrofílicos e íons, e assim as membranas controlam ativamente a passagem de íons e pequenas moléculas orgânicas, tais como nutrientes, através da atividade de proteínas de transporte na membrana. Entretanto, substâncias lipossolúveis podem passar diretamente através da membrana, de tal modo que, por exemplo, hormônios esteroides entram livremente no citoplasma. Suas proteínas receptoras são citossólicas ou nucleares, em vez de estarem localizadas na superfície celular.

As membranas plasmáticas são capazes de gerar gradientes eletroquímicos e diferenças de potencial por transporte iônico seletivo e captam ou exportam ativamente pequenas moléculas por processos dependentes de energia. Elas também proveem superfícies para a fixação de enzimas, locais para os receptores de sinais externos, incluindo hormônios e outros ligantes e locais para o reconhecimento e afixação de outras células. Internamente, as membranas plasmáticas podem atuar como pontos de fixação para estruturas intracelulares, em particular aquelas relacionadas com motilidade e outras funções citoesqueléticas. As membranas celulares são sintetizadas pelo retículo endoplasmático rugoso em conjunto com o aparelho de Golgi.

Cobertura celular (glicocálix)

A membrana plasmática difere estruturalmente das membranas internas porque possui uma capa externa difusa rica em carboidrato, a cobertura celular ou glicocálix. A cobertura celular forma parte integrante da membrana plasmática, projetando-se como uma camada difusamente filamentosa 2–20 nm ou mais a partir da superfície da lipoproteína (Fig. 1.5). A espessura global da membrana plasmática é, portanto, variável, mas tipicamente é de 8-10 nm. A cobertura celular é composta das porções de carboidrato das glicoproteínas e glicolipídios inclusos na membrana plasmática (Fig. 1.4).

A composição precisa do glicocálix varia com o tipo celular: muitos antígenos específicos de tecidos e de tipos de células estão localizados na capa, incluindo os sistemas de antígeno principal de histocompatibilidade e, no caso dos eritrócitos, os antígenos de grupos sanguíneos. Ela também contém moléculas de adesão, as quais capacitam as células a aderir seletivamente a outras células ou à matriz extracelular. Elas desempenham papéis importantes na manutenção da integridade dos tecidos e em uma ampla variedade de processos celulares dinâmicos, por exemplo, a formação de redes neurais que se intercomunicam no sistema nervoso em desenvolvimento e o extravasamento de leucócitos. As células tendem a repelir umas às outras por causa da predominância de carboidratos com carga negativa nas superfícies celulares. Consequentemente há uma distância de pelo menos 20 nm entre as membranas plasmáticas de células adjacentes, a não ser em junções especializadas.

Contatos da superfície celular

A membrana plasmática é a superfície que estabelece contato com outras células e com componentes estruturais das matrizes extracelulares. Estes contatos podem desempenhar um papel predominantemente adesivo, ou iniciar respostas/processos dentro e entre as células, ou ambos; eles frequentemente afetam o comportamento das células. Estruturalmente, há duas classes principais de contato, ambos associados com moléculas de adesão celular. Uma classe é associada com especializações em regiões individualizadas da superfície celular que são ultraestruturalmente distin-

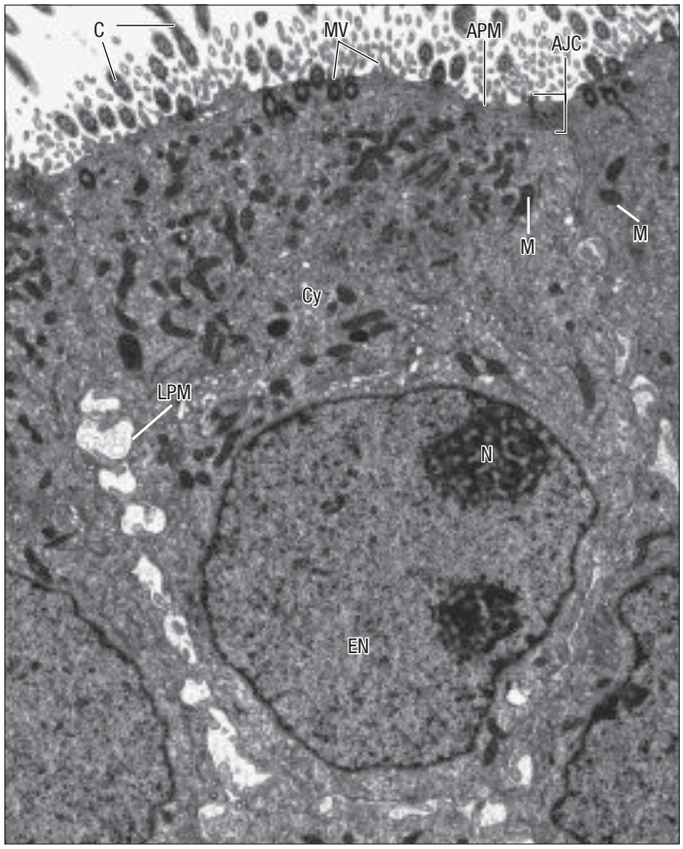


Fig. 1.2 Organização estrutural e algumas organelas principais de uma célula típica. Este exemplo é uma célula epitelial colunar ciliada da mucosa nasal humana. A célula central, que ocupa a maior parte do campo de visão, está em estreita aposição às suas vizinhas ao longo das suas membranas plasmáticas laterais. Dentro do complexo juncional apical, estas membranas formam uma zona hermeticamente vedada (junção oclusiva) que isola os tecidos subjacentes — neste caso, da cavidade nasal. AJC, complexo juncional apical; APM, membrana plasmática apical; C, cílios; Cy, citoplasma; EN, núcleo eucromático; LPM, membrana plasmática lateral; M, mitocôndrias; MV, microvilos; N, nucléolo.

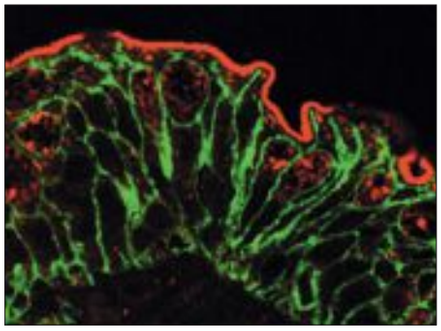


Fig. 1.3 Epitélio absortivo do cólon humano, imunomarcado para mostrar a divisão funcional dos domínios da superfície celular. Expressão de antígeno CD66 (vermelho) é concentrada no domínio apical que dá face para a luz do tubo digestivo (em cima), nos microvilos do bordo estriado; marcação difusa está presente em todo o citoplasma, mas é excluída da zona basal ocupada pelos núcleos. O antígeno de célula intestinal A33 (verde) é um membro da superfamília das imunoglobulinas, de proteínas transmembrânicas, expressado aqui nas superfícies celulares basolaterais. (Cortesia de Cécile Chalouni, Ludwig Institute for Cancer Research, Yale University School of Medicine.)

tas. Estas estão descritas na página 6. A segunda classe geral de contato adesivo não tem características ultraestruturais associadas óbvias.

Contatos adesivos gerais

Uma classe de glicoproteínas transmembrânicas ou ancoradas à membrana que se projetam externamente a partir da membrana plasmática, e que formam contatos adesivos, são as moléculas de adesão celular. Há vários subgrupos moleculares, os quais são divisíveis de modo amplo com base na sua dependência de cálcio. Suas numerosas funções incluem formação

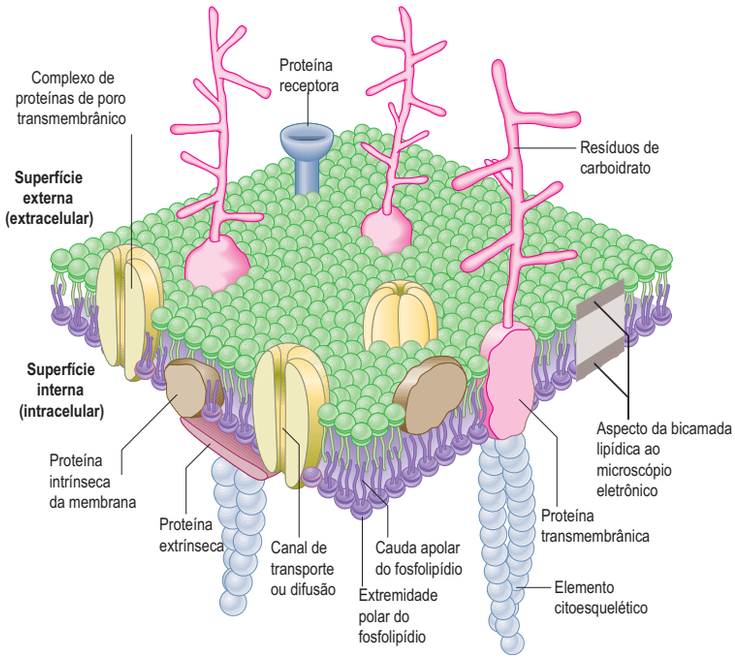


Fig. 1.4 Organização molecular da membrana plasmática, de acordo com o modelo de mosaico fluido da estrutura da membrana. As proteínas intrínsecas ou integrais da membrana incluem complexos de canais de difusão ou transporte, proteínas receptoras e moléculas de adesão. Estas podem abranger a espessura da membrana (proteínas transmembrânicas) e podem ter domínios tanto extracelular quanto citoplasmático. As proteínas transmembrânicas têm zonas hidrofóbicas, as quais atravessam a bicamada fosfolipídica e permitem que a proteína "flutue" no plano da membrana. Algumas proteínas são restringidas na sua liberdade de movimento quando seus domínios citoplasmáticos são fixados ao citoesqueleto.

e morfogênese de tecidos e há evidência de interação coordenada entre os subgrupos.

Moléculas de adesão dependentes do cálcio

Caderinas, selectinas e integrinas são moléculas de adesão cálcio-dependentes. As caderinas são proteínas transmembrânicas, com cinco domínios externos grandemente glicosilados. Elas são responsáveis por adesão intercelular forte não específica, bem como são componentes de alguns contatos adesivos especializados e são fixadas por proteínas de ligação (cateninas) nas suas extremidades citoplasmáticas a fibras citoesqueléticas subjacentes (actina ou filamentos intermediários). Diferentes tipos de células possuem diferentes membros da família das caderinas, por exemplo, N-caderinas no tecido nervoso, E-caderinas nos epitélios e P-caderinas na placenta. Estas moléculas se ligam àquelas do mesmo tipo em outras células (ligação homofílica), de tal modo que as células da mesma classe aderem umas às outras, preferencialmente formando agregados ou camadas teciduais, como nos epitélios. Para uma revisão da adesão mediada por caderinas na morfogênese, ver Gumbiner (2005).

As selectinas são encontradas nos leucócitos, plaquetas e células endoteliais vasculares. Elas são glicoproteínas lectinas transmembrânicas que podem se ligar com baixa afinidade aos grupos carboidrato em outras superfícies celulares para permitir movimento entre as duas, por exemplo, a adesão de rolagem dos leucócitos sobre as paredes dos vasos sanguíneos (pág. 136). Elas funcionam cooperativamente em sequência com as integrinas, que reforçam a adesão das selectinas.

As integrinas são glicoproteínas que tipicamente medeiam adesão entre células e componentes da matriz extracelular como fibronectina, colágeno, laminina. Elas integram interações entre a matriz e o citoesqueleto celular ao qual elas estão ligadas, e assim facilitam a migração celular dentro da matriz. Uma molécula de integrina é formada de duas subunidades (α e β), cada uma das quais tem vários subtipos. Combinações de subunidades alternativas fornecem por volta de 24 heterodímeros de integrinas conhecidos, cada um dirigido para uma molécula extracelular particular, embora haja considerável superposição na especificidade. Algumas integrinas dependem para sua ligação de magnésio em vez de cálcio.

Moléculas de adesão independentes do cálcio

As mais bem conhecidas moléculas de adesão cálcio-independentes são glicoproteínas que possuem domínios externos relacionados a moléculas de imunoglobulinas. Em sua maioria são proteínas transmembrânicas. Algumas são inteiramente externas, ou afixadas à membrana plasmática por uma âncora de glicosilfosfatidilinositol, ou secretadas como componentes solúveis da matriz extracelular. Diversos tipos são expressos em

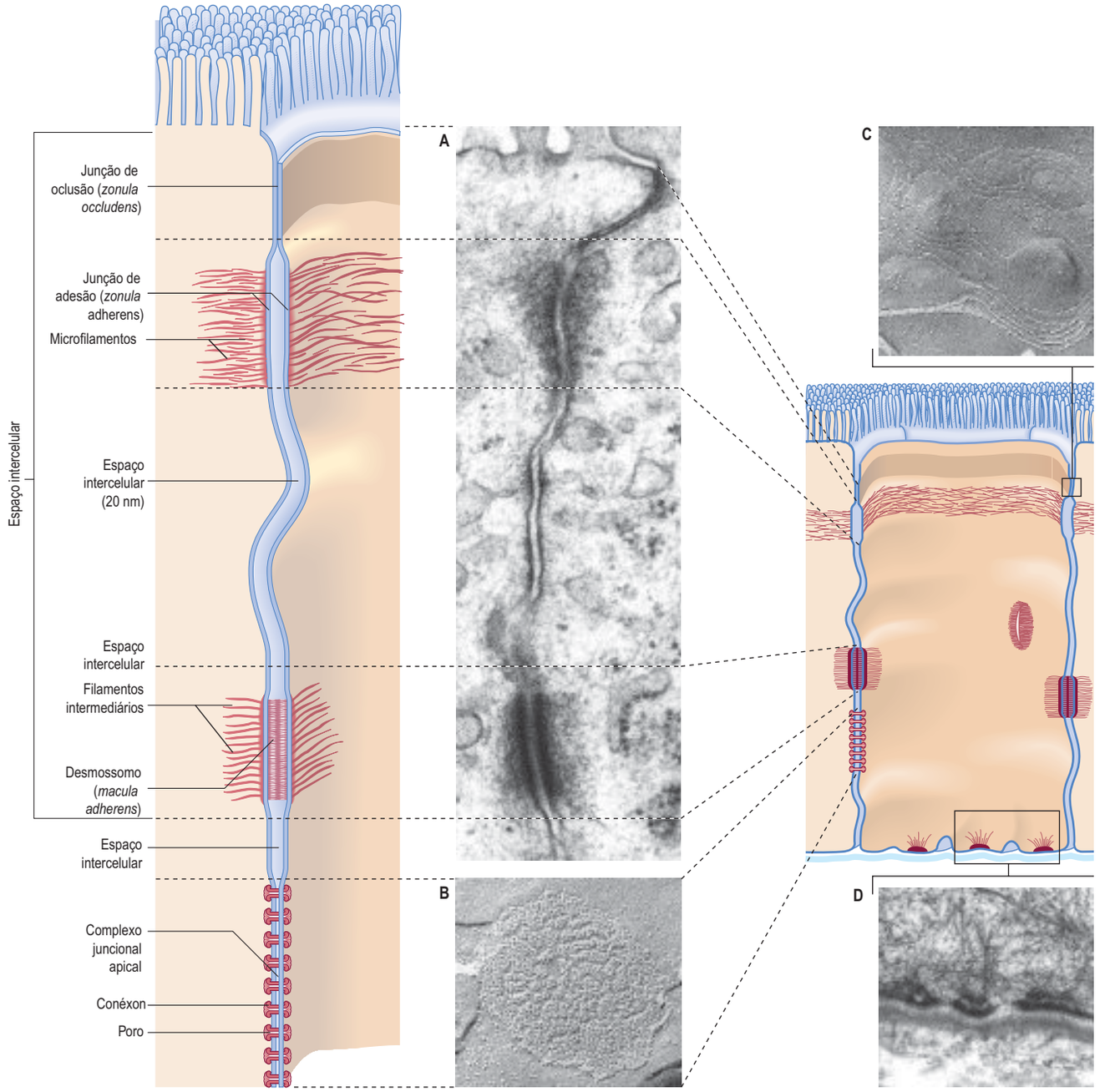


Fig. 1.5 Junções intercelulares. As posições do complexo juncional apical e outras especializações juncionais de células epiteliais estão mostradas, junto com suas aparências em microscopia eletrônica (ver **A–D;** B e C são preparações de criofratura). **B** mostra como, em uma junção de espaço, numerosos canais (poros dentro de conéxons) são aglomerados para formar uma região juncional semelhante a uma placa entre membranas plasmáticas adjacentes. **C** mostra a rede anastomótica de contatos entre membranas celulares adjacentes formando uma junção íntima. **D** mostra as fixações da membrana plasmática basal à lâmina basal nos hemidesmossomos. (Parte B por cortesia de Professor Dieter Hülser, University of Stuttgart. Parte C por cortesia de Dr. Andrew Kent, King's College London.) A,D de tecido humano.

diferentes tecidos. Moléculas de adesão de células neurais (N-CAMs) são encontradas em vários tipos de células, mas são largamente expressas pelas células neurais. Moléculas de adesão intercelular (I-CAMs) são expressas nas células endoteliais vasculares. A ligação de molécula de adesão celular é predominantemente homofílica, embora algumas usem um mecanismo heterofílico, por exemplo, a molécula de adesão intercelular vascular (VCAM), que pode se ligar a integrinas.

Para informação adicional sobre aspectos das moléculas de adesão celular e contatos intercelulares, ver Pollard e Earnshaw (2007).

Contatos adesivos especializados

Os contatos adesivos especializados, alguns dos quais medeiam atividades outras que não simples coesão mecânica, são regiões localizadas da superfície celular com características ultraestruturais particulares. Três classes principais existem: junções oclusivas, adesivas e comunicantes (Fig. 1.5).

Junções de oclusão (*tight junctions*, *zonula occludens*)

As junções oclusivas criam barreiras à difusão em camadas contínuas de células, incluindo epitélios, mesotélios e endotélios, e impedem a passagem de materiais cruzando a camada celular através dos espaços intercelulares. Elas formam um cinturão contínuo (zônula) em torno do perímetro da célula, próximo da superfície apical em células epiteliais cuboides ou colunares. Em uma junção íntima, as membranas das células adjacentes entram em contato, de modo que o espaço entre elas é obliterado. Microscopia eletrônica de fratura sob congelação (criofratura) mostra que os contatos entre as membranas jazem ao longo de cristas ramificadas e anastomosadas formadas pela incorporação de cadeias de partículas proteicas intramembranosas na face P da bicamada lipídica (Fig. 1.5C).

Esta disposição assegura que substâncias só podem passar através da camada de células por difusão ou transporte através das suas membranas apicais e citoplasma. As células, assim, modificam seletivamente o ambiente em cada lado da camada. Junções oclusivas também criam diferenças regionais nas membranas plasmáticas das células nas quais elas são encontradas. Por exemplo, em epitélios, a composição da membrana plasmática apical difere daquela das regiões basolaterais (Fig. 1.3), e isto permite que estas regiões se dediquem a funções como transporte direcional de íons e captação de macromoléculas. Uma vez que as junções íntimas possuem altas concentrações de proteínas transmembrânicas fixas, elas atuam como barreiras à difusão lateral de lipídios e proteínas no interior das membra-

nas. A integridade das junções de oclusão é cálcio-dependente. As células podem transitoriamente alterar a permeabilidade das suas junções de oclusão para aumentar transporte paracelular passivo em algumas circunstâncias.

Junções aderentes

As junções aderentes incluem contatos intercelulares e célula–matriz extracelular, nas quais as células aderem fortemente umas às outras ou a componentes da matriz adjacente. Contatos intercelulares podem ser subdivididos de acordo com a extensão e localização do contato. Eles todos exibem uma alta concentração de moléculas de adesão celular, as quais externamente ligam células adjacentes e internamente se ligam ao citoesqueleto por meio de proteínas intermediárias.

Zonula adherens *(junção intermediária)*

Uma *zonula adherens* é uma zona contínua semelhante a um cinturão de adesão em torno dos perímetros apicais de células epiteliais, mesoteliais e endoteliais, paralelo e imediatamente basal à junção íntima nos epitélios. Altas concentrações de caderinas ocorrem nesta zona; suas extremidades citoplasmáticas são ancoradas por meio das proteínas vinculina e α-actinina a uma camada de filamentos de actina. Estas junções ajudam a reforçar a fixação intercelular da junção íntima e evitam sua ruptura mecânica. O espaço entre as superfícies celulares é cerca de 20 nm. Usualmente, nenhum material elétron-denso é observado dentro deste espaço intercelular.

Fascia adherens

Uma *fascia adherens* é similar a uma *zonula adherens*, mas é mais limitada em extensão e forma uma tira ou pedaço de adesão, por exemplo, entre células musculares lisas, nos discos intercalados das células do músculo cardíaco e entre células gliais e neurônios. As junções envolvem caderinas fixadas diretamente a filamentos de actina no lado interno da membrana.

Desmossomos (maculae adherentes)

Os desmossomos são áreas limitadas semelhantes a placas de contato intercelular particularmente forte. Eles podem estar localizados em qualquer lugar na superfície celular. Em células epiteliais, pode haver uma fileira circunferencial de desmossomos paralelos às zonas juncionais íntima e intermediária, um arranjo que forma o terceiro componente, situado mais basalmente, do complexo juncional apical epitelial (Fig. 1.5). O espaço intercelular é aproximadamente de 25 nm, é cheio de material filamentoso elétron-denso correndo transversalmente através dele, e também é marcado por uma série de bandas densamente coradas correndo paralelas às superfícies celulares. A adesão é mediada por caderinas dependentes de cálcio, desmogleína e desmocolina. Dentro das células em cada lado, uma densidade citoplasmática é subjacente à membrana plasmática e inclui as proteínas âncoras desmoplaquina e placoglobina, dentro das quais estão inseridas as extremidades de filamentos intermediários. O tipo de filamento intermediário depende do tipo de célula, por exemplo, ceratinas são encontradas em epitélios e filamentos de desmina nas células musculares cardíacas. Os desmossomos formam fortes pontos de ancoragem, semelhantes a pontos de solda, entre células sujeitas a esforço mecânico, por exemplo, na camada de células espinhosas da epiderme, onde eles são extremamente numerosos e grandes.

Hemidesmossomos

Os hemidesmossomos são mais bem conhecidos como junções de ancoragem entre as bases das células epiteliais e a lâmina basal. Ultraestruturalmente, eles se assemelham a um desmossomo com um só lado, ancorado em um lado à membrana plasmática, e no outro à lâmina basal e fibrilas colágenas adjacentes (Figs. 1.5D, 7.5). No lado citoplasmático da membrana há uma placa densa dentro da qual filamentos de ceratina estão inseridos. Os hemidesmossomos usam integrinas como suas moléculas de adesão, enquanto os desmossomos usam caderinas.

Fixações menos altamente estruturadas com uma disposição semelhante existem entre muitos outros tipos de células e sua matriz circundante, por exemplo, entre as células musculares lisas e suas fibrilas da matriz, e entre as extremidades das células musculares esqueléticas e fibras dos tendões. As menores adesões puntiformes assemelham-se a placas de adesão focal.

Placas de adesão focal

As placas de adesão focal são regiões de fixação local entre células e a matriz extracelular. Elas são tipicamente situadas na ou próximo das extremidades dos feixes de filamentos de actina (fibras de esforço), que são ancorados através de proteínas intermediárias nos domínios citoplasmáticos de integrinas. Por sua vez, estas são fixadas nas suas extremidades externas ao colágeno ou outras estruturas filamentares na matriz extracelular. Elas são usualmente de curta existência: sua formação e subsequente disrupção fazem parte do comportamento móvel das células migratórias.

Junções comunicantes (gap junctions)

As junções comunicantes se assemelham às junções de oclusão em corte transversal, mas as duas bicamadas lipídicas em aposição são separadas por um espaço aparente de 3 nm que é transposto por numerosos canais transmembrânicos (conéxons). Os conéxons são formados por um anel de seis proteínas conexinas em cada membrana. Suas superfícies externas encontram as superfícies da célula adjacente no meio. Um diminuto poro central liga uma célula à vizinha (Fig. 1.5). Estes canais podem existir em pequenos números, e isto os torna difíceis de detectar estruturalmente. Entretanto, eles abaixam a resistência elétrica transcelular e assim podem ser detectados por microeletrodos. Conjuntos maiores de muitos milhares de canais são muitas vezes concentrados em arranjos hexagonais (Fig. 1.5B). Essas junções formam placas de fixação limitadas em vez de zonas contínuas, e assim permitem livre passagem de substâncias dentro do espaço intercelular adjacente, diferentemente das junções de oclusão. Elas ocorrem em numerosos tecidos incluindo o fígado, epiderme, células das ilhotas pancreáticas, tecidos conjuntivos, músculo cardíaco e músculo liso, e também são comuns em tecidos embrionários. No sistema nervoso central, elas são encontradas no epêndima e entre as células neurogliais, e formam sinapses elétricas entre alguns tipos de neurônio, embora isto seja raro em humanos. Muito recentemente, uma segunda família de proteínas juncionais de espaço foi descoberta, as panexinas. Em humanos, a expressão de panexinas foi mais extensamente estudada no sistema nervoso (revisto em Litvin *et al.*, 2006).

Embora as junções comunicantes formem canais de difusão entre as células, o tamanho das suas aberturas limita a difusão a pequenas moléculas e íons (até um peso molecular de cerca de 1.000 kDa). Assim elas admitem íons sódio, potássio e cálcio, vários componentes de segundos mensageiros e certo número de metabólitos, mas excluem RNA mensageiro e outras macromoléculas. Em alguns tecidos excitáveis (p. ex., músculo cardíaco e liso), uma célula pode ativar outra eletricamente por fluxo de corrente através de junções comunicantes. Junções comunicantes provavelmente permitem cooperação metabólica entre grupos de células adjacentes; o significado desta atividade na embriogênese, função dos tecidos normais, homeostasia e reparação está apenas começando a ser compreendido.

Outros tipos de junção

As sinapses químicas e junções neuromusculares são áreas especializadas de adesão intercelular onde neurotransmissores secretados a partir de um neurônio terminal ganham acesso a moléculas receptoras especializadas em uma superfície celular receptora. Elas são descritas nas páginas 44 e 61, respectivamente.

Sinalização celular

Os sistemas celulares no corpo se comunicam uns com os outros para coordenar e integrar suas funções. Isto ocorre através de uma variedade de processos conhecidos coletivamente como sinalização celular, na qual uma molécula sinalizadora produzida por uma célula é detectada por outra, quase sempre por meio de uma molécula de proteína receptora específica. A célula receptora efetua a transdução do sinal, o qual ela mais usualmente detecta na membrana plasmática, para mensagens químicas intracelulares que alteram o comportamento celular.

O sinal pode atuar a uma longa distância, por exemplo, sinalização endócrina através da liberação de hormônios dentro da corrente sanguínea, ou sinalização sináptica neuronal por meio da transmissão de impulsos elétricos ao longo de axônios e subsequente liberação de transmissores químicos do sinal em sinapses (pág. 44) ou junções neuromusculares (pág. 61). Uma variação especializada de sinalização endócrina (sinalização neurócrina ou neuroendócrina) ocorre quando neurônios ou paraneurônios (p. ex., células cromafins da medula suprarrenal) secretam um hormônio para dentro do líquido intersticial e na corrente sanguínea.

Alternativamente, a sinalização pode ocorrer à curta distância através de um mecanismo parácrino, no qual células de um tipo liberam moléculas dentro do líquido intersticial do ambiente local, para serem detectadas por células vizinhas de um tipo diferente que expressam uma proteína receptora específica. A sinalização celular neurócrina usa mensageiros químicos encontrados também no sistema nervoso central que podem atuar de uma maneira parácrina via líquido intersticial ou alcançar tecidos-alvo mais distantes na corrente sanguínea. As células podem gerar e responder ao mesmo sinal. Isto é a sinalização autócrina, um fenômeno que reforça as atividades coordenadas de um grupo de células semelhantes, as quais respondem juntas a uma alta concentração de uma molécula sinalizadora local. A forma mais extrema de sinalização a curta distância é a sinalização dependente de contato (justácrina), na qual uma célula responde a proteínas transmembrânicas de uma célula adjacente que se ligam a receptores de superfície na membrana da célula responsiva. Sinalização dependente de contato também inclui respostas celulares a integrinas na sua superfície ligando-se a elementos da matriz extracelular. A sinalização justácrina é importante durante o desenvolvimento e em respostas imunes.

Estes diferentes tipos de mecanismo de sinalização intercelular estão ilustrados na Figura 1.6. Para leitura adicional, ver Alberts *et al.* (2002) e Pollard e Earnshaw (2007).

Moléculas sinalizadoras e seus receptores

A maioria das moléculas de sinalização (ligantes) são hidrofílicas. Elas não podem atravessar a membrana plasmática de uma célula receptora para efetuar alterações intracelularmente a menos que primeiro se liguem a uma proteína receptora da membrana plasmática. Os ligantes são principal-

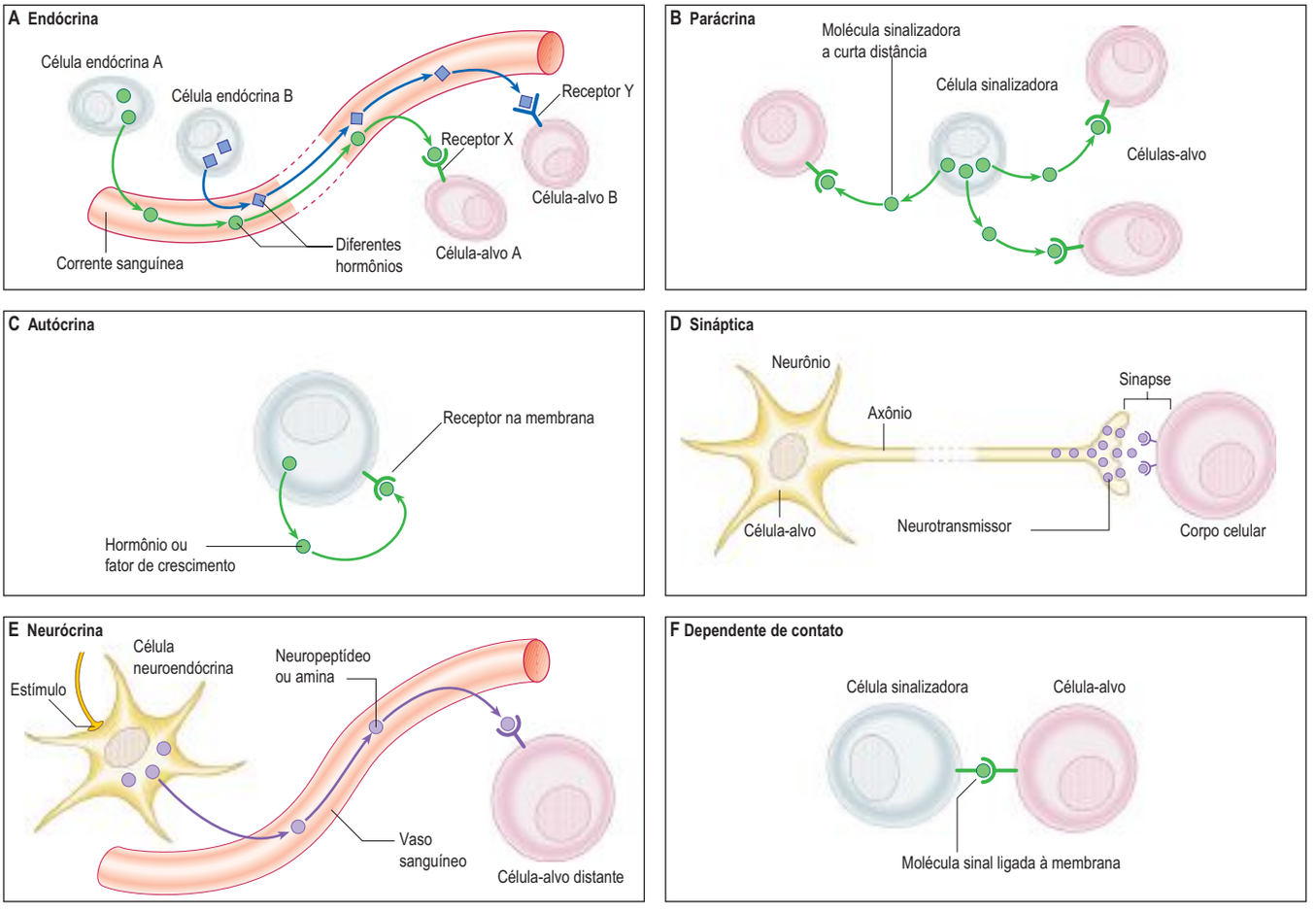


Fig. 1.6 Os diferentes modos de sinalização célula–célula.

mente proteínas (usualmente glicoproteínas), polipeptídeos ou aminas biogênicas altamente carregadas. Elas incluem: hormônios peptídicos clássicos do sistema endócrino; citocinas, que são principalmente originadas em células hematopoéticas e envolvidas em respostas inflamatórias e remodelação tecidual (p. ex., os interferons, interleucinas, fator de necrose tumoral, fator inibidor de leucemia); fatores de crescimento polipeptídicos (p. ex., a superfamília do fator de crescimento epidérmico, fator de crescimento do nervo, fator de crescimento derivado das plaquetas, a família de fatores de crescimento de fibroblastos, fator de crescimento de transformação beta e os fatores de crescimento semelhantes à insulina). Os fatores de crescimento polipeptídicos são moléculas multifuncionais com ações e fontes celulares mais disseminadas do que os seus nomes sugerem. Eles e seus receptores estão comumente mutados ou expressados aberrantemente em certos cânceres. A variante do gene causadora de câncer é chamada oncogene transformador e a versão normal (tipo selvagem) do gene é um oncogene ou proto-oncogene celular. O receptor ativado atua como um transdutor para gerar sinais intracelulares, os quais são pequenos segundos mensageiros difusíveis (p. ex., cálcio, adenosina monofosfato cíclico ou o diacilglicerol lipossolúvel na membrana plasmática), ou maiores complexos proteicos que amplificam e retransmitem o sinal aos sistemas de controle-alvo. Para leitura adicional sobre fatores de crescimento e outras moléculas de sinalização, ver Epstein (2003).

Alguns sinais são hidrofóbicos e capazes de cruzar livremente a membrana plasmática. Exemplos clássicos são os hormônios esteroides, hormônios tireóideos, retinoides e vitamina D. Esteroides, por exemplo, entram nas células não seletivamente, mas evocam uma resposta específica somente nas células-alvo que expressam receptores citoplasmáticos ou nucleares específicos. Estímulos luminosos também atravessam as membranas plasmáticas das células fotorreceptoras e interagem intracelularmente, pelo menos nos bastonetes, com proteínas receptoras fotossensíveis ligadas à membrana. Ligantes hidrofóbicos são transportados na corrente sanguínea ou líquidos intersticiais, geralmente ligados a proteínas carreadoras, e muitas vezes têm uma meia-vida mais longa e efeitos de mais longa duração sobre os seus alvos do que os ligantes hidrossolúveis.

Um grupo separado de moléculas de sinalização que são capazes de cruzar a membrana plasmática livremente é tipificado pelo gás óxido nítrico. O alvo principal da sinalização de óxido nítrico a curta distância é o músculo liso, que se relaxa em resposta. Óxido nítrico é liberado do endotélio vascular como resultado da ação de nervos autonômicos que suprem a parede vascular. Ele causa relaxamento local do músculo liso e dilatação dos vasos. No pênis, este mecanismo é responsável pela ereção peniana. O óxido nítrico é incomum entre as moléculas de sinalização por não possuir proteína receptora específica; em lugar disso, ele atua diretamente sobre enzimas intracelulares da via de resposta.

Proteínas receptoras

Existem por volta de 20 famílias diferentes de proteínas receptoras, cada uma com várias isoformas respondendo a diferentes ligantes. A grande maioria destes receptores são proteínas transmembrânicas. Os membros em cada família compartilham aspectos estruturais que indicam, ou características compartilhadas de ligação de ligante no domínio extracelular, ou propriedades compartilhadas de transdução de sinal no domínio citoplasmático, ou ambas. Há pouca relação entre a natureza de um ligante e a família de proteínas receptoras a que ele se liga e ativa, ou as estratégias de transdução de sinal pelas quais uma resposta intracelular é realizada. O mesmo tipo de ligante pode ativar tipos fundamentalmente diferentes de receptor em diferentes tipos de células.

As proteínas receptoras da superfície celular são geralmente agrupadas de acordo com a sua ligação a um de três sistemas intracelulares: receptores ligados a canais iônicos; receptores acoplados a proteínas G; receptores que se ligam a sistemas enzimáticos. Outros receptores não se encaixam nitidamente em nenhuma destas categorias. Todos os receptores conhecidos acoplados a proteínas G pertencem a um grupo estrutural de proteínas que passam através da membrana sete vezes em uma série de alças serpenteantes. Estes receptores são assim conhecidos como receptores transmembrânicos de sete passagens ou, como as regiões transmembrânicas são formadas de domínios α-helicoidais, como receptores de sete hélices. Os mais bem conhecidos deste grande grupo de receptores filogeneticamente antigos são as proteínas relacionadas a odor, ligantes do sistema olfatório, a proteína receptora sensível à luz, rodopsina, e muitos dos receptores para drogas clinicamente úteis. Uma lista abrangente de proteínas receptoras, seus ligantes ativadores e exemplos da função biológica resultante é apresentada em Pollard e Earnshaw (2007).

Sinalização intracelular

Uma larga variedade de pequenas moléculas carrega sinais dentro das células, transmitindo o sinal da sua fonte (p. ex., receptor ativado na membrana plasmática) para o seu alvo (p. ex., o núcleo). Estes segundos mensageiros transmitem sinais sob a forma de flutuações na concentração local,

de acordo com velocidades de síntese e degradação por enzimas específicas (p. ex., ciclases envolvidas na síntese de nucleotídeo cíclico [AMPc, cGMP]), ou, no caso do cálcio, de acordo com as atividades dos canais e bombas de cálcio. Outros segundos mensageiros lipídicos como fosfatidilinositol derivam das membranas e podem atuar no interior da membrana para gerar efeitos em cascata. Para mais considerações da complexidade das vias de sinalização intracelulares, ver Pollard e Earnshaw (2007).

Transporte através das membranas celulares

As bicamadas lipídicas são cada vez mais impermeáveis a moléculas à medida que aumentam em tamanho ou hidrofilicidade. Mecanismos de transporte são portanto necessários para transportar moléculas polares essenciais, incluindo íons, nutrientes, nucleotídeos e metabólitos de vários tipos, através da membrana plasmática e para dentro ou para fora de compartimentos intracelulares limitados por membrana. O transporte é facilitado por uma variedade de proteínas de transporte da membrana, cada uma com especificidade para uma classe particular de molécula, por exemplo, glicídios. As proteínas de transporte pertencem principalmente a duas classes principais, proteínas canais e proteínas transportadoras.

As proteínas canais formam poros aquosos na membrana, os quais se abrem e fecham sob a regulação de sinais intracelulares, por exemplo, proteínas G, para permitir o fluxo de solutos (usualmente íons inorgânicos) de tamanho e carga específicos. O transporte através dos canais iônicos é sempre passivo, e o fluxo iônico através de um canal aberto depende apenas do gradiente de concentração iônica e sua carga eletrônica, e da diferença de potencial através da membrana. Estes fatores se combinam para produzir um gradiente eletroquímico, que governa o fluxo iônico. As proteínas canal são utilizadas mais eficazmente pelas membranas plasmáticas excitáveis das células nervosas, nas quais o potencial de membrana em repouso pode se alterar transitoriamente de cerca de -80 mV (negativo dentro da célula) para +40 mV (positivo dentro da célula) quando estimuladas por um neurotransmissor (como resultado da abertura e subsequente fechamento de canais seletivamente permeáveis a sódio e potássio).

As proteínas transportadoras ligam seus solutos específicos, como, por exemplo, aminoácidos, e os transportam por meio da membrana através de uma série de alterações conformacionais. Este último processo é mais lento que o transporte iônico através dos canais de membrana. O transporte por proteínas portadoras pode ocorrer passivamente por difusão simples, ou ativamente contra o gradiente eletroquímico do soluto. O transporte ativo tem, portanto, que ser acoplado a uma fonte de energia, como geração de ATP, ou energia liberada pelo movimento coordenado de um íon segundo o seu gradiente eletroquímico. O transporte ligado pode ser na mesma direção que o soluto, e neste caso a proteína portadora é descrita como uma simportadora, ou na direção oposta, quando a portadora atua como uma antiportadora.

Translocação de proteínas através de membranas intracelulares

As proteínas são geralmente sintetizadas nos ribossomos no citossol ou no retículo endoplasmático rugoso. Algumas são fabricadas nos ribossomos mitocondriais. Uma vez sintetizadas, muitas proteínas permanecem no citossol, onde desempenham suas funções. Outras, como proteínas integrantes da membrana ou proteínas para secreção, são translocadas através de membranas intracelulares para modificação pós-traducional e direcionamento para seus destinos. Isto é realizado pela sequência sinal, um sistema de endereço contido dentro da sequência de aminoácidos da proteína, que é reconhecido por receptores ou translocadores na membrana apropriada. As proteínas são assim separadas pela sua sequência sinal (ou conjunto de sequências que se tornam espacialmente agrupadas como uma placa sinal quando a proteína se dobra para sua configuração terciária), de tal modo que elas são reconhecidas pelo compartimento correto de membrana intracelular e entram nele.

Exocitose e endocitose

As proteínas, lipídios, mucinas, pequenas moléculas como aminas secretados e outros produtos celulares destinados à exportação a partir da célula são transportados para a membrana plasmática em pequenas vesículas liberadas da face *trans* do aparelho de Golgi. Esta via ou é constitutiva, na qual transporte e secreção ocorrem mais ou menos continuamente, ou é regulada por sinais externos, como no controle da secreção salivar por estimulação neural autonômica. Na secreção regulada, o produto secretório é armazenado temporariamente em grânulos ou vesículas secretórias limitados por membrana. A exocitose é realizada por fusão da membrana da vesícula secretória com a membrana plasmática e por liberação do conteúdo da vesícula para o domínio extracelular.

Nas células polarizadas, por exemplo, a maioria dos epitélios, a exocitose ocorre na membrana plasmática apical e as células secretam para dentro da luz de um ducto ou sobre uma superfície livre como o revestimento do estômago. Nos hepatócitos, a bile é secretada através de uma área muito pequena de membrana plasmática que forma a parede do canalículo biliar. Esta região é definida como a membrana plasmática apical, e é o local da secreção exócrina, enquanto a secreção de proteínas plasmáticas pelos hepatócitos para dentro da corrente sanguínea é direcionada para as superfícies basolaterais que dão face para os sinusoides. O empacotamento de diferentes produtos secretórios dentro de vesículas apropriadas tem lugar na rede de Golgi *trans*. A entrega das vesículas secretórias nos seus domínios corretos da membrana plasmática é realizada por sequências selecionadoras nas caudas citoplasmáticas das proteínas da membrana vesicular.

Há outros mecanismos nos quais a entrega inicial de produtos secretórios é menos seletiva, mas é seguida por retenção (ou degradação) seletiva ou reprocessamento e redistribuição pelos endossomos. Em última análise, as vesículas secretórias passam por brotamento, preparo (preparação da vesícula para um sinal regulador, quando a secreção é dependente de regulação) e fusão com a membrana plasmática para liberar seu conteúdo. O processo de exocitose também entrega componentes integrantes da membrana à superfície celular no giro e reciclagem normais da membrana plasmática. Entretanto, membrana plasmática em excesso gerada pela fusão da vesícula durante a exocitose é rapidamente removida por endocitose concomitante.

O processo de endocitose envolve a internalização de vesículas derivadas da membrana plasmática. As vesículas podem conter: líquidos e solutos engolfados do líquido intersticial extracelular (pinocitose); maiores macromoléculas, muitas vezes ligadas a receptores da superfície (endocitose mediada por receptor); material particulado, incluindo microrganismos ou detritos celulares (fagocitose). A pinocitose geralmente envolve pequenas vesículas cheias de líquido e é uma propriedade acentuada do endotélio capilar, por exemplo, quando vesículas contendo nutrientes e oxigênio dissolvidos no plasma sanguíneo são transportados da luz vascular para a membrana plasmática basal (Fig. 6.11). Líquido intersticial contendo dióxido de carbono dissolvido também é captado por pinocitose para transporte simultâneo através da parede da célula endotelial na direção oposta, para liberação dentro da corrente sanguínea por exocitose. Esta ponte de vesículas pinocitóticas também é chamada transcitose. Volumes maiores de líquido são engolfados por células dendríticas, por exemplo, no processo de amostragem dos líquidos intersticiais por macropinocitose na imunovigilância quanto a antígenos (pág. 79). Líquido intersticial inevitavelmente é captado durante endocitose mediada por receptor quando ligantes são internalizados.

Endocitose mediada por receptor, também conhecida como endocitose dependente de clatrina, é iniciada em regiões especializadas da membrana plasmática conhecidas como poços de clatrina. Clatrina é uma proteína que forma ligações cruzadas com complexos de proteínas adaptadoras (adaptina) adjacentes para formar uma estrutura semelhante a uma cesta, curvando a membrana para dentro formando uma hemisfera. Grande parte, mas não toda, a pinocitose de fase líquida também utiliza covas revestidas por clatrina. Ligantes como a proteína transportadora de ferro, transferrina, e a lipoproteína de baixa densidade transportadora de colesterol se ligam aos seus receptores, os quais se aglomeram em poços revestidos de clatrina através de uma interação com adaptinas. Os popços então se invaginam e se destacam por brotamento da membrana plasmática, internalizando ambos o receptor e o ligante. O processamento das vesículas endocíticas e seu conteúdo está descrito na página 12. Para detalhes adicionais dos mecanismos moleculares da endocitose, ver Alberts *et al.* (2002) ou Pollard e Earnshaw (2007).

Fagocitose

Fagocitose é uma propriedade de muitos tipos de células, mas é mais eficiente em células especializadas para esta atividade. Os fagócitos profissionais do corpo pertencem à linhagem dos monócitos das células hematopoéticas, em particular os macrófagos teciduais (pág. 78). Outros fagócitos eficazes são os granulócitos, neutrófilos e a maioria das células dendríticas (pág. 79), que também são de origem hematopoética. A fagocitose desempenha um papel importante na defesa imune do corpo, na qual o processo ameboide de ingestão de organismos para nutrição evoluiu para um mecanismo de remoção de microrganismos que invadem o corpo. Os macrófagos também ingerem material particulado incluindo matéria inorgânica, como partículas de poeira inaladas, além de detritos de células mortas e agregados de proteína como complexos imunes no sangue, vias aéreas, espaços intersticiais e matrizes do tecido conjuntivo.

A fagocitose é um processo desencadeado, iniciado quando uma célula fagocítica se liga a uma partícula ou organismo, muitas vezes através de um processo de reconhecimento molecular. Tipicamente, um microrganismo patogênico pode primeiro ser revestido por anticorpos, os quais são ligados por sua vez por receptores para a porção Fc da molécula de anticorpo expressados por macrófagos e neutrófilos; desta maneira o microrganismo é fixado à célula. Isto dispara a produção de grandes pseudópodos, os quais engolfam o organismo e o internalizam, à medida que os seus pseudópodos se fundem. O processo parece depender de motilidade celular baseada em actina–miosina e, diferentemente da endocitose mediada por receptor, é dependente de energia. Fagossomos assim formados são tão grandes quanto o corpo que eles engolfam, e podem ser uma proporção considerável do volume da célula fagocítica. No interior da célula, o fagossomo se funde com lisossomos, os quais degradam o seu conteúdo.

CITOPLASMA

Compartimentos e organização funcional

O citoplasma é altamente concentrado, com cerca de 200 mg/ml de proteínas (cerca do dobro da concentração no sangue) que têm que ser precisamente organizadas a fim de que ocorram interações moleculares corretas. Ele normalmente tem níveis extremamente baixos de Ca^{2+}, altos do íon K^+ e baixos do íon Na^+ em comparação com o líquido extracelular, diferenças que são importantes na sinalização celular. O citoplasma também é redutor, um estado mantido por uma alta concentração de glutationa contendo tiol. A célula é capaz de empreender reações completamente opostas simultaneamente (p. ex., síntese e degradação de proteínas; crescimento em um extremo de uma célula com retração em outro) repartindo-as em diferentes regiões do citoplasma. A divisão mais fundamental é o uso de reações oxidativas dentro do citoplasma redutor, obtido pela compartimentalização de diferentes ambientes dentro de membranas. Por exemplo, o retículo endoplasmático é compreendido por pilhas de túbulos, cuja luz se assemelha ao ambiente extracelular por ser oxidativo e rico em Ca^{2+}, predominantemente incrustado na face externa (citoplasmática) com ribossomos afixados (retículo endoplasmático rugoso). Os ribossomos são máquinas macromoleculares para síntese de proteína, e aqueles afixados ao RER estão engajados em sintetizar proteínas que sofrerão modificação pós-traducional para adaptá-las (na luz do RER e dentro do aparelho de Golgi e vesículas associadas) para exposição ao ambiente extracelular oxidativo. Um progresso chave na evolução da célula moderna foi a capacidade de usar oxigênio como fonte de energia. Isto é possível devido a uma organela, a mitocôndria, cujos genes separados e duplas membranas sugerem suas origens como uma bactéria simbiótica.

O organizador chave do citoplasma, e portanto da célula inteira, é o citoesqueleto (ver a seguir). Este é composto de três elementos distintos. Filamentos intermediários são cabos relativamente estáveis de aproximadamente 10 nm de diâmetro que fornecem resistência. Microfilamentos de actina (6–8 nm de diâmetro) formam andaimes altamente ramificados embaixo da superfície da célula, organizando a forma da superfície celular e suas funções especializadas, inclusive interações extracelulares como sinalização e adesão, ligando-se aos domínios intracelulares de receptores e proteínas adesivas, respectivamente. O andaime de actina embaixo da superfície da célula é altamente lábil, formando-se, ramificando-se e dissolvendo-se em resposta a sinais extracelulares. Proteínas motoras especializadas da família das miosinas se fixam aos filamentos de actina, gerando força para mover as membranas e para transferir vesículas entre a superfície e a rede de tubulina. A rede de tubulina, no entanto, é o organizador central da célula; ela é polarizada, o que possibilita que as proteínas motoras se movam direcionalmente ao longo dos túbulos e executem tráfego de vesículas pela célula.

Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático é um sistema de canais revestidos por membrana interconectados dentro do citoplasma (Fig. 1.7). Estes canais assumem várias formas, incluindo cisternas (sacos achatados), túbulos e vesículas. As membranas dividem o citoplasma em dois compartimentos principais. O compartimento intramembranoso inclui o espaço onde produtos secretórios são armazenados ou transportados para o complexo de Golgi e o exterior da célula. O citossol extramembranoso é constituído pelas proteínas coloidais como enzimas, carboidratos e pequenas moléculas de proteína, juntamente com ribossomos e ácidos ribonucleicos, e elementos do citoesqueleto.

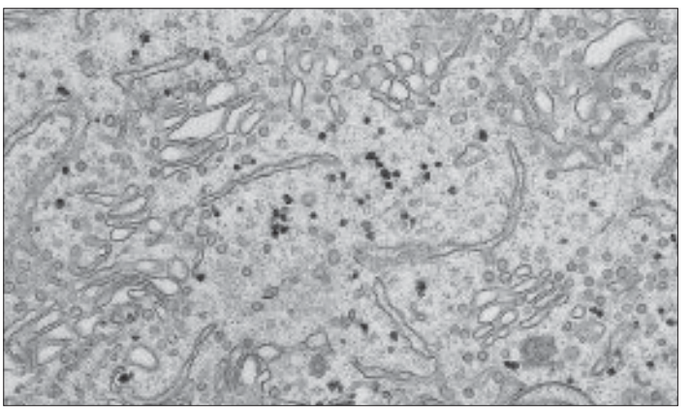


Fig. 1-7 Retículo endoplasmático liso com vesículas associadas. As partículas densas são grânulos de glicogênio. (Cortesia de Rose Watson, Cancer Research UK.)

Estruturalmente, o sistema de canais pode ser dividido em retículo endoplasmático rugoso ou granular, que tem ribossomos afixados à sua superfície citossólica, e retículo endoplasmático liso ou agranular, que é desprovido de ribossomos. Funcionalmente, o retículo endoplasmático é compartimentalizado em regiões especializadas com funções exclusivas. Para leitura adicional ver Levine e Rabouille (2005).

Retículo endoplasmático rugoso

O retículo endoplasmático rugoso, associado com ribossomos, é um local de síntese de proteína (Fig. 1.8). A maioria das proteínas passa através das suas membranas e se acumula dentro das suas cisternas, embora algumas proteínas integrantes da membrana, por exemplo, receptores da membrana plasmática, sejam inseridas na membrana do retículo endoplasmático rugoso, onde elas permanecem. Depois da passagem a partir do retículo endoplasmático rugoso, as proteínas permanecem em organelas citoplasmáticas limitadas por membrana como lisossomos, tornam-se incorporadas em nova membrana plasmática, ou são secretadas pela célula. Alguns carboidratos também são sintetizados por enzimas dentro das cavidades do retículo endoplasmático rugoso e podem ser ligados à proteína recém-formada (glicosilação). As vesículas brotam para fora do retículo endoplasmático rugoso para transporte ao Golgi como parte do mecanismo de direcionamento de proteínas da célula.

Retículo endoplasmático liso

O retículo endoplasmático liso (Fig. 1.7) é associado com metabolismo dos carboidratos e muitos outros processos metabólicos, incluindo detoxificação e síntese de lipídios, colesterol e outros esteroides. As membranas do retículo endoplasmático liso servem como superfícies para a fixação de muitos sistemas enzimáticos, por exemplo, a enzima citocromo P450, que está envolvida em importantes mecanismos de detoxificação e fica, assim, acessível aos seus substratos, os quais geralmente são lipofílicos. Elas também cooperam com o retículo endoplasmático rugoso e o aparelho de Golgi para sintetizar novas membranas; os componentes proteína, carboidrato e lipídio são adicionados em diferentes compartimentos estruturais. Tipos altamente especializados de retículo endoplasmático estão presentes em algumas células. Por exemplo, nas células do músculo esquelético, o retículo endoplasmático liso (retículo sarcoplasmático) armazena íons cálcio, os quais são liberados no citossol para iniciar contração após estimulação iniciada por um neurônio motor na junção neuromuscular (pág. 61).

Ribossomos

Os ribossomos são máquinas macromoleculares que catalisam a síntese de proteínas a partir de aminoácidos. Eles são grânulos com aproximadamente 15 nm de diâmetro, compostos de moléculas de RNA ribossômico (rRNA) montadas em duas subunidades desiguais. Um grande número de proteínas, predominantemente pequenas e básicas, está aplicado principalmente às superfícies dos centros das subunidades de RNA. As subunidades podem ser separadas pelos seus coeficientes de sedimentação (S) em uma ultracentrífuga, em componentes 60S maiores e 40S menores. Estes estão associados com 73 proteínas diferentes (40 na subunidade grande e 33 na pequena), as quais possuem funções estruturais e enzimáticas. Três pequenos filamentos de rRNA altamente convoluto (28S, 5,8S e 5S) constituem a subunidade grande, e um filamento (18S) está na subunidade pequena. Sua síntese e montagem em subunidades têm lugar no nucléolo e inclui associação com proteínas ribossômicas translocadas do seu local de síntese no citoplasma. As subunidades individuais são a seguir transportadas para o citoplasma, onde permanecem separadas umas das outras quando não estão sintetizando proteínas ativamente.

Uma célula típica contém milhões de ribossomos. Eles podem ser estruturas solitárias, relativamente inativas, ou podem formar grupos (polirribossomos ou polissomos) ligados a RNA mensageiro (mRNA), o qual traduzem durante a síntese de proteína. Os polissomos podem estar afixados às membranas do retículo endoplasmático rugoso (Fig. 1.8) ou podem jazer livres no citossol, onde sintetizam proteínas para uso fora do sistema de compartimentos da membrana, incluindo enzimas do citossol e proteínas citoesqueléticas. Alguns dos produtos citossólicos incluem proteínas que podem ser inseridas diretamente nas (ou através das) membranas de organelas selecionadas, como mitocôndrias e peroxissomos.

Em um polissomo maduro, todos os locais de fixação do mRNA são ocupados à medida que os ribossomos se movem ao longo dele, sintetizando proteína de acordo com sua sequência de ácidos nucleicos. Consequentemente, o número de ribossomos em um polissomo indica o comprimento da molécula do mRNA e, portanto, o tamanho da proteína que está sendo fabricada. As duas subunidades têm papéis separados na síntese de proteína. A subunidade 40S é o local de fixação e tradução do mRNA. A subunidade 60S é responsável pela liberação da nova proteína e, quando apropriado, fixação ao retículo endoplasmático por meio de

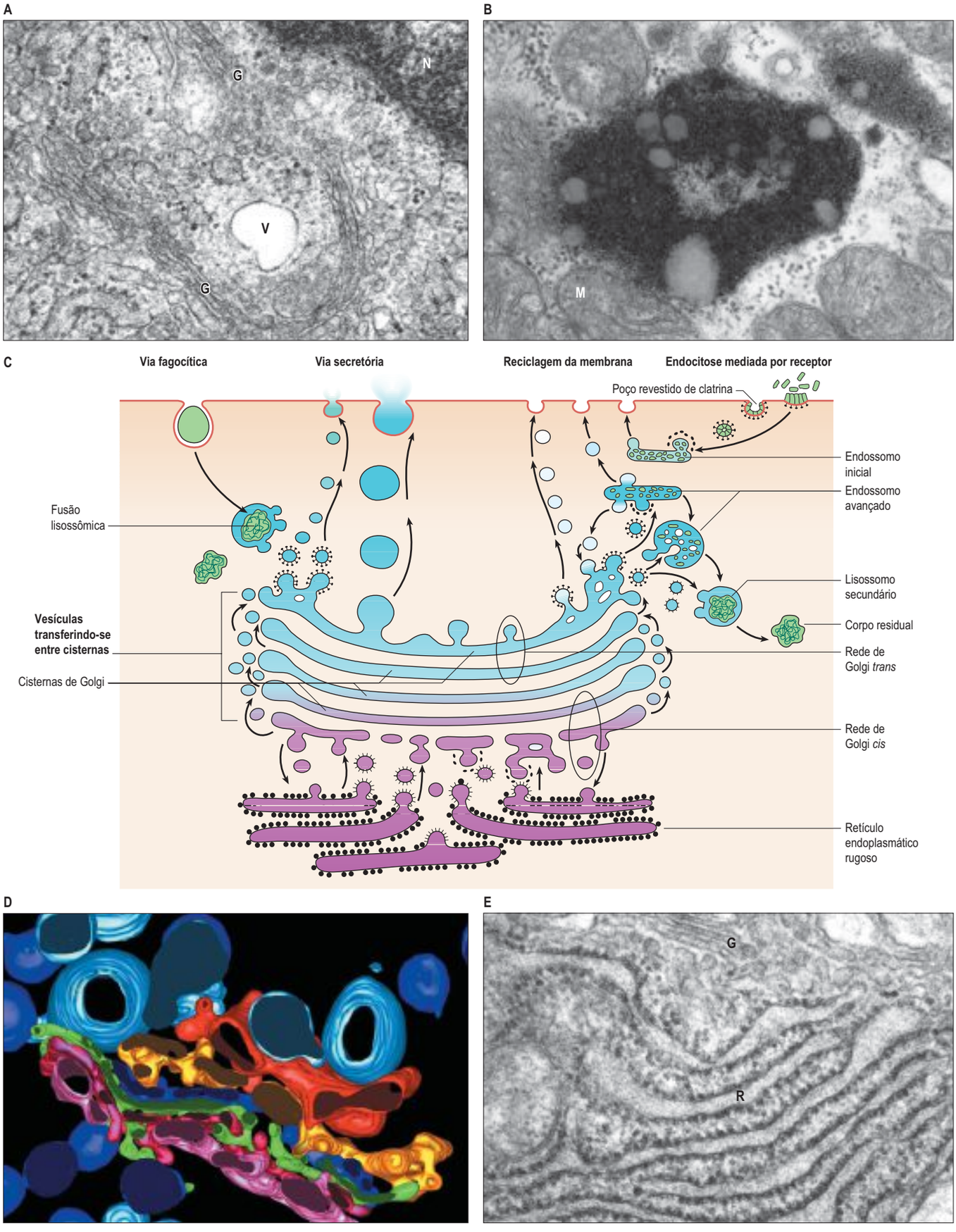


Fig. 1.8 Aparelho de Golgi e organelas funcionalmente relacionadas. **A,** Aparelho de Golgi (G) adjacente ao núcleo (N) (V = vesícula). **B,** Grande corpo residual (lisossomo terciário) em uma célula de músculo cardíaco (M = mitocôndria). **C,** Relações funcionais entre o aparelho de Golgi e estruturas celulares associadas. **D,** Reconstrução tridimensional do aparelho de Golgi em uma célula beta pancreática mostrando pilhas de cisternas de Golgi a partir da face *cis* (rosa), cisternas *cis*-mediais (vermelho, verde), para a rede de Golgi *trans* (azul, amarelo, vermelho-laranja); grânulos de pró-insulina imatura (vesículas de condensação) mostrados em azul-claro e grânulos de insulina matura (cristalina) em azul-escuro. As áreas de cor lisa representam superfícies de corte de cisternas e vesículas. **E,** Retículo endoplasmático rugoso (R), associado com o aparelho de Golgi (G). (Parte D por cortesia de Dr Brad Marsh, Institute for Molecular Bioscience, University of Queensland, Brisbane.) **A,B,E** de tecido humano.

uma proteína de acoplamento intermediária que dirige a proteína recém-sintetizada através da membrana para o espaço cisternal.

A síntese de proteína nos ribossomos pode ser suprimida por uma classe de molécula de RNA conhecida como pequeno RNA de interferência (siRNA) ou RNA silenciador. Estas moléculas tipicamente têm 20-25 nucleotídeos de comprimento e se ligam (como um complexo com proteínas) a moléculas específicas de mRNA por meio da sua sequência complementar. Isto desencadeia a destruição enzimática do mRNA ou impede o movimento dos ribossomos ao longo dele. A síntese da proteína codificada é assim impedida. Sua função normal pode ter efeitos antivirais ou outros efeitos protetores; há também o potencial de desenvolvimento de siRNAs artificiais como ferramenta terapêutica para silenciar genes relacionados com doenças.

Aparelho de Golgi (Complexo de Golgi)

O aparelho de Golgi é uma região citoplasmática distinta próxima do núcleo, e é particularmente proeminente em células secretórias quando corado com prata ou outros sais metálicos. O aparelho de Golgi forma parte do caminho pelo qual proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso sofrem modificação pós-traducional e são direcionadas para a superfície da célula para secreção ou para armazenamento em vesículas membranosas. Como o retículo endoplasmático, o aparelho de Golgi é compartimentalizado espacialmente, de uma maneira lábil, para executar funções específicas.

Ultraestruturalmente, o aparelho de Golgi é uma organela membranosa (Fig. 1.8) que consiste em uma pilha de várias cisternas membranosas achatadas, juntamente com aglomerados de vesículas rodeando suas superfícies. Visto em corte vertical, ele muitas vezes tem forma de xícara. Pequenas vesículas de transporte a partir do retículo endoplasmático rugoso, geradas por um processo de brotamento e destaque por brotamento são recebidas em uma face da pilha de Golgi, a face *cis* convexa (superfície de entrada ou de formação). Aqui, elas entregam seu conteúdo à primeira cisterna na série por fusão de membrana. Das margens desta cisterna, a proteína é transportada para a cisterna seguinte por brotamento vesicular e em seguida fusão, e este processo é repetido até que a cisterna final na face *trans* côncava (superfície de saída ou de condensação) é alcançada. Aqui, vesículas maiores são formadas para entrega a outras partes da célula.

Além destas cisternas, há outras estruturas membranosas que formam parte integrante do aparelho de Golgi, chamadas redes de Golgi *cis* e de Golgi *trans.* A rede de Golgi *cis* é uma região de canais membranosos complexos interpostos entre o retículo endoplasmático rugoso e a face *cis* de Golgi (complexo Golgi–retículo endoplasmático rugoso), que recebe e transmite vesículas em ambas as direções. Sua função é selecionar proteínas apropriadas sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso para entrega por vesículas à pilha de Golgi, enquanto as proteínas inapropriadas são lançadas de volta para o retículo endoplasmático rugoso.

A rede de Golgi *trans,* no outro lado da pilha do Golgi, é também uma região de canais de membrana interconectados engajados em seleção de proteína. Aqui, proteínas modificadas processadas nas cisternas de Golgi são empacotadas seletivamente em vesículas e despachadas para diferentes partes da célula. O empacotamento depende da detecção, pela rede Golgi *trans,* de sequências de sinais de aminoácidos particulares, levando ao seu encerramento em membranas de composição apropriada que modificarão ainda mais o seu conteúdo, por exemplo, extraindo água para concentrá-las ou bombeando prótons para dentro para acidificar seu conteúdo. As membranas contêm proteínas sinais específicas, as quais podem alocá-las a vias de transporte baseadas em microtúbulos e permitir-lhes ancorar nos alvos apropriados em outros lugares na célula, por exemplo, a membrana plasmática no caso de vesículas secretórias. Formação de vesículas e brotamento na rede de Golgi *trans* envolve a adição de clatrina sobre a sua superfície externa, para formar poços revestidos.

Dentro da pilha de Golgi propriamente dita, as proteínas sofrem uma série de modificações químicas sequenciais que começaram no retículo endoplasmático rugoso. Estas incluem: alterações nos grupos glicosil, por exemplo, remoção de manose, adição de *N*-acetil glicosamina e ácido siálico; sulfatação de glicosaminoglicanos ligados; fosforilação de proteína. Lipídios formados no retículo endoplasmático também são encaminhados para incorporação nas vesículas.

O papel do aparelho de Golgi na síntese de lisossomos primários é uma atividade importante nas células com abundantes lisossomos, como aquelas com papéis fagocíticos. Em células glandulares com uma zona secretória apical, o aparelho de Golgi se situa entre a superfície secretória e o núcleo. Em fibroblastos, há dois ou mais grupos de pilhas de Golgi; até 50 grupos são encontrados nas células hepáticas. O aparelho de Golgi está muitas vezes estreitamente associado com o centrossomo (uma região da célula que contém um par de centríolos e microtúbulos correlatos), refletindo uma ligação com o sistema de transporte de vesículas mediado por microtúbulos.

Endossomos, lisossomos, proteossomos e peroxissomos

O sistema de vesículas dos endossomos se origina em pequenas vesículas endocíticas (vesículas e cavéolas revestidas de clatrina) ou fagossomos maiores e vesículas macropinocitóticas captadas pela célula do exterior. A endocitose dependente de clatrina ocorre em áreas especializadas da membrana plasmática chamadas poços revestidos; este mecanismo também é usado para internalizar ligantes ligados a moléculas receptoras da superfície e também é chamado endocitose mediada por receptor. As cavéolas (pequenas cavernas) são vesículas estruturalmente distintas mais amplamente usadas por células endoteliais e musculares lisas, onde elas estão envolvidas em transcitose, transdução de sinal e possivelmente outras funções. Para leitura adicional, ver Pollard e Earnshaw (2007).

O sistema endocítico é ligado funcionalmente a uma segunda série de estruturas membranosas, os lisossomos. Os lisossomos contêm hidrolases ácidas, as quais processam ou degradam materiais exógenos (heterofagia), e organelas intracelulares que estão exauridas, danificadas ou não são mais necessárias (autofagia). Há uma troca contínua de vesículas entre este sistema e o complexo Golgi–retículo endoplasmático rugoso, de modo que o sistema endossômico/lisossômico é provido com enzimas hidrolíticas e o Golgi recebe vesículas esvaziadas para recarregar. Uma vez internalizadas, as vesículas endocitóticas eliminam sua capa de adaptina e clatrina, e se fundem com uma cisterna tubular chamada endossomo inicial, onde as moléculas receptoras liberam seus ligantes afixados. A membrana e receptores dos endossomos iniciais podem ser reciclados para a superfície da célula sob a forma de vesículas exocitóticas.

Endossomos tardios

Depois de um breve período nos endossomos iniciais, os materiais podem ser passados para endossomos tardios, os quais são um conjunto de túbulos, vesículas ou cisternas situado mais profundamente. Os endossomos tardios recebem enzimas lisossômicas por meio de vesículas (pequenos lisossomos) transportadas a partir do aparelho de Golgi. O pH dos endossomos avançados é baixo (cerca de 5,0) e isto ativa hidrolases ácidas lisossômicas para degradar o conteúdo endossômico. Os produtos da hidrólise são passados através da membrana para o citossol, ou podem ficar retidos no endossomo. Os endossomos tardios (Fig. 1.8) podem crescer consideravelmente em tamanho por fusão de vesículas para formar corpos multivesiculares, e a concentração de enzima pode aumentar grandemente para formar os grandes lisossomos densos clássicos descritos por Duve (1963). Entretanto, essas organelas grandes não aparecem em todas as células, talvez porque os endossomos tardios muitas vezes lidam muito rapidamente com o material endocitosado.

Lisossomos

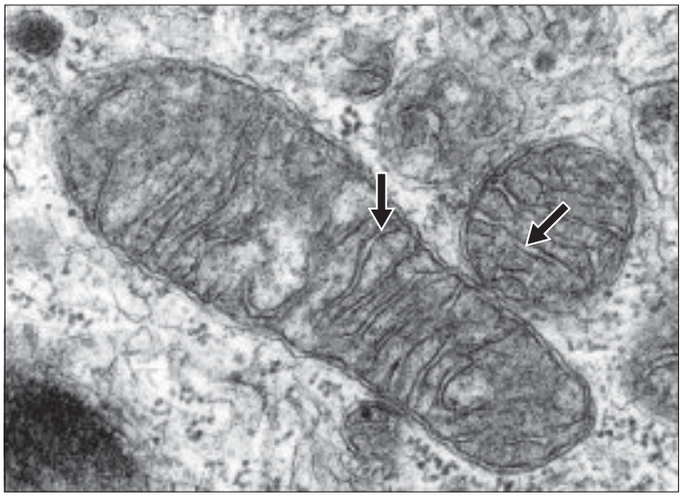
Os lisossomos são corpos densos, esferoides, limitados por membrana, de 80-800 nm de diâmetro (Figs. 1.8, 1.9), muitas vezes com inclusões complexas de material sofrendo hidrólise (lisossomos secundários). Eles contêm hidrolases ácidas capazes de degradar uma ampla variedade de substâncias. Até agora mais de 40 enzimas lisossômicas foram descritas, incluindo proteases, lipases, carboidrases, esterases e nucleases. As enzimas são pesadamente glicosiladas, e são mantidas em um baixo pH por bombas de prótons nas membranas lisossômicas.

Lisossomos são numerosos em células ativamente fagocíticas, por exemplo, macrófagos e granulócitos neutrófilos, nos quais os lisossomos são responsáveis por destruir bactérias fagocitadas. Nestas células, o fagossomo que contém a bactéria pode se fundir com vários lisossomos. Lisossomos também são frequentes em células com um alto giro de organelas, por exemplo, células de glândulas endócrinas e neurônios. Organelas degeneradas são direcionadas para degradação por um processo que não está completamente compreendido, mas que resulta em engolfamento de áreas de citoplasma, incluindo organelas inteiras, em uma cisterna membranosa. A estrutura então se funde com lisossomos e o conteúdo é rapidamente degradado.

O material que foi hidrolisado dentro de endossomos avançados e lisossomos pode ser completamente degradado para produtos solúveis, por exemplo, aminoácidos, os quais são reciclados através de vias metabólicas. Entretanto, a degradação usualmente é incompleta e alguns detritos restam. Uma vesícula carregada de detritos é chamada corpo residual ou lisossomo terciário (Fig. 1.8B), e pode ser passada para a superfície celular, onde ela é ejetada por exocitose; alternativamente, ela pode persistir dentro da célula como um corpo residual inerte. Números consideráveis de corpos residuais podem se acumular em células de vida longa, muitas vezes se fundindo para formar vacúolos densos maiores com inclusões lamelares complexas. À medida que o seu conteúdo muitas vezes é fortemente pigmentado, isto pode mudar a cor do tecido, por exemplo, em neurônios o produto final da digestão lisossômica, lipofuscina (neuromelanina ou pigmento da senilidade), dá aos cérebros envelhecidos uma coloração amarelo-acastanhada.

Enzimas lisossômicas também podem ser secretadas – muitas vezes como parte de um processo para alterar a matriz extracelular, como na erosão do osso (pág. 88). Liberação anormal de enzimas pode causar dano

A



B

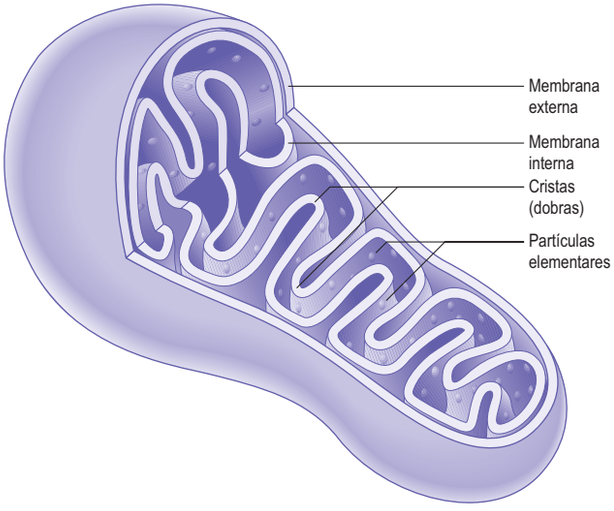


Fig. 1.9 A, Mitocôndria no músculo cardíaco humano. As cristas dobradas (setas) se projetam adentro da matriz a partir da membrana mitocondrial interna. **B,** A localização das partículas elementares que acoplam as reações de oxidação e fosforilação.

tecidual como em certos tipos de artrite. Algumas drogas, por exemplo, cortisona, são capazes de estabilizar as membranas lisossômicas e podem por essa razão inibir muitas atividades lisossômicas, inclusive a secreção de enzimas e a sua fusão com vesículas fagocíticas.

Doenças de armazenamento lisossômico

Se quaisquer enzimas lisossômicas forem defeituosas por causa de mutações de genes, os materiais que elas normalmente degradam se acumularão dentro dos endossomos tardios e lisossomos. Muitas dessas doenças de armazenamento lisossômico são conhecidas, por exemplo, a doença de Tay-Sachs, na qual uma hexosaminidase defeituosa leva à acumulação de gangliosídeo nos neurônios, causando morte durante a infância. Na síndrome de Hurler, a falha em metabolizar certos mucopolissacarídeos causa a acumulação de grandes quantidades de matriz dentro do tecido conjuntivo, o que distorce o crescimento de muitas partes do corpo.

Proteossomos

A proteólise intracelular ocorre por duas vias, uma mediada por lisossomos e a outra por proteossomos. Os proteossomos dos eucariotas são grandes complexos não membranosos em forma de barril compostos de cerca de 28 subunidades proteicas distintas que formam uma estrutura em forma de anel altamente ordenada (anel 20S) em ambos o citoplasma e o nucleoplasma. Os locais ativos são nas superfícies internas do barril; aberturas terminais restringem acesso de substratos a estes locais. Os proteossomos degradam proteínas, incluindo aquelas que estão dobradas erradamente e marcadas para degradação pela ubiquitina, e desempenham um papel importante na clivagem dos antígenos intracelulares (p. ex., aqueles derivados de infecção viral) para apresentação às células efetoras do sistema imune.

Peroxissomos

Os peroxissomos são vacúolos limitados por membrana com 0,15-0,5 μm de diâmetro, presentes em todos os tipos de células nucleadas. Eles muitas vezes contêm centro denso ou interior cristalino composto principalmente da enzima urato oxidase. Grandes (0,5 μm) são particularmente numerosos nos hepatócitos e células tubulares renais. Os peroxissomos são importantes na destoxificação oxidativa de várias substâncias captadas para dentro ou produzidas no interior de células, incluindo etanol e formaldeído. A oxidação é efetuada por várias enzimas, incluindo D-aminoácido oxidase e urato oxidase, as quais geram peróxido de hidrogênio como fonte de oxigênio molecular. Quantidades excessivas de peróxido de hidrogênio são decompostas pela enzima catalase. Os peroxissomos também oxidam cadeias de ácidos graxos por β-oxidação.

A formação dos peroxissomos não é usual pelo fato de estes parecerem ser derivados pelo crescimento e fissão de peroxissomos previamente existentes. Suas proteínas internas, incluindo enzimas oxidativas, são passadas a partir do citossol diretamente através de canais nas suas membranas, em vez de por empacotamento a partir do retículo endoplasmático rugoso e aparelho de Golgi. Estas características também são encontradas nas mitocôndrias, embora as proteínas peroxissômicas sejam codificadas inteiramente no núcleo. Anormalidades genéticas na biogênese dos peroxissomos são vistas na síndrome de Zellweger e incluem mutações de genes em uma proteína transportadora de enzima peroxissômica. Em homozigotos, isto usualmente é fatal logo depois do nascimento.

Mitocôndrias

As mitocôndrias são organelas limitadas por membrana (Fig. 1.9). Elas são a principal fonte de energia química na maioria das células. As mitocôndrias são o local do ciclo do ácido cítrico (de Krebs, dos ácidos tricarboxílicos) e da via de transporte de elétrons (citocromo) pela qual moléculas orgânicas complexas são finalmente oxidadas a dióxido de carbono e água. Este processo fornece energia para impulsionar a produção de ATP a partir de ADP e fosfato inorgânico (fosforilação oxidativa). As várias enzimas do ciclo do ácido cítrico estão localizadas na matriz mitocondrial, enquanto aquelas do sistema citocromo e da fosforilação oxidativa estão localizadas principalmente na membrana mitocondrial interna. Agora se sabe que em muitos tecidos, especialmente músculo liso, as mitocôndrias também desempenham um papel importante na sinalização celular, especialmente na homeostasia do cálcio intracelular. Elas também são produtoras importantes de espécies de oxigênio reativo e estresse oxidativo, e estão envolvidas em ativação de apoptose.

O número de mitocôndrias em uma determinada célula refletem seus requisitos gerais de energia; por exemplo, nos hepatócitos pode haver até 2.000, enquanto em linfócitos em repouso usualmente há muito poucas. Eritrócitos maturos são completamente desprovidos de mitocôndrias. As células com poucas mitocôndrias em geral dependem grandemente de hidrólise para seus suprimentos de energia. Estas incluem algumas células muito ativas, por exemplo, fibras musculares esqueléticas de contração rápida, as quais são capazes de trabalhar rapidamente, mas só por uma duração limitada. As mitocôndrias aparecem no microscópio óptico como longos filamentos finos no citoplasma da maioria das células, particularmente aquelas com uma alta taxa metabólica, por exemplo, células secretórias em glândulas exócrinas. Nas células vivas, as mitocôndrias mudam constantemente de forma e posição intracelular; elas se multiplicam por crescimento e fissão e podem sofrer fusão.

Na microscopia eletrônica, as mitocôndrias usualmente aparecem como corpos redondos ou elípticos de 0,5-2,0 μm de comprimento. Cada mitocôndria é revestida por uma unidade de membrana externa e uma interna, separadas por um intervalo variável chamado espaço intermembrana. A luz é rodeada pela membrana interna e contém a matriz mitocondrial. A membrana externa é lisa e às vezes afixada a outras organelas, particularmente microtúbulos. A membrana interna é profundamente pregueada para formar invaginações transversas ou longitudinais incompletas, cristas, as quais criam uma área de superfície relativamente grande da membrana. A forma mitocondrial e a forma e organização das cristas variam com o tipo de célula. As cristas são mais numerosas e complexas em células com uma alta taxa metabólica, por exemplo, células musculares cardíacas. As permeabilidades das duas membranas mitocondriais diferem consideravelmente: a membrana externa é livremente permeável a muitas substâncias em virtude da presença de grandes canais inespecíficos formados por proteínas (porinas), enquanto a membrana interna é permeável apenas a uma estreita variedade de moléculas. A presença de cardiolipina, um fosfolipídio, na membrana interna pode contribuir para esta impermeabilidade relativa.

A matriz mitocondrial é um ambiente aquoso. Ela contém uma variedade de enzimas, e filamentos de DNA mitocondrial com a capacidade de transcrição e tradução de um conjunto exclusivo de genes mitocondriais (mRNAs e RNAs de transferência mitocondriais, ribossomos mitocondriais com rRNAs). O DNA forma uma alça fechada com cerca de 5 μm transversalmente; diversas cópias idênticas estão presentes em cada mitocôndria. A proporção entre suas bases difere daquela do DNA nuclear, e as sequências de RNA também diferem no código genético preciso usado na síntese de proteína. Pelo menos 13 enzimas da cadeia respiratória da matriz e membrana interna são codificadas pelo pequeno número de genes ao longo do

DNA mitocondrial. A grande maioria das proteínas mitocondriais são codificadas por genes nucleares e fabricadas no citossol, a seguir inseridas através de canais especiais nas membranas mitocondriais para atingir seus destinos. Seus lipídios de membrana são sintetizados no retículo endoplasmático.

Os ribossomos mitocondriais são menores e bastante distintos daqueles do resto da célula; eles (e ácidos nucleicos mitocondriais) assemelham-se aos de bactérias. Esta similaridade serve de base para a teoria de que os ancestrais das mitocôndrias foram baterias utilizadoras de oxigênio que existiram em uma relação simbiótica com células eucarióticas incapazes de metabolizar o oxigênio produzido pelas primeiras plantas. Uma vez que mitocôndrias são formadas apenas a partir de mitocôndrias previamente existentes, segue-se que todas as mitocôndrias no corpo são descendentes daquelas no citoplasma do óvulo fertilizado. Também foi demonstrado que as mitocôndrias são de origem materna porque as mitocôndrias dos espermatozoides não são geralmente incorporadas no óvulo na fertilização. Assim, mitocôndrias (e variações e mutações genéticas mitocondriais) são passadas apenas através da linha materna.

As mitocôndrias estão distribuídas dentro de uma célula de acordo com necessidades energéticas regionais, por exemplo, perto das bases dos cílios nos epitélios ciliados, no domínio basal das células dos túbulos contorcidos proximais no córtex renal (onde ocorre considerável transporte ativo) e em torno da extremidade proximal do flagelo nos espermatozoides. Elas podem estar envolvidas com reações metabólicas tecido-específicas, por exemplo, várias enzimas formadoras de ureia nas mitocôndrias da célula hepática. Além disso, diversas doenças genéticas das mitocôndrias afetam tecidos particulares exclusivamente, por exemplo, miopatias mitocondriais (músculo esquelético) e neuropatias mitocondriais (tecido nervoso). Para informação adicional, ver Graff *et al.* (2002).

Organelas citossólicas

O citossol aquoso rodeia as organelas membranosas descritas anteriormente. Ele também contém várias organelas não membranosas, incluindo ribossomos livres, um sistema de proteínas filamentosas conhecidas como citoesqueleto, e outras inclusões, como grânulos de armazenamento (p. ex., glicogênio) e vacúolos lipídicos.

Vacúolos lipídicos

Os vacúolos lipídicos são corpos esféricos de vários tamanhos encontrados no interior de muitas células, mas são especialmente proeminentes nos adipócitos (lipócitos) do tecido conjuntivo adiposo. Eles não pertencem ao sistema vacuolar relacionado ao Golgi da célula. Eles não são limitados por membrana, mas são gotículas de lipídio suspensas no citossol. Em células especializadas para armazenamento lipídico, os vacúolos atingem 80 μm ou mais de diâmetro.

Os vacúolos lipídicos são muitas vezes circundados por filamentos citoesqueléticos que ajudam a estabilizá-los dentro das células e a evitar sua fusão com as membranas de outras organelas, inclusive a membrana plasmática. Eles funcionam como reservas de energia química, isoladores térmicos e amortecedores de choques mecânicos nos adipócitos. Em muitas células, podem representar produtos finais de outras vias metabólicas, por exemplo, nas células sintetizadoras de esteroides, onde eles constituem um aspecto proeminente do citoplasma. Eles também podem ser secretados, como no epitélio alveolar da mama lactante.

Citoesqueleto

O citoesqueleto é um sistema de proteínas intracelulares filamentosas de diferentes formas e tamanhos que formam uma rede complexa, muitas vezes interconectada, através de todo o citoplasma. Ele proporciona suporte mecânico, mantém a forma e rigidez celulares, e capacita as células a adotarem perfis altamente assimétricos ou irregulares, por exemplo, nos neurônios. O citoesqueleto desempenha um papel importante em estabelecer a polaridade estrutural e diferentes domínios funcionais dentro de uma célula. Também fornece suporte mecânico para projeções da superfície celular como microvilos e cílios, e os ancora no citoplasma.

O citoesqueleto restringe organelas específicas a localizações celulares particulares, por exemplo, o aparelho de Golgi está próximo do núcleo e retículo endoplasmático, e as mitocôndrias estão próximas de locais de necessidade de energia. Mais especificamente, o citoesqueleto se ocupa com motilidade, seja dentro da célula (p. ex., vesículas e moléculas transitando entre locais citoplasmáticos, ou o movimento dos cromossomos durante a mitose), ou da célula inteira (p. ex., na morfogênese embrionária ou na migração quimiotática dos leucócitos). Uma das funções mais altamente desenvolvidas e especializadas do citoesqueleto é vista na contratibilidade das células musculares.

O catálogo das proteínas estruturais citoesqueléticas é extenso e ainda está aumentando. As principais estruturas filamentares encontradas nas células não musculares são microfilamentos (actina), microtúbulos (tubulina) e filamentos intermediários (montagens de proteínas filamentares específicas do tipo celular). Outros componentes importantes são proteínas que se ligam aos tipos filamentosos principais para firmá-los juntos ou para gerar movimento. Estas incluem proteínas que se ligam à actina como a miosina, que em algumas células pode armar-se em filamentos espessos, e proteínas associadas com microtúbulos. As patologias que envolvem anormalidades citoesqueléticas são revistas em Ramaekers e Bosman (2004).

Fig. 1.10 O citoesqueleto. **A,** Micrografia de imunofluorescência de microfilamentos de actina α (verde) em células de músculo liso da via aérea humana em cultura. A proteína de ligação de actina, vinculina (vermelho), está localizada nas extremidades dos feixes de filamentos de actina; os núcleos estão em azul. (Cortesia do Dr T Nguyen, Professor J Ward, Dr SJ Hirst, Kings College London.) **B,** Micrografia de imunofluorescência de filamentos intermediários de ceratina (verde) em ceratinócitos humanos em cultura. Junções desmossômicas estão marcadas com anticorpo contra desmoplaquina (vermelho). Núcleos estão corados em azul. (Hoechst). Por cortesia do Prof. Dr. W.W. Franke, German Cancer Research Centre, Heidelberg. **C,** Micrografia eletrônica de nervo humano mostrando microtúbulos (pequenas estruturas ocas em seção transversal, seta longa) em um corte transversal de um axônio (A), engolfado por uma célula de Schwann não mielinizada (S). Filamentos intermediários neuronais (neurofilamentos) são os perfis sólidos elétron-densos, também em corte transversal (seta curta).

Filamentos de actina (microfilamentos)

Os filamentos de actina são filamentos flexíveis com uma largura de 6-8 nm (Fig. 1.10) e uma seção transversa sólida. Dentro da maioria dos tipos de células, actina constitui a proteína mais abundante e em algumas células móveis sua concentração pode exceder 200 μM (10 mg de proteína por ml de citoplasma). Os filamentos são formados pela polimerização ATP-dependente de monômeros de actina (com uma massa molecular de 43 kDa) em uma forma linear características na qual as subunidades estão dispostas em uma única hélice apertada com uma distância de 13 subunidades entre as voltas. A forma polimerizada é chamada actina F (actina fibrilar, F-actina) e a forma não polimerizada é actina G (actina globular, G-actina). Cada monômero tem uma estrutura assimétrica. Quando os monômeros se polimerizam, conferem uma polaridade definida ao filamento: a extremidade "mais" favorece adição de monômero e a extremidade "menos" favorece dissociação de monômero. As miosinas se ligam à actina filamentar em um ângulo que dá a aparência de uma série de pontas de setas apontando para a extremidade "menos" do filamento, e as farpas apontam para a extremidade "mais". Há um equilíbrio dinâmico entre actina G e actina F: estima-se que na maioria das células cerca de 50% da actina esteja no estado polimerizado.

Proteínas acessórias da actina

Uma larga variedade de proteínas acessórias da actina é capaz de modular a forma de actina dentro da célula. Estas interações são fundamentais para

a organização do citoplasma e para a forma da célula. As proteínas acessórias da actina podem ser agrupadas em proteínas enfeixadoras, proteínas formadoras de gel e proteínas seccionadoras de filamentos.

As proteínas enfeixadoras amarram filamentos de actina juntos e arranjos longitudinais para formar cabos ou estruturas centrais. Os feixes podem ser estreitamente espaçados, por exemplo, em microvilos, microespinhos e filópodos, onde filamentos paralelos são amarrados apertadamente juntos para formar feixes rígidos orientados na mesma direção. As proteínas com esta função incluem a fimbrina e a vilina (também classificadas como proteína seccionadora). Outras proteínas enfeixadoras de actina formam feixes bastante frouxos de filamentos que correm antiparalelos uns aos outros no que se refere às suas extremidades mais e menos. Elas incluem a miosina II, que pode formar ligações cruzadas com atividade motora ATP-dependente, e fazer filamentos de actina deslizarem uns sobre outros, e mudar a forma das células ou (se os feixes de actina forem ancorados na membrana celular em ambas as extremidades) manter um grau de rigidez ativa.

As proteínas formadoras de gel, como a filamina, interconectam filamentos de actina adjacentes para produzir malhas filamentosas frouxas (géis) compostas de F-actina orientada aleatoriamente. Estas malhas são frequentemente encontradas nas regiões corticais externas de células, por exemplo, fibroblastos. Elas formam uma zona semirrígida da qual a maioria das demais organelas é excluída. As proteínas seccionadoras, como a gelsolina e a severina, se ligam a filamentos de F-actina e os seccionam, o que produz alterações profundas dentro do citoesqueleto de actina e no seu acoplamento à superfície celular.

Outras classes de proteínas associadas à actina ligam o citoesqueleto de actina à membrana plasmática direta ou indiretamente através de uma variedade de proteínas associadas à membrana. As últimas também podem criar ligações via proteínas transmembrânicas até a matriz extracelular. A mais bem conhecida destas é a família das moléculas semelhantes à espectrina, que podem se ligar à actina e também umas às outras e várias proteínas associadas com a membrana para criar redes de suporte embaixo da membrana plasmática. Defeitos nessas moléculas são ligados a várias doenças hereditárias (revisto em Bennett e Healy, 2008). Espectrina é encontrada nos eritrócitos, e moléculas estreitamente relacionadas estão presentes em muitas outras células; por exemplo, a fodrina é encontrada nas células nervosas e a distrofina ocorre nas células musculares, ligando o aparelho contrátil com a matriz extracelular por meio de proteínas integrais da membrana. Proteínas como a ancirina (que também se liga à actina diretamente), vinculina, talina, zixina e paxilina conectam proteínas ligadoras de actina a proteínas integrantes da membrana plasmática como as integrinas (direta ou indiretamente), e daí a adesões focais. Miosina I e outras miosinas não convencionais conectam filamentos de actina a estruturas membranosas, incluindo a membrana plasmática e membranas de vesículas de transporte. Tropomiosina, uma importante proteína reguladora das fibras musculares, também está presente em células não musculares, onde sua função pode ser principalmente estabilizar filamentos de actina contra despolimerização. Para leitura adicional, ver Pollard e Earnshaw (2007).

Miosinas — as proteínas motoras

A família de microfilamentos das miosinas é muitas vezes classificada dentro de uma categoria distinta de proteínas motoras. As miosinas possuem uma região de cabeça globular consistindo em uma cadeia pesada e uma leve. A cadeia pesada apresenta uma cauda α-helicoidal de comprimento variável. A cabeça possui uma atividade de ATPase e pode ligar-se e mover-se ao longo dos filamentos de actina — a base da função da miosina como proteína motora. A classe mais bem conhecida é a miosina II, que ocorre no músculo e em muitas células não musculares. Suas moléculas possuem duas cabeças e duas caudas, entrelaçadas para formar um bastão longo. Os bastões podem se ligar uns aos outros para formar longos filamentos espessos, como visto nas fibras musculares estriadas e lisas, células mioepiteliais e miofibroblastos. As moléculas de miosina II também podem se armar em grupos menores, especialmente dímeros, os quais podem ligar cruzadamente microfilamentos individuais de actina em fibras de tensão e outros arranjos de F-actina. O deslizamento ATP-dependente da miosina sobre a actina forma a base para a contração muscular e a extensão dos feixes de microfilamentos, conforme visto na motilidade celular ou na contração do anel de actina e miosina em torno do sulco de clivagem de células em divisão. Há diversos subtipos conhecidos de miosina II: eles são montados de maneiras diferentes e possuem diversas propriedades dinâmicas. No músculo esquelético, as moléculas de miosina formam filamentos bipolares com 15 nm de espessura. Uma vez que estes filamentos possuem um arranjo de subunidades antiparalelo simétrico, o ponto médio é desprovido de regiões de cabeça. No músculo liso as moléculas formam fitas mais espessas, achatadas e são orientadas em diferentes direções em cada face da fita. Estes arranjos têm consequências importantes para as características de força contrátil dos diferentes tipos de célula muscular.

As moléculas relacionadas incluem a subfamília miosina I de moléculas de cabeça única com caudas de comprimento variado. As funções da miosina I incluem os movimentos das membranas na endocitose, formação de microespinhos em cones de crescimento neuronais, deslizamento actina–actina e fixação de actina a membranas, por exemplo, de microvilos. A miosina V está implicada nos movimentos de organelas membranosas sobre filamentos de actina. Assim, por exemplo, vesículas se deslocam ao longo da F-actina de uma maneira semelhante aos movimentos relacionados à cinesina e dineína ao longo dos microtúbulos. Outras miosinas foram isoladas; o significado da sua diversidade não está completamente compreendido.

Outros filamentos finos

Um grupo heterogêneo de estruturas filamentares com diâmetros de 2–4 nm ocorre em várias células. As duas formas mais amplamente estudadas, a titina e a nebulina, constituem cerca de 13% da proteína total do músculo esquelético. Elas estão entre as maiores moléculas conhecidas, e possuem pesos de subunidades de cerca de 10^6; moléculas nativas têm cerca de 1 μm de comprimento. Sua estrutura repetitiva semelhante a contas lhes dá propriedades elásticas que são importantes para o funcionamento eficaz do músculo, e possivelmente de outras células.

Filamentos intermediários

Os filamentos intermediários têm cerca de 10 nm de espessura e são formados por um grupo heterogêneo de proteínas filamentares. Eles são encontrados em diferentes tipos de células e muitas vezes estão presentes em grande número, seja onde é necessária a resistência estrutural (Fig. 1.10B,C), seja para fornecer andaime para a fixação de outras estruturas. É provável que funções mais complexas, não mecânicas, dos filamentos intermediários, com implicações para doença humana, possam ser descobertas (Toivola *et al*., 2005). Filamentos intermediários de diferentes classes moleculares são característicos de tecidos ou estados de maturidade particulares. Eles são, portanto, indicadores importantes das origens das células ou níveis de diferenciação, e são de considerável valor em histopatologia.

Das diferentes classes de filamentos intermediários, proteínas ceratinas (citoceratina) são encontradas em epitélios, onde os filamentos de ceratina são sempre compostos de proporções iguais de ceratinas dos tipos I (ácida) e II (básica a neutra). Cerca de 20 tipos de cada um das proteínas ceratinas ácidas e básicas/neutras são conhecidos. Dentro da epiderme, a expressão de combinações heterodímeras de ceratina muda à medida que os ceratinócitos maturam durante sua transição das camadas basais para as superficiais. É sabido que anormalidades genéticas das ceratinas afetam a estabilidade mecânica dos epitélios. Por exemplo, a doença *epidermolysis bullosa simplex* (epidermólise bulhosa simples) causa lise de células basais epidérmicas e formação de bolhas na pele após trauma mecânico. Ela é causada por defeitos nos genes que codificam as ceratinas 5 e 14, o que produz instabilidade citoesquelética e assim fragilidade celular nas células basais. Quando as ceratinas 1 e 10 são afetadas, as células na camada de células espinhosas da epiderme se lisam, e isto produz a vesiculação intraepidérmica da hiperceratose epidermolítica. Para uma revisão, ver Porter e Lane (2003).

As vimentinas ocorrem nas células do tecido conjuntivo derivadas do mesênquima, as desminas nas células musculares, proteína ácida fibrilar glial nas células gliais e a periferina nos axônios periféricos. Os neurofilamentos são um importante elemento citoesquelético nos neurônios, particularmente nos axônios (Fig. 1.10C), onde eles são a proteína dominante. Eles são heteropolímeros de proteínas neurofilamentares de baixo, médio e alto peso molecular; a forma de baixo peso molecular está sempre presente em combinação com o neurofilamento de médio ou o de alto peso molecular. Acumulações anormais de neurofilamentos (emaranhados neurofibrilares) são aspectos característicos de várias condições neuropatológicas.

Outras proteínas filamentares intermediárias incluem a nestina, uma molécula que se assemelha a proteína neurofilamento que forma filamentos intermediários nas células-tronco neuroectodérmicas em particular. As laminas nucleares são filamentos intermediários que revestem a superfície interna do invólucro nuclear de todas as células nucleadas. Elas fornecem um arcabouço mecânico para o núcleo e atuam como locais de fixação para várias proteínas que organizam a cromatina na periferia do núcleo. São incomuns porque formam uma rede anastomosada irregular de filamentos em vez de feixes lineares.

A maneira exata pela qual as proteínas dos filamentos intermediários se polimerizam para formar filamentos lineares é muito mais complexa que a da tubulina ou actina, e não foi completamente determinada. As proteínas dos filamentos intermediários individuais são cadeias com uma região α-helicoidal média flanqueada em cada lado por domínios não helicoidais. As proteínas se associam como dímeros enrolados que formam bastões curtos de cerca de 48 nm de comprimento. Estes se armam em pares em uma formação desencontrada antiparalela para formar tetrâmeros solúveis, oito dos quais se agregam lateralmente e torcem para dar o filamento intermediário a forma semelhante a uma corda de 10 nm. As 32 α-hélices em paralelo dão aos filamentos sua resistência à tração. Entretanto, diferentemente da actina e miosina, o arranjo antiparalelo dos dímeros produz uma proteína filamentosa sem polaridade intrínseca. As regiões não enroladas das subunidades se projetam para fora como ramos laterais que podem ligar filamentos intermediários em feixes ou fixá-los a outras estruturas. A existência de diferentes combinações de subunidades de proteínas dentro de um filamento é a base da sua diversidade funcional. Na célula viva foi demonstrado que elas são estruturas bastante dinâmicas, possivelmente como resultado de fosforilação reversível.

Microtúbulos

Os microtúbulos são polímeros de tubulina com a forma de cilindros ocos relativamente rígidos, com aproximadamente 25 nm de diâmetro e de variável comprimento (até 70 μm nos flagelos dos espermatozoides). Eles

estão presentes na maioria dos tipos de células e são particularmente abundantes em neurônios (Fig. 1.10C), leucócitos e plaquetas sanguíneas. Eles são o constituinte predominante dos fusos mitóticos das células em divisão. Também formam parte da estrutura dos cílios, flagelos e centríolos.

Há duas classes principais de tubulinas: tubulinas α e β (α e β-tubulinas). Em virtude da montagem dos microtúbulos, as tubulinas são associadas como dímeros com uma massa molecular combinada de 100 kDa (50 kDa cada). Cada subunidade de proteína tem aproximadamente 5 nm de diâmetro e é disposta ao longo do eixo longo em fileiras retas de α e β-tubulinas alternadas, formando protofilamentos. Tipicamente, 13 protofilamentos (o número pode variar entre 11 e 16) se associam em um anel para formar a parede de um microtúbulo cilíndrico oco. Cada fileira longitudinal é ligeiramente fora de alinhamento com sua vizinha, de modo que um padrão espiral de subunidades alternadas α e β aparece quando o microtúbulo é visto de lado. Há um equilíbrio dinâmico entre os dímeros e microtúbulos montados: assimetria dimérica cria polaridade (α-tubulinas são todas orientadas para a extremidade "menos", β-tubulinas para a extremidade "mais"). Tubulina é adicionada preferencialmente à extremidade "mais"; a extremidade "menos" é de crescimento relativamente lento. Os microtúbulos exibem um comportamento dramático, conhecido como instabilidade dinâmica, no qual os túbulos em crescimento podem sofrer uma "catástrofe", abruptamente mudando de crescimento líquido para retração rápida. Isto pode resultar no desaparecimento do microtúbulo, ou a catástrofe pode ser recuperada e retomado o crescimento. As tubulinas são proteínas ligadoras de guanosina trifosfato (GTP), e o crescimento é acompanhado por hidrólise de GTP. Isto pode regular o comportamento dinâmico dos túbulos. O crescimento do microtúbulo é iniciado em locais específicos conhecidos como centros organizadores de microtúbulos, os mais bem conhecidos dos quais são os centrossomos, a partir dos quais a maioria dos microtúbulos celulares se polimeriza, e os corpos basais, dos quais crescem os cílios.

Várias drogas (p. ex., colcemida, vimblastina, griseofulvina, nocodazol) causam despolimerização de microtúbulos ao se ligarem aos dímeros de tubulina solúveis e assim mudarem o equilíbrio para o estado não polimerizado. A desmontagem de microtúbulos causa uma ampla variedade de efeitos, incluindo a inibição da divisão celular pela ruptura do fuso mitótico. Em contraposição, a droga taxol estabiliza os microtúbulos e promove montagem anormal de microtúbulos. Isto pode causar uma neuropatia periférica, mas o taxol é largamente usado como agente quimioterápico eficaz no tratamento do câncer.

Diferentes microtúbulos possuem graus variados de estabilidade, por exemplo, microtúbulos nos cílios geralmente não são afetados por muitas drogas que causam demolição microtubular. Também há diferenças entre os tecidos, por exemplo, os neurônios têm uma subclasse especial de tubulina. Os centros organizadores de microtúbulos incluem uma isoforma especializada de tubulina conhecida com γ-tubulina, que é essencial para a nucleação do crescimento dos microtúbulos.

Proteínas associadas com os microtúbulos

Várias proteínas que podem se ligar a tubulinas montadas podem ocupar-se com propriedades estruturais ou serem associadas com motilidade. Uma classe importante de proteínas associadas com microtúbulos (PAMs) consiste em proteínas que se associam com as extremidades "mais" dos microtúbulos. Elas regulam a instabilidade dinâmica dos microtúbulos bem como interações com outras subestruturas celulares. PAMs estruturais formam pontes transversais entre microtúbulos adjacentes ou entre microtúbulos e outras estruturas como filamentos intermediários, mitocôndrias e a membrana plasmática. Proteínas associadas com microtúbulos encontradas nos neurônios incluem: PAMs 1A e 1B, que estão presentes em dendritos e axônios de neurônios; PAMs 2A e 2B, encontradas principalmente em dendritos; e tau, encontrada apenas em axônios. PAM 4 é a principal proteína associada com microtúbulo em muitos outros tipos de células. As proteínas estruturais associadas com microtúbulos estão relacionadas à formação, manutenção e despolimerização de microtúbulos, e são portanto de considerável importância na morfogênese celular, divisão mitótica, e manutenção e modulação da forma celular. Proteínas associadas com microtúbulos relacionadas à motilidade são encontradas em situações nas quais há movimento ocorrendo sobre as superfícies de microtúbulos, por exemplo, o transporte de vesículas citoplasmáticas, encurvamento de cílios e flagelos, e alguns movimentos de fusos mitóticos. Elas incluem uma grande família de proteínas motoras, das quais as mais bem conhecidas são as dineínas e cinesinas. Outra proteína, dinamina, está envolvida em endocitose. As proteínas do cinetócoro se armam no centrômero cromossômico durante mitose e meiose. Elas se fixam (e assim fixam cromossomos) aos microtúbulos do fuso; algumas das proteínas do cinetócoro são responsáveis por movimentos cromossômicos na anáfase mitótica e meiótica.

Todas estas proteínas associadas com microtúbulos se ligam a microtúbulos e/ou deslizam ativamente ao longo das suas superfícies ou promovem montagem e desmontagem de microtúbulos. Cinesinas e dineínas podem se fixar simultaneamente a membranas tais como vesículas de transporte e conduzi-las ao longo de microtúbulos por consideráveis distâncias, assim possibilitando o direcionamento seletivo de materiais dentro da célula. Esses movimentos ocorrem em ambas as direções ao longo de microtúbulos. Movimento dependente de cinesina é usualmente na direção da extremidade "mais" dos microtúbulos, por exemplo, do corpo celular para os terminais axonais nos neurônios, e afastando-se do centrossomo nas outras células. Em contraposição, movimentos relacionados à dineína são na direção oposta, *i.e.*, as extremidades "menos" dos microtúbulos. As dineínas também formam os ramos dos microtúbulos periféricos nos cílios e flagelos, onde elas fazem pontes cruzadas dinâmicas até pares de microtúbulos adjacentes. Quando estas dineínas presas tentam se mover, as forças tangenciais resultantes fazem o arranjo de microtúbulos axonêmico curvar-se, gerando movimentos de batimentos ciliares e flagelares. As cinesinas formam uma grande e variada família de ATPases estimuladas por microtúbulos. Algumas cinesinas são motores que movem carga, outras causam desmontagem de microtúbulos, enquanto ainda outras ligam cruzadamente microtúbulos do fuso mitótico para empurrar e afastar os polos centriolares durante a prófase mitótica.

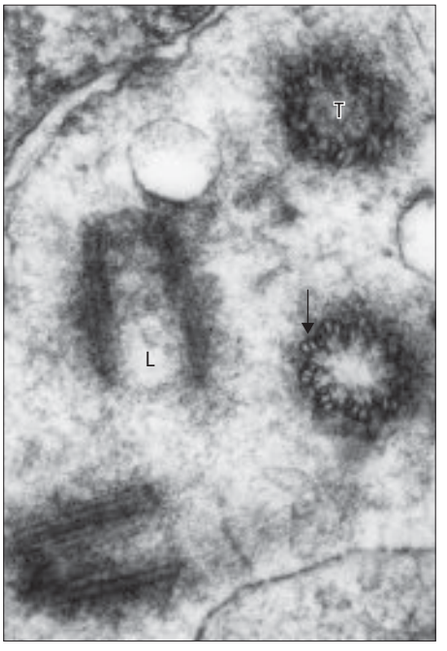


Fig. 1.11 Um par duplicado de centríolos em um espécime de carcinoma humano. Cada par de centríolos consiste em mãe e filho, orientados aproximadamente em ângulo reto um com outro, de tal modo que um é secionado transversalmente (T) e o outro longitudinalmente (L). Os centríolos secionados transversalmente são vistos como anéis de tríplex de microtúbulos (seta).

Centríolos, centrossomos e corpos basais

Os centríolos são cilindros microtubulares de 0,2 μm de diâmetro e 0,4 μm de comprimento (Fig. 1.11) Eles são formados por um anel de nove tríplex de microtúbulos ligados por várias outras proteínas. Pelo menos dois centríolos ocorrem em todas as células animais que são capazes de divisão mitótica (ovos, que sofrem meiose em vez de mitose, não possuem centríolos). Eles usualmente jazem bem próximos entre si, perpendicularmente ou, mais usualmente, em um ângulo oblíquo um com o outro (um arranjo muitas vezes chamado diplossomo) dentro do centrossomo, uma região densamente filamentosa do citoplasma no centro da célula. O centrossomo é o principal centro organizador de microtúbulos da maioria das células; ele é o local no qual novos microtúbulos são formados e o fuso mitótico é gerado durante divisão celular. A biogênese dos centríolos é um processo complexo que leva mais de um único ciclo celular para ser completado. No começo da fase S (fase de replicação do DNA) do ciclo celular, um novo centríolo-filho se forma perpendicular a cada centríolo materno separado. Cada par mãe-filho forma um polo do fuso mitótico seguinte, e o centríolo-filho se torna completamente maduro apenas quando as células da progênie estão por entrar na mitose seguinte. Uma vez que os centrossomos são centros organizadores de microtúbulos, eles jazem no centro de uma rede de microtúbulos, todos os quais têm suas extremidades "menos" proximais ao centrossomo. A associação de vesículas de membrana com motores de dineína significa que certas membranas (incluindo o aparelho de Golgi) se concentram perto do centrossomo. Isto é conveniente, uma vez que os microtúbulos proveem um meio de direcionar produtos vesiculares do Golgi para diferentes partes da célula.

O centro organizador de microtúbulos contém complexos de γ-tubulina que nucleiam polimerização de microtúbulos nas extremidades "menos" dos microtúbulos. Os corpos basais são centros organizadores de microtúbulos estreitamente relacionados aos centríolos, e são considerados derivados deles. Estão localizados nas bases dos cílios e flagelos, os quais eles ancoram à superfície celular. Os pares de microtúbulos externos dos cílios e flagelos originam-se de dois dos microtúbulos em cada tríplex do corpo basal.

Projeções da superfície celular

As superfícies de muitos tipos diferentes de células são especializadas para formar estruturas que se projetam da superfície. Estas projeções podem

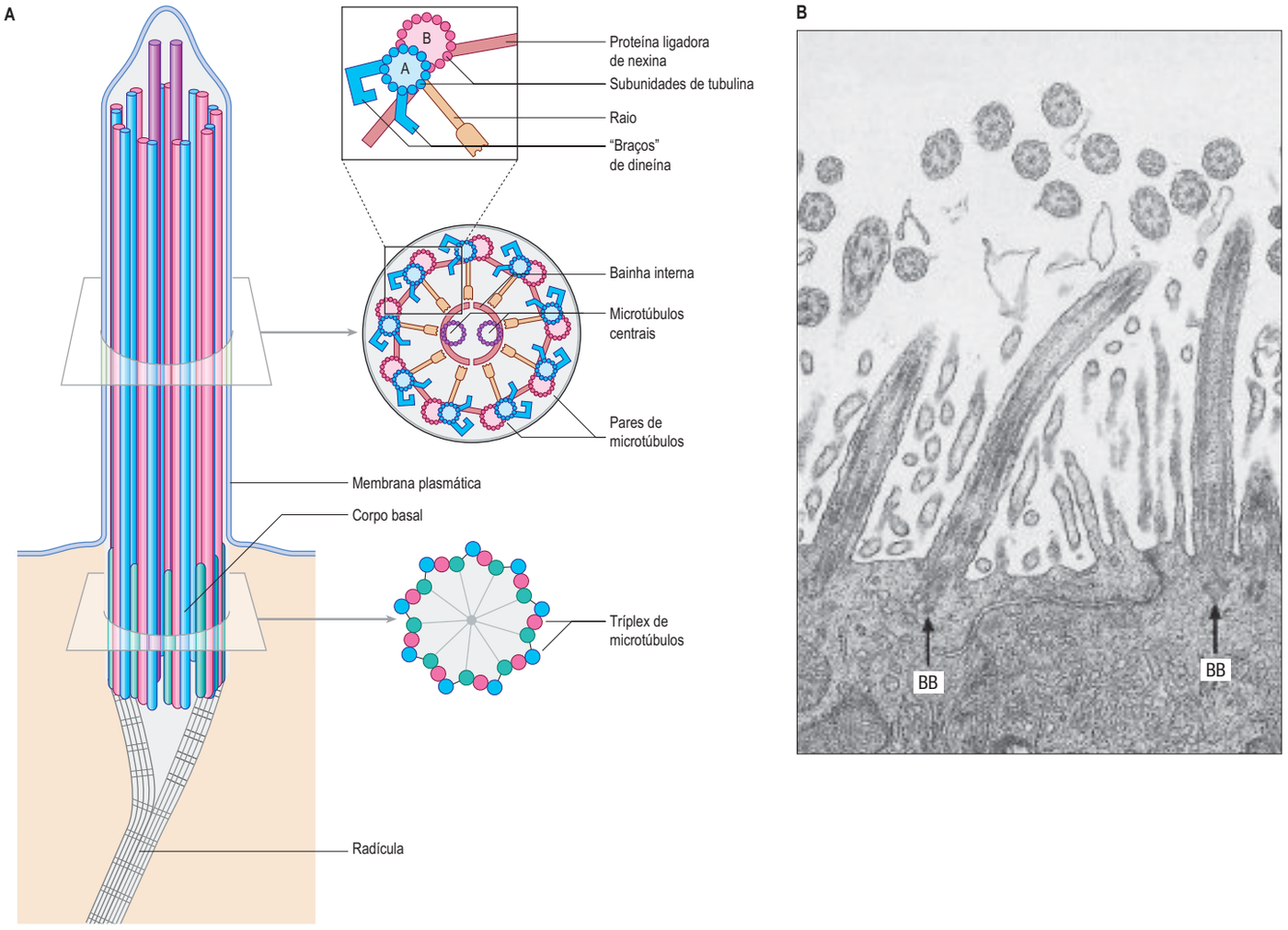


Fig. 1.12 A, Estrutura de um cílio mostrada em corte longitudinal (esquerda) e transverso (direita). A e B são subfibras dos pares de microtúbulos periféricos (ver o texto); o corpo basal é estruturalmente similar a um centríolo, mas com tríplex de microtúbulos. **B,** Região apical de células epiteliais, mostrando as partes proximais de três cílios cortados longitudinalmente, ancorados no citoplasma por corpos basais (BB). Outros cílios se projetam fora do plano de corte e são secionados transversalmente, mostrando o arranjo "9 + 2" de microtúbulos. (Parte B por permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheather's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

permitir movimento da própria célula (flagelos), ou de líquidos sobre a superfície apical celular (cílios), ou aumentar a área de superfície disponível para absorção (microvilos). Pregueamentos da membrana plasmática basolateral também aumentam a área para transporte através desta superfície da célula. Na maioria das células epiteliais que não se dividem, o centríolo dá origem a um cílio primário não móvel, o qual tem um papel sensitivo importante.

Cílios e flagelos

Cílios e flagelos são projeções móveis semelhantes a pelos da superfície celular que criam correntes no líquido circundante, movimentos da célula à qual eles estão ligados, ou ambos. Cílios ocorrem em muitas superfícies internas do corpo, particularmente: nos epitélios da maior parte do trato respiratório; em partes dos tratos reprodutores masculino e feminino; no epêndima que reveste o canal central da medula espinal e ventrículos do cérebro. Eles também ocorrem nas terminações dos receptores olfatórios e células ciliadas vestibulares, e, em forma modificada, como partes dos bastonetes e cones da retina. Uma única célula pode apresentar muitos cílios, por exemplo, no epitélio brônquico, ou apenas um ou dois. Cada gameta masculino possui um único flagelo de 70 µm de comprimento.

Um cílio ou flagelo consiste em uma haste (0,25 µm de diâmetro) que constitui a maior parte do seu comprimento, uma extremidade afilada e um corpo basal na sua base, que jaz dentro do citoplasma superficial da célula (Fig. 1.12). A não ser na sua base, a estrutura inteira é coberta por membrana plasmática. O centro do cílio é o axonema, um cilindro de nove pares de microtúbulos que rodeia um par central de microtúbulos isolados (Fig. 1.12). Entretanto, existe uma classe de cílios (cílios primários e cílios nodais) que são compostos de nove pares de microtúbulos e nenhum microtúbulo central.

Várias estruturas filamentares são associadas com os microtúbulos na haste, por exemplo, raios se estendem para dentro a partir dos microtúbulos externos na direção do par central. Os microtúbulos dos pares externos apresentam duas fileiras de braços de dineína tangenciais afixados à subfibra A do dupleto, os quais apontam para a subfibra B do par adjacente. Pares adjacentes também são ligados por filamentos finos. Outros filamentos circundam parcialmente o par central de microtúbulos, os quais também são unidos por raios semelhantes a uma escadaria.

Os movimentos dos cílios e flagelos são amplamente semelhantes. Os flagelos se movem por ondulação rápida, que passa da extremidade fixa para a extremidade livre. Nos espermatozoides humanos há um componente helicoidal adicional deste movimento. Nos cílios, o batimento é planar, mas assimétrico. No movimento efetivo, o cílio permanece rígido exceto na sua base, onde ele se dobra para produzir uma batida semelhante a um remo. Segue a batida de recuperação, durante a qual a dobra passa da base à ponta, retornando o cílio à sua posição inicial para o ciclo seguinte. A atividade de grupos de cílios é geralmente coordenada de tal modo que a dobra de um é rapidamente seguida pela dobra do seguinte e assim por diante, resultando em longas ondas viajantes de sincronia metácrona. Estas passam sobre a superfície do tecido na mesma direção que a batida efetiva.

Quando um cílio se dobra, os microtúbulos não mudam de comprimento, mas deslizam um sobre o outro. Os braços de dineína dos dupletos periféricos inclinam-se na direção da base do cílio a partir das suas extremidades fixas. A dineína tem uma atividade de ATPase, o que causa deslizamento mútuo de pares adjacentes por inicialmente se afixar de lado ao par seguinte, em seguida oscilando para cima na direção da ponta do cílio. Há um grupo de doenças genéticas (revisto em Afzelius 2004) nas quais os cílios batem ineficazmente ou não batem, por exemplo, a síndrome de Kartagener de cílios imóveis. Os cílios afetados exibem vários defeitos ultraestruturais, como uma falta de braços de dineína ou falta de raios. Os pacientes com esta síndrome sofrem de vários problemas respiratórios causados pela acumulação de partículas nos pulmões; os homens tipicamente são estéreis por causa da perda de motilidade dos espermatozoides, e 50% têm um trato alimentar que é a imagem em espelho do padrão usual (*situs inversus*) — *i.e.*, ele roda na direção oposta durante o desenvolvimento inicial.

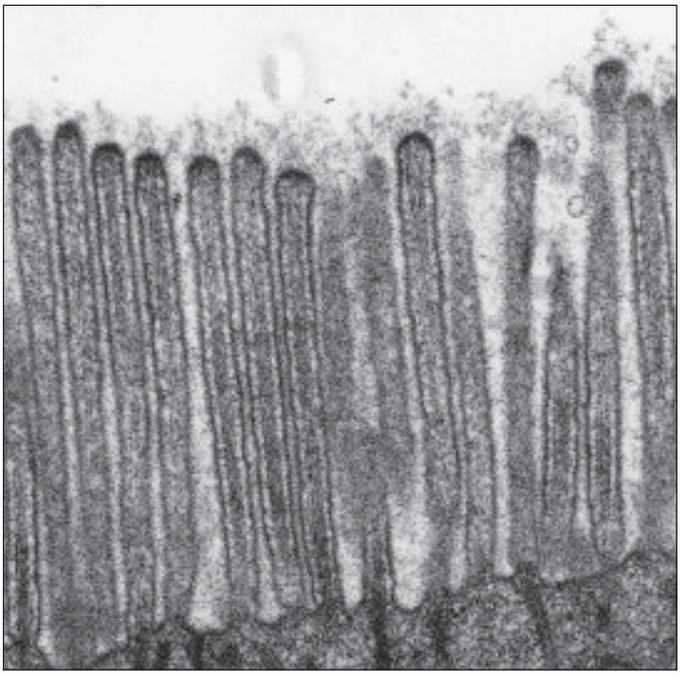


Fig. 1.13 Microvilos secionados longitudinalmente no bordo estriado de uma célula absortiva intestinal em um espécime de biópsia duodenal humana. Filamentos de actina enchem os centros dos microvilos e se inserem no citoplasma apical. Há um glicocálix proeminente (formado pelos domínios extracelulares das glicoproteínas da membrana plasmática), visto sob a forma de uma capa indistinta nas extremidades e entre os microvilos; ele inclui enzimas ocupadas com as fases finais da digestão.

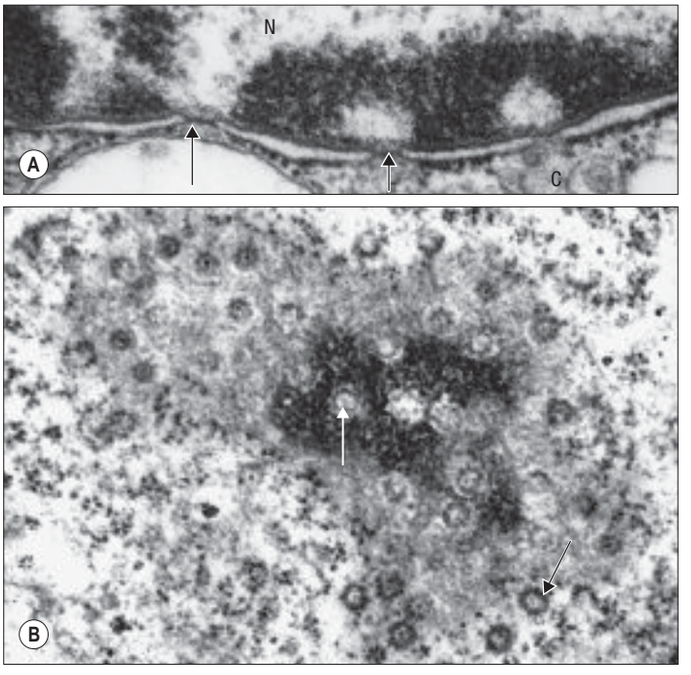


Fig. 1.14 A, Invólucro nuclear com poros (setas) em corte transversal, mostrando a continuidade entre as camadas fosfolipídicas interna e externa do invólucro em cada lado do poro. A fina "membrana" que parece transpor o poro é formada por proteínas do complexo do poro. Observar que a cromatina é menos condensada na região dos poros nucleares. Núcleo (N); citoplasma (C). **B,** Poros nucleares vistos "de face" como estruturas esféricas (setas) em um corte tangencial através do invólucro nuclear. A aparência do invólucro varia em densidade eletrônica conforme o plano de corte passa através de diferentes regiões da dupla membrana curva, a qual é interrompida a intervalos por poros através do invólucro (**Fig. 1.1**). O citoplasma circundante com ribossomos é menos elétron-denso. Tecidos humanos.

Microvilos

Os microvilos são extensões digitiformes da superfície celular usualmente com 0,1 μm de diâmetro e até 2 μm de comprimento (Fig. 1.13). Quando dispostos em uma série paralela regular, eles constituem um bordo estriado, conforme tipificado pelas superfícies absortivas dos enterócitos epiteliais do intestino delgado. Quando são menos regulares, como no epitélio da vesícula biliar e nos túbulos renais proximais, é usado o termo bordo em escova.

Os microvilos são cobertos por membrana plasmática e apoiados internamente por feixes estreitamente agregados de filamentos de actina ligados por pontes cruzadas das proteínas enfeixadoras de actina, fascina e fimbrina. Outras pontes compostas de miosina I e calmodulina conectam os feixes de filamentos à membrana plasmática. Na ponta de cada microvilo, as extremidades livres dos microfilamentos estão inseridas em uma massa densa que inclui a proteína vilina. Os feixes de filamentos de actina dos microvilos estão embutidos no citoplasma apical entre uma malha de filamentos de actina correndo transversalmente estabilizados por espectrina para formar a trama terminal, a qual é sustentada por filamentos intermediários de ceratina. A teia é ancorada lateralmente na *zonula adherens* do complexo juncional epitelial apical. Miosina II e tropomiosina também são encontradas na trama terminal, o que pode explicar sua atividade contrátil.

Os microvilos aumentam grandemente a área de superfície celular (até 40 vezes), particularmente em locais de absorção ativa. No intestino delgado, eles possuem uma cobertura celular ou glicocálix muito grossa, o que reflete a presença de glicoproteínas integrantes da membrana, incluindo enzimas ocupadas com digestão e absorção. Microvilos irregulares, filópodos, também são encontrados nas superfícies de muitos tipos de célula, particularmente macrófagos livres e fibroblastos, onde eles podem ser associados com fagocitose e motilidade celular.

Microvilos longos, regulares, são chamados estereocílios, denominação errada, uma vez que eles não são móveis e não possuem microtúbulos. São encontrados nas células receptoras cocleares e vestibulares, onde atuam como transdutores sensitivos, e também no epitélio absortivo do epidídimo.

NÚCLEO

O núcleo (Figs. 1.1, 1.2) é geralmente a maior estrutura intracelular, e é usualmente de forma esférica ou elipsoide, com um diâmetro de 3–10 μm. As colorações histológicas usadas para identificar núcleos em cortes de tecidos detectam principalmente as moléculas ácidas do ácido desoxirribonucleico (DNA), as quais são em grande parte limitadas ao núcleo.

Membrana nuclear

O núcleo é rodeado por duas bicamadas lipídicas concêntricas que juntas formam a membrana ou invólucro nuclear. A bicamada externa e a luz entre as duas bicamadas são contínuas com o retículo endoplasmático rugoso. Como o retículo endoplasmático rugoso, a membrana externa do invólucro nuclear é revestido com ribossomos que são ativos em síntese de proteína; as proteínas recém-sintetizadas passam para o espaço perinuclear entre as duas camadas da membrana.

Uma classe especial de filamentos intermediários conhecidos como laminas é associada com a superfície interna da membrana nuclear. As laminas formam uma malha densa embaixo da membrana, a lâmina nuclear. Os filamentos de lamina cruzam uns aos outros perpendicularmente para criar uma rede anastomosada irregular que cobre a superfície interior da membrana nuclear. Ao assim fazer, eles reforçam mecanicamente a membrana nuclear, determinam a forma do núcleo e fornecem um local de ligação para uma variedade de proteínas que ancoram cromatina. A lamina A nuclear, com mais de 350 mutações, é a proteína mais mutada ligada a doenças humanas. As mutações da lamina A causam uma variedade surpreendentemente numerosa de doenças, de progéria a várias distrofias (revisto em Mattout *et al.*, 2006 e Pollard e Earnshaw, 2007).

Cromatina condensada (heterocromatina) também tende a se agregar próximo da membrana nuclear durante a intérfase. Ao término da prófase mitótica e meiótica (ver adiante), os filamentos de lamina se desmontam, fazendo com que as membranas nucleares formem vesículas e dispersem para dentro do retículo endoplasmático. Durante as fases finais da mitose (telófase), proteínas da periferia nuclear, inclusive laminas, se associam com a superfície dos cromossomos, fornecendo locais de ancoragem para vesículas de membrana. A fusão destas vesículas reconstitui o compartimento nuclear.

O transporte de moléculas entre o núcleo e o citoplasma ocorre por meio de estruturas de poros nucleares especializados que perfuram a membrana nuclear (Fig. 1.14A). Eles atuam como filtros moleculares direcionais altamente seletivos, permitindo que proteínas como as histonas e proteínas reguladoras de genes (que são sintetizadas no citoplasma, mas funcionam no núcleo) entrem no núcleo, e moléculas que são sintetizadas no núcleo mas destinadas ao citoplasma (p. ex., subunidades dos ribossomos, RNAs de transferência e RNAs mensageiros) saiam do núcleo.

Ultraestruturalmente, os poros nucleares aparecem como estruturas semelhantes a discos com um diâmetro externo de 130 nm e um poro interno com um diâmetro efetivo para difusão livre de 9 nm (Fig. 1.14B). A membrana nuclear de uma célula ativa é transposta por até 4.000 desses poros. O complexo de poro nuclear tem simetria octogonal e é formado por uma montagem de mais de 50 proteínas, as nucleoporinas. As membranas nucleares interna e externa se fundem em torno do complexo do poro (Fig. 1.14A). Os poros nucleares são livremente permeáveis a pequenas

moléculas, íons e proteínas de até cerca de 17 kDa. A maioria das proteínas que entra no núcleo o fazem sob forma de complexos com proteínas receptoras de transporte específicas conhecidas como importinas. As importinas operam em vaivém entre o núcleo e o citoplasma. A ligação da carga à importina exige uma curta sequência de aminoácidos conhecida como sequência de localização nuclear (SLN), e pode ser direta ou por meio de uma proteína adaptadora. Interações da importina com componentes do poro nuclear movem-na junto com sua carga através do poro por um processo independente de energia ainda não compreendido. Um ciclo complementar funciona em exportação de proteínas e moléculas de RNA a partir do núcleo para o citoplasma usando receptores de transporte conhecidos como exportinas. Para explicação adicional, ver Pollard e Earnshaw (2007).

Cromatina

O DNA é organizado dentro do núcleo em um complexo DNA-proteína conhecido como cromatina. Os constituintes proteicos da cromatina são as histonas e as proteínas não histônicas. As proteínas não histônicas são um grupo extremamente heterogêneo que inclui proteínas estruturais, DNA e RNA polimerases e proteínas reguladoras de genes. Histonas são o grupo mais abundante de proteínas na cromatina, principalmente responsável pelo empacotamento do DNA cromossômico no seu nível primário de organização, o nucleossomo. Há quatro proteínas histonas centrais: H2A, H2B, H3 e H4, que se combinam em proporções iguais para formar um centro octamérico compacto do nucleossomo. Uma quinta histona, H1, está envolvida na compactação adicional da cromatina. A molécula de DNA (uma por cromossomo) enrola-se duas vezes em torno de cada centro de nucleossomo, pegando 165 pares de nucleotídeos. Este empacotamento organiza o DNA em uma fibra de cromatina de 11 nm de diâmetro e confere a esta forma de cromatina a aparência, sob microscópica eletrônica, de contas em um colar, no qual cada conta é separada por uma extensão variável de DNA, tipicamente com cerca de 35 pares de nucleotídeos de comprimento. A região centro do nucleossomo e uma das regiões ligantes constituem o nucleossomo propriamente dito, que tipicamente tem cerca de 200 pares de nucleotídeos de comprimento. Entretanto, cromatina raramente existe nesta forma simples, e usualmente é embalada adicionalmente em uma fibra grossa de 30 nm, envolvendo uma única histona H1 por nucleossomo, a qual interage com DNA e proteína para impor uma ordem superior de empacotamento do nucleossomo. Usualmente fibras de 30 nm são ainda mais enroladas ou pregueadas, em domínios maiores. Acredita-se que domínios individuais se descondensam e estendem durante transcrição ativa. Em um núcleo em intérfase típico, a eucromatina (regiões nucleares que aparecem pálidas em cortes de tecido apropriadamente corados, ou relativamente elétron-transparentes em micrografias eletrônicas; Fig. 1.2) tende a consistir principalmente em fibras e alças de 30 nm, e contém os genes transcricionalmente ativos. As células transcricionalmente ativas, como a maioria dos neurônios, possuem núcleos que são predominantemente eucromáticos e muitas vezes descritos como núcleos de "face aberta".

A heterocromatina (regiões nucleares que aparecem escuras em cortes de tecido apropriadamente corados ou elétron-densos em micrografias eletrônicas) é caracteristicamente localizada principalmente em torno da periferia do núcleo, exceto sobre os poros nucleares (Fig. 1.14 A), e em torno do nucléolo (Fig. 1.2). Ela é uma forma relativamente compactada de cromatina na qual as proteínas histonas acarretam um conjunto específico de modificações pós-traducionais, incluindo metilação em resíduos característicos. A heterocromatina inclui regiões não codificadoras do DNA, como regiões centroméricas, as quais são conhecidas como heterocromatina constitutiva. DNA que é inativado (tornando-se resistente à transcrição) em algumas células à medida que elas se diferenciam durante desenvolvimento ou maturação celular contribui para a heterocromatina, e é conhecido como heterocromatina constitutiva. O cromossomo X inativo nas mulheres é um exemplo de heterocromatina facultativa e pode ser identificado no microscópio óptico sob a forma do corpo de Barr, intensamente corado em escuro (cromossomo em baqueta de tambor), muitas vezes localizado perto da periferia nuclear.

Em células transcricionalmente ativas, a cromatina está predominantemente no estado condensado, heterocromático, e pode compreender até 90% do total. Exemplos dessas células são os leucócitos neutrófilos maduros (nos quais a cromatina condensada está presente em um núcleo multilobado que se cora densamente), e os núcleos altamente condensados dos eritroblastos ortocromáticos (precursores de eritrócitos em estágio avançado). Na maioria das células maduras, ocorre uma mistura das duas, indicando que apenas uma proporção do DNA está sendo transcrita. Um exemplo particular disto é visto no linfócito B maturo (célula plasmática), no qual grande parte da cromatina está na condição condensada e está disposta em massas regulares em torno do perímetro do núcleo, produzindo o chamado núcleo "em mostrador de relógio" (Figs. 4.6, 4.12). Embora esta célula esteja transcrevendo ativamente, grande parte da sua síntese de proteína é de um único tipo de imunoglobulina, e consequentemente grande parte do seu genoma está em um estado inativo.

Durante a mitose, a cromatina é ainda mais reorganizada e condensada para formar os cromossomos muito encurtados característicos da metáfase. Este encurtamento é realizado através de níveis adicionais de empacotamento apertado da cromatina. O mecanismo de condensação é desconhecido, mas os cromossomos condensados são estabilizados por complexos proteicos conhecidos como condensinas. O dobramento progressivo do DNA cromossômico por interações com proteínas específicas pode reduzir 5 cm de DNA cromossômico 10.000 vezes, a um comprimento de 5 μm no cromossomo mitótico.

Cromossomos e cariótipos

O DNA nuclear das células eucarióticas é organizado em unidades lineares chamadas cromossomos. O DNA em uma célula diploide humana normal contém 6×10^9 pares de nucleotídeos organizados na forma de 46 cromossomos (44 autossomos e dois cromossomos sexuais). O maior cromossomo humano (número 1) contém $2{,}5 \times 10^8$ pares de nucleotídeos, e o menor (o cromossomo Y) 5×10^7 pares de nucleotídeos.

Cada molécula de DNA cromossômico contém certo número de sequências de nucleotídeos especializadas que são associadas com sua manutenção. Uma é o centrômero. Durante a mitose, uma estrutura em forma de disco composta de um arranjo complexo de proteínas, o cinetócoro, se forma como uma subestrutura da região centromérica do DNA a fim de fixá-lo ao fuso microtubular. Outra sequência, o telômero, define o término de cada molécula de DNA cromossômico. Os telômeros consistem em centenas de repetições da sequência de nucleotídeos $(TTAGGG)_n$. As próprias terminações dos cromossomos não podem ser replicadas pela mesma DNA polimerase que o resto do cromossomo, e são mantidas por uma enzima específica chamada telomerase que contém uma subunidade de RNA que atua como gabarito para alongar as repetições TTAGGG. Assim a telomerase é um tipo especializado de polimerase conhecido como transcriptase reversa que torna sequências em RNA de volta para DNA. O número de repetições uma depois da outra da sequência de DNA telomérica varia. Ela parece encurtar com sucessivas divisões celulares, porque a atividade de telomerase se reduz ou está ausente em células diferenciadas com uma duração de vida finita. Acredita-se que este mecanismo contribua para a regulação da senescência celular e possa proteger contra transtornos proliferativos, inclusive câncer (revisto em Flores *et al.*, 2006).

Classificação dos cromossomos humanos

Várias anormalidades genéticas podem ser diretamente relacionadas ao padrão cromossômico. A caracterização ou cariotipagem do número e estrutura dos cromossomos é portanto de considerável importância diagnóstica. As estruturas que identificam os cromossomos individuais são mais facilmente vistas durante a metáfase, embora cromossomos da prófase possam ser usados para análises mais detalhadas.

Linfócitos separados de amostras de sangue, ou células tiradas de outros tecidos, são usados como fonte de cromossomos. O diagnóstico de padrões cromossômicos fetais é geralmente realizado em amostras de líquido amniótico contendo células fetais, aspirado do útero por amniocentese, ou em um pequeno fragmento de tecido de vilo coriônico removido da placenta. Qualquer que seja sua origem, as células são cultivadas *in vitro* e estimuladas a se dividir por tratamento com agentes que estimulam a divisão celular. A mitose é interrompida na metáfase por inibidores do fuso. Os cromossomos são dispersados primeiro fazendo as células intumescerem em uma solução hipotônica; a seguir, as células são delicadamente fixadas e rompidas mecanicamente sobre uma lâmina para espalhar os cromossomos. Eles são em seguida corados de várias maneiras para permitir a identificação dos cromossomos individuais por tamanho, forma e distribuição de coloração (Fig. 1.15). Técnicas gerais mostram os marcos óbvios, por exemplo, comprimentos dos braços e posições das constrições. Técnicas de bandeamento demonstram padrões de coloração diferencial, característicos de cada tipo de cromossomo. Coloração fluorescente com mostarda de quinacrina e compostos correlatos produz bandas Q, e coloração de Giemsa (após tratamento que desnatura parcialmente a cromatina) dá as bandas G (Fig. 1.15A). Outros métodos menos amplamente usados incluem: coloração de Giemsa inversa, na qual as áreas claras e escuras são invertidas (bandas R); a coloração da heterocromatina constitutiva com sais de prata (bandeamento C); bandeamento T para corar as extremidades (telômeros) dos cromossomos. Coletivamente, estes métodos permitem a classificação dos cromossomos em pares autossômicos numerados em ordem decrescente de tamanho, de 1 a 22, mais os cromossomos sexuais.

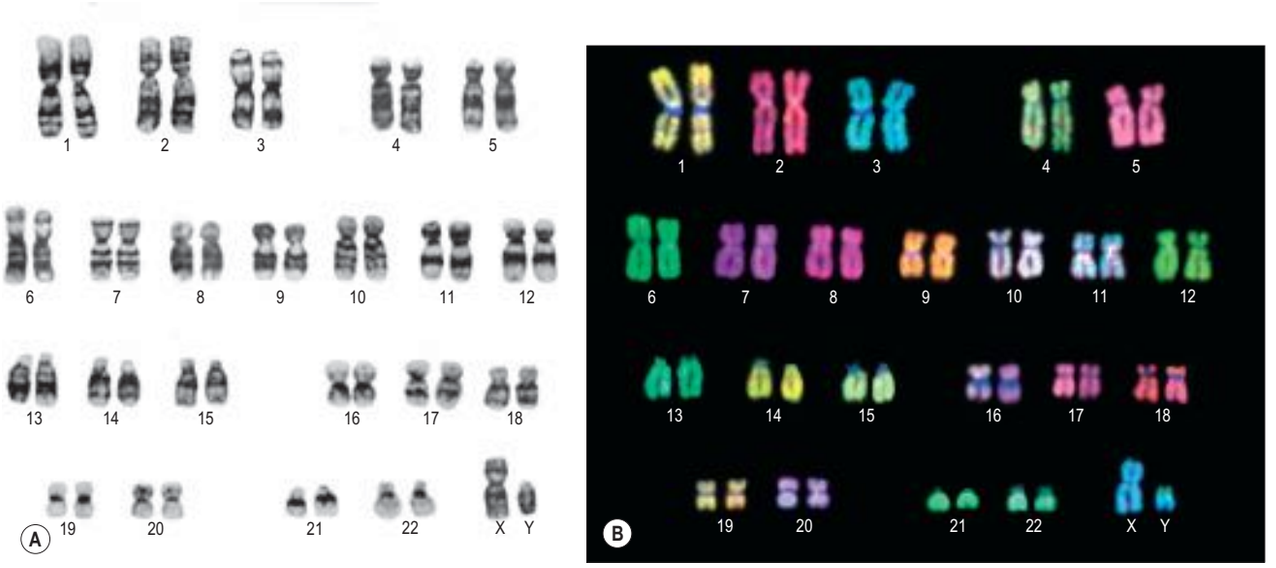


Fig. 1.15 Cromossomos de homens normais, arranjados como cariótipos. **A,** Preparação com bandeamento G; **B,** preparação corada com hibridação *in situ* de fluorescência múltipla para identificar cada cromossomo. (Cortesia de Dr Denise Sheer, Cancer Research UK.)

Um sumário das principais classes de cromossomos é apresentada abaixo:

Grupo	Características
1–3 (A)	Grandes cromossomos metacêntricos
4–5 (B)	Grandes cromossomos submetacêntricos
6–12 + X (C)	Metacêntricos de tamanho médio
13–15 (D)	Acrocêntricos de tamanho médio com satélites
16–18 (E)	Metacêntricos mais curtos (16) ou submetacêntricos (17,18)
19–20 (F)	Mais curtos metacêntricos
21–22 + Y (G)	Acrocêntricos; 21,22 com satélites, Y sem satélite

Avanços metodológicos nas técnicas de bandeamento melhoraram o reconhecimento de padrões cromossômicos anormais. O uso da hibridação *in situ* com sondas de DNA fluorescentes específicas para cada cromossomo (Fig. 1.15B) permite até a identificação de anormalidades muito pequenas.

Nucléolo

Os nucléolos são uma característica proeminente de um núcleo na intérfase (Fig. 1.2). Eles são o local da maior parte da síntese de rRNA e montagem de subunidades de ribossomos. Ultraestruturalmente, o nucléolo aparece como uma região fibrilar pálida (DNA não transcrito), contendo densos centros fibrilares (locais de transcrição de genes de rRNA) e regiões granulosas (locais de montagem de subunidades ribossômicas) dentro de uma matriz nucleolar difusa. Cinco pares de cromossomos carregam genes de rRNA organizados em aglomerados de unidades repetidas uma após outra em cada cromossomo. Cada unidade de rRNA é transcrita individualmente e codifica um grande RNA precursor que é processado para fornecer as moléculas de rRNA 28S, 18S e 5,8S. Este processamento acontece no nucléolo, do mesmo modo que o processamento de vários outros RNAs estáveis, inclusive o componente RNA da partícula de reconhecimento de sinal (SRP), que é essencial para secreção de proteína. Durante a mitose o nucléolo se rompe. Ele se forma de novo após reformação do invólucro nuclear na telófase, em um processo associado com o início da transcrição nos centros organizadores nucleolares em cada cromossomo. As moléculas de rRNA 28S, 18S e 5,8S são montadas nas suas subunidades ribossômicas na região granulosa do nucléolo juntamente com o rRNA 5S, que não é sintetizado no nucléolo. As subunidades ribossômicas recém-formadas são a seguir translocadas para o citoplasma através dos poros nucleares.

DIVISÃO CELULAR E CICLO CELULAR

Durante o desenvolvimento pré-natal, a maioria das células sofre divisão repetida à medida que o corpo cresce em tamanho e complexidade. À medida que as células maturam, elas se diferenciam estrutural e funcionalmente. Algumas células, como os neurônios, perdem a capacidade de se dividir. Outras podem persistir durante toda a vida do indivíduo como células-tronco competentes para replicação, por exemplo, as células no tecido hematopoético da medula óssea. Muitas células se dividem infrequentemente, mas dão origem a células-filhas que sofrem ciclos repetidos de divisão mitótica como células amplificadoras transitórias. Suas divisões podem ocorrer em sucessão rápida, como em linhagens celulares com uma curta duração de vida e giro e tempo de substituição similarmente rápidos. As células amplificadoras transitórias são todas destinadas a se diferenciar e afinal ser substituídas, diferentemente da população de células-tronco parentais, que se autorrenova.

Os padrões e velocidades de divisão dentro dos tecidos variam consideravelmente. Em muitos epitélios, como as criptas entre os vilos intestinais, a substituição das células danificadas ou esgotadas por divisão das células-tronco pode ser rápida. As velocidades de divisão celular também podem variar de acordo com a demanda, como ocorre na cura da pele ferida, na qual a proliferação celular aumenta a um pico e a seguir retorna ao nível de reposição normal (Cap. 7). A velocidade de divisão celular é apertadamente acoplada à demanda de crescimento ou substituição. Quando este acoplamento está defeituoso, os tecidos deixam de crescer ou substituir suas células, ou podem crescer excessivamente, produzindo tumores.

O ciclo celular é o período entre o nascimento de uma célula e sua própria divisão para produzir duas células-filhas. Ele geralmente dura um mínimo de 12 horas, mas na maioria dos tecidos adultos pode ser consideravelmente mais longo, e é dividido em quatro fases distintas, as quais são conhecidas como G_1, S, G_2 e M. A combinação das fases G_1, S e G_2 é conhecida como a intérfase. M é a fase mitótica. G_1 é o período em que as células respondem a fatores de crescimento que dirigem a célula para iniciar outro ciclo; uma vez tomada, esta decisão é irreversível. Ela também é a fase na qual a maioria da maquinaria molecular necessária para completar outro ciclo celular é gerada. As células que retêm a capacidade de proliferação, mas que não estão mais se dividindo, entraram em uma fase chamada G_0 e são descritas como quiescentes, ainda que possam ser muito ativas fisiologicamente. Fatores de crescimento podem estimular células quiescentes a deixar G_0 e reentrar no ciclo celular, enquanto as proteínas codificadas por certos genes supressores de tumores (p. ex., o gene mutado no retinoblastoma, *Rb*) bloqueiam o ciclo em G_1. Síntese de DNA (replicação do genoma) ocorre durante a fase S, ao término da qual o conteúdo de DNA da célula se duplicou. Durante G_2, a célula se prepara para divisão; este período termina com o início da condensação dos cromossomos e a ruptura da membrana nuclear. Os tempos levados para S, G_2 e M são semelhantes para a maioria dos tipos de células, e ocupam 6–8, 2–4 e 1–2 horas respectivamente. Em contraste, a duração de G_1 mostra considerável variação, às vezes variando de menos de 2 horas nas células em divisão rápida, a mais de 100 horas dentro do mesmo tecido.

A progressão do ciclo é impulsionada em parte por alterações na atividade de proteinases dependentes de ciclinas, CDKs (proteínas cinase que são ativadas pela ligação de uma subunidade ciclina). Cada fase do ciclo celular é caracterizada pela atividade de um ou mais pares de CDK-ciclina. As transições entre as fases do ciclo são desencadeadas pela proteólise altamente específica das ciclinas e outros componentes-chave. Os alvos da proteólise são marcados para destruição por E3 ubiquitina ligases, as quais os decoram com polímeros da pequena proteína ubiquitina, um sinal para reconhecimento pelo proteossomo. Para dar um exemplo, a transição de G2 para mitose é impulsionada pela ativação de CDK1 pelas suas parceiras, as ciclinas tipo A e B: as alterações características na estrutura celular que ocorrem quando as células entram na mitose são em grande parte impelidas pela fosforilação de proteínas pela CDK1-ciclina A e CDK1-ciclina B ativas (detalhes adicionais além dos objetivos deste livro). As células saem da mitose quando o complexo promotor de anáfase/ciclossomo (APC/C), uma E3 ubiquitina ligase, marca as ciclinas para destruição. O APC/C também dispara para destruição outra proteína cuja função é proteger a coesão entre

cromátides irmãs. Um processo análogo de fosforilação de proteína acoplado com destruição direcionada impulsiona a transição entre as fases G_1 e S quando as células se comprometem com outro ciclo de proliferação.

Há importantes pontos de controle no ciclo celular nos quais a progressão será sustada se, por exemplo, a replicação do DNA ou a montagem do fuso mitótico estiverem incompletas. Sistemas de regulação negativa também operam para retardar a progressão do ciclo quando o DNA foi danificado por radiação ou mutagênicos químicos. Células com defeitos de ponto de controle, como perda da proteína p53, que é um importante elemento de controle negativo no ciclo de divisão de todas as células, são comumente associadas com o desenvolvimento de malignidade. Células desprovidas de uma das funções críticas de ponto de controle são capazes de progredir através do ciclo carregando defeitos, assim aumentando a probabilidade de que anormalidades futuras se acumulem na sua progênie. O gene p53 é um exemplo de gene supressor tumoral. Para leitura adicional, ver Blow e Tanaka (2005); Pollard e Earnshaw (2007).

MITOSE E MEIOSE

A mitose é o processo que resulta na distribuição de cópias idênticas do genoma da célula-mãe às duas células-filhas somáticas. Na meiose, as divisões imediatamente antes da produção final de gametas dividem pela metade o número de cromossomos para o número haploide, de tal modo que, com a fertilização, o número diploide é restaurado. Além disso, a meiose inclui uma fase na qual ocorre troca de material genético entre cromossomos homólogos. Isto possibilita que uma redistribuição de genes ocorra, o que significa que as células-filhas diferem da célula parental tanto na sua sequência genética precisa quanto no seu estado haploide. Mitose e meiose são semelhantes em muitos aspectos, e diferem principalmente no comportamento dos cromossomos durante as fases iniciais da divisão celular. Na meiose, duas divisões ocorrem em sucessão, sem uma fase S interveniente. A meiose I é distinta da mitose, enquanto a meiose II é mais semelhante à mitose.

Mitose

Novo DNA é sintetizado durante a fase S da intérfase do ciclo celular. Isto significa que a quantidade de DNA nas células diploides duplicou para o valor tetraploide, pelo início da mitose, embora o número de cromossomos ainda seja diploide. Durante a mitose, esta quantidade é dividida pela metade entre as duas células-filhas, de modo que a quantidade de DNA e o número de cromossomos são diploides em ambas as células. As transformações celulares que realizam esta distribuição são convencionalmente divididas em quatro fases chamadas prófase, metáfase, anáfase e telófase (Figs. 1.16, 1.17).

Prófase

Durante a prófase, os filamentos de cromatina, que estão altamente alongados durante a intérfase, se encurtam, espessam e se apresentam como cromossomos reconhecíveis. Cada cromossomo é constituído de cromátides duplicadas (produtos da replicação do DNA) unidas nos seus centrômeros. Fora do núcleo, os dois pares de centríolos começam a se separar e se movem para polos opostos da célula. Microtúbulos paralelos são montados entre eles para criar o fuso mitótico, e outros radiam-se para formar os ásters, os quais vêm a formar os polos do fuso. À medida que prófase prossegue, os nucléolos desaparecem, e a membrana nuclear subitamente se desintegra para liberar os cromossomos, evento que marca o término da prófase.

Prometáfase–metáfase

À medida que a membrana nuclear desaparece, os microtúbulos do fuso se estendem para a região central da célula, fixando-se aos cromossomos que subsequentemente se movem para o equador do fuso (prometáfase). O agrupamento dos cromossomos no equador do fuso é chamado metáfase ou placa equatorial. Os cromossomos, presos nos seus centrômeros, parecem estar dispostos em um anel quando vistos de cima. Movimentos citoplasmáticos durante a metáfase avançada efetuam a distribuição aproximadamente igual de mitocôndrias e outras organelas em torno da periferia da célula.

Anáfase

Ao término da metáfase, cada cromossomo consiste em um par de cromátides-irmãs presas a polos opostos do fuso por feixes de microtúbulos associados com os centrômeros. O início da anáfase começa com a clivagem proteolítica de uma subunidade-chave de um complexo conhecido como coesina, que mantém juntas as cromátides-irmãs replicadas. Esta clivagem libera a coesão entre as cromátides-irmãs, as quais então se movem, cada uma, para polos opostos do fuso à medida que os feixes de microtúbulos presos aos centrômeros se encurtam e movem-se em direção aos polos. No fim da anáfase as cromátides-irmãs são agrupadas em cada extremo da células, e ambas as coleções são diploides em número. Começa uma dobra

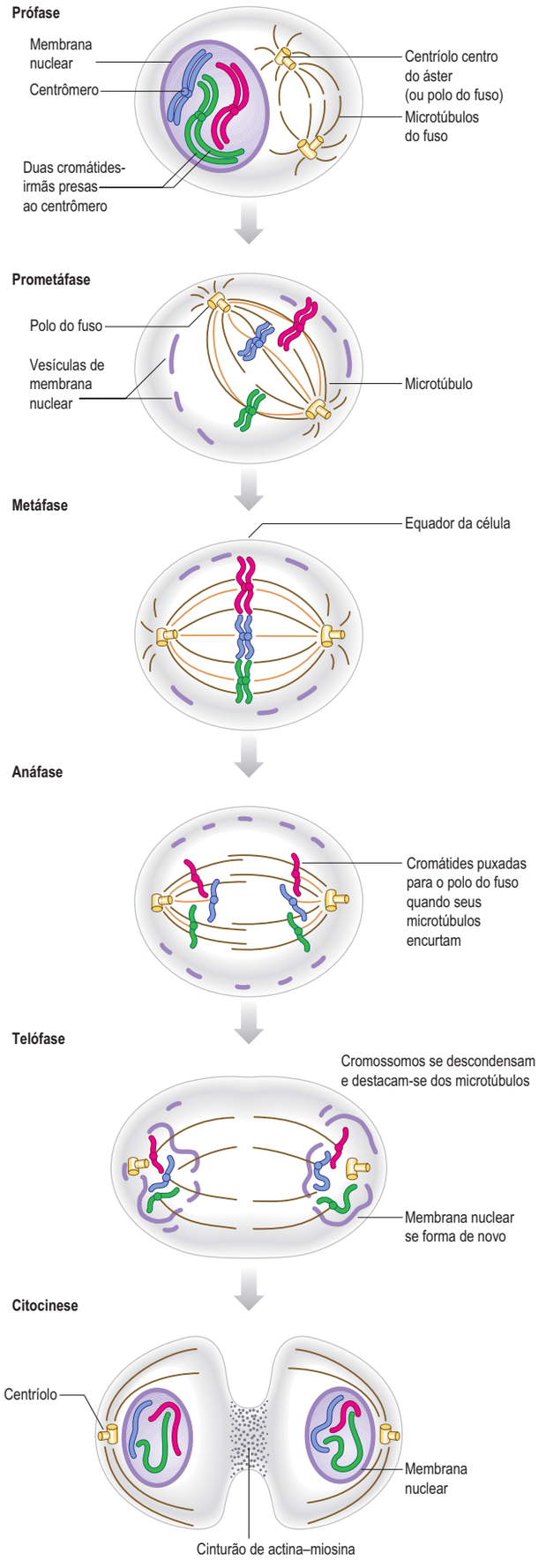


Fig. 1.16 Os estádios na mitose, incluindo o aparecimento e distribuição dos cromossomos.

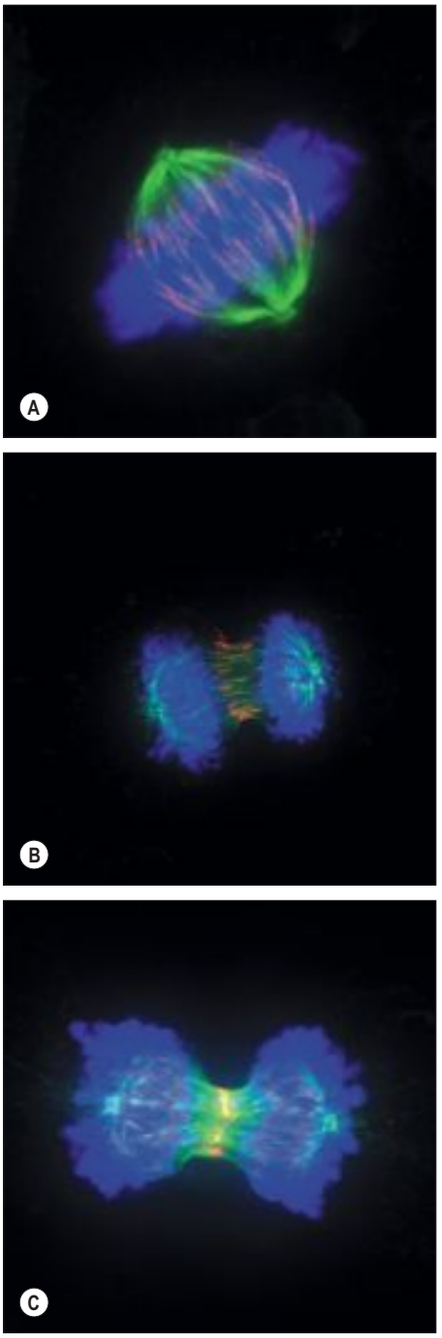


Fig. 1.17 Imagens de imunofluorescência das fases na mitose de células de carcinoma humano em cultura. **A,** Metáfase, com microtúbulos do fuso (verde), a proteína estabilizadora de microtúbulos (HURP; vermelho) e DNA cromossômico (azul). **B,** Anáfase, com microtúbulos do fuso (verde), o fuso central (Aurora-B cinase, vermelho) e cromossomos segregados (azul). **C,** Anáfase avançada, com microtúbulos do fuso (verde), o fuso central (Plk1 cinase, vermelho, aparecendo amarelo onde está colocalizado com proteína de microtúbulo) e cromossomos segregados (azul). (Cortesia de Dr Herman Silljé, Max-Planck-Institute fur Biochemie, Martinsried, Germany.)

para dentro do equador da célula, e se aprofunda durante a telófase sob a forma do sulco de clivagem.

Telófase

Durante a telófase as membranas nucleares se formam novamente, começando com a associação de vesículas membranosas com a superfície dos cromossomos. Mais tarde, depois que as vesículas se fundiram e o invólucro nuclear está completo, os cromossomos se descondensam e os nucléolos se formam novamente. Ao mesmo tempo, a divisão citoplasmática, que usualmente começa no início da anáfase, continua até que as novas células se separem, cada uma com seu núcleo derivado. O remanescente do fuso agora se desintegra. Enquanto o sulco de clivagem está ativo, aparece uma banda periférica ou cinturão de actina e miosina na zona de constrição: a contração desta banda é responsável pela formação do sulco.

Falha da disjunção das cromátides, de modo que cromátides-filhas passem para o mesmo polo, pode ocorrer às vezes. Das duas novas células, uma terá mais, e a outra menos, cromossomos que o número diploide. Exposição à radiação ionizante promove não disjunção e pode, por dano cromossômico, inibir por completo a mitose. Um sintoma típico de exposição à radiação é a falha dos epitélios que se dividem rapidamente em substituir as células perdidas, com consequente ulceração da pele e membranas mucosas. A mitose também pode ser rompida por agentes químicos, particularmente colquicina, taxol e seus derivados. Estes compostos desmontam os microtúbulos do fuso ou interferem com a sua dinâmica. Como resultado, a mitose é sustada na metáfase. Taxol e derivados são amplamente usados no tratamento do câncer de mama. Colquicina é amplamente usada no tratamento da gota, mas o mecanismo não é conhecido e pode não ter nada a ver com regulação mitótica.

Meiose

Há duas divisões celulares durante a meiose (Fig. 1.18). Detalhes deste processo diferem em nível celular para linhagens masculina e feminina.

Meiose I

Prófase I

A prófase I meiótica é uma fase longa e complexa que difere consideravelmente da prófase mitótica e é costumeiramente dividida em cinco subfases, chamadas leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese (Pollard e Earnshaw 2007).

Fase leptóteno Durante o leptóteno, cromossomos homólogos (cópias materna e paterna do mesmo cromossomo), que foram replicados em uma fase S precedente e consistem cada uma em cromátides-irmãs unidas no centrômero (ver anteriormente), localizam um o outro dentro do núcleo, e o processo de recombinação genética é iniciado. Citologicamente, os cromossomos começam a se condensar, aparecendo como fios individuais que estão presos pelos seus telômeros à membrana nuclear. Eles muitas vezes mostram formação de contas característica em toda sua extensão.

Fase zigóteno Durante o zigóteno, os cromossomos homólogos iniciam um processo conhecido com sinapse, durante o qual eles se tornam intimamente associados um com o outro. A sinapse pode começar perto dos telômeros na superfície interna da membrana nuclear, e durante esta fase os telômeros muitas vezes se aglomeram em um lado do núcleo (uma fase conhecida como buquê porque os cromossomos parecem um buquê de flores). Os pares de homólogos em sinapse, também conhecidos como bivalentes, estão ligados juntos por uma banda fibrilar altamente estruturada, o complexo sinaptonêmico.

Os cromossomos sexuais também fazem sinapse durante o zigóteno. Em homens, com cromossomos X e Y distintos, a sinapse envolve uma região curta de sequência de DNA compartilhada conhecida como região pseudoautossômica. As regiões sexo-específicas não pareadas adotam uma estrutura hipercondensada especial conhecida como vesícula sexual.

O comportamento dos cromossomos na meiose é intimamente ligado ao processo de recombinação gênica. Isto começa durante o leptóteno, quando os cromossomos homólogos primeiro localizam um ao outro à distância. Considera-se que a sinapse representa a conclusão da recombinação, uma vez que os locais de troca genética são transformados em estruturas especializadas conhecidas como quiasmas. Os quiasmas são "nós" topológicos que prendem juntos os cromossomos.

Fase paquíteno Quando a sinapse está completa para todos os cromossomos, diz-se que a célula está em paquíteno. Cada bivalente parece uma estrutura única, mas na realidade são dois pares de cromátides-irmãs mantidas juntas pelo complexo sinaptonêmico. A recombinação genética está completa neste ponto, com os locais onde ela ocorreu aparecendo como nódulos no centro do complexo sinaptonêmico.

Fase diplóteno Durante o diplóteno, o complexo sinaptonêmico se desmonta, e pares de cromossomos homólogos, agora muito encurtados, se separam exceto onde ocorreu *crossing over* (quiasmas). Pelo menos um quiasma se forma entre cada par homólogo, trocando sequências maternas e paternas, e até cinco foram observados. Nos ovários, os oócitos primários se tornam diplótenos pelo quinto mês *in utero* e cada um permanece nesta fase até o período antes da ovulação (até 50 anos).

Diacinese A diacinese é a prometáfase da primeira divisão meiótica. Os cromossomos, ainda como bivalentes, se tornam ainda mais curtos e mais grossos. Eles gradualmente se fixam ao fuso e se tornam alinhados na placa da metáfase. Em ovos, o fuso se forma sem centrossomos. Microtúbulos primeiro nucleiam-se e são estabilizados próximo dos cromossomos, e a ação de várias moléculas motoras eventualmente os distribui em um fuso bipolar. Talvez surpreendentemente, este fuso é uma máquina tão eficiente para segregação dos cromossomos quanto o fuso das células mitóticas com centrossomos nos polos.

Metáfase I

A metáfase I assemelha-se à metáfase mitótica, exceto que os corpos que se prendem aos microtúbulos do fuso são bivalentes, não cromossomos isolados. Estes se tornam arranjados de tal modo que os pares homólogos ocupam o plano equatorial do fuso. Os centrômeros de cada par de cromátides-irmãs funcionam como uma unidade única, dando face para um único polo do fuso. Os cromossomos homólogos são puxados para polos opostos

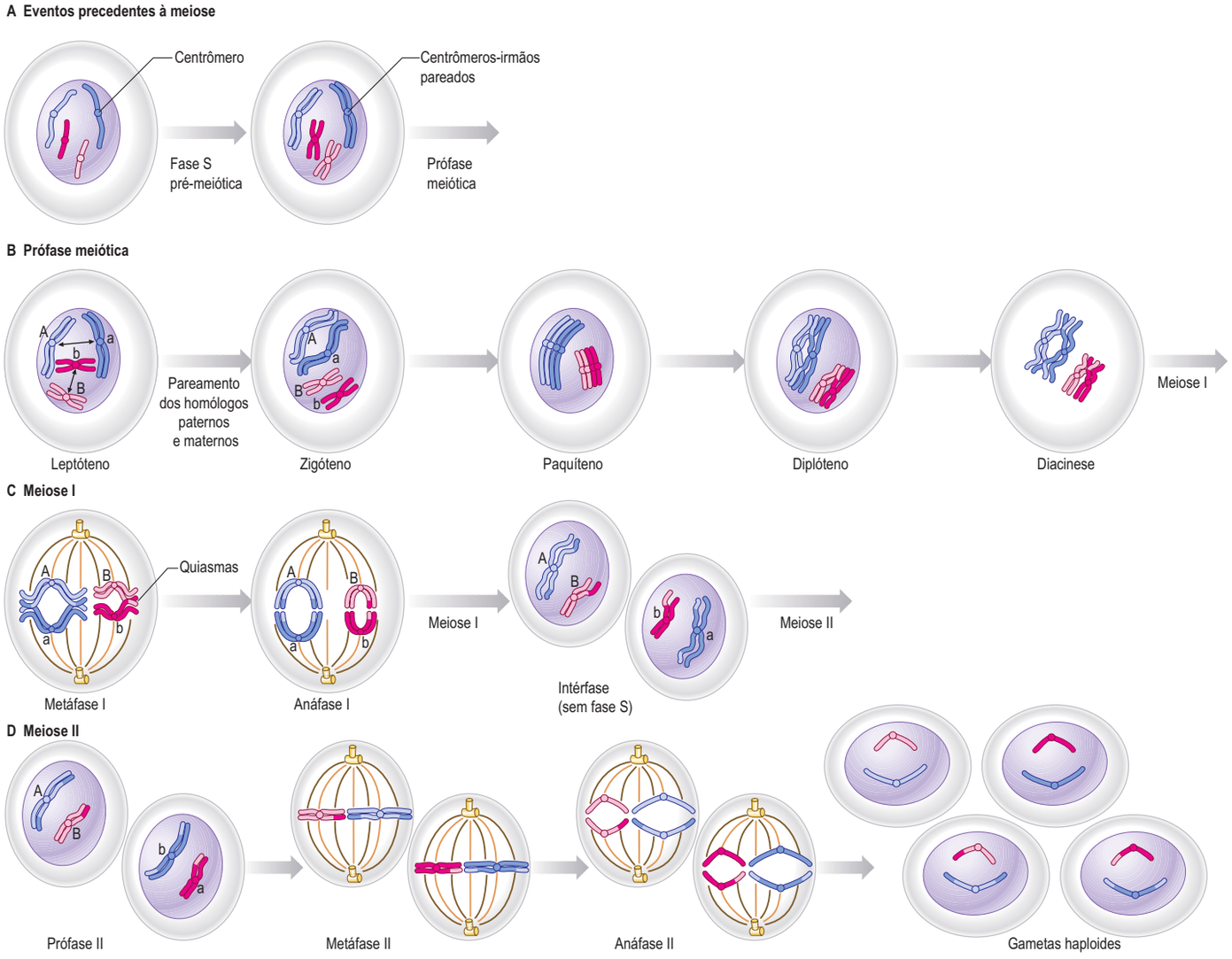


Fig. 1.18 As fases na meiose, representadas por dois pares de homólogos maternos e paternos (cores escura e clara). Trocas de DNA e complemento cromossômico e troca de informação genética entre os homólogos estão indicadas.

do fuso, mas são mantidos pareados na zona média do fuso por quiasmas. Assim, recombinação é essencial para a mecânica da divisão da meiose I — sem ela os cromossomos não podem se alinhar adequadamente, e erros na segregação de cromossomos (conhecidos como não disjunção) levam à produção de progênie aneuploide. A maioria dos embriões humanos aneuploides são inviáveis, e esta é a principal causa de perda fetal (aborto espontâneo), particularmente durante o primeiro trimestre da gravidez em humanos. A forma mais comum de progênie aneuploide viável em humanos é a síndrome de Down (trissomia do cromossomo 21), que é relativamente rara em mães jovens, mas exibe um aumento dramático com a idade materna.

Anáfase e telófase I

A anáfase I da meiose começa com a liberação da coesão entre os braços das cromátides-irmãs, muito semelhante a como acontece durante a mitose. Na meiose, isto "desamarra" os nós topológicos dos quiasmas e permite que os cromossomos homólogos se separem e migrem para polos opostos do fuso. Como o posicionamento dos pares bivalentes é aleatório, a distribuição de cromossomos maternos e paternos em cada núcleo da telófase também é aleatória. Criticamente, centrômeros-irmãos, e assim cromátides, não se separam durante a anáfase I.

Durante a meiose I, divisão citoplasmática ocorre por mecanismos especializados. Em mulheres, a divisão é altamente assimétrica, produzindo um óvulo e uma célula diminuta conhecida como corpo polar. Em homens, o processo não é concluído, resultando na produção de espermatócitos que permanecem unidos por pequenas pontes citoplasmáticas.

Meiose II

A meiose II começa depois de apenas um curto intervalo durante o qual nenhuma síntese de DNA ocorre. Os centrômeros das cromátides-irmãs permanecem pareados, mas rodam de tal modo que cada um dá face para um polo oposto do fuso. O início da anáfase II é desencadeado pela perda de coesão entre os centrômeros, tal como acontece na mitose. Esta segunda divisão é mais semelhante à mitose, porque as cromátides se separam durante a anáfase, mas, diversamente da mitose, as cromátides separadas são geneticamente diferentes (resultado de recombinação gênica). Divisão citoplasmática também ocorre e assim, no homem, resultam quatro células haploides da meiose I e II.

DIFERENCIAÇÃO CELULAR

À medida que o embrião se desenvolve, suas células passam por uma série de alterações na expressão dos genes, refletidas em alterações da estrutura e comportamento das células. Elas começam a se diversificar, separando-se primeiro em dois arranjos teciduais principais, epitélio e mesênquima embrionário, a seguir em subtipos mais restritos de tecidos, até finalmente maturarem em células da sua linhagem adulta particular. Neste processo, e na maturação das células funcionantes das diferentes linhagens das suas células-tronco, há um padrão sequencial de expressão dos genes que transforma e limita a célula a uma gama especializada particular de atividades. Essas transformações envolvem alterações na estrutura e características bioquímicas das células, particularmente nos tipos de proteínas que são sintetizados. No nível gênico, a diferenciação é baseada em uma mudança no padrão de repressão e ativação das sequências de DNA que codificam proteínas específicas daquele estádio de desenvolvimento.

Uma célula pode ser comprometida a um destino diferenciado particular sem manifestar seu comprometimento até mais tarde. Uma vez mudadas desta maneira, as células usualmente não são capazes de reverter a um estádio anterior de comprometimento para um caminho de diferenciação, de modo que uma repressão irreversível de algumas sequências de genes deve ter ocorrido. Os sinais de diferenciação incluem interações entre células que são mediadas por moléculas de sinalização difusíveis elaboradas por uma célula e detectadas por outra, e por sinalização mediada por contato (como sinalização *Delta–Notch*). A última é particularmente importante

para estabelecer fronteiras entre diferentes populações celulares em desenvolvimento.

A diferenciação também pode depender em alguns casos de uma sequência temporal, mas provavelmente não do número de divisões celulares prévias. Nos tecidos maduros nos quais ocorre renovação celular, mecanismos semelhantes parecem assegurar a diferenciação final para uma célula final funcional. Isto pode estar ligado à presença de um estímulo fisiológico, por exemplo, linfócitos B respondem à exposição a um antígeno diferenciando-se em células plasmáticas que secretam um anticorpo neutralizador. Em outros casos, particularmente quando uma célula faz parte de um sistema tecidual altamente organizado, existem mecanismos mais sutis para assegurar um equilíbrio entre proliferação celular, diferenciação e morte celular programada (apoptose). Este equilíbrio é perturbado quando o tecido é lesado e diferentes tipos de células respondem diferentemente para reparar o dano. Os hepatócitos do fígado são capazes de reverter a um fenótipo funcionalmente menos bem diferenciado e reentrar no ciclo celular, a fim de restaurar números de células e massa de tecido. Outros tipos de células (como as fibras do músculo esquelético) são incapazes de fazê-lo, e dependem da proliferação de células precursoras (células-tronco) para reparação. Em muitos tecidos como a pele, onde a renovação celular normal é contínua, a reparação de feridas inclui regulação para cima da proliferação nos compartimentos das células-tronco e células amplificadoras transitórias.

Há poucos casos da transdiferenciação de um tipo celular diferenciado para outro (metaplasia, Cap. 2), mas há evidência de que células-tronco no embrião em desenvolvimento e em certos tecidos maduros (p. ex., medula óssea) podem ter o potencial de se diferenciar para fenótipos mais diversos do que antes se acreditava. Esta plasticidade depende de indicações ambientais e oferece a perspectiva de fabricação de tecidos para terapia clínica. Para leitura adicional, ver Alberts *et al.*, (2002).

FUSÃO CELULAR

Um pequeno número de tipos de células sofre um processo de fusão, cuja regulação não está bem compreendida, como parte do seu programa normal de diferenciação. Um número variável de células precursoras funde suas membranas plasmáticas e forma sincícios, com seus núcleos ocupando um citoplasma comum. Os exemplos mais bem conhecidos são: músculo esquelético, no qual muitas centenas de mioblastos mononucleados se fundem para formar um miotubo que se diferencia ainda mais para formar a fibra muscular esquelética madura; osteoclastos (células reabsorvedoras de osso) se formam a partir da fusão de até 30 células hematopoéticas precursoras da linhagem monocítica. Essas células multinucleadas não se dividem. A fusão ovócito com o espermatozoide inicia o desenvolvimento embrionário, e como os gametas são haploides, segue-se a divisão mitótica do zigoto diploide.

Algumas células poliploides normais, que também podem ter mais de um núcleo, se originam no entanto por um mecanismo diferente. As células replicam seu DNA (endorreduplicação) para produzir um núcleo tetraploide ou octoploide, ou podem prosseguir para divisão nuclear e se tornarem binucleadas, mas deixam de completar a citocinese. Hepatócitos do fígado, alguns miócitos cardíacos e as células superficiais da bexiga urinária são exemplos.

Outros exemplos de fusão celular são patológicos e usualmente resultam de infecção viral. Sarampo, caxumba e vírus de imunodeficiência humana (HIV) são todos causadores de fusão. A maioria das células fundidas como resultado de infecção viral não se divide e morre sem causar efeitos adversos.

APOPTOSE

As células morrem como resultado de lesão tecidual (necrose) ou da ativação interna de um programa "suicida" (apoptose) em resposta a indicações extrínsecas ou intrínsecas. Apoptose (morte celular programada, suicídio celular regulado) é um mecanismo central que controla o desenvolvimento multicelular. Durante a morfogênese, a apoptose medeia atividades tais como a separação dos dedos em desenvolvimento, e tem um papel importante na regulação do número de neurônios no sistema nervoso (a maioria dos neurônios morre durante o desenvolvimento). Apoptose também assegura que células inapropriadas ou ineficientes do sistema imune adquirido sejam eliminadas.

As alterações morfológicas exibidas por células necróticas são muito diferentes daquelas vistas nas células apoptóticas (Fig. 1.19). As células necróticas intumescem e subsequentemente se rompem; os detritos resultantes podem induzir uma resposta inflamatória (Cap. 4, Cap. 7). As células apoptóticas se retraem, seus núcleos e cromossomos se fragmentam, formando corpos apoptóticos, e suas membranas plasmáticas sofrem alterações de conformação que atuam como um sinal para os fagócitos locais. As células mortas são removidas rapidamente, e como o seu conteúdo intrace-

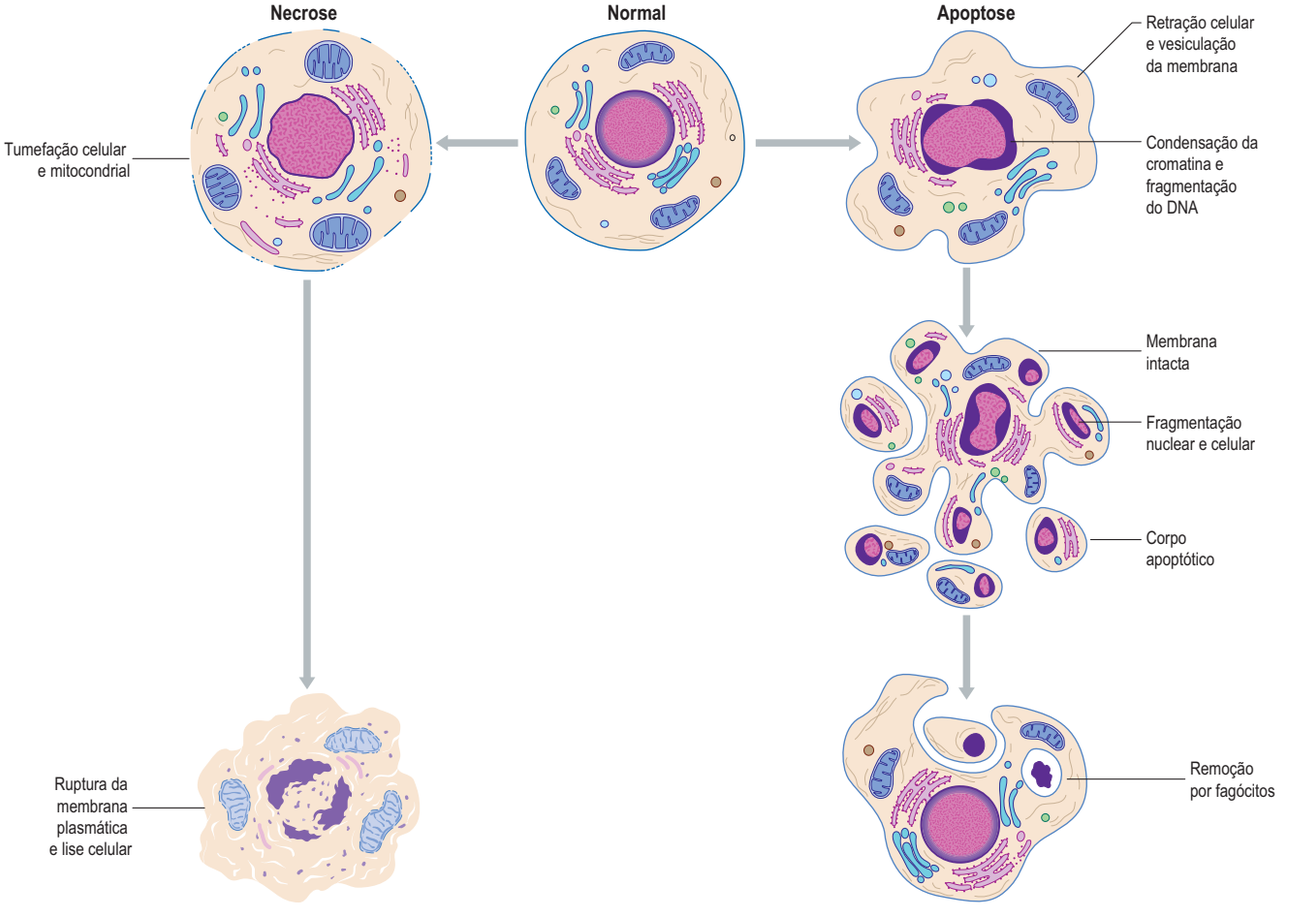


Fig. 1.19 Comparação entre as alterações na estrutura celular durante a morte celular por apoptose e necrose.

lular não é liberado para dentro do ambiente extracelular, reações inflamatórias são evitadas; os fragmentos apoptóticos também estimulam os fagócitos a liberar citocinas anti-inflamatórias.

Apoptose e proliferação celular são intimamente acopladas: vários reguladores do ciclo celular podem influenciar tanto a divisão celular quanto a apoptose. Os sinais que desencadeiam apoptose incluem retirada de fatores de sobrevida ou exposição a estímulos proliferativos inapropriados. O modelo atual da(s) via(s) intracelular(es) que leva à apoptose implica permeabilização da membrana mitocondrial, liberação de citocromo *c* (do espaço entre as membranas mitocondriais interna e externa) dentro do citossol, e subsequente ativação de uma família de cisteína proteases conhecidas como caspases. As caspases são os mediadores intracelulares da apoptose: quando ativadas, elas iniciam uma cascata de processos degradadores apontados para proteínas em toda a célula. A clivagem pelas caspases inativa muitos sistemas que normalmente promovem reparação de dano e suportam a viabilidade celular em geral. Elas também ativam várias proteínas que promovem a morte e a desmontagem da célula.

Subversão da resposta apoptótica é uma característica-chave de muitas células cancerosas. Assim, o gene supressor tumoral *p53* (que funciona no controle do ciclo celular, regulação de apoptose e manutenção da estabilidade genética) está mutado em cerca de 50% de todos os cânceres humanos. Para detalhes adicionais, ver Pollard e Earnshaw (2007).

REFERÊNCIAS

Afzelius BA 2004 Cilia-related diseases. J Pathol 204: 470–77.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P 2002 Molecular Biology of the Cell, 4th edn. New York: Garland Press.

Bennett V, Healy J 2008 Organising the fluid membrane bilayer: diseases linked to spectrin and ankyrin. Trends Mol Med 14: 28–36.

Blow JJ, Tanaka TU 2005 The chromosome cycle: coordinating replication and segregation. EMBO Reports 6: 1028–34.

de Duve C 1963 The lysosome. Sci Am 208: 64–72.

Epstein RJ 2003 Human Molecular Biology. An Introduction to the Molecular Basis of Health and Disease. Cambridge: Cambridge University Press.
Revisão das moléculas sinalizadoras e seus receptores no contexto das doenças humanas.

Flores I, Benetti R, Blasco MA 2006 Telomerase regulation and stem cell behaviour. Curr Op Cell Biol 18: 1–7.

Graff C, Bui T-H, Larsson N-G 2002 Mitochondrial diseases. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol 16: 715–28.
Revisão das condições clínicas relacionadas com a herança de mutações genéticas mitocondriais maternas.

Gumbiner BM 2005 Regulation of cadherin-mediated adhesion in morphogenesis. Nature Rev Mol Cell Biol 6: 622–34.

Levine T, Rabouilee C 2005 Endoplasmic reticulum: one continuous network compartmentalized by extrinsic cues. Curr Op Cell Biol 17: 362–8.

Litvin O, Tiunova A, Connell-Alberts Y, PanchinY, Baranova A 2006 What is hidden in the pannexin treasure trove: the sneak peek and the guesswork. J Cell Mol Med 10: 613–34.

Mattout A, Dechat T, Adam SA, Goldman RD, Gruenbaum Y 2006 Nuclear lamins, diseases and aging. Curr Op Cell Biol 18: 335–41.

Morris R, Cox H, Mombelli E, Quinn P 2004 Rafts, little caves and large potholes: how lipid structure interacts with membrane proteins to create functionally diverse membrane environments. In: Quinn PJ (ed) Subcellular Biochemistry. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers: vol. 37, pp. 35–118.
Revisão de como os lipídios separam as proteínas em diferentes ambientes no interior das membranas e os benefícios que consequentemente revertem para as proteínas.

Pollard TD, Earnshaw WC 2007 Cell Biology. Philadelphia: Saunders.
Revisão dos princípios e teorias atuais sobre a estrutura e funções da célula. Ampliação do âmbito do presente capítulo, especialmente onde indicado no texto.

Porter RM, Lane EB 2003 Phenotypes, genotypes and their contribution to understanding keratin function. Trends Genet 19: 278–85.
Revisão da maior família de proteínas de filamentos intermediários, fornecendo evidências para o papel funcional deste grupo diverso, e abordagem dos distúrbios hereditários de fragilidade do tecido que resultam de mutações genéticas da queratina.

Ramaekers FCS, Bosman FT (eds) 2004 The cytoskeleton and disease. J Pathol 204: 351–505.

Toivola DM, Tao G-Z, Habtezion A, Liao J, Omary MB 2005 Cellular integrity plus: organelle-related and protein-targeting functions of intermediate filaments. Trends Cell Biol 15: 608–17.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 2

Integração das células em tecidos

As células evoluíram como organismos isolados, de vida livre, mas a seleção natural favoreceu comunidades mais complexas de células, organismos multicelulares, nos quais grupos de células se especializam durante o desenvolvimento para desempenhar funções específicas para o corpo como um todo. Isso possibilitou o aparecimento de organismos maiores, com maior controle do seu ambiente interno, e a evolução de estruturas orgânicas altamente especializadas, como o cérebro. O corpo humano contém mais de 200 tipos diferentes de células compartilhando o mesmo genoma mas com diferentes padrões de expressão gênica.

Algumas células no corpo são essencialmente migratórias, mas a maioria existe sob a forma de agregados celulares nos quais as células individuais desempenham funções semelhantes ou estreitamente relacionadas de uma maneira coordenada. Esses agregados são chamados de tecidos e podem ser classificados em um número razoavelmente pequeno de amplas categorias com base na sua estrutura, função e propriedades moleculares. Com base na sua estrutura, a maioria dos tecidos é dividida em quatro tipos principais: epitélios, tecido conjuntivo ou de suporte, tecido muscular e nervoso. Os epitélios são camadas contínuas de células com pouco espaço intercelular, as quais cobrem ou revestem superfícies, ou assim foram derivados. Nos tecidos conjuntivos, as células estão inclusas em uma matriz extracelular que, tipicamente, forma um componente substancial e importante do tecido. O músculo consiste predominantemente em células contráteis especializadas. O tecido nervoso consiste em células especializadas para conduzir e transmitir sinais elétricos e químicos, e em células que dão suporte a essa atividade.

Há evidência molecular de que esse esquema de classificação baseado na estrutura tem validade. Assim, as proteínas filamentares intermediárias (pág. 15) características de todos os epitélios são ceratinas, as do tecido conjuntivo são vimentinas, as do músculo são desminas, e as do tecido nervoso são neurofilamentos e proteínas ácidas fibrilares gliais. Entretanto, células como os miofibroblastos, receptores sensitivos neuroepiteliais e células ependimárias do sistema nervoso central possuem características de mais de um tipo tecidual. Apesar das suas anomalias, o esquema é útil para finalidades descritivas, amplamente usado, e será adotado aqui.

Nesta seção, duas das principais categoriais de tecidos, epitélios e tecidos conjuntivos e de sustentação em geral, serão descritas. Os tecidos conjuntivos esqueléticos especializados, isto é, cartilagem e osso, juntamente com o músculo esquelético, são descritos no Capítulo 5 como parte da visão geral do sistema musculoesquelético. Músculo liso e músculo cardíaco são descritos no Capítulo 6. Tecidos do sistema nervoso são descritos no Capítulo 3. Células defensoras especializadas, as quais também formam uma população migrante dentro dos tecidos conjuntivos gerais, são consideradas em mais detalhe no Capítulo 4, com o sangue, tecidos linfoides e hematopoese.

EPITÉLIOS

O termo epitélio é aplicado à camada ou camadas de células que cobrem as superfícies do corpo ou revestem as cavidades do corpo que se abrem para ele. Do ponto de vista do desenvolvimento, os epitélios são derivados de todas as três camadas do embrião inicial (pág. 198). O ectoderma dá origem à epiderme, tecido glandular da mama, córnea e zonas juncionais da cavidade bucal e canal anal. O endoderma forma o revestimento epitelial do canal alimentar e suas glândulas, a maior parte do trato respiratório e as partes distais do trato urogenital. Os derivados do mesoderma incluem os epitélios do rim, o córtex suprarrenal (adrenal) e células endócrinas do ovário e testículo. Essas células endócrinas são epitélios atípicos pelo fato de que se diferenciam a partir do mesênquima embrionário e, em comum com as células endócrinas em geral, não possuem superfície livre que se comunique com o exterior. Essa categoria atípica também inclui endotélios que revestem vasos sanguíneos e linfáticos (pág. 135), e as camadas de células semelhantes ao epitélio de origem mesodérmica (e mesenquimal) que revestem cavidades internas do corpo e são usualmente classificadas separadamente como mesotélios: eles revestem as cavidades pericárdica, pleurais e peritonial.

Os epitélios funcionam geralmente como barreiras seletivas que facilitam ou inibem a passagem de substâncias através das superfícies que eles cobrem. Além disso, eles podem proteger tecidos subjacentes contra desidratação, dano químico ou mecânico; sintetizar e secretar produtos para dentro dos espaços que revestem; funcionar como superfícies sensitivas. A esse respeito, muitas características do tecido nervoso podem ser vistas como as de um epitélio modificado, e os dois tipos de tecidos compartilham uma origem (pág. 186) no ectoderma embrionário.

Os epitélios (Fig. 2.1) são predominantemente celulares, e o pouco material extracelular que eles possuem é limitado à lâmina basal. As junções intercelulares, que usualmente são numerosas, mantêm a coesão mecânica da lâmina epitelial e contribuem para suas funções de barreira. Uma série de três junções intercelulares forma um complexo juncional epitelial típico: em sequência, a partir da superfície apical, ele consiste em uma zona juncional íntima, uma zona juncional aderente (intermediária) e uma região de junções de desmossomos individualizados (pág. 6). A forma das células epiteliais é mais geralmente poligonal e, em parte, é determinada por características citoplasmáticas como grânulos secretórios. A superfície basal de um epitélio está situada em contato com uma fina camada de proteínas filamentosas e proteoglicanos chamada lâmina basal, a qual é sintetizada predominantemente pelas células epiteliais. A lâmina basal é descrita na página 33.

Usualmente, os epitélios são capazes de se regenerar quando lesados. De fato, muitos epitélios substituem continuamente suas células para contrabalançar a perda celular causada pela abrasão mecânica (revisto por Blanpain et al., 2007). Vasos sanguíneos não penetram epitélios típicos e, assim, as células recebem sua nutrição por difusão a partir de capilares dos tecidos conjuntivos vizinhos. Esse arranjo limita a espessura máxima das camadas de células epiteliais vivas. Os epitélios, juntamente com seu tecido conjuntivo de suporte, podem muitas vezes ser removidos cirurgicamente como uma camada, que é conhecida coletivamente como membrana. Quando a superfície de uma membrana é umidificada por glândulas mucosas, ela é chamada de membrana mucosa ou de mucosa (pág. 39), enquanto uma camada similar de tecido conjuntivo coberta por mesotélio é chamada de membrana serosa ou de serosa (pág. 39).

CLASSIFICAÇÃO

Os epitélios podem ser classificados como unilaminares (uma só camada, simples), nos quais uma camada única de células repousa sobre uma lâmina basal, ou multilaminares, nos quais a camada tem mais de uma célula de espessura. Os últimos incluem: epitélios escamosos estratificados, nos quais células superficiais são constantemente substituídas a partir das camadas basais; urotélio (epitélio transicional), que serve a funções especiais no trato urinário; e outros epitélios multilaminares, como os que revestem os maiores ductos de algumas glândulas exócrinas, os quais, como o urotélio, são substituídos apenas muito lentamente sob condições normais. O epitélio seminífero é um tecido multilaminar especializado encontrado somente no testículo.

Epitélios unilaminares (simples)

Os epitélios unilaminares são adicionalmente classificados de acordo com a forma das suas células em tipos escamoso, cuboide, colunar e pseudoestratificado. A forma celular pode, em alguns casos, ser relacionada ao volume celular. Quando pouco citoplasma está presente, há geralmente poucas organelas e, portanto, baixa atividade metabólica, e as células são escamosas ou cuboides baixas. Células altamente ativas, por exemplo, epitélios secretórios, contêm abundantes mitocôndrias e retículo endoplasmático, e são tipicamente cuboides altos ou colunares. Os epitélios unilaminares também podem ser subdivididos naqueles que têm funções especiais, como aqueles com cílios, numerosos microvilos, vacúolos secretórios (nas células glandulares mucosas e serosas) ou características sensitivas. Células mioepiteliais, que são contráteis, são encontradas como células isoladas associadas com estruturas glandulares, por exemplo, glândulas salivares e mamárias.

Epitélio escamoso

O epitélio escamoso simples é composto de células achatadas, apertadamente apostas, poligonais (escamas). Esse tipo de epitélio é descrito como tramado quando as células possuem margens complexas, entrelaçadas, em

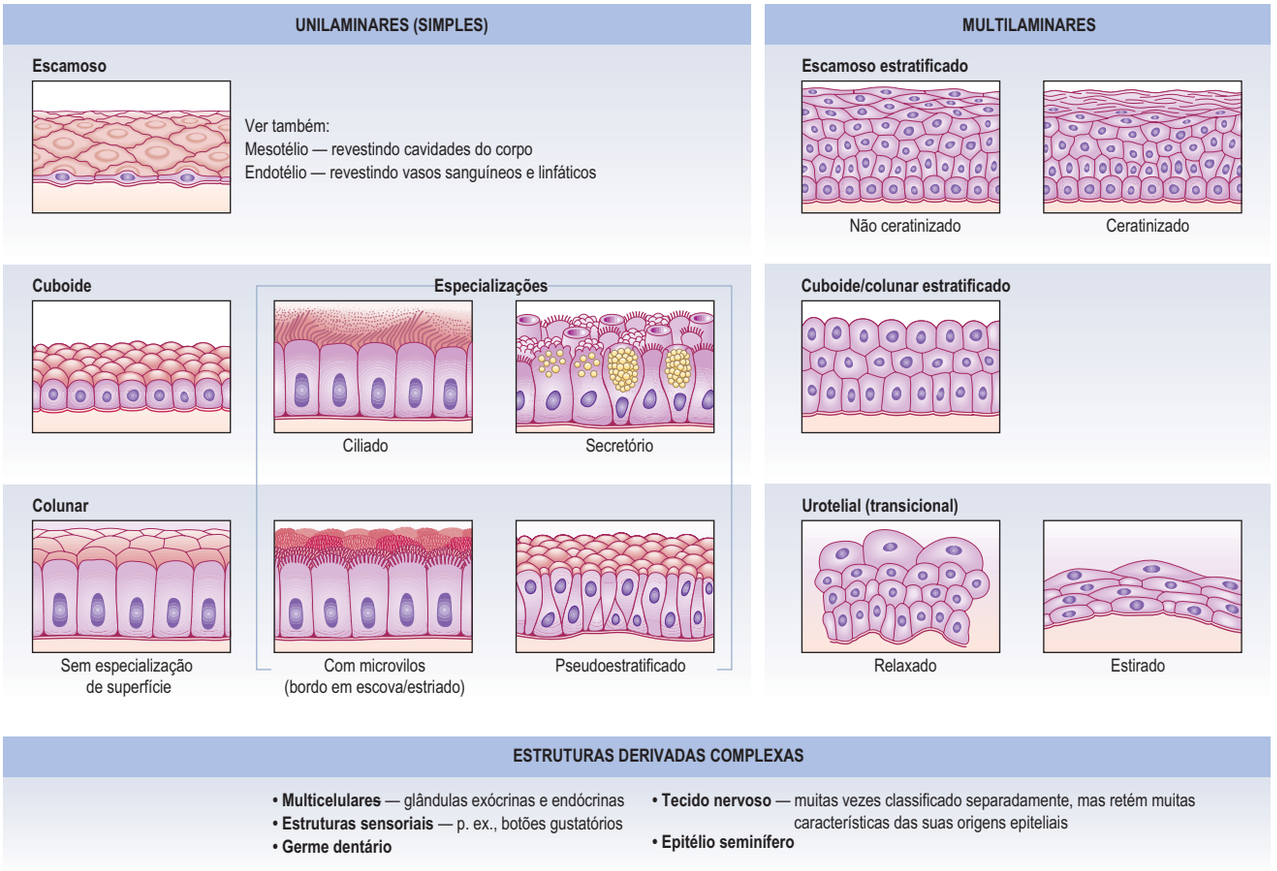


Fig. 2.1 Classificação dos tecidos e células epiteliais.

vez de limites retos. O citoplasma pode ter pontos de apenas 0,1 μm de espessura, e o núcleo usualmente se salienta para o espaço sobrejacente (Fig. 2.2A). Essas células revestem os alvéolos dos pulmões, onde sua superfície é imensa e o volume citoplasmático correspondentemente grande, e formam a parede capsular externa dos corpúsculos renais, os segmentos delgados dos túbulos renais e várias partes da orelha interna. Sendo tão fino, o epitélio escamoso simples permite difusão rápida de gases e água através da sua superfície; ele também pode se empenhar em transporte ativo, conforme indicado pela presença de numerosas vesículas endocitóticas nessas células. As junções íntimas entre as células adjacentes asseguram que os materiais passem principalmente através das células, em vez de entre elas.

Epitélios cuboide e colunar

Os epitélios cuboide e colunar consistem em fileiras regulares de células cilíndricas (Figs. 2.2B e 2.2C). As células cuboides são aproximadamente quadradas em corte vertical, enquanto as células colunares são mais altas que o seu diâmetro, e ambas são poligonais quando secionadas horizontalmente. Comumente, microvilos (Cap. 1) são encontrados nas suas superfícies livres, o que aumenta consideravelmente a área absortiva, por exemplo, nos epitélios do intestino delgado (células colunares com um bordo estriado de microvilos muito regulares), da vesícula biliar (células colunares com um bordo em escova) e dos túbulos convolutos proximais do rim (células cuboides grandes a colunares baixas com bordos em escova).

Epitélio colunar ciliado reveste a maior parte do trato respiratório, exceto a faringe inferior e pregas vocais, e é pseudoestratificado (Fig. 2.2D) até os bronquíolos maiores; uma parte da cavidade timpânica e tuba auditiva; a tuba uterina; os dúctulos eferentes do testículo. Glândulas mucosas submucosas e células caliciformes da mucosa secretam muco sobre a superfície luminal de grande parte do trato respiratório, e os cílios varrem uma camada de muco e partículas de poeira aprisionadas etc., a partir dos pulmões na direção da faringe, na corrente de rejeição mucociliar, a qual limpa as passagens respiratórias de partículas inaladas. Os cílios na tuba uterina ajudam a passagem de oócitos e óvulos fertilizados para o útero (Cap. 77).

Algumas células colunares são especializadas para secreção, e os agregados dessas células podem ser descritos como tecido glandular. Seus domínios apicais (pág. 4) tipicamente contêm vesículas cheias de muco ou de proteína (zimogênio), por exemplo, as células mucinossecretoras e principais do epitélio gástrico. Quando as células mucosas residem entre células não secretoras, por exemplo, no epitélio intestinal, o seu citoplasma apical e o seu conteúdo secretório muitas vezes se expandem para produzir uma forma celular característica, e elas são conhecidas como células caliciformes (Fig. 2.2D). Para detalhes adicionais do tecido glandular, ver página 31, e para as características do muco, página 39.

Epitélio pseudoestratificado

O epitélio pseudoestratificado é um epitélio colunar de uma só camada (simples) no qual os núcleos estão situados em diferentes níveis em um corte vertical (Fig. 2.2D). Todas as células estão em contato com a lâmina basal durante toda a sua vida, mas nem todas as células se estendem pela espessura inteira do epitélio. Algumas constituem uma camada de células basais imaturas de células menores, as quais muitas vezes são mitóticas e capazes de substituir células maduras danificadas. Linfócitos e mastócitos migrando dentro de epitélios colunares podem também dar uma aparência semelhante, pseudoestratificada, porque os seus núcleos são encontrados em diferentes profundidades. Grande parte do revestimento ciliado do trato respiratório é do tipo pseudoestratificado, e assim é o epitélio sensorial da área olfatória.

Epitélios sensoriais

Epitélios sensoriais são encontrados em órgãos dos sentidos especiais dos sistemas receptores olfatório, gustatório e vestibulococlear. Todos eles contêm células sensoriais rodeadas por células de suporte não receptoras. Os receptores olfatórios são neurônios modificados, e os seus axônios passam diretamente ao cérebro, mas os outros tipos são células epiteliais especializadas que fazem sinapse com terminais de fibras nervosas aferentes (e às vezes eferentes).

Células mioepiteliais

As células mioepiteliais, que às vezes são também chamadas de células em cesta, são fusiformes ou de forma estrelada (Fig. 2.3), contêm filamentos de actina e miosina, e se contraem quando estimuladas por sinais nervosos ou endócrinos. Elas rodeiam as porções secretórias e ductos de algumas glândulas, por exemplo, glândulas mamárias, lacrimais, salivares e sudoríferas, e estão situadas entre a lâmina basal e o epitélio glandular ou ductal. Sua contração ajuda o fluxo inicial da secreção para dentro de condutos maiores. As células mioepiteliais são ultraestruturalmente semelhantes às células musculares lisas, na disposição da sua actina e miosina, mas diferem delas porque se originam, como as células glandulares, do ectoderma ou

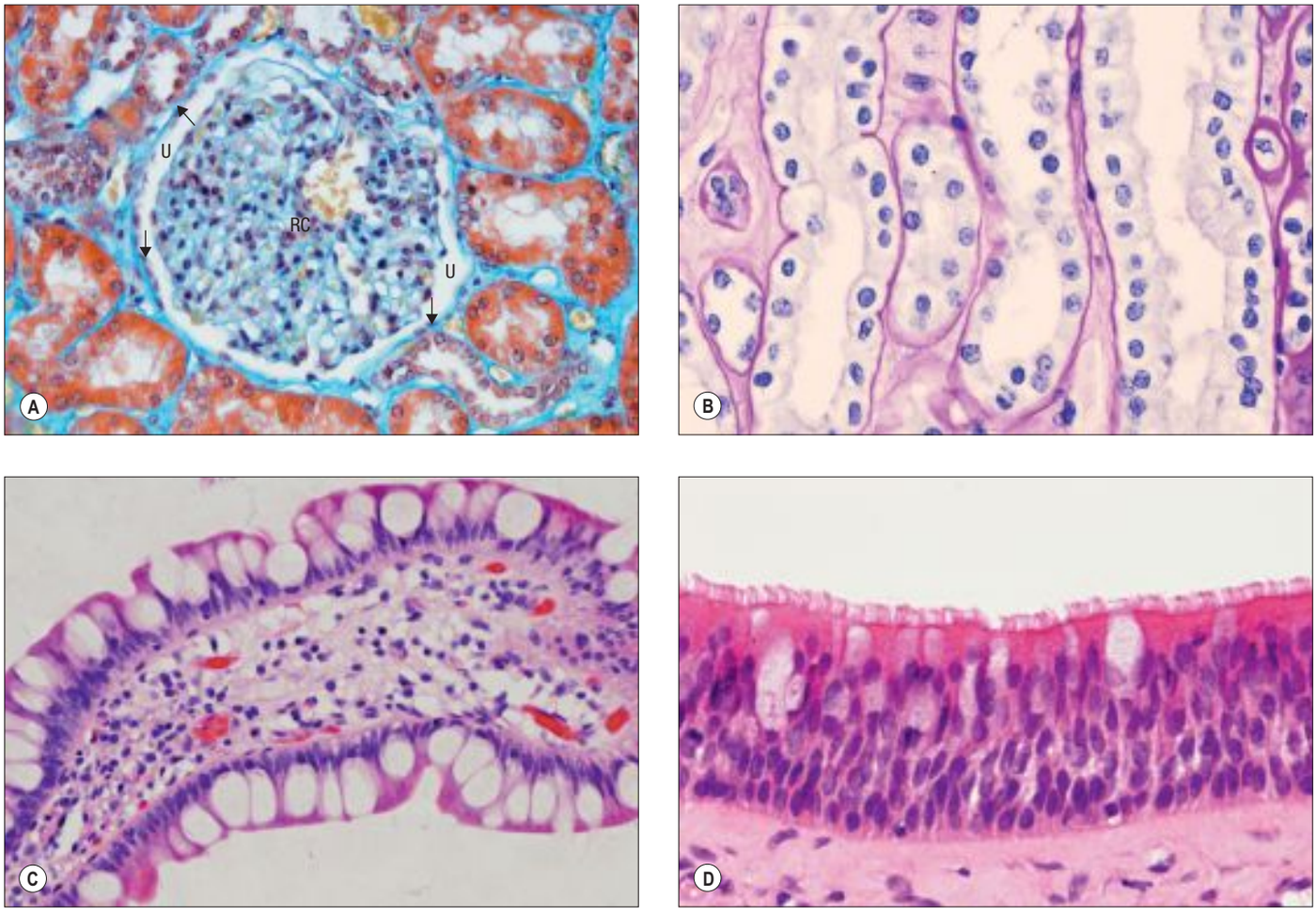


Fig. 2.2 A, Epitélio escamoso simples revestindo a camada parietal externa (setas) da cápsula de Bowman no corpúsculo renal (RC), corado com o tricrômico MSB. Núcleos epiteliais ovais se projetam para o interior do espaço urinário (U), dentro de um citoplasma altamente atenuado. **B,** Epitélio cuboide simples revestindo um grupo de ductos coletores secionados longitudinalmente na medula renal. As membranas basais estão coradas em magenta com reagente de ácido periódico de Schiff (PAS). **C,** Epitélio colunar simples cobrindo a extremidade (fora do campo, direita) de um vilo no íleo. Células absortivas altas, colunares, com núcleos ovais verticalmente orientados, apresentam bordo estriado de microvilos, escassamente visível sob a forma de franja apical corada mais escuro. Numerosas células caliciformes entremeadas estão presentes, com citoplasma apical pálido cheio de grânulos secretórios de mucinogênio e núcleos escuros, achatados, basalmente situados. **D,** Epitélio pseudoestratificado colunar ciliado no trato respiratório e células caliciformes entremeadas, com citoplasma apical pálido cheio de grânulos de mucinogênio. Todos tecidos humanos.

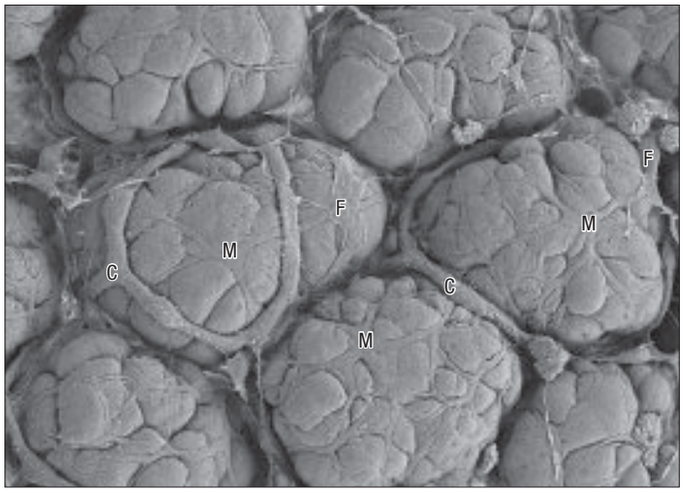


Fig. 2.3 Células mioepiteliais estreladas (M) envoltas em torno dos ácinos secretórios na glândula mamária de camundongo fêmea lactante, vistas ao microscópio eletrônico de varredura após depleção enzimática de matriz extracelular. Capilares sanguíneos (C) e fibroblastos (F) também estão indicados. (Por cortesia do Prof. Toshikazu Nagato, Fukuoka Dental College, Japan.)

endoderma embrionários. Elas podem ser identificadas imunoistoquimicamente com base na colocalização de proteínas miofilamentares (o que significa sua função contrátil),e filamentos intermediários de ceratina (o que concorda com a sua linhagem epitelial).

Epitélios multilaminares (estratificados)

Os epitélios multilaminares são encontrados em superfícies submetidas a dano mecânico ou outras condições potencialmente nocivas. Eles podem ser divididos naqueles que continuam a substituir suas células de superfície a partir de camadas mais profundas, designados epitélios escamosos estratificados, e outros nos quais a substituição é extremamente lenta, exceto após lesão.

Epitélios escamosos estratificados

Os epitélios escamosos estratificados são tecidos com múltiplas camadas nos quais a formação, a maturação e a perda de células são contínuas, embora as velocidades desses processos possam se alterar, por exemplo, após lesão. Novas células são formadas nas camadas mais basais pela divisão mitótica (pág. 21) de células-tronco e células amplificadoras transitórias (ou transientes). As células-filhas se movem mais superficialmente, mudando gradualmente de uma forma cuboide para uma forma mais achatada, e eventualmente são eliminadas da superfície sob a forma de uma escama altamente achatada. Tipicamente, as células são mantidas juntas por numerosos desmossomos para formar fortes lâminas celulares contíguas que fornecem proteção aos tecidos subjacentes contra dano mecânico, microbiano e químico. Os epitélios escamosos estratificados podem ser amplamente subdivididos em tipos ceratinizados e não ceratinizados.

Epitélio ceratinizado

Epitélio ceratinizado (Fig. 2.4A) é encontrado em superfícies que são sujeitas a ressecamento ou esforços mecânicos, ou são expostas a altos níveis de abrasão. Estas incluem a epiderme inteira e as junções mucocutâneas dos lábios, narinas, canal anal distal, superfície externa da membrana timpânica e partes do revestimento oral (gengiva, palato duro e papilas filiformes na parte anterior da superfície dorsal da língua). Suas células, ceratinócitos, são descritas em mais detalhe na página 146. Uma caracte-

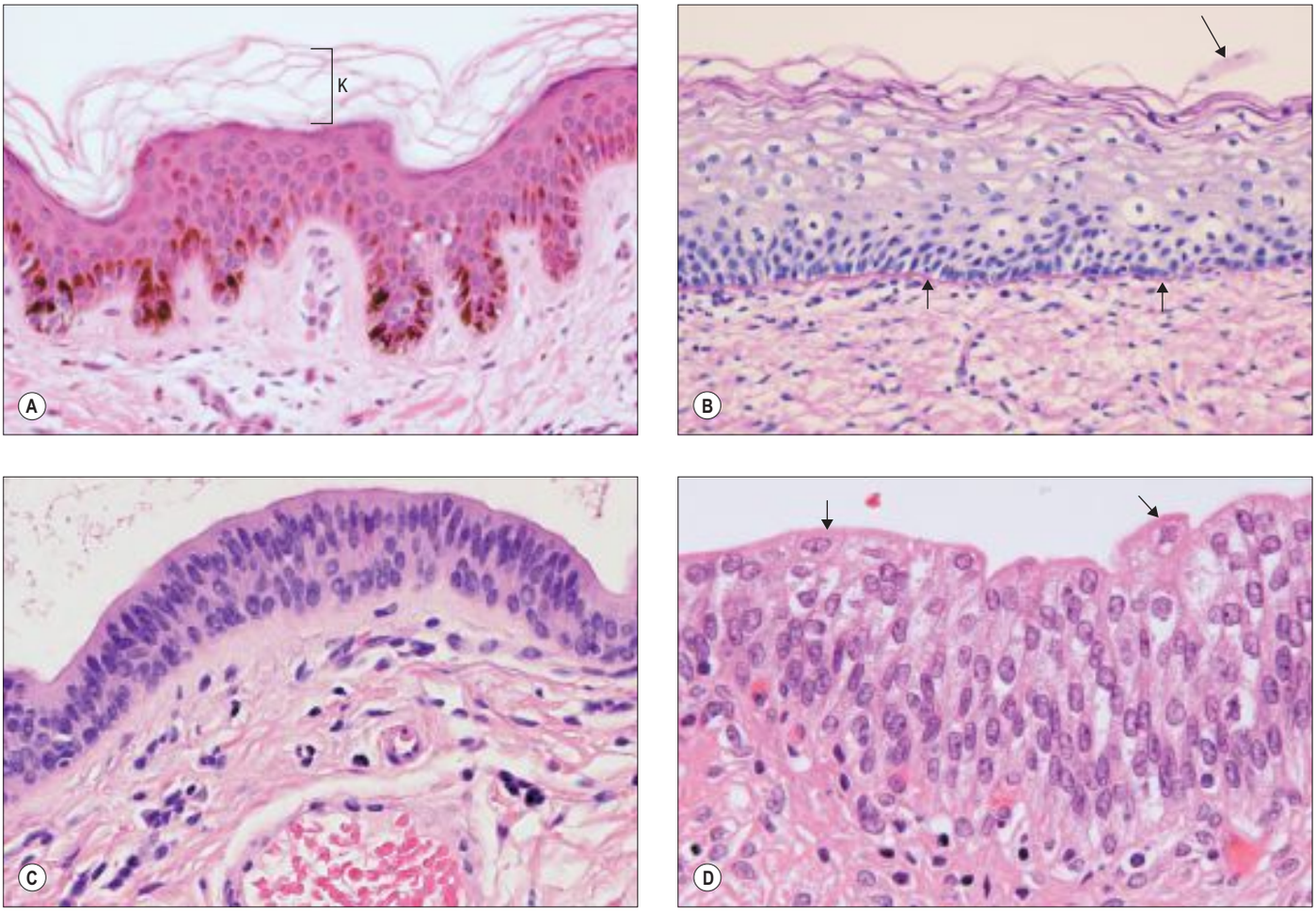


Fig. 2.4 A, Epitélio escamoso estratificado ceratinizado em pele fina. Melanócitos pigmentados são vistos na camada basal, e alguns ceratinócitos da camada de células espinhosas também contêm grânulos de melanina. A camada morta, ceratinizada (K), não possui núcleos. **B,** Epitélio escamoso estratificado não ceratinizado do ectocérvix uterino, corado com reagente de ácido periódico de Schiff (PAS). A membrana basal (setas curtas) e escamas superficiais, que retêm seus núcleos, são PAS-positivas; escamas destacando-se da superfície estão indicadas (seta longa). **C,** Epitélio colunar baixo estratificado de ducto excretor interlobular da glândula salivar sublingual. **D,** Urotélio (epitélio transicional) revestindo a bexiga urinária relaxada. As células mais superficiais têm membrana plasmática espessada como resultado da presença de placas intramembranosas, que dão uma aparência eosinofílica à superfície luminal (setas). Todos tecidos humanos.

rística distintiva dos epitélios ceratinizados é que as células da camada superficial, o *stratum corneum*, são escamas anucleadas, mortas, achatadas, que eventualmente se destacam da superfície. Além disso, os resistentes filamentos intermediários de ceratina se tornam firmemente embutidos em uma matriz proteica. Essa combinação não usual de camadas fortemente coerentes de células vivas e estratos mais superficiais constituídos de placas de complexos proteicos inertes mecanicamente robustos, entremeadas com lipídio hidrorresistente, torna esse tipo de epitélio uma barreira eficiente contra diferentes tipos de lesão, invasão microbiana e perda de água.

Epitélio não ceratinizado

Epitélio não ceratinizado está presente nas superfícies sujeitas a atrito, mas protegidas de ressecamento (Fig. 2.4B). Estas incluem: a cavidade bucal (exceto as áreas assinaladas antes); orofaringe e laringofaringe; esôfago; parte do canal anal; vagina; colo uterino distal; uretra distal; córnea; superfícies internas das pálpebras; o vestíbulo das cavidades nasais. As células passam pelas mesmas transições em forma geral que são vistas no tipo ceratinizado, mas não se enchem completamente com ceratina ou secretam glicolipídio e retêm seus núcleos até descamarem na superfície. Em locais onde ocorre considerável abrasão, por exemplo, partes da cavidade bucal, o epitélio é mais espesso e suas células mais superficiais podem se ceratinizar parcialmente, de modo que é dito paraceratinizado, em contraste com o estado ortoceratinizado do epitélio completamente ceratinizado. Dietas deficientes em vitamina A podem induzir ceratinização desses epitélios, e doses excessivas podem levar à sua transformação em epitélio mucossecretor.

Epitélios cuboide e colunar estratificados

Duas ou mais camadas de células cuboides ou colunares baixas (Fig. 2.4C) são típicas das paredes dos ductos maiores de algumas glândulas exócrinas, por exemplo, pâncreas, glândulas salivares e ductos das glândulas sudoríferas, e elas presumivelmente fornecem mais resistência que uma camada única. Partes da uretra masculina também são revestidas por epitélio colunar estratificado. As camadas não são continuamente substituídas por mitoses basais e não há progressão de forma da base para a superfície, mas elas podem se reparar se danificadas.

Urotélio (epitélio urinário ou transicional)

O urotélio (Fig. 2.4D) é um epitélio especializado que reveste grande parte do trato urinário e evita que o seu conteúdo bastante tóxico danifique estruturas circunvizinhas. Ele se estende das extremidades dos ductos coletores dos rins, através dos ureteres (pág. 1242) e bexiga (pág. 1250) até a porção proximal da uretra. Em homens, ele cobre a uretra até os ductos ejaculatórios, torna-se intermitente e finalmente é substituído por epitélio colunar estratificado na uretra membranosa. Nas mulheres, ele se estende até a membrana urogenital. Durante o desenvolvimento, parte dele é derivada do mesoderma e parte do ectoderma e endoderma.

O epitélio parece ter quatro a seis células de espessura, e reveste órgãos que sofrem considerável distensão e contração. Ele pode, portanto, alongar-se grandemente sem perder sua integridade. Ao se alongar, as células se tornam achatadas, sem alterar suas posições em relação umas às outras, uma vez que são firmemente conectadas por numerosos desmossomos. Entretanto, o urotélio parece ser reduzido a duas ou três células de espessura. O epitélio é chamado transicional em virtude da aparente transição entre um epitélio cuboide estratificado e um epitélio escamoso estratificado, o que ocorre quando ele é esticado para acomodar urina, particularmente na bexiga. As células basais são basofílicas, com muitos ribossomos, uninucleadas (diploides), e cuboides quando relaxadas. Mais apicalmente, elas formam grandes células binucleadas ou, mais frequentemente, uninucleadas polipoides. As células da superfície são as maiores e podem mesmo ser octoploides: no estado relaxado, elas tipicamente se salientam para a luz como células em forma de cúpula com um glicocálix ou capa celular

eosinofílica (pág. 4). Suas superfícies luminais são cobertas por membrana plasmática especializada na qual estão inclusas placas de partículas de glicoproteína intramembranosa. Essas placas enrijecem a membrana. Quando o epitélio está no estado relaxado e a área de superfície das células é reduzida, as placas são parcialmente internalizadas pela ação semelhante a uma dobradiça das regiões mais flexíveis interplacas da membrana. Elas reemergem para a superfície quando ela é estirada.

Normalmente, o giro celular é muito lento; divisão celular é infrequente e restrita à camada basal. Entretanto, quando danificado, o epitélio se regenera rapidamente.

Epitélio seminífero

O epitélio seminífero é um epitélio estratificado complexo altamente especializado. Ele consiste em uma população heterogênea de células que formam a linhagem dos espermatozoides (espermatogônias, espermatócitos, espermátides), juntamente com suas células de suporte (células de Sertoli). Ele é descrito em detalhe no Capítulo 76 (pág. 1266).

GLÂNDULAS

Uma das características de muitos epitélios é sua capacidade de alterar o ambiente que suas superfícies livres confrontam, pelo transporte dirigido de íons, água ou macromoléculas. Isso é particularmente bem demonstrado no tecido glandular, no qual o metabolismo e a organização estrutural das células são especializados para a síntese e secreção de macromoléculas, usualmente a partir da superfície apical. Essas células podem existir em isolamento entre outras células não secretórias de um epitélio, por exemplo, células caliciformes no revestimento absortivo do intestino delgado, ou podem formar lâminas altamente coerentes de epitélio com uma função secretória comum, por exemplo, o revestimento mucoso do estômago e, em uma estrutura altamente invaginada, as glândulas salivares complexas.

As glândulas podem ser subdivididas em glândulas exócrinas e glândulas endócrinas. As glândulas exócrinas secretam, usualmente através de um ducto, por sobre superfícies que são contínuas com o exterior do corpo, incluindo trato alimentar, sistema respiratório, ductos urinários, genitais e seus derivados, e a pele. As glândulas endócrinas são desprovidas de ducto e secretam hormônios diretamente dentro do líquido intersticial e daí para o sistema circulatório, o qual os transporta por todo o corpo para afetar as atividades de outras células. Além das glândulas estritamente epiteliais, alguns tecidos derivados do sistema nervoso, incluindo a medula suprarrenal (pág. 1200) e a neuro-hipófise (pág. 321), são neurossecretórios.

As células glandulares parácrinas são semelhantes a células endócrinas, mas suas secreções se difundem localmente para alvos celulares na vizinhança imediata; muitas delas são classificadas como células neuroendócrinas, uma vez que secretam moléculas usadas em outros locais do sistema nervoso como neurotransmissores (Cap. 3). Modos de sinalização pelas células secretórias encontram-se ilustrados na Figura 1.6.

GLÂNDULAS EXÓCRINAS

Tipos de processos secretórios

O mecanismo de secreção varia consideravelmente. Se as secreções forem inicialmente embaladas em vesículas limitadas por membrana, elas são transferidas para a superfície celular (pág. 9), onde são descarregadas. Na secreção merócrina, que é certamente o mecanismo secretório mais comum, as membranas das vesículas se fundem com a membrana plasmática para liberar seu conteúdo para o exterior (Fig. 2.5). Moléculas transmembrânicas especializadas na parede da vesícula secretória reconhecem proteínas marcadoras no lado citoplasmático da membrana plasmática e se ligam a elas. Isso dá início a interações com outras proteínas que causam a fusão das duas membranas e a consequente liberação do conteúdo da vesícula. O estímulo para a secreção varia com o tipo de célula, mas muitas vezes parece envolver aumento do cálcio celular. Glândulas como as glândulas sudoríferas simples da pele, onde íons e água são transportados ativamente a partir do plasma como exsudato, foram em certa época classificadas como glândulas exócrinas. Agora se sabe que elas sintetizam e secretam pequena quantidade de proteína por um mecanismo merócrino, e são assim reclassificadas como glândulas merócrinas.

Nas glândulas apócrinas, certa porção do citoplasma apical é pinçado e destacado com as secreções contidas, as quais são armazenadas na célula em gotículas sem membrana (Fig. 2.5). O exemplo mais bem compreendido disso é a secreção de leite pelas células da glândula mamária (pág. 936), nas quais uma pequena quantidade de citoplasma é incorporada no glóbulo lipídico limitado pela membrana plasmática à medida que ele é liberado da célula. Quantidades maiores de citoplasma são incluídas nas secreções por glândulas sudoríferas apócrinas especializadas, nas regiões das axilas e anogenital do corpo. Em alguns tecidos há uma combinação de diferentes tipos de secreção, por exemplo, as células da glândula mamária secretam gordura do leite por secreção apócrina, e proteína do leite, caseína, por secreção merócrina.

Nas glândulas holócrinas (Fig. 2.5), por exemplo, glândulas sebáceas da pele, as células se enchem primeiro com produtos secretórios (gotículas lipídicas ou sebo, nesse caso) e, a seguir, a célula inteira se desintegra para liberar a massa acumulada de secreção para dentro do ducto ou, mais usualmente, do folículo piloso.

Classificação estrutural e funcional

As glândulas exócrinas são unicelulares ou multicelulares. As últimas podem ser na forma de lâminas simples de células secretórias, por exemplo, o revestimento do estômago, ou podem ser estruturalmente mais complexas e invaginadas em grau variável. Essas glândulas (Fig. 2.5) podem ser unidades simples ou suas conexões com a superfície podem ser ramificadas. Glândulas tubulares não ramificadas simples existem nas paredes de muitas das vísceras ocas, por exemplo, o intestino delgado e o útero, enquanto algumas glândulas simples possuem extremidades expandidas em forma de frasco (ácinos ou alvéolos). Essas glândulas podem consistir inteiramente em células secretórias ou ter uma porção que termina em fundo cego, que leva através de um ducto não secretório até a superfície, caso no qual os ductos podem modificar as secreções à medida que elas passam ao longo deles.

As glândulas com ductos podem ser ramificadas (compostas), e às vezes formam árvores ductais elaboradas. Essas glândulas geralmente possuem lóbulos secretórios acinosos ou alveolares, como no pâncreas exócrino, mas as unidades secretórias podem alternativamente ser tubulares ou tubuloacinosas mistas. Mais de um tipo de célula secretória pode ocorrer dentro de uma unidade secretória particular ou unidades individuais podem ser especializadas para apenas um tipo de secreção (p. ex., ácinos serosos das glândulas salivares).

As glândulas exócrinas também são classificadas pelos seus produtos secretórios. As células secretórias nas glândulas mucossecretoras ou mucosas possuem citoplasma espumoso e núcleos basais, achatados. Elas se coram intensamente com colorações metacromáticas e métodos com ácido periódico de Schiff (PAS) para detectar resíduos carboidratos. Entretanto, em preparações histológicas gerais (*i.e.*, inespecíficas), elas são fracamente coradas porque grande parte do seu conteúdo de mucina rica em água é extraída pelos procedimentos de processamento. As células secretórias nas glândulas serosas possuem núcleos centralmente colocados e grânulos eosinófilos de armazenamento secretório no seu citoplasma. Elas secretam principalmente glicoproteínas (incluindo lisozima) e enzimas digestivas.

Algumas glândulas são quase inteiramente mucosas (p. ex., a glândula salivar sublingual), enquanto outras são principalmente serosas (p. ex., a glândula salivar parótida). A glândula submandibular é mista porque alguns lóbulos são predominantemente mucosos e outros serosos. Em algumas regiões, ácinos mucosos compartilham uma luz com coleções de células serosas (vistas em preparações de rotina como meias-luas serosas). Embora essa abordagem simples à classificação seja útil para finalidades descritivas gerais, a diversidade de moléculas sintetizadas e secretadas pelas glândulas é tal que misturas complexas muitas vezes existem dentro da mesma célula.

GLÂNDULAS ENDÓCRINAS

As glândulas endócrinas secretam diretamente dentro do líquido intersticial do tecido conjuntivo e na circulação. Suas células são agrupadas em torno de leitos de capilares ou sinusoides (pág. 133) que tipicamente são revestidos por endotélios fenestrados (Cap. 6) para permitir a rápida passagem de macromoléculas através das suas paredes. As células endócrinas podem ser dispostas em coleções dentro de redes vasculares, em cordões entre canais vasculares paralelos ou como estruturas ocas (folículos) circundando suas secreções armazenadas. Além das células das glândulas endócrinas sem ductos especializadas (p. ex., hipófise, pineal, tireoide e paratireoides), as células produtoras de hormônios também formam componentes de outros sistemas de órgãos. Estas incluem: células das ilhotas pancreáticas; células epiteliais tímicas; células secretoras de renina do aparelho justaglomerular renal; células secretoras de eritropoetina do rim; órgãos circunventriculares; células testiculares intersticiais (de Leydig); células ovarianas foliculares intersticiais e lúteas; na gravidez, células placentárias. Alguns miócitos cardíacos, particularmente nas paredes dos átrios, também têm funções endócrinas. Essas células encontram-se descritas dentro das seções regionais apropriadas.

Células endócrinas isoladas também existem dispersas entre outros tecidos como parte do sistema neuroendócrino disperso (difuso) (pág. 56), por exemplo, nos tratos alimentar e respiratório inteiros. As células neuroendócrinas estão geralmente situadas dentro de um epitélio mucoso, e suas bases muitas vezes repousam sobre a lâmina basal (ver adiante). Em resposta a um estímulo externo, elas secretam o seu produto basalmente dentro do líquido intersticial. Uma célula neuroendócrina típica é mostrada na Figura 2.6. Os grânulos secretórios variam em forma, tamanho e ultraestrutura nos diferentes tipos de células, muitas das quais tomam o nome

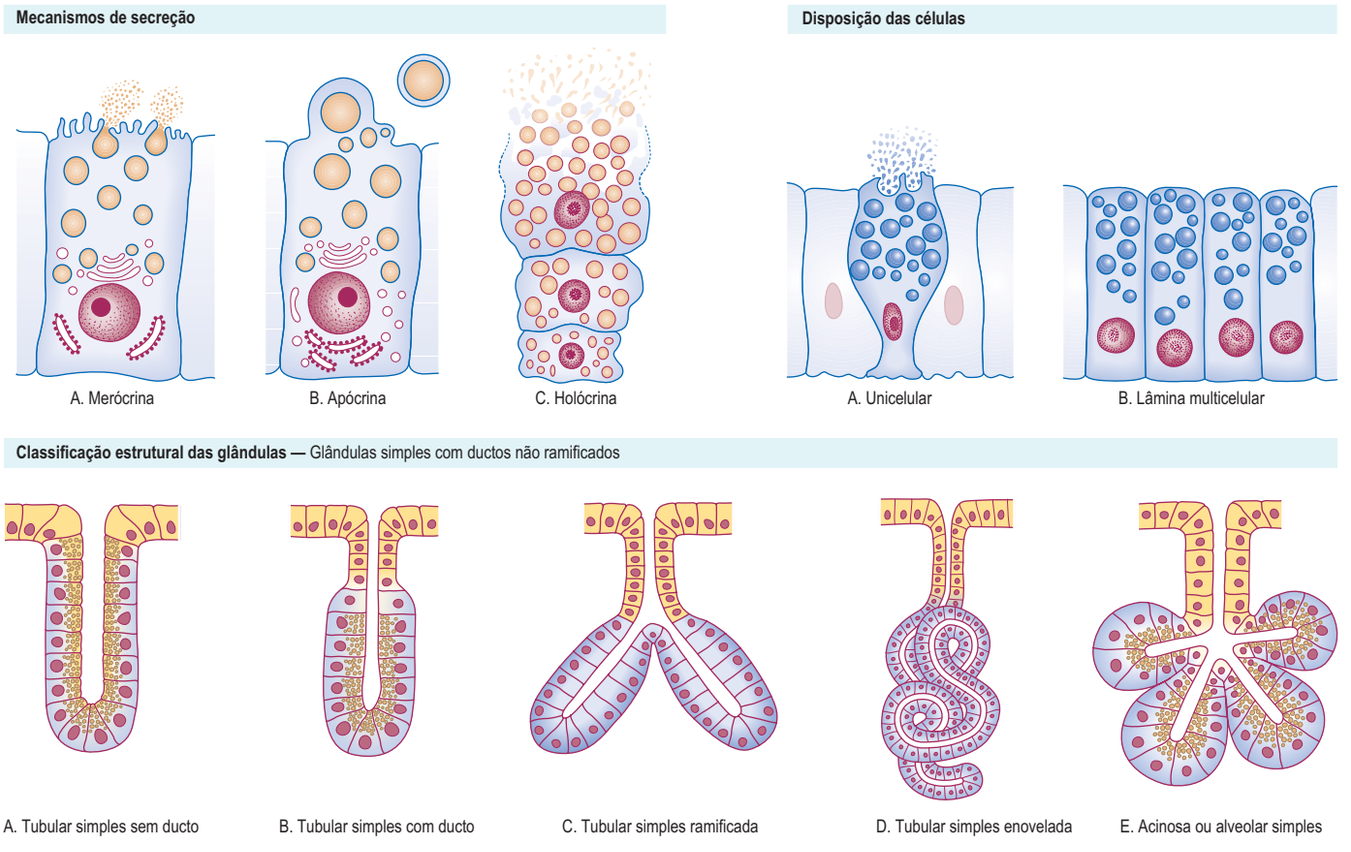


Fig. 2.5 Classificação dos diferentes tipos de glândula epitelial.

da sua secreção, por exemplo, células G gastrinossecretoras do intestino delgado. As células neuroendócrinas compartilham muitos dos seus produtos secretórios com os mediadores químicos (pág. 47) no sistema nervoso.

CONTROLE DA SECREÇÃO GLANDULAR

As atividades das células nos vários sistemas de tecidos e órgãos do corpo são firmemente reguladas pela atividade coordenada dos sistemas endócrino e nervoso autônomo (Cap. 15). Sinais endócrinos (e parácrinos) (Cap. 1) alcançam células-alvo no líquido intersticial, muitas vezes por meio do plasma sanguíneo, e, junto com sinais nervosos autonômicos, asseguram que o corpo responda aos estímulos fisiológicos normais e se ajuste a alterações no ambiente externo. A secreção de hormônios é ela própria controlada de várias maneiras, por exemplo, por controle neural, alças de *feedback* reguladoras ou de acordo com vários padrões cíclicos, rítmicos ou pulsáteis de liberação. As glândulas endócrinas possuem um rico suprimento vascular, e o seu fluxo sanguíneo é controlado por nervos vasomotores autonômicos, os quais podem assim modificar a atividade glandular.

A atividade glandular também pode ser controlada diretamente por fibras secretomotoras autonômicas, as quais podem formar sinapses sobre as bases das células da glândula (p. ex., na medula suprarrenal) ou liberar neuromediadores na vizinhança das glândulas, para alcançá-las por difusão. Alternativamente, o sistema nervoso autonômico pode atuar indiretamente sobre as células da glândula, por exemplo, sobre as células G neuroendócrinas por meio de histamina, liberada neurogenicamente de outra célula neuroendócrina no revestimento gástrico (Cap. 65). Essas atividades parácrinas das células neuroendócrinas (Cap. 1) são importantes no sistema respiratório, bem como no gastrointestinal. Hormônios circulantes a partir da adeno-hipófise estimulam síntese e secreção por células-alvo em muitas glândulas endócrinas. Esses sinais, predominantemente detectados por receptores na superfície celular e mediados por sistemas de segundos mensageiros, podem aumentar a atividade sintética das células glandulares e fazê-las descarregar suas secreções por exocitose. As secreções de certas células glandulares exócrinas são espremidas rapidamente dessas glândulas pela contração de células mioepiteliais associadas (Fig. 2.3) que encerram as unidades secretórias e menores ductos. As células mioepiteliais podem estar sob controle neural direto, como nas glândulas salivares, ou responder a hormônios circulantes; por exemplo, essas células na glândula mamária respondem à concentração de oxitocina circulante.

Alças de *feedback* e eixos endócrinos

A hipófise, em particular a adeno-hipófise, é muitas vezes chamada de glândula-mestra, em virtude do seu papel central nos processos fisiológicos endócrinos. Ela provê os meios pelos quais o sistema nervoso central regula e integra, por mecanismos não neurais, as funções generalizadas do corpo, incluindo as atividades de outras glândulas endócrinas e, muitas vezes indiretamente, glândulas exócrinas como a mama. Hormônios reguladores da adeno-hipófise estimulam síntese e secreção nas células-alvo de muitas

glândulas endócrinas; essas glândulas, portanto, respondem a sinais hormonais, além de os gerarem.

O hipotálamo do cérebro e a adeno-hipófise são centrais para a maioria das alças de *feedback* reguladoras dentro do sistema endócrino. As alças podem ser positivas ou negativas; por exemplo, o hipotálamo estimula liberação de hormônio folículo-estimulador (FSH) pela adeno-hipófise, o qual por sua vez estimula maturação folicular ovariana e secreção de estradiol, o qual atua sobre os tecidos-alvo mamário e endometrial. O estradiol, nesse caso, também atua de volta sobre a adeno-hipófise e o hipotálamo para reforçar sua função positivamente em uma alça de *feedback*. Em contraste, a estimulação hipotalâmica e adeno-hipofisária da produção testicular de testosterona, que atua sobre alvos como o músculo esquelético, é regulada negativamente por uma alça de *feedback* gerada pela testosterona circulante. Essa regulação por *feedback* negativo é um mecanismo fisiológico amplamente utilizado.

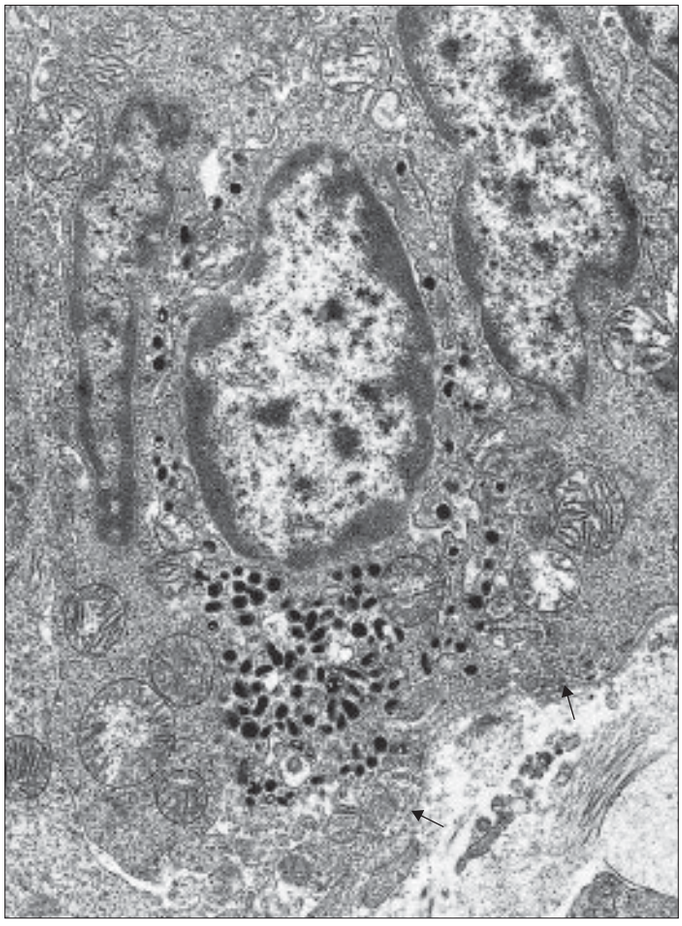


Fig. 2.6 Micrografia eletrônica de célula neuroendócrina entre duas células absortivas no cólon (tecido de rato). Grânulos neurossecretórios densos são vistos no citoplasma basal, em aposição à lâmina basal (setas). (Por cortesia de Michael Crowder.)

MEMBRANA BASAL E LÂMINA BASAL

Existe uma estreita camada de matriz extracelular (pág. 36), que se cora fortemente para carboidratos, na interface entre tecido conjuntivo e outros tecidos, por exemplo, entre epitélios e seus tecidos conjuntivos de suporte. Como quase todos os seus componentes são sintetizados pelo epitélio ou outro tecido (p. ex., músculo), em vez do tecido conjuntivo adjacente, ela será discutida aqui.

A microscopia eletrônica revelou que a membrana basal é composta de dois componentes distintos. Uma camada fina, finamente fibrilar, a lâmina basal, é associada estreitamente com a superfície das células basais (Fig. 2.7). Uma lâmina reticular variável de fibrilas maiores e glicosaminoglicanos da matriz extracelular é subjacente a essa camada e é contínua com o tecido conjuntivo propriamente dito, embora seja muito reduzida ou em grande parte ausente em alguns tecidos, por exemplo, em torno de fibras musculares, células de Schwann e endotélios capilares. Em outros tecidos, a lâmina basal separa duas camadas de células e não há elementos de tecido conjuntivo típico intervenientes. Isso ocorre na espessa lâmina basal do filtro glomerular renal (pág. 1238) e na lâmina basal das porções finas dos septos interalveolares pulmonares através dos quais os gases são trocados entre o sangue e o ar (pág. 998).

A lâmina basal tem usualmente cerca de 80 nm de espessura, variando entre 40 e 120 nm, e consiste em uma camada fibrilar semelhante a uma folha, a lâmina densa (20-50 nm de espessura), separada da membrana plasmática da célula a ela relacionada por uma estreita zona eletrontransparente, a lâmina lúcida. A lâmina lúcida está ausente de tecidos preparados por congelação rápida e, assim, pode ser um artefato. Em muitos tecidos essa zona é cruzada por proteínas integrantes da membrana plasmática; por exemplo, hemidesmossomos dos ceratinócitos (Caps. 1 e 7) são ancorados dentro da lâmina densa na lâmina basal da epiderme. A lâmina basal é uma delicada rede semelhante a um feltro, composta principalmente de dois polímeros de glicoproteínas, laminina e colágeno tipo IV, os quais se autoarrumam em folhas bidimensionais entrelaçadas umas com as outras. Lâmina basal embrionária inicial é formada somente do polímero laminina. Duas outras moléculas ligam cruzadamente e estabilizam a rede: entactina (nidogênio) e perlecan (um grande proteoglicano de heparan sulfato).

Embora todas as lâminas basais possuam uma forma semelhante, sua espessura e composição molecular precisa variam entre os tecidos e mesmo dentro de um tecido, por exemplo, entre as criptas e vilos do intestino delgado. As isoformas de laminina e colágeno tipo IV diferem nos vários tecidos; assim, as células de Schwann e células musculares expressam laminina-2 (merosina) em vez da laminina-1 prototípica. A laminina-5, embora não seja ela mesma um componente da lâmina basal, é encontrada nos hemidesmossomos da epiderme basal e liga a lâmina basal com proteínas transmembrânicas da epiderme, $\alpha_6\beta_4$ integrina e colágeno tipo XVII (antigamente conhecido como antígeno de penfigoide bolhoso, um dos alvos da doença de pele bolhosa autoimune penfigoide bolhoso). A isoforma particular de colágeno tipo IV na lâmina basal de diferentes tecidos é refletida em padrões de doença tecido-específicos. Mutações em um colágeno expressado pelo músculo e glomérulos renais causam a síndrome de Alport, uma forma de insuficiência renal. Insuficiência renal também ocorre na síndrome de Goodpasture, na qual o colágeno da lâmina basal renal é atingido por autoanticorpos.

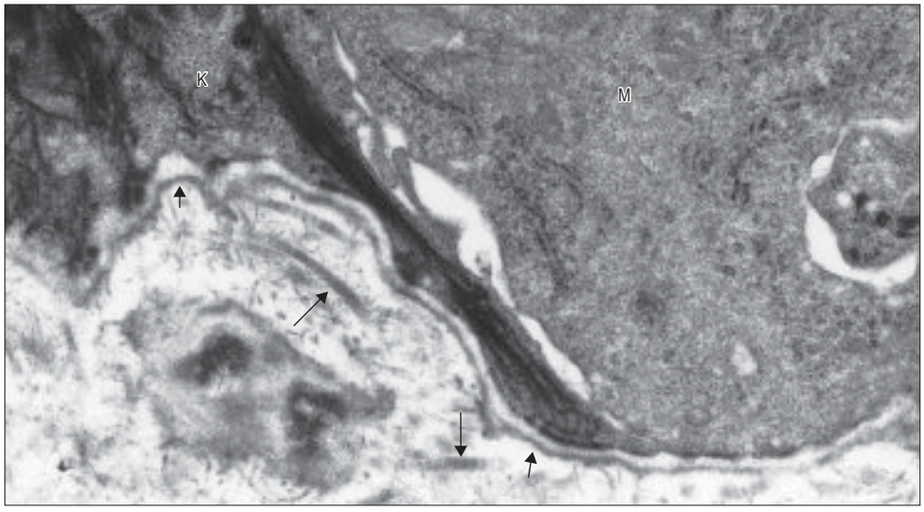


Fig. 2.7 Lâmina basal conforme vista em micrografia eletrônica, subjacente à camada basal epitelial da pele humana. A camada densa finamente fibrilar (setas curtas) corresponde à lâmina densa, e finas fibrilas colágenas (setas longas) jazem no tecido conjuntivo subjacente. Estas contribuem para o aspecto da membrana basal em preparações de microscopia óptica coradas para estruturas ricas em carboidrato. A célula à esquerda é um ceratinócito (K) com filamentos densos de ceratina no seu citoplasma, ancorando dentro de contatos com a lâmina basal, e a célula à direita é um melanócito (M).

Na membrana de Descemet na córnea, colágeno tipo VIII substitui colágeno tipo IV na lâmina basal endotelial muito espessada (aumentando com a idade até 10 μm). A lâmina basal da junção neuromuscular (pág. 61) contém agrina, um proteoglicano de heparan sulfato, que desempenha um papel na aglomeração de receptores à acetilcolina na membrana plasmática nessas junções.

LÂMINA RETICULAR

A lâmina reticular consiste em uma matriz extracelular densa que contém colágeno. Na pele, ela contém fibrilas de colágeno tipo VII (fibrilas de ancoragem), as quais fixam a lâmina densa ao tecido conjuntivo adjacente. A alta concentração de proteoglicanos na lâmina reticular é responsável pela reação positiva de toda a membrana basal a colorações para carboidratos, vista em cortes preparados para microscopia óptica.

FUNÇÕES DA LÂMINA BASAL

As lâminas basais executam vários papéis importantes (Iozzo, 2005). Elas formam barreiras seletivamente permeáveis (filtros aniônicos) entre tecidos adjacentes, por exemplo no filtro glomerular do rim; elas ancoram tecidos epiteliais e conjuntivos, e assim estabilizam e orientam as camadas de tecidos; elas podem exercer efeitos instrutivos sobre tecidos adjacentes, e assim determinar sua polaridade, velocidade de divisão celular, sobrevida celular etc.; elas regulam a angiogênese. Além disso, podem atuar como trajetos para a migração e para que processos das células em crescimento encontrem caminhos, tanto no desenvolvimento quanto na reparação tecidual, por exemplo, ao guiar o crescimento dos axônios e o restabelecimento das junções neuromusculares durante regeneração depois de lesão no sistema nervoso periférico. Alterações na espessura da lâmina basal são muitas vezes associadas com condições patológicas, por exemplo, o espessamento da lâmina basal glomerular na glomerulonefrite e diabetes.

TECIDOS CONJUNTIVOS E DE SUPORTE

Os tecidos conjuntivos são definidos como aqueles compostos predominantemente de material intercelular, a matriz extracelular, que é secretada principalmente pelas células do tecido conjuntivo. Por essa razão, as células são, usualmente, largamente separadas pela sua matriz, que é composta de proteínas fibrosas e uma substância fundamental relativamente amorfa (Fig. 2.8). Muitas das propriedades especiais dos tecidos conjuntivos são determinadas pela composição da matriz, e a sua classificação é também em grande parte baseada nas suas características. Em alguns tipos de tecido conjuntivo, o componente celular eventualmente domina o tecido, apesar de o tecido originalmente ter alta proporção matriz:células, por exemplo, o tecido adiposo. Os tecidos conjuntivos são derivados do mesoderma embrionário ou, na região da cabeça, em grande parte, da crista neural.

Os tecidos conjuntivos têm vários papéis essenciais no corpo. Eles podem ser subdivididos em papéis estruturais, os quais em grande parte refletem as propriedades mecânicas especiais dos componentes da matriz extracelular, e papéis defensivos, nos quais o componente celular tem o papel predominante. Os tecidos conjuntivos muitas vezes também desempenham importantes papéis tróficos e morfogenéticos em organizar e influenciar o crescimento e diferenciação dos tecidos circundantes, por exemplo, no desenvolvimento de glândulas a partir de uma superfície epitelial.

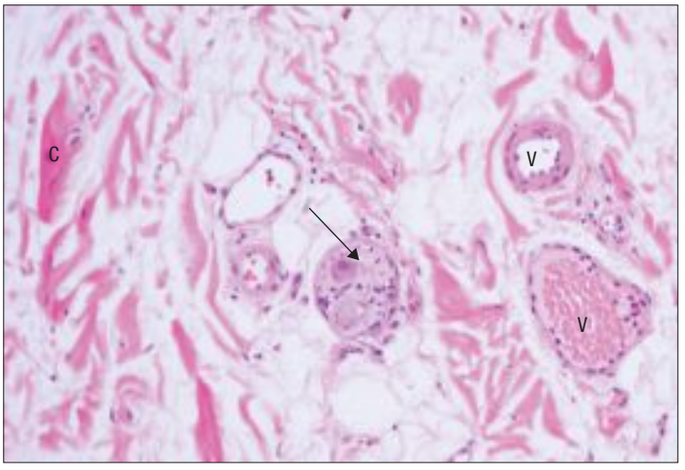


Fig. 2.8 Tecido conjuntivo frouxo geral (humano), com feixes de fibras colágenas (C) dentro de uma substância fundamental amorfa, penetrada por vasos sanguíneos (V), linfáticos e nervos. Pequeno gânglio autonômico é indicado por seta.

Os tecidos conjuntivos estruturais são divididos em tipos ordinários (ou gerais), que são amplamente distribuídos, e tipos esqueléticos especiais, isto é, cartilagem e osso, que são descritos no Capítulo 5. Um terceiro tipo, tecidos hemolinfoides, consiste em células do sangue periférico, tecidos linfoides e seus precursores; esses tecidos são descritos no Capítulo 4. Eles muitas vezes são agrupados com outros tipos de tecido conjuntivo, em virtude das suas origens mesenquimais semelhantes e porque as várias células de defesa do sangue também fazem parte de uma população típica de células do tecido conjuntivo. Elas alcançam os tecidos conjuntivos via circulação sanguínea e migram para dentro deles através das paredes endoteliais dos vasos.

CÉLULAS DOS TECIDOS CONJUNTIVOS GERAIS

As células dos tecidos conjuntivos gerais podem ser separadas em uma população de células residentes (fibroblastos, adipócitos, células-tronco mesenquimais etc.) e uma população de células migratórias com várias funções defensivas (macrófagos, linfócitos, mastócitos, neutrófilos e eosinófilos), as quais podem mudar em número e moderar suas atividades de acordo com a demanda. Embriologicamente, os fibroblastos e adipócitos originam-se de células-tronco mesenquimais, algumas das quais podem permanecer nos tecidos para fornecer uma fonte de células de reposição pós-natal. Conforme já assinalado, as células de origem hematopoética migram para dentro do tecido a partir da medula óssea e tecido linfoide.

Células residentes

Fibroblastos

Os fibroblastos são usualmente as mais numerosas células residentes. Eles são achatados e de contorno irregular, com processos alongados, e em perfil aparecem fusiformes (Figs. 2.9, 2.11). Os fibroblastos sintetizam a maior parte da matriz extracelular do tecido conjuntivo (Fig. 2.9); por conseguinte, eles possuem todas as características típicas de células ativas na síntese e secreção de proteínas. Seus núcleos são relativamente grandes e eucromáticos, e possuem nucléolos proeminentes. Em células jovens, altamente ativas, o citoplasma é abundante e basófilo (refletindo a alta concentração de retículo endoplasmático rugoso), mitocôndrias são abundantes e diversos conjuntos de aparelhos de Golgi estão presentes. Em fibroblastos antigos e relativamente inativos (muitas vezes chamados fibrócitos), o volume citoplasmático é reduzido, o retículo endoplasmático é escasso e o núcleo é achatado e heterocromático.

Os fibroblastos são usualmente aderentes às fibras da matriz (colágeno e elastina), as quais eles depositam. Em algumas estruturas altamente celulares, por exemplo, fígado, rim e baço, e na maioria do tecido linfoide, fibroblastos e delicadas fibras colágenas (colágeno tipo III, fibras reticulares) formam redes fibrocelulares que são muitas vezes chamadas de tecido reticular. Os fibroblastos podem então ser chamados de células reticulares ou reticulócitos.

Os fibroblastos são particularmente ativos durante reparo de ferida (Cap. 7) em seguida a lesão traumática ou inflamação, quando massa tecidual é perdida por morte celular. Eles proliferam e depositam uma matriz fibrosa que se torna invadida por numerosos vasos sanguíneos (tecido de granulação). A contração das feridas é pelo menos em parte causada pelo encurtamento de fibroblastos contráteis especializados (miofibroblastos) com propriedades semelhantes às do músculo liso, os quais se diferenciam a partir dos fibroblastos no tecido de granulação (revisto em McAnulty, 2007). Em casos nos quais as células especializadas da região danificada não são capazes de se dividir e regenerar tecido funcional, por exemplo, células musculares cardíacas após infarto, os fibroblastos do tecido conjuntivo e sua matriz extracelular enchem o espaço formando uma cicatriz. Uma exceção é o sistema nervoso central, onde são formadas cicatrizes gliais. A atividade dos fibroblastos é influenciada por vários fatores, como concentrações de hormônios esteroides, conteúdo da dieta e esforços mecânicos prevalentes. Na deficiência de vitamina C há comprometimento da formação de colágeno.

Adipócitos (lipócitos, células adiposas)

Os adipócitos ocorrem isoladamente ou em grupos em muitos tecidos conjuntivos, mas não todos. Eles são numerosos no tecido adiposo (Fig. 2.10). Individualmente, as células são de forma oval ou esférica, mas quando agregadas são poligonais. Elas variam em diâmetro, sendo em média de 50 μm. Cada célula consiste em uma orla periférica de citoplasma, no qual o núcleo está incluso, rodeando um grande glóbulo central de gordura, a qual consiste em ésteres de glicerol dos ácidos oleico, palmítico e esteárico. Há pequena acumulação de citoplasma em torno do núcleo, que é de forma oval e comprimido contra a membrana pela gotícula lipídica, como também o é o complexo de Golgi. Muitos filamentos citoesqueléticos, algum retículo endoplasmático e algumas mitocôndrias

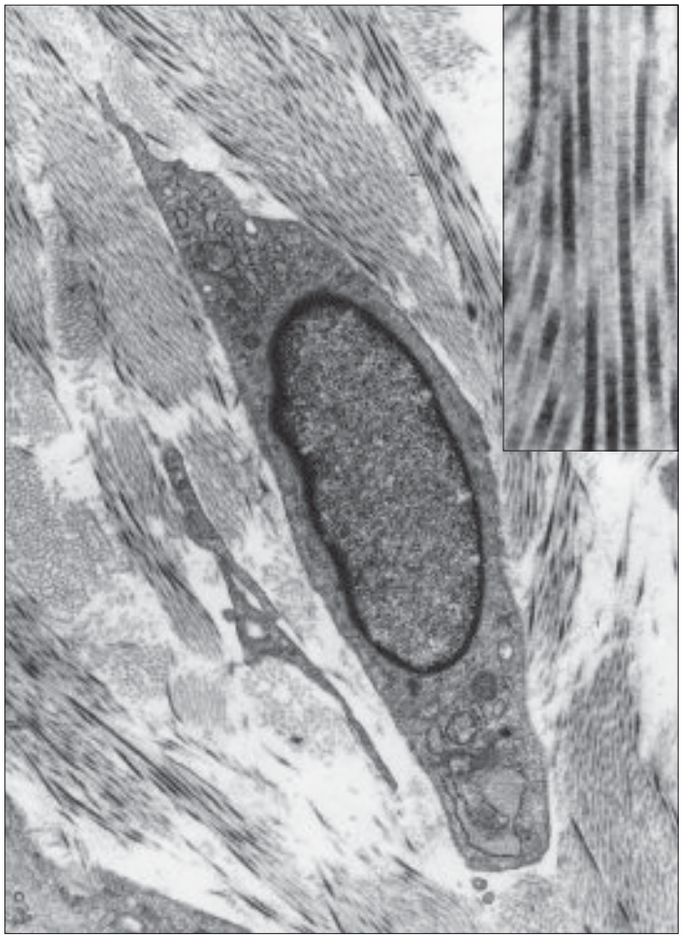


Fig. 2.9 Micrografia eletrônica de um fibroblasto em tecido conjuntivo humano, rodeado por feixes de fibrilas colágenas finamente estriadas (mostradas em grande aumento no detalhe) que ele secreta.

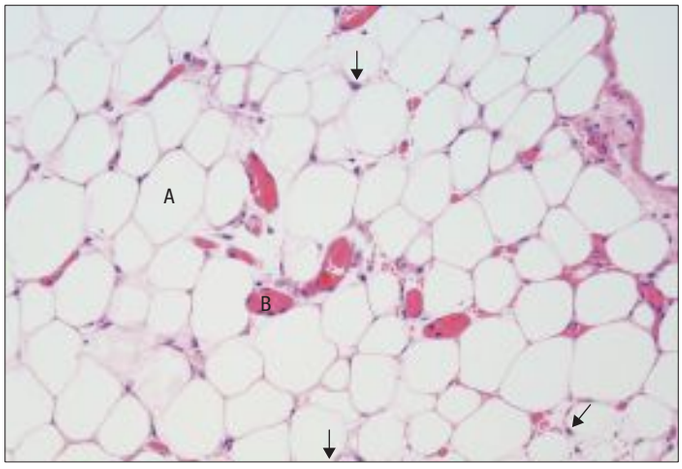


Fig. 2.10 Tecido adiposo (humano). Os adipócitos (A) são células poligonais distendidas cheias de lipídio, o qual foi extraído pelo processamento do tecido. Isso deixa apenas as membranas plasmáticas com escasso citoplasma e núcleos (setas), ocasionalmente visíveis, comprimidos contra a periferia da célula. Pequenos vasos sanguíneos (B) penetram o tecido adiposo.

jazem em torno da gotícula de lipídio, a qual está em contato direto com o citoplasma circundante e não é encerrado dentro de uma membrana. Em cortes de tecido não especialmente tratados para preservar lipídios, a gotícula lipídica é geralmente dissolvida pelos solventes usados nas preparações de rotina, de modo que apenas permanecem o núcleo e a orla periférica de citoplasma circundando um espaço vazio central.

Nos recém-nascidos, uma forma especial de tecido adiposo conhecida como gordura marrom está presente na região interescapular e pode ser mais espalhada. A gordura marrom é caracterizada pela presença de um tipo grande de célula na qual a gordura está presente como várias gotículas separadas (tecido adiposo multilocular) e não como um glóbulo único

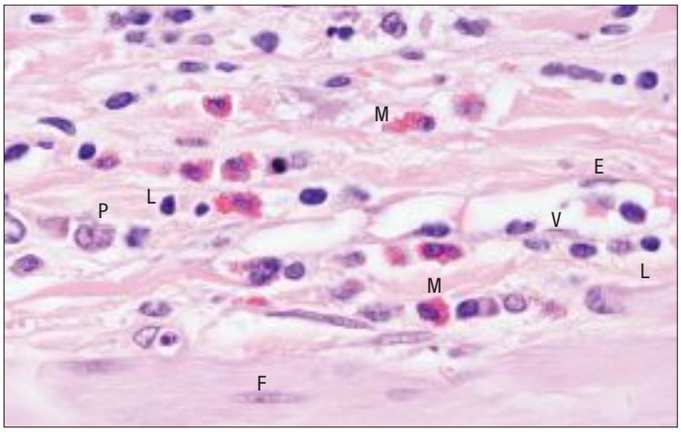


Fig. 2.11 Macrófagos (M) no tecido conjuntivo humano cronicamente inflamado, mostrando grânulos citoplasmáticos eosinofílicos proeminentes. Também são vistos células plasmáticas (P), pequenos linfócitos (L) e fibroblastos (F), e o revestimento endotelial (E) de pequenos vasos (V).

(tecido adiposo típico ou unilocular), e as mitocôndrias possuem cristas inusitadamente grandes e numerosas. Esses depósitos de gordura se ocupam com a produção de calor, mediada pelas mitocôndrias.

A mobilização de gordura está sob controle nervoso ou hormonal: a norepinefrina (noradrenalina) liberada nas terminações nervosas simpáticas no tecido adiposo é particularmente importante a esse respeito. Nenhum tecido adiposo novo é formado depois do período pós-natal imediato, e a acumulação de gordura corporal, como na obesidade, é devida à acumulação excessiva de lipídio nos adipócitos, os quais se tornam muito grandes. Em contraposição, a perda de peso resulta da mobilização de lipídio das reservas dos adipócitos, com consequente retração das células.

Células-tronco mesenquimais

As células-tronco mesenquimais são células normalmente inconspícuas nos tecidos conjuntivos. Elas são derivadas de mesênquima embrionário e capazes de se diferenciar para as células maduras do tecido conjuntivo durante o crescimento e o desenvolvimento normais, no giro de células durante toda a vida e, mais conspicuamente, na reparação de tecidos danificados, na cura de ferida (pág. 162). Há evidência de que, mesmo em tecidos maturos, células-tronco mesenquimais permanecem pluripotentes e capazes de dar origem a todas as células residentes dos tecidos conjuntivos, em resposta a sinais e indicações locais.

Células migratórias

Macrófagos

Macrófagos são tipicamente numerosos nos tecidos conjuntivos (Fig. 2.11), onde estão afixados a fibras da matriz ou são móveis e migratórios. São células relativamente grandes, com 15-20 μm de diâmetro, com núcleo indentado e relativamente heterocromático e nucléolo proeminente. Seu citoplasma é levemente basófilo, contém muitos lisossomos (pág. 12) e tipicamente tem aparência espumosa em microscopia óptica. Os macrófagos são fagócitos importantes e formam parte do sistema fagocitário mononuclear (pág. 78). Eles são capazes de engolfar e digerir materiais orgânicos particulados, como bactérias, e também são de remover células mortas ou danificadas de um tecido. Também são a fonte de várias citocinas secretadas que têm efeitos profundos sobre muitos outros tipos de células. Os macrófagos são capazes de proliferar nos tecidos conjuntivos em limitada extensão, mas são derivados e substituídos principalmente a partir de células-tronco hematopoéticas (pág. 75) na medula óssea, as quais circulam no sangue como monócitos antes de migrarem através das paredes vasculares para dentro dos tecidos conjuntivos.

Muitas propriedades dos macrófagos no tecido conjuntivo geral são similares àquelas de células correlatas em outros locais. Estas incluem: monócitos circulantes, das quais eles são derivados; macrófagos alveolares nos pulmões; células fagocitárias em linfonodos, baço e medula óssea; células de Kupffer dos sinusoides hepáticos; células microgliais do sistema nervoso central.

Linfócitos

Os linfócitos estão tipicamente presentes em pequeno número, e são numerosos no tecido conjuntivo geral apenas em estados patológicos, quando imigram a partir de tecido linfoide adjacente ou a partir da circulação. A maioria são pequenas células (6-8 μm) com núcleo altamente heterocromático, que aumentam quando estimuladas. Existem duas classes funcionais principais, chamadas linfócitos B e T (pág. 70). Os linfócitos B se originam na medula óssea, a seguir migram para vários tecidos linfoides, onde proliferam. Quando antigenicamente estimulados, eles sofrem divi-

sões mitóticas adicionais, aumentam enquanto amadurecem, comumente em tecidos conjuntivos gerais, para formar células plasmáticas que sintetizam e secretam anticorpos (imunoglobulinas). As células plasmáticas maduras são arredondadas ou ovoides, com até 15 μm de diâmetro, e possuem extenso retículo endoplasmático rugoso. Seu núcleo é esférico, muitas vezes excentricamente situado, e tem uma configuração característica de "mostrador de relógio" de heterocromatina (pág. 70 e Fig. 4.12) que está regularmente distribuída em grumos periféricos. O complexo de Golgi proeminente é visível ao microscópio óptico como uma região pálida para um lado do núcleo e o citoplasma restante é intensamente basófilo por causa do abundante retículo endoplasmático. Células plasmáticas maduras não se dividem.

Os linfócitos T se originam de precursores no tecido hematopoético da medula óssea, porém mais tarde migram para o timo, aí desenvolvem identidade de células T antes de passarem para o sistema linfoide periférico, onde continuam a se multiplicar. Quando antigenicamente estimuladas, as células T aumentam, e o seu citoplasma se torna cheio de aglomerados de polissomos livres. As funções dos linfócitos T são numerosas: diferentes subconjuntos reconhecem e destroem células infectadas com vírus, enxertos de tecidos e órgãos ou interagem com linfócitos B e vários outros tipos de células defensivas (pág. 72).

Mastócitos

Os mastócitos são importantes células defensoras que ocorrem particularmente nos tecidos conjuntivos frouxos e muitas vezes nas cápsulas fibrosas de certos órgãos como o fígado. Eles são caracteristicamente numerosos em torno de vasos sanguíneos e nervos. Os mastócitos são redondos ou ovais, com aproximadamente 20 μm de diâmetro, muitos filopódios se estendendo da superfície celular. O núcleo é centralmente situado e relativamente pequeno, rodeado por grande número de vesículas proeminentes e um bem desenvolvido aparelho de Golgi, mas escasso retículo endoplasmático. As vesículas têm alto conteúdo de glicosaminoglicanos e mostram reação fortemente positiva com a coloração de ácido periódico de Schiff (PAS) para carboidratos. As vesículas, que são limitadas por membrana, variam em tamanho e forma (diâmetro médio de 0,5 μm) e também têm conteúdo bastante heterogêneo de material denso contendo lipídio, o qual pode ser finamente granular, lamelar ou na forma de espirais membranosas.

Os principais componentes de grânulos, muitos deles associados com inflamação, são proteoglicano heparina, histamina, triptase, superóxido dismutase, aril sulfatase, β-hexosaminidase e várias outras enzimas, juntamente com fatores quimiotáticos para granulócitos neutrófilos e eosinófilos. Os mastócitos podem ser rompidos para liberar algum ou todo o seu conteúdo, por trauma mecânico direto ou químico, ou após contato com antígenos particulares aos quais o corpo foi exposto previamente. As consequências da liberação de grânulos incluem alteração da permeabilidade capilar, contração de músculo liso e ativação e atração para a localidade de várias outras células defensoras. As respostas à degranulação dos mastócitos podem ser localizadas, por exemplo, urticária, ou ocasionalmente pode haver uma resposta generalizada à liberação de grande quantidade de histamina para dentro da circulação (choque anafilático). Os mastócitos se assemelham estreitamente aos granulócitos basófilos na circulação geral, mas considera-se que se desenvolvem como descendentes distintos de um precursor anterior na linhagem mieloide (Cap. 4). Acredita-se que eles sejam gerados na medula óssea e circulem para os tecidos como células imaturas semelhantes aos basófilos, migrando através das paredes dos capilares e vênulas para o seu destino final. Para leitura adicional, ver Bischoff (2007).

Granulócitos (leucócitos polimorfonucleares)

Os granulócitos neutrófilos e eosinófilos são células imigrantes a partir da circulação. Relativamente infrequentes nos tecidos conjuntivos normais, seu número pode aumentar drasticamente nos tecidos infectados, onde eles são componentes importantes da defesa celular. Os neutrófilos são altamente fagocíticos, especialmente em relação a bactérias. As funções dos eosinófilos são menos bem compreendidas. Essas células são descritas adicionalmente no Capítulo 4.

CÉLULAS DOS TECIDOS CONJUNTIVOS ESPECIALIZADOS

Os tecidos esqueléticos (cartilagem e osso) são geralmente classificados com os tecidos conjuntivos, mas sua estrutura e funções são altamente especializadas; eles se encontram descritos no Capítulo 5. Como ocorre com os tecidos conjuntivos gerais, esses tipos especializados são caracterizados pela sua matriz extracelular, que forma o principal componente dos tecidos e é responsável pelas suas propriedades. As células residentes são diferentes daquelas nos tecidos conjuntivos gerais. A cartilagem é preenchida pelos condroblastos, que sintetizam a matriz, e pelos condrócitos maduros. A matriz óssea é elaborada pelos osteoblastos. Sua progênie madura, os osteócitos, estão inclusos na matriz, que eles ajudam a mineralizar, girar e manter. Um terceiro tipo de célula, o osteoclasto, tem origem em uma linhagem diferente e é derivado do tecido hematopoético; os osteoclastos são responsáveis pela degradação e remodelação ósseas em colaboração com os osteoblastos.

MATRIZ EXTRACELULAR

O termo matriz extracelular é aplicado coletivamente aos componentes extracelulares do tecido conjuntivo e de suporte. Essencialmente, consiste em um sistema de fibras de proteína insolúvel, glicoproteínas aderentes e complexos solúveis compostos de polímeros de carboidratos ligados a moléculas proteicas (proteoglicanos e glicosaminoglicanos), que adsorvem água. A matriz extracelular distribui os esforços mecânicos sobre os tecidos e também provê o ambiente estrutural das células nela inclusas, formando um arcabouço ao qual elas aderem e sobre o qual podem se mover (revisto em Even-Ram & Yamada, 2005). Com a exceção da matriz óssea, ela proporciona um meio altamente hidratado, através do qual metabólitos, gases e nutrientes podem se difundir livremente entre as células e os vasos sanguíneos que o atravessam ou, no caso da cartilagem, passam nas proximidades. Há muitas interações complexas entre as células do tecido conjuntivo e a matriz extracelular. As células continuamente sintetizam, secretam, modificam e degradam componentes da matriz extracelular, e elas próprias respondem ao contato com a matriz na regulação do metabolismo, proliferação e motilidade celulares. A remodelação tecidual depende da degradação controlada da matriz extracelular por metaloproteinases secretadas (revisto em Mott & Werb, 2004), regulada pelos seus inibidores específicos, como ocorre, por exemplo, durante a cura de ferida e a involução, por exemplo, do útero pós-parto. Degradação patológica descontrolada da matriz pode levar a estados de doença, como enfisema e artrite. No processo de degradação da matriz, são liberados peptídeos bioativos que atuam como fatores de crescimento, citocinas e outras moléculas sinalizadoras para alterar o comportamento das células na vizinhança.

As fibras insolúveis são principalmente de dois tipos de proteína estrutural: membros da família dos colágenos e elastina (Fig. 2.12). A matriz interfibrilar (substância fundamental) inclui diversas glicoproteínas aderentes que efetuam uma variedade de funções nos tecidos conjuntivos, incluindo adesão célula–matriz e sinalização matriz–célula. Essas glicoproteínas incluem fibronectina, laminina, tenascina e vitronectina, além de várias outras proteínas menos bem caracterizadas. Os glicosaminoglicanos da matriz interfibrilar são, com uma notável exceção, moléculas de proteoglicanos modificadas pós-traducionalmente nas quais longas cadeias laterais polissacarídicas são acrescentadas às curtas proteínas centrais durante o trânsito através do caminho secretório entre o retículo endoplasmático rugoso e a rede de Golgi *trans*. A exceção, o dissacarídeo polimérico hialuronan, não tem centro proteico e é sintetizado inteiramente por enzimas da superfície celular. Para leitura adicional sobre moléculas da matriz extracelular, ver Pollard e Earnshaw (2007). Os atributos funcionais dos tecidos conjuntivos variam e dependem da abundância dos seus diferentes componentes. As fibras colágenas resistem à tensão, enquanto a elastina provê uma medida de resiliência à deformação por estiramento. Os polímeros solúveis altamente hidratados do material interfibrilar (proteoglicanos e glicosaminoglicanos, principalmente hialuronan) geralmente formam um gel rígido que resiste a forças compressivas. Assim, os tecidos que são especializados para resistir a forças de tração (p. ex., tendões) são ricos em fibrilas colágenas, os tecidos que acomodam alterações de forma e volume (p. ex., mesentérios) são ricos em fibras elásticas e aqueles que absorvem forças compressivas (p. ex., cartilagens) são ricos em glicosaminoglicanos e proteoglicanos. No osso, cristais minerais tomam o lugar da

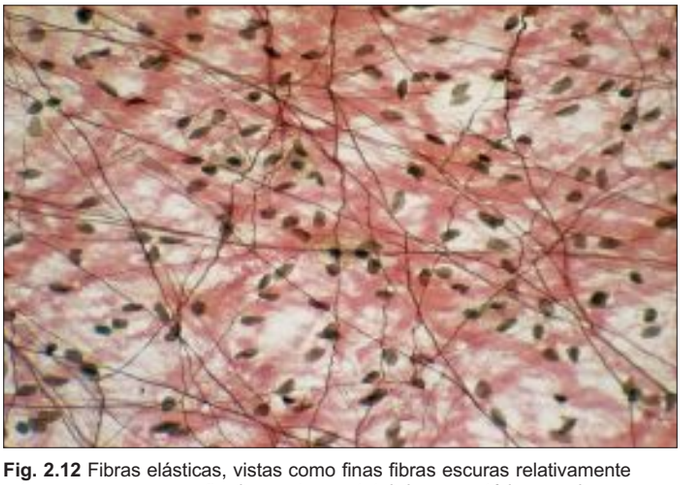


Fig. 2.12 Fibras elásticas, vistas como finas fibras escuras relativamente retas em uma preparação de montagem total de mesentério, corada para elastina. As faixas róseas onduladas são feixes colágenos, e os núcleos cinzentos ovais são principalmente de fibroblastos.

maioria dos polímeros solúveis e dotam o tecido de rigidez incompressível.

Matriz fibrilar

Colágenos

Os colágenos constituem uma proporção muito grande (aproximadamente 30%) de todas as proteínas do corpo. Eles consistem em ampla variedade de moléculas relacionadas que têm vários papéis na organização e propriedades dos tecidos conjuntivos (e alguns outros). O primeiro colágeno a ser caracterizado foi o tipo I, o mais abundante de todos os colágenos e um constituinte da derme, fáscias, osso, tendão, ligamentos, vasos sanguíneos e esclera do globo ocular. O colágeno característico da cartilagem e do corpo vítreo do olho, com composição química ligeiramente diferente, é o tipo II, enquanto o tipo III está presente em vários tecidos, incluindo derme e vasos sanguíneos, e o tipo IV está na lâmina basal. Os outros tipos são amplamente distribuídos em vários tecidos. Cinco dos colágenos, os tipos I, II, III, V e XI, formam fibrilas; os tipos IV, VIII e X formam folhas ou malhas; os tipos VI, VII, IX, XII, XIV e XVIII têm papel de ancoragem ou fixação; os tipos XIII e XVII são proteínas transmembrânicas.

Bioquimicamente, todos os colágenos têm várias características em comum. Diferentemente da maioria das outras proteínas, eles contêm altos níveis de hidroxiprolina e são compostos de três polipeptídeos que formam hélices tríplices, substancialmente modificados pós-traducionalmente. Depois da secreção, as moléculas individuais são adicionalmente ligadas cruzadamente para formar polímeros estáveis. Funcionalmente, os colágenos são proteínas estruturais com considerável resistência mecânica. Apenas algumas das suas características estruturais distintivas são descritas a seguir. Para leitura adicional sobre a estrutura molecular e funções dos colágenos, ver Pollard e Earnshaw (2007)

Colágeno tipo I

O colágeno tipo I é muito amplamente distribuído. Ele forma fibrilas inextensíveis nas quais moléculas de colágeno (hélices tríplices) estão alinhadas lado a lado em degraus, com três quartos do comprimento de cada molécula em contato com moléculas vizinhas. A fibrila tem bandas bem marcadas de aminoácidos carregados e não carregados arranjadas transversalmente; elas se coram com metais pesados em um padrão de bandeamento que se repete a cada 65 nm em cortes longitudinais vistos ao microscópio eletrônico (Fig. 2.9, detalhe).

Os diâmetros das fibrilas variam entre os tecidos e com a idade. Tecidos em desenvolvimento têm muitas vezes fibrilas mais finas que tecidos maduros. As fibrilas do estroma da córnea são de diâmetro uniforme e finas, enquanto as fibrilas dos tendões podem ser até 20 vezes mais espessas e bastante variáveis. Os tecidos nos quais as fibrilas são sujeitas a alta carga de tração tendem a ter fibrilas mais grossas. Fibrilas grossas são compostas de fibrilas finas uniformes com diâmetro de 8-12 nm. As próprias fibrilas são relativamente flexíveis, mas quando mineralizadas (como no osso) ou rodeadas por altas concentrações de proteoglicano (como na cartilagem), os materiais compostos resultantes reforçados com fibras são rígidos.

As fibras frescas de colágeno tipo I são montagens apertadamente agregadas de fibrilas paralelas, brancas e brilhantes. Elas formam feixes variavelmente ondulados (corrugados) de vários tamanhos, geralmente visíveis ao microscópio óptico. As fibras componentes podem deixar um feixe e entremear-se com outras. Em algumas situações, as fibrilas colágenas são depositadas em padrões geométricos precisos, nos quais camadas sucessivas alternam-se em direção, por exemplo, do estroma da córnea, onde alto grau de ordem é essencial para transparência. Tendões, aponeuroses e ligamentos também são tecidos altamente ordenados (Cap. 5).

Colágenos tipos II, III, V e XI

Os colágenos tipos II, III, V e XI também podem se agregar para formar fibrilas lineares. O colágeno tipo II ocorre em fibrilas curtas extremamente finas (10 nm) no humor vítreo e em fibrilas muito grossas na cartilagem humana em envelhecimento. A sequência de aminoácidos e o padrão de bandeamento são muito semelhantes àqueles do colágeno tipo I, do mesmo modo que as modificações pós-traducionais da molécula de proteína de tripla hélice. As finas fibrilas no vítreo podem se fundir em agregados mais espessos no tecido mais velho.

O colágeno tipo III é muito amplamente distribuído, particularmente em tecidos jovens e em reparação. Ele usualmente se colocaliza com colágeno tipo I, e ligações covalentes entre colágeno tipo I e tipo III foram demonstradas. Na pele, muitas fibrilas são provavelmente compostas de colágenos tipos I e III.

Fibras reticulares

Fibras reticulares finas ramificadas e anastomosadas formam o arcabouço da malha de suporte de muitas glândulas, incluindo o fígado (Fig. 2.13), o rim e o tecido linforreticular (linfonodos, baço etc.). Classicamente, essas fibras se coravam intensamente com sais de prata, embora sejam pouco coradas usando-se técnicas histológicas convencionais. Elas se associam com as lâminas basais e são muitas vezes encontradas na vizinhança de feixes de fibras colágenas. As fibras reticulares são formadas principalmente de colágeno tipo III.

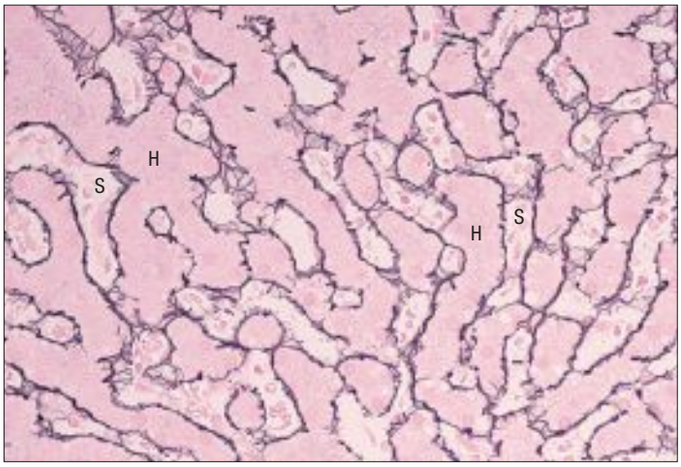


Fig. 2.13 Fibras reticulares (colágeno tipo III; reticulina) no fígado humano, formando uma malha delicada dentro do espaço de Disse, entre as membranas plasmáticas dos hepatócitos (H) e os endotélios dos sinusoides (S).

Elastina

A elastina é uma proteína de 70 kDa, rica nos aminoácidos hidrofóbicos valina e alanina. As fibrilas elásticas, que também contêm fibrilina, são altamente ligadas cruzadamente por meio de dois aminoácidos específicos da elastina, a desmosina e a isodesmosina, que são formados extracelularmente a partir de resíduos lisina. Elas são menos amplamente distribuídas do que o colágeno, amareladas em cor, tipicamente ligadas cruzadamente e usualmente mais finas (10-20 nm) que as fibrilas colágenas. Elas podem ser grossas, por exemplo, nos ligamentos amarelos e no ligamento nucal. Diversamente do colágeno tipo I, não mostram padrão de bandeamento ao microscópio eletrônico. Coram-se mal com colorações histológicas de rotina, mas são coradas com preparações contendo orceína (Fig. 2.12). Às vezes aparecem como folhas, como nas lamelas elásticas fenestradas da parede aórtica. Estruturas ricas em elastina esticam com facilidade com recuo quase perfeito, embora tendam a calcificar com a idade, havendo perda de elasticidade. A elastina é altamente resistente a ataque por ácido e álcalis, mesmo a altas temperaturas.

Matriz interfibrilar

Glicosaminoglicanos

Os polímeros solúveis estruturais da matriz extracelular são os glicosaminoglicanos ácidos, os quais são cadeias não ramificadas de unidades dissacarídicas repetitivas, com cada unidade carregando um ou mais grupos negativamente carregados (carboxilato ou sulfato éster, ou ambos). A carga aniônica é equilibrada por cátions (Na^+, K^+ etc.) no líquido intersticial. Seu caráter polianiônico dota os glicosaminoglicanos de alta atividade osmótica, o que ajuda a manter separadas as fibrilas, confere rigidez ao gel poroso que eles criam coletivamente e dá ao tecido um grau variável de basofilia. Os glicosaminoglicanos são denominados de acordo com os tecidos nos quais foram encontrados pela primeira vez, por exemplo, hialuronan (corpo vítreo), condroitinas (cartilagem), dermatan (pele), ceratan (córnea), heparan (fígado). Essa terminologia não é mais relevante, uma vez que a maioria dos glicosaminoglicanos é muito amplamente distribuída, enquanto, em contraposição, algumas córneas contêm pouco ou nenhum ceratan sulfato. Dos glicosaminoglicanos, todos, exceto o hialuronan, têm centros curtos de proteína e são altamente variáveis na sua estrutura de cadeia lateral de carboidratos.

Hialuronan

O hialuronan era antigamente chamado de ácido hialurônico (ou hialuronato, uma vez que só o sal existe em pH fisiológico). É uma molécula muito grande, altamente hidratada (25.000 kDa). O hialuronan é encontrado em todas as matrizes extracelulares e na maioria dos tecidos, e é um componente proeminente dos tecidos embrionários e em desenvolvimento.

O hialuronan é importante na agregação de proteoglicanos, e liga proteínas que possuem locais específicos de ligação de hialuronan (p. ex., laminina). De fato, os agregados muito grandes que são formados podem ser as unidades essenciais que resistem à compressão na cartilagem. O hialuronan também forma soluções muito viscosas, as quais são provavelmente os principais lubrificantes nas articulações sinoviais. Em virtude da

sua capacidade de adsorver água, ele está muitas vezes presente em estruturas semirrígidas (p. ex., humor vítreo no olho), onde coopera com malhas esparsas, porém regulares, de finas fibrilas colágenas.

Proteoglicanos

Os proteoglicanos foram classificados de acordo com o tamanho do seu cerne de proteína: sua nomenclatura está em revisão. A mesma proteína central pode apresentar diferentes cadeias laterais de glicosaminoglicanos em diferentes tecidos. As funções de muitos proteoglicanos são pouco compreendidas. Alguns dos proteoglicanos mais bem conhecidos são: agrecan na cartilagem, perlecan em lâminas basais, decorin associado com fibroblastos na montagem de fibrilas colágenas, e sindecan em tecidos embrionários.

Glicoproteínas aderentes

Essas proteínas incluem moléculas que medeiam adesão entre células e a matriz extracelular, muitas vezes em associação com colágenos, proteoglicanos ou outros componentes da matriz. Todas elas são glicosiladas e são, portanto, glicoproteínas. O tecido conjuntivo geral contém as bem conhecidas famílias das fibronectinas (e osteonectina no osso), lamininas e tenascinas; há uma lista crescendo rapidamente de outras glicoproteínas associadas com adesão extracelular (Pollard e Earnshaw, 2007). Elas possuem locais de ligação para outras moléculas da matriz extracelular e para moléculas de adesão celular (pág. 5), especialmente as integrinas; dessa maneira, elas capacitam as células a aderirem seletivamente a estruturas apropriadas da matriz (p. ex., a lâmina basal). Também funcionam como moléculas sinalizadoras, as quais são detectadas por receptores da superfície celular e iniciam alterações dentro do citoplasma (p. ex., para promover a formação de hemidesmossomos ou outras áreas de adesão forte; reorganizar o citoesqueleto; promover ou inibir locomoção e divisão celular).

Fibronectina

A fibronectina é uma glicoproteína grande que consiste em um dímero unido por ligações dissulfeto. Cada subunidade é composta de um cordão de grandes domínios repetitivos ligados por regiões flexíveis. As subunidades de fibronectina possuem locais de ligação para colágeno, heparina e receptores de superfície celular, especialmente integrinas, e assim podem promover adesão entre todos esses elementos. Nos tecidos conjuntivos, as moléculas são capazes de se ligar a superfícies celulares de maneira ordenada, formando curtos filamentos de fibronectina. O fígado secreta uma proteína correlata, a fibronectina plasmática, para dentro da circulação. A adesão seletiva de diferentes tipos de células à matriz durante o desenvolvimento e na vida pós-natal é mediada por numerosas isoformas de fibronectina geradas por encaixe alternativo. Isoformas encontradas nos tecidos embrionários também são expressas durante reparo de ferida, quando facilitam a proliferação tecidual e os movimentos celulares; a forma adulta é reexpressa uma vez que o reparo esteja completado.

Laminina

A laminina é uma grande molécula (850 kDa) flexível composta de três cadeias polipeptídicas (designadas α, β e γ). Existem muitas isoformas das diferentes cadeias e pelo menos 18 tipos de laminina. A molécula prototípica é cruciforme, na qual os dois terços terminais são enrolados um em torno do outro para formar o tronco de uma cruz, e as extremidades livres mais curtas formam os membros vertical e transversos. A laminina apresenta locais de ligação para outras moléculas da matriz extracelular, como heparan sulfato, colágeno tipo IV e entactina, e também para moléculas receptoras da laminina (integrinas) situadas nas membranas plasmáticas das células. As moléculas de laminina podem se montar em malhas regulares planas, por exemplo, na lâmina basal.

Tenascina

A tenascina é uma grande glicoproteína composta de seis subunidades que são unidas em uma extremidade para formar uma estrutura que se assemelha aos raios de uma roda. Há uma família de moléculas tenascinas geradas por encaixe alternativo do transcrito do gene da tenascina. A tenascina é abundante em tecidos embrionários, mas sua distribuição é restrita no adulto. Ela parece ser importante para guiar migração celular e crescimento axonal no começo do desenvolvimento: pode promover ou inibir essas atividades, dependendo do tipo de célula e isoforma de tenascina.

CLASSIFICAÇÃO DOS TECIDOS CONJUNTIVOS

Os tecidos conjuntivos e de suporte diferem consideravelmente em aparência, consistência e composição nas diferentes regiões. Essas diferenças refletem os requisitos funcionais locais, são relacionadas à predominância dos tipos celulares, concentração, arranjos, tipos de fibras e características da matriz interfibrilar. Com essas bases, os tecidos conjuntivos gerais podem ser classificados em tipos irregulares e regulares, de acordo com o grau de orientação dos seus componentes fibrosos.

Tecidos conjuntivos irregulares

Os tecidos conjuntivos irregulares podem ser adicionalmente subdivididos em tecido conjuntivo frouxo, denso e adiposo.

Tecido conjuntivo frouxo (areolar)

O tecido conjuntivo frouxo é a forma mais generalizada e é extensamente distribuído. Sua principal função é unir estruturas, conquanto ainda permitindo que ocorra quantidade considerável de movimento. Ele constitui a submucosa no trato digestivo e outras vísceras revestidas por mucosas, e o tecido subcutâneo em regiões onde este é desprovido de gordura (p. ex., pálpebras, pênis, escroto e lábios), e conecta músculos, vasos e nervos às estruturas circunvizinhas. Está presente no interior de órgãos onde une conjuntamente os lobos e lóbulos de glândulas, forma a camada de suporte (lâmina própria) dos epitélios mucosos e endotélios vasculares, e reside dentro e entre os fascículos de fibras musculares e nervosas.

O tecido conjuntivo frouxo consiste em uma malha de fibras finas de colágeno e elastina entrelaçadas em todas as direções (Fig. 2.12) para dar uma medida de elasticidade e resistência à tração. As malhas grandes contêm a matriz interfibrilar semifluida ou substância fundamental, e diferentes células do tecido conjuntivo, as quais estão dispersas ao longo das fibras ou nas malhas. Ele também contém adipócitos, usualmente em pequenos grupos, e particularmente em torno de vasos sanguíneos.

Uma variedade de tecido conjuntivo frouxo ocorre na corioide e na esclera do olho, onde grande número de células pigmentares (melanócitos) também está presente.

Tecido conjuntivo irregular denso

Tecido conjuntivo irregular denso é encontrado em regiões que estão sob considerável esforço mecânico e onde é dada proteção a órgãos dotados de bainha. A matriz é relativamente acelular e contém alta proporção de fibras colágenas organizadas em feixes espessos entremeados em três dimensões e conferindo considerável resistência. Há poucos fibroblastos ativos, os quais são usualmente achatados, com núcleo heterocromático. Tecido conjuntivo irregular denso ocorre na camada reticular da derme, nas bainhas de tecido conjuntivo superficiais do músculo e nervos e na adventícia dos grandes vasos sanguíneos, nas cápsulas de várias glândulas e órgãos (p. ex., testículo, esclera do olho, periósteos e pericôndrios).

Tecido adiposo

Alguns adipócitos ocorrem no tecido conjuntivo frouxo na maioria das partes do corpo. Entretanto, eles constituem o principal componente do tecido adiposo (Fig. 2.10), onde estão inclusos em um tecido conjuntivo frouxo vascular, usualmente dividido em lóbulos por septos fibrosos mais fortes que transmitem os maiores vasos sanguíneos. Tecido adiposo ocorre somente em certas regiões. Em particular ele é encontrado em tecido subcutâneo, mesentérios e omentos, mama feminina; medula óssea, como gordura retro-orbitária atrás do globo ocular, em torno dos rins, profundo à pele plantar do pé, como corpos adiposos localizados na membrana sinovial de muitas articulações. Sua distribuição no tecido subcutâneo mostra diferenças características por idade e sexo. Os depósitos de gordura servem como reservas de energia, fontes de lipídios metabólicos, isolação térmica (gordura subcutânea) e amortecedores mecânicos (p. ex., plantas dos pés, palmas das mãos, região glútea e membranas sinoviais).

Tecidos conjuntivos regulares

Os tecidos conjuntivos regulares incluem tecidos altamente fibrosos nos quais as fibras são orientadas regularmente, seja para formar folhas, como as fáscias e aponeuroses, ou como feixes mais grossos como ligamentos ou tendões (Fig. 2.14). A direção das fibras dentro dessas estruturas é relacionada aos esforços que elas sofrem; além disso, os feixes fibrosos exibem considerável entrelaçamento, mesmo dentro dos tendões, o que aumenta sua estabilidade e resiliência.

Os fibroblastos que secretam as fibras podem eventualmente ser aprisionados dentro da estrutura fibrosa, onde se tornam células comprimidas, relativamente inativas, com perfis estrelados e pequeno núcleo heterocromático. Essas células são chamadas de células de tendão. Os fibroblastos na superfície externa podem ser ativos em formação continuada de fibras, e constituem um fundo de células disponíveis para reparar tecido lesado.

Embora o tecido conjuntivo regular seja predominantemente colagenoso, alguns ligamentos contêm quantidade importante de elastina, por exemplo, os ligamentos amarelos das lâminas vertebrais e as pregas vocais. As fibras colágenas podem formar padrões geométricos precisos, como na córnea (pág. 678).

Tecido mucoide

O tecido mucoide é um tipo fetal ou embrionário de tecido conjuntivo, encontrado principalmente como um estádio no desenvolvimento do tecido conjuntivo a partir do mesênquima. Ele existe na geleia de Wharton, que forma a maior parte do cordão umbilical, e consiste substancialmente em matriz extracelular, constituída em grande parte de material mucoide hidratado e malha fina de fibras colágenas, na qual são encontradas células

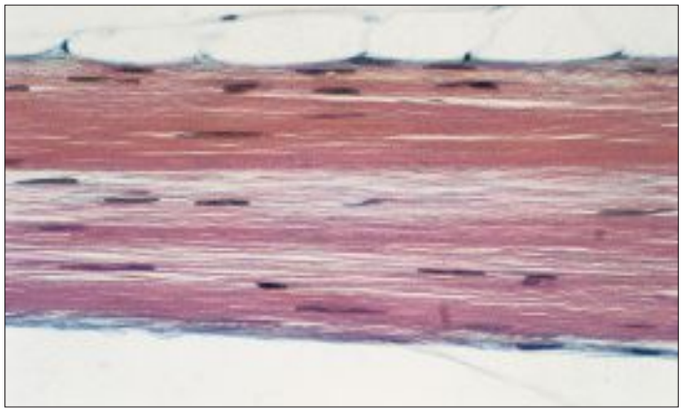


Fig. 2.14 Tecido conjuntivo regular denso em um tendão. Feixes paralelos grossos de colágeno tipo I (corado em rosa) dão ao tendão sua cor branca em vida. Os núcleos alongados de fibroblastos inativos (células de tendão) são visíveis entre os feixes colágenos.

nucleadas semelhantes a fibroblastos com processos ramificados. As fibras são geralmente raras em tecido mucoide típico, embora o cordão umbilical de termo contenha fibras colágenas perivasculares. Pós-natalmente, tecido mucoide é visto na polpa de dente em desenvolvimento, no corpo vítreo do olho (uma forma persistente de tecido mucoide que contém poucas fibras ou células) e no núcleo pulposo do disco intervertebral.

TRANSDIFERENCIAÇÃO E METAPLASIA

Transições ocorrem entre as populações de células que formam um epitélio (folhas de células polarizadas) e os tipos mesenquimais (onde as células não têm polaridade) durante o desenvolvimento normal (Seção 3), mas as transições bem descritas entre tipos celulares morfologicamente diferentes na vida pós-natal não atravessam a fronteira epiteliomesenquimal. Elas são transições entre tipos de células epiteliais ou, menos frequentemente, entre tipos de células mesenquimais (tecido conjuntivo). A maioria dessas transdiferenciações (metaplasia) é adaptativa, para mudança de condições ambientais ou trauma, e quase todas são patológicas; as células alteradas são ditas metaplásticas. Um exemplo muito comum e fisiologicamente normal é a metaplasia escamosa do epitélio secretório colunar do canal endocervical distal (Seção 8), quando exposto ao ambiente vaginal hormonalmente estimulado. Metaplasia gástrica do esôfago inferior pode ocorrer quando refluxo crônico de suco gástrico expõe seu revestimento epitelial escamoso estratificado ao ácido, e o epitélio original é substituído por um epitélio colunar mucossecretor típico do estômago (esôfago de Barrett); isso é patológico e suscetível de transformação maligna. Similarmente, o epitélio respiratório (Fig. 2.2D) da via aérea superior muitas vezes desenvolve focos de metaplasia escamosa estratificada em resposta a irritantes da fumaça de cigarro. Metaplasia mesenquimal (óssea) pode ocorrer, por exemplo, no tecido conjuntivo fibroso de músculos sujeitos a lesão repetitiva, onde se desenvolvem trabéculas de osso. Admite-se que as células-tronco (em vez das células diferenciadas) no tecido afetado respondam às alterações no seu ambiente alterando seu caminho de diferenciação, um processo que pode ser reversível se o estímulo for removido.

MUCOSA (MEMBRANA MUCOSA)

Uma mucosa ou membrana mucosa reveste muitos órgãos ocos internos nos quais as superfícies são umidificadas por muco, como os intestinos, porções de condução da via aérea e os tratos genital e urinário. A mucosa propriamente dita consiste em um revestimento epitelial, o qual pode ter glândulas mucosas se abrindo para a sua superfície, o tecido conjuntivo frouxo subjacente, a lâmina própria e uma delgada camada de músculo liso, a *muscularis mucosae*. Esta última camada está ausente em algumas mucosas ou substituída por uma camada de fibras elásticas. O termo membrana mucosa reflete o fato de que esses tecidos podem ser destacados como uma lâmina ou membrana das estruturas subjacentes; o plano de separação ocorre ao longo da *muscularis mucosae*.

A submucosa é uma camada de tecido conjuntivo de suporte, que usualmente é situada abaixo da *muscularis mucosae*. Ela pode conter glândulas mucosas ou seromucosas submucosas, as quais transferem suas secreções através de ductos para a superfície mucosa. A maioria das mucosas também é sustentada por uma ou mais camadas de músculo liso, a *muscularis* externa. A contração desse músculo pode constringir a luz (p. ex., na via aérea) ou, quando há duas ou mais camadas musculares orientadas em direções opostas (p. ex., nos intestinos), causar movimento peristáltico da víscera e do conteúdo da sua luz. A superfície externa do músculo pode ser coberta por uma serosa ou, onde a estrutura é retroperitonial ou passa através do soalho pélvico, por uma adventícia de tecido conjuntivo.

MUCO

O muco é uma suspensão viscosa de glicoproteínas complexas (mucinas) de vários tipos e é secretado por células epiteliais individuais dispersas (caliciformes), um epitélio de superfície secretório (p. ex., o revestimento do estômago) ou glândulas mucosas e seromucosas. A composição precisa do muco varia com o tecido e as células secretórias que o produzem. Todas as mucinas consistem em proteínas centrais filamentosas às quais estão afixadas cadeias de carboidratos, usualmente ramificadas; o muco salivar contém aproximadamente 600 cadeias. Os resíduos de carboidratos incluem glicose, fucose, galactose e *N*-acetilglicosamina (ácido siálico). Os terminais de algumas cadeias de carboidratos são idênticos aos antígenos de grupos sanguíneos do grupo ABO na maioria da população (secretores que apresentam o gene secretor S^e) e podem ser detectados no muco salivar por meio de testes clínicos apropriados. As longas cadeias poliméricas de carboidratos ligam água e protegem superfícies contra dessecação; elas também proveem boas propriedades lubrificantes. Em forma concentrada, as mucinas formam camadas viscosas que protegem os tecidos subjacentes contra lesão.

A síntese de muco começa no retículo endoplasmático rugoso. Ele então é passado para o complexo de Golgi, onde é conjugado com carboidratos sulfatados para formar a glicoproteína mucinogênio, e esta é exportada em pequenas vesículas densas limitadas por membrana, as quais se intumescem à medida que se aproximam da superfície celular, com a qual elas se fundem antes de liberarem o seu conteúdo.

SEROSA (MEMBRANA SEROSA)

A serosa consiste em uma camada única de células mesoteliais escamosas sustentada por uma camada subjacente de tecido conjuntivo frouxo que contém numerosos vasos sanguíneos e linfáticos. As células serosas são derivadas do mesênquima embrionário e assim compartilham uma linhagem comum com células do tecido conjuntivo. Entretanto, estruturalmente elas se assemelham a epitélios escamosos e expressam filamentos intermediários de ceratina. A serosa reveste as cavidades pleural, pericárdica e peritonial, cobre as superfícies externas dos órgãos que estão situados dentro dessas cavidades e, no abdome, os mesentérios que os envolvem. Um espaço potencial, cheio de pequena quantidade de líquido seroso contendo proteína — em grande parte um exsudato do líquido intersticial — existe entre a camada parietal e a visceral interna da serosa.

FÁSCIA

Fáscia é um termo aplicado a massas de tecido conjuntivo suficientemente grandes para serem visíveis macroscopicamente. Sua estrutura é altamente variável, mas em geral as fibras colágenas na fáscia tendem a ser entremeadas e raramente mostram a orientação compacta, paralela, vista nos tendões e aponeuroses.

A fáscia que é organizada em condensações sobre as superfícies dos músculos — e suas bainhas epimisiais — e outros tecidos é chamada fáscia de revestimento. Entre músculos que se movem extensamente, ela assume a forma de tecido conjuntivo areolar frouxo e fornece um grau de isolamento mecânico. Ela constitui o enchimento frouxo de tecido conjuntivo em torno dos nervos, vasos sanguíneos e linfáticos periféricos quando eles passam entre outras estruturas e, muitas vezes, os liga formando feixes neurovasculares. Ela forma uma camada de tecido conjuntivo denso revestindo alguns grandes vasos, por exemplo, as artérias carótida comum e femoral, e sua presença aqui pode ser funcionalmente importante, ajudando o retorno venoso ao aproximar as grandes veias das artérias pulsando.

FÁSCIA SUPERFICIAL

A fáscia superficial é uma camada de tecido conjuntivo frouxo de variável espessura que se funde com o aspecto profundo da derme; assim, é também conhecida como hipoderme. É muitas vezes adiposa, particularmente entre músculo e pele. Ela permite mobilidade aumentada da pele, e o componente adiposo contribui para isolação térmica e constitui uma reserva de energia para uso metabólico. Nervos subcutâneos, vasos e linfáticos viajam na fáscia superficial; seus troncos principais situam-se na sua camada mais profunda, onde tecido adiposo é escasso. Na cabeça e pescoço, a fáscia superficial também contém um grupo de músculos estriados — chamados coletivamente músculos da mímica facial (Cap. 29) —, os quais são um remanescente das lâminas mais extensas de musculatura associada com a pele encontradas em outros mamíferos (*panniculus carnosus*).

A quantidade e a distribuição da gordura subcutânea diferem entre os sexos. Ela geralmente é mais abundante e amplamente distribuída nas mulheres. Nos homens, diminui do tronco para as extremidades; essa distribuição se torna mais óbvia na meia-idade, quando a quantidade total aumenta em ambos os sexos. Há uma associação com o clima (em vez da raça), e a gordura superficial é mais abundante nas regiões geográficas mais frias. A fáscia superficial é mais distinta na parede abdominal anterior, onde contém muito tecido elástico e se mostra em muitas camadas ao passar através das regiões inguinais para as coxas. Ela é bem diferenciada nos membros e no períneo, mas é fina onde passa sobre os aspectos dorsais das mãos e pés, os lados do pescoço e face, em torno do ânus e sobre o pênis e o escroto, e é quase ausente nas orelhas externas. Fáscia superficial típica está ausente nas palmas e plantas, onde numerosas bandas de tecido colágeno forte prendem a derme da pele às estruturas subjacentes. Também típica é a pele do couro cabeludo, onde tecido conjuntivo dérmico denso e a aponeurose epicraniana são ligadas juntas sob a forma de uma camada que se "move" sobre tecido conjuntivo frouxo sobrejacente ao periósteo do crânio.

FÁSCIA PROFUNDA

A fáscia profunda é também composta principalmente de fibras colágenas, mas estas estão compactadas e em muitos casos dispostas tão regularmente que a fáscia profunda pode ser indistinguível de tecido aponeurótico. Nos membros, onde a fáscia profunda é bem desenvolvida, as fibras colágenas são longitudinais ou transversas e se condensam em resistentes bainhas inelásticas em torno da musculatura.

REFERÊNCIAS

Bischoff SC 2007 Role of mast cells in allergic and non-allergic immune responses: comparison of human and murine data. Nat Rev Immunol 7: 93–104.

Blanpain C, Horsley V, Fuchs E 2007 Epithelial stem cells: turning over new leaves. Cell 128: 445–458.

Even-Ram S, Yamada KM 2005 Cell migration in 3D matrix. Curr Opin Cell Biol 17: 524–532.

Hinz B, Gabbiani G 2003 Cell-matrix and cell–cell contacts of myofibroblasts: role in connective tissue remodeling. Thromb Haemost 90: 993–1002.

Iozzo RV 2005 Basement membrane proteoglycans: from cellar to ceiling. Nat Rev Mol Cell Biol 6: 646–656.

McAnulty RJ 2007 Fibroblasts and myofibroblasts: their source, function and role in disease. Int J Biochem & Cell Biol 39: 666–671.

Mott JD, Werb Z 2004 Curr Opin Cell Biol 16: 558–564.

Pollard TD, Earnshaw WC 2007 Cell Biology. Philadelphia: Saunders. Section VIII, Cell adhesion and the extracellular matrix.

CAPÍTULO 3

Sistema nervoso

O sistema nervoso tem duas divisões principais, o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP). O SNC consiste no encéfalo e na medula espinal, e contém a maioria dos corpos celulares neuronais. O SNP inclui todo o tecido nervoso fora do sistema nervoso central, e é subdividido em nervos cranianos e espinais, o sistema nervoso autônomo (SNA) periférico (incluindo o sistema nervoso entérico da parede do tubo digestório, SNE) e os sentidos especiais (paladar, olfato, visão, audição e equilíbrio). Ele é composto principalmente dos axônios de neurônios sensitivos e motores que passam entre o SNC e o corpo. Entretanto, o SNE contém tantos neurônios intrínsecos nos seus gânglios quanto a medula espinal inteira, não é conectado diretamente ao SNC, e pode ser considerado separadamente como uma terceira divisão do sistema nervoso (Gershon, 1998).

O SNC é derivado do tubo neural (Cap. 24). Os corpos celulares dos neurônios estão muitas vezes agrupados juntos em áreas individualizadas chamadas núcleos, ou eles podem formar camadas mais extensas de células; coletivamente eles constituem a substância cinzenta. Os dendritos e contatos sinápticos neuronais estão predominantemente limitados às áreas de substância cinzenta, e formam parte da sua malha de processos neuronais e gliais chamada neurópilo. Seus axônios se juntam a feixes de fibras nervosas, que tendem a se agrupar separadamente para formar tratos. Na medula espinal, cerebelo, cérebro (Caps. 20, 22) e em algumas outras áreas, as concentrações de tratos constituem a substância branca, assim chamada porque os axônios muitas vezes estão envolvidos por bainhas de mielina ricas em lipídio, que são brancas quando frescas (Fig. 3.1).

O SNP é composto dos axônios eferentes (fibras) de neurônios motores situados dentro do SNC, e os corpos celulares de neurônios sensitivos (agrupados juntos sob a forma de gânglios) e seus processos aferentes. As células sensitivas nos gânglios das raízes posteriores emitem processos dirigidos central e perifericamente: não há sinapses sobre os seus corpos celulares. Também são incluídos os neurônios ganglionares do SNA, os quais recebem contatos sinápticos das fibras periféricas de neurônios autônomos pré-ganglionares, cujos corpos celulares estão situados dentro do SNC. Os corpos celulares neuronais nos gânglios periféricos são, todos, derivados embriologicamente de células que migram a partir da crista neural (pág. 201).

Quando o tubo neural é formado durante o desenvolvimento pré-natal, as suas paredes se espessam muito, mas não obliteram completamente a cavidade no seu interior. Esta última permanece na medula espinal sob a forma do estreito canal central, e no encéfalo se torna grandemente expandida para formar uma série de cavidades interconectadas chamadas sistema ventricular. No encéfalo anterior e no encéfalo posterior, partes do teto do tubo neural não geram células nervosas, mas se tornam finas lâminas pregueadas de tecido secretório que são invadidas por vasos sanguíneos e são chamadas plexos corióideos. Os plexos secretam líquido cerebrospinal (LC) que enche os ventrículos e os espaços subaracnóideos e penetra os espaços intercelulares do encéfalo e na medula espinal para criar o seu líquido intersticial. O SNC possui um rico suprimento sanguíneo, o que é essencial para sustentar sua alta taxa metabólica. A barreira hematoencefálica impõe consideráveis restrições às substâncias que podem se difundir a partir da corrente sanguínea para dentro do tecido nervoso.

Os neurônios codificam informação, conduzem-na por distâncias consideráveis, e, a seguir, a transmitem a outros neurônios ou a várias células não neurais. O movimento desta informação dentro do sistema nervoso depende da condução rápida de impulsos elétricos transitórios ao longo das membranas plasmáticas neuronais. A transmissão a outras células é mediada pela secreção de neurotransmissores em junções especiais com outros neurônios (sinapses), ou com células fora do sistema nervoso, por exemplo, células musculares (junções neuromusculares), células glandulares, tecido adiposo etc., o que causa alterações no seu comportamento.

O sistema nervoso contém grandes populações de células não neuronais, a neuróglia ou glia, as quais, embora não ativas eletricamente da mesma maneira, são responsáveis pela criação e manutenção do ambiente apropriado, no qual os neurônios possam operar de forma eficiente. De fato, agora sabemos que a comunicação bidirecional entre os neurônios e as células gliais é essencial para atividade neural normal (Fields e Stevens-Graham, 2002). No SNC, a glia supera em número os neurônios em 10–50 vezes, e consiste em micróglia e macróglia. A macróglia é subdividida em três tipos principais, oligodendrócitos, astrócitos e células ependimárias. A principal célula glial do SNP é a célula de Schwann. Células satélites rodeiam cada soma neuronal nos gânglios.

NEURÔNIOS

A maioria dos neurônios no SNC está aglomerada em núcleos, colunas ou camadas, ou dispersa dentro da substância cinzenta. Os neurônios do SNP estão confinados em gânglios. Independente da localização, os neurônios compartilham muitas características gerais, as quais são discutidas aqui no contexto dos neurônios centrais. As características especiais dos neurônios ganglionares e seus tecidos adjacentes são discutidas nas páginas 55-56.

Os neurônios exibem grande variabilidade de tamanho (os corpos celulares variam de 5 a 100 μm de diâmetro) e forma. Suas áreas de superfície são extensas porque a maioria dos neurônios apresenta numerosos processos celulares ramificados. Eles geralmente têm um corpo celular (pericário ou soma) arredondado ou poligonal. Este é uma massa central de citoplasma que encerra um núcleo e emite longas extensões ramificadas, com as quais são feitos a maioria dos contatos intercelulares. Tipicamente, um destes processos, o axônio, é muito mais longo que os outros, os dendritos (Fig. 3.2). Os dendritos conduzem sinais elétricos na direção de um soma, enquanto os axônios conduzem impulsos para longe dele.

Os neurônios podem ser classificados de acordo com o número e disposição dos seus processos. Os neurônios multipolares (Fig. 3.3) são comuns: eles possuem uma extensa árvore dendrítica que se origina de um dendrito primário único ou diretamente do soma, e um único axônio. Os neurônios bipolares, que tipificam os neurônios dos sistemas dos sentidos especiais, por exemplo, na retina (pág. 697), possuem somente um dendrito que emerge do soma oposto ao polo axonal. Os neurônios unipolares que transmitem sensibilidade geral, por exemplo, neurônios dos gânglios sensitivos de nervo espinal, têm um único processo curto que se bifurca em processos periférico e central (pág. 55). Este arranjo se origina pela fusão dos processos axonal proximal e dendrítico de um neurônio bipolar durante o desenvolvimento: eles podem também, portanto, ser chamados pseudounipolares. Os neurônios também são classificados conforme os seus axônios terminam: localmente sobre outros neurônios (interneurônios), ou se transmitem impulsos a longas distâncias, muitas vezes para territórios distintos por meio de tratos definidos (neurônios de projeção).

Os neurônios são células pós-mitóticas e, com poucas exceções, não são substituídos quando perdidos.

SOMA

A membrana plasmática do soma é não mielinizada e estabelece sinapses axossomáticas inibitórias e excitatórias: muito ocasionalmente, podem ser feitos contatos somassomáticos e dendrossomáticos. A superfície não sináptica é coberta por processos astrocíticos ou de oligodendrócitos satélites.

O citoplasma de um soma típico (Fig. 3.2) é rico em retículos endoplasmáticos rugosos e lisos, e em polirribossomos livres, indicando um nível alto de atividade de síntese de proteína. Polirribossomos livres muitas vezes se reúnem em grandes grupos associados com o retículo endoplasmático rugoso. Estes agregados de estruturas ricas em RNA são visíveis por microscopia óptica como corpos ou grânulos basófilos de Nissl. Eles são mais óbvios em grandes células altamente ativas, como neurônios motores espinais (Fig. 3.4), que contêm grandes pilhas de retículo endoplasmático rugoso e agregados de polirribossomos. A manutenção e a renovação dos componentes citoplasmáticos e membranosos são necessárias em todas as células: o imenso volume total de citoplasma dentro do soma e dos processos de muitos neurônios exige considerável dedicação de maquinaria sintetizadora de proteína. Os neurônios também sintetizam outras proteínas (sistemas enzimáticos etc.) envolvidas na produção de neurotransmissores e na recepção e transdução dos estímulos que chegam. Várias proteínas transmembrânicas de canais e enzimas estão localizadas nas superfícies dos neurônios, onde elas são associadas com movimentos de íons. O aparelho para síntese de proteína (incluindo RNA e ribossomos) ocupa o soma e os dendritos, mas em geral é ausente nos axônios.

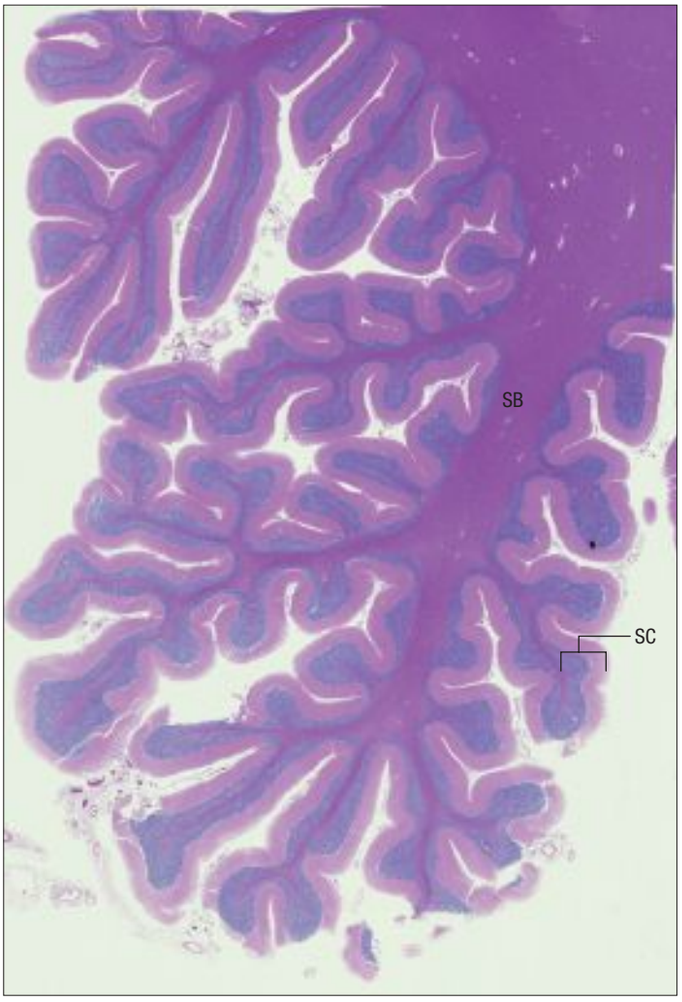


Fig. 3.1 Corte através de cerebelo humano corado para mostrar o arranjo no encéfalo da substância branca central (SB, rosa-escuro) e a substância cinzenta (SC) externa altamente pregueada. No cerebelo, a SC consiste em um estrato granuloso interno de pequenos neurônios compactamente agregados (azul) e um estrato molecular mais externo (rosa-claro) onde os processos neuronais fazem contatos sinápticos.

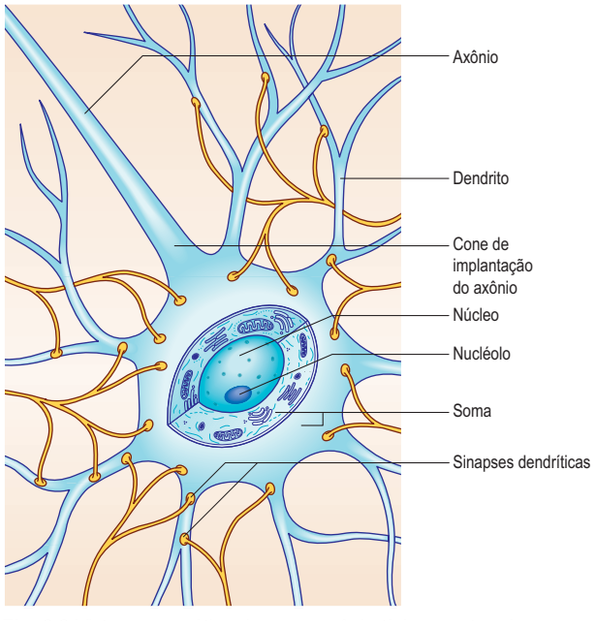


Fig. 3.2 Vista esquemática de um neurônio típico mostrando o soma (cortado para mostrar o núcleo e as organelas citoplasmáticas), a árvore dendrítica com contatos sinápticos (também mostrados fazendo contato com o soma), o cone de implantação do axônio e a parte proximal do axônio.

O núcleo é caracteristicamente grande, redondo e eucromático, e contém pelo menos um nucléolo proeminente; estes são aspectos típicos de todas as células engajadas em níveis substanciais de síntese de proteína. O citoplasma contém muitas mitocôndrias e números moderados de lisossomos. Os complexos de Golgi estão geralmente perto do núcleo, próximo das bases dos dendritos principais e opostos ao cone de implantação do axônio.

O citoesqueleto neuronal é uma característica proeminente do seu citoplasma e confere forma, resistência e suporte aos dendritos e axônios. Várias doenças neurodegenerativas são caracterizadas por agregados anormais de proteínas citoesqueléticas (Cairns *et al.*, 2004). Os neurofilamentos (os filamentos intermediários dos neurônios) e microtúbulos são abundantes no soma e ao longo dos dendritos e axônios: as proporções variam com o tipo de neurônio e o processo celular. Feixes de neurofilamentos constituem neurofibrilas que podem ser vistas por microscopia óptica em cortes corados com prata ou imunomarcados. Os neurofilamentos são heteropolímeros de proteínas montados a partir de três subunidades polipeptídicas, NF-L (68 quilodáltons [kDa]), NF-M (160 kDa) e NF-H (200 kDa). NF-M e NF-H possuem longos domínios C-terminais que se projetam como ramos laterais do neurofilamento montado e se ligam a filamentos vizinhos. Eles podem ser intensamente fosforilados, particularmente nos neurofilamentos altamente estáveis dos axônios maduros, e acredita-se que conferem aos axônios sua resistência à tração. Alguns axônios são quase completamente preenchidos por neurofilamentos.

Os microtúbulos são importantes no transporte axonal, embora os dendritos geralmente possuam mais microtúbulos que os axônios. Os centríolos persistem nos neurônios pós-mitóticos maduros, nos quais estão envolvidos com a geração de microtúbulos em vez de divisão celular. Os centríolos são associados com cílios nas superfícies dos neuroblastos em desenvolvimento. Seu significado, a não ser em algumas terminações sensoriais (p. ex., a mucosa olfatória, pág. 553), não é conhecido.

Grânulos de pigmento (Fig. 3.5) aparecem em certas regiões, por exemplo, neurônios da substância negra contêm neuromelanina, provavelmente um produto de eliminação da síntese de catecolamina. No *locus ceruleus* um pigmento similar, rico em cobre, produz uma cor azulada nos neurônios. Alguns neurônios são inusitadamente ricos em certos metais que podem formar um componente de sistemas enzimáticos, por exemplo, zinco no hipocampo e ferro no núcleo do nervo oculomotor. Os neurônios em envelhecimento, especialmente nos gânglios espinais, acumulam grânulos de lipofuscina (pigmento da senilidade) em corpos residuais, os quais são lisossomos atulhados de material lipoproteico parcialmente degradado (*corpos amiláceos*).

DENDRITOS

Os dendritos são processos altamente ramificados, geralmente curtos, que se projetam do soma (Fig. 3.2). Os padrões de ramificação de muitos arranjos dendríticos são provavelmente estabelecidos por interações adesivas aleatórias entre cones de crescimento dendrítico e axônios aferentes, as quais ocorrem durante o desenvolvimento. Há uma superprodução de dendritos no desenvolvimento inicial, que são podados em resposta à demanda funcional, à medida que o sistema nervoso amadurece e a informação é processada através da árvore dendrítica. Há evidência que as árvores dendríticas podem ser estruturas plásticas durante toda a vida adulta, expandindo-se e contraindo-se conforme o tráfego de atividade sináptica varia, através de diferentes contatos axodendríticos aferentes (para revisão ver Wong e Ghosh, 2002). Grupos de neurônios com funções semelhantes têm estrutura arbórea estereotipada semelhante (Fig. 3.6), sugerindo que os padrões de ramificação dos dendritos são determinantes importantes da integração dos diferentes *aferências* que convergem sobre a árvore.

Os dendritos diferem dos axônios em muitos aspectos. Eles representam o sistema aferente em vez do eferente do neurônio, e recebem contatos axodendríticos excitatórios e inibitórios. Eles também podem fazer conexões dendrodendríticas e dendrossomáticas (Fig. 3.9), algumas das quais são recíprocas. Sinapses ocorrem ou sobre pequenas projeções chamadas espinhas dendríticas ou sobre a superfície lisa dendrítica. Os dendritos contêm ribossomos, retículo endoplasmático liso, microtúbulos, neurofilamentos, filamentos de actina e complexos de Golgi. Suas proteínas de neurofilamentos são pouco fosforiladas, e seus microtúbulos expressam quase exclusivamente a proteína associada a microtúbulos (MAP)-2, em comparação com os axônios.

As formas das espinhas dendríticas variam desde simples saliências a estruturas com uma haste mais delgada e extremidade distal expandida. A maioria das espinhas não tem mais de 2 μm de comprimento, e tem uma ou mais expansões terminais; elas também podem ser curtas e grossas, ramificadas ou bulbosas. Ribossomos e polirribossomos livres estão concentrados na base da espinha. Os acúmulos ribossômicos próximos de sinapses provêm um mecanismo para plasticidade sináptica dependente de atividade através da regulação local da síntese de proteína.

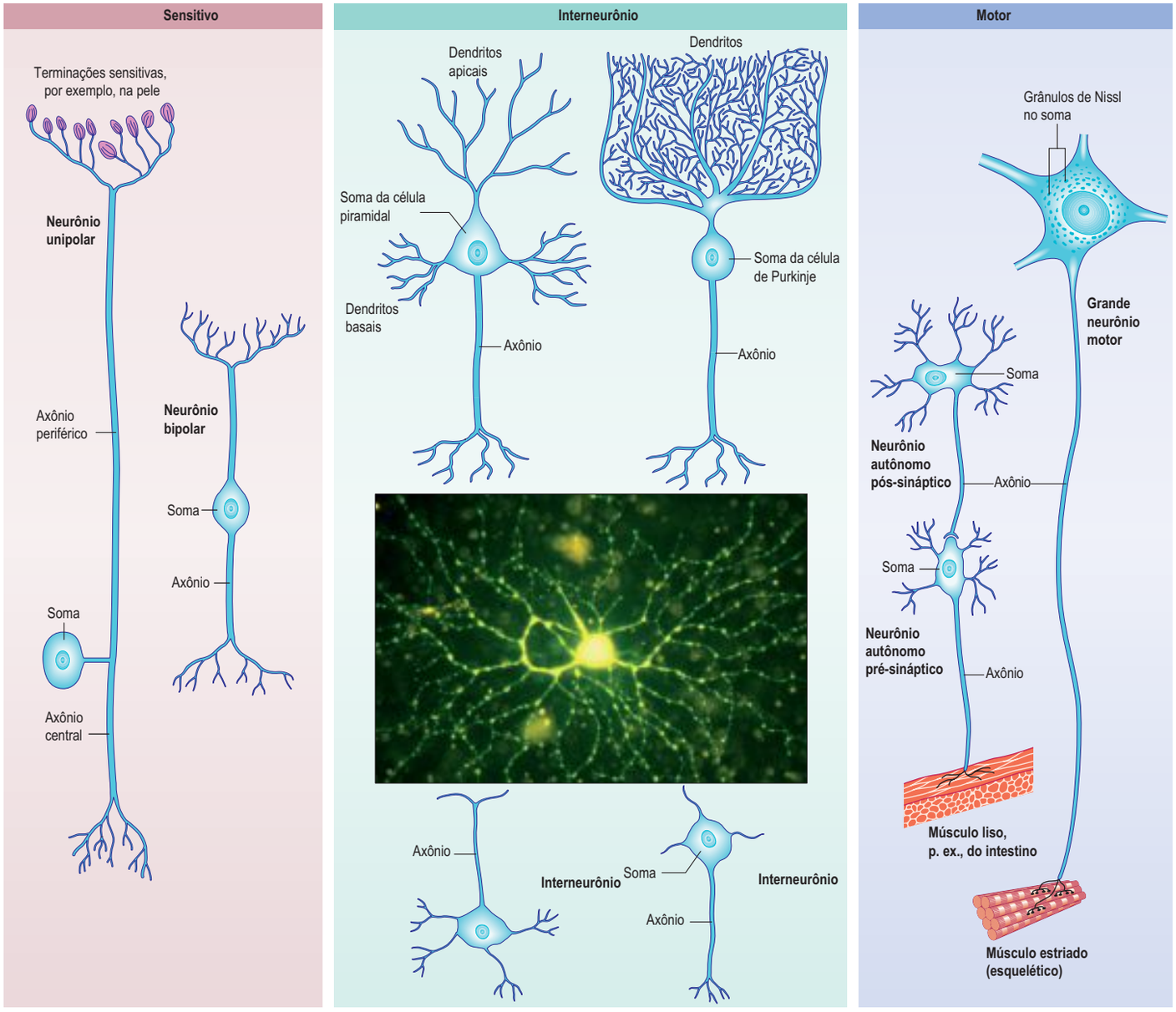


Fig. 3.3 A variedade de formas dos neurônios e seus processos. O detalhe mostra uma célula ganglionar multipolar da retina humana, preenchida com corante fluorescente por microinjeção. (A fotomicrografia em detalhe é cortesia dos Drs. Richard Wingate, James Morgan e Ian Thompson, King's College, London.)

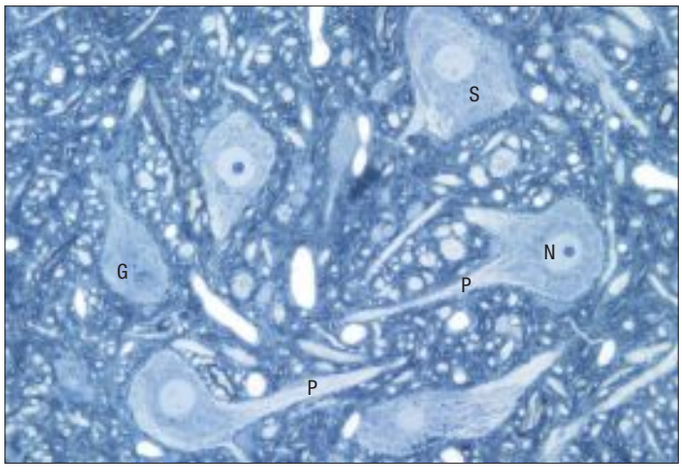


Fig. 3.4 Neurônios motores espinais (corte em resina corado com azul de toluidina, tecido de rato) mostrando um grupo de corpos celulares (somas, S), alguns com as partes proximais de processos (P) axonais e dendríticos visíveis. Seus núcleos (N) tipicamente possuem nucléolos proeminentes, que se coram intensamente, indicando células altamente ativas metabolicamente; dois são visíveis no plano de corte. Grânulos de Nissl (G) são vistos no citoplasma. O neurópilo, que circunda os somas neuronais, consiste nos processos entremeados destes e outros neurônios e de células neurogliais.

AXÔNIOS

O axônio se origina do soma ou do segmento proximal de um dendrito, em uma região especializada livre de grânulos de Nissl, o cone de implantação do axônio (Fig. 3.2). Os potenciais de ação são iniciados aqui. A membrana plasmática axonal (axolema) é coberta no cone de implantação por uma concentração de moléculas citoesqueléticas, incluindo fibrilas de espectrina e atina, as quais são importantes para ancorar numerosos canais sensíveis à voltagem na membrana. O cone de implantação não é mielinizado e frequentemente participa de sinapses axoaxonais inibitórias. Ele é único, porque contém agregados ribossômicos imediatamente sob a membrana pós-sináptica.

No SNC, pequenos axônios não mielinizados encontram-se livres no neurópilo, enquanto no SNP eles estão inclusos no citoplasma da célula de Schwann. A mielina, que é formada em torno de quase todos os axônios > 2 μm de diâmetro pelos oligodendrócitos no SNC e pelas células de Schwann no SNP, começa no limite distal do cone de implantação. Os nódulos de Ranvier são regiões estreitadas e especializadas de axolema amielínico, onde potenciais de ação são gerados e onde o axônio pode se ramificar. Em ambos o SNC e o SNP, o território dos axônios mielinizados entre nódulos adjacentes é chamado internódulo. A região próxima ao nódulo, onde termina a bainha de mielina, é chamada paranódulo. A espessura da mielina e os comprimentos internodais são, em geral, positivamente correlacionados com o diâmetro do axônio. A densidade de canais de sódio no axolema é mais alta nos nódulos de Ranvier, e muito baixa ao longo das membranas internodais: canais de sódio estão espalhados mais uniformemente no axolema dos axônios não mielinizados. Canais de potássio rápidos estão

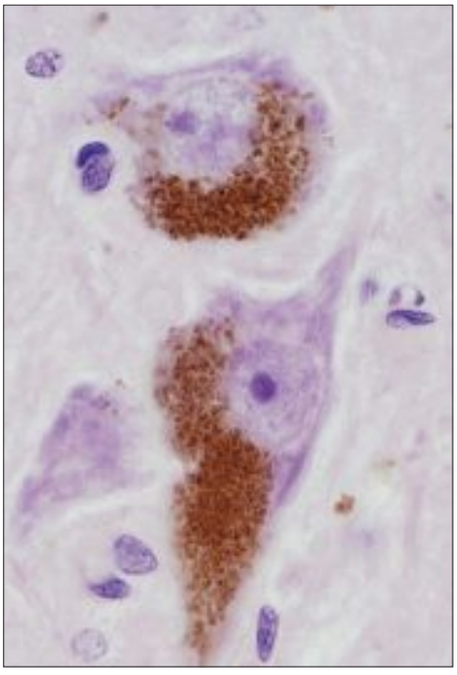


Fig. 3.5 Neurônios da substância negra do mesencéfalo humano, mostrando grânulos citoplasmáticos do pigmento neuromelanina.

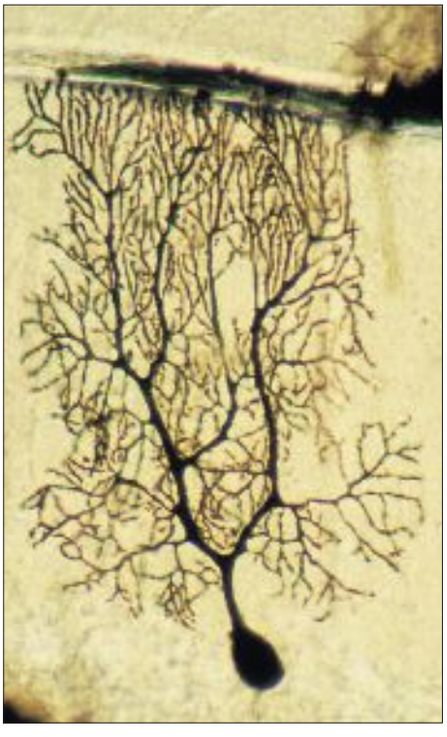


Fig. 3.6 Neurônio de Purkinje do cerebelo de rato corado pelo método de Golgi–Cox, mostrando o extenso arranjo bidimensional de dendritos. (Por cortesia de Martin Sadler e M. Berry, Division of Anatomy and Cell Biology, GKT School of Medicine, Londres.)

presentes nas regiões paranodais dos axônios mielinizados. Finos processos de citoplasma glial (astrocíticos no SNC, de célula de Schwann no SNP) circundam o axolema nodal.

Os terminais do axônio não são mielinizados, e a maioria se expande em botões pré-sinápticos que podem formar conexões com axônios, dendritos, somas neuronais ou, na periferia, com fibras musculares, glândulas e tecido linfoide. As exceções incluem as terminações nervosas livres sensitivas aferentes, por exemplo, na epiderme, que não são especializadas estruturalmente e os terminais periféricos de fibras sensitivas aferentes com terminações encapsuladas (Fig. 3.30). Os terminais axônicos podem, por si, receber contato de outros axônios, formando circuitos inibitórios pré-sinápticos axoaxonais. Detalhes adicionais dos microcircuitos neuronais são apresentados em Kandel *et al.* (2000).

Os axônios contêm microtúbulos, neurofilamentos, mitocôndrias, vesículas com membrana, cisternas e lisossomos. Os axônios geralmente não contêm ribossomos ou complexos de Golgi, exceto no cone de implantação: excepcionalmente, as fibras neurossecretórias de neurônios hipotalâmico-hipofisários contêm o mRNA de neuropeptídeos. As organelas são distribuídas diferencialmente ao longo dos axônios, por exemplo, há maior densidade de mitocôndrias e vesículas com membranas no cone de implantação, nos nodos e em terminações pré-sinápticas. Os microtúbulos axonais são interconectados por MAPs de ligação cruzada, das quais tau é a mais abundante. Os microtúbulos possuem uma polaridade intrínseca, e nos axônios todos os microtúbulos são uniformemente orientados com suas extremidades em crescimento rápido dirigidas para longe do soma na direção do terminal axônico. Proteínas de neurofilamentos, variando de altos a baixos pesos moleculares, são altamente fosforiladas nos axônios maduros, enquanto os axônios em crescimento e em regeneração expressam uma fosfoproteína associada à membrana ligadora de calmodulina, a proteína-43, associada a crescimento (GAP-43), bem como neurofilamentos pouco fosforilados.

Os neurônios respondem diferentemente à lesão, dependendo se o dano ocorrer no SNC ou no SNP. O microambiente glial do axônio central danificado não facilita a regeneração axonal, e consequentemente a reconexão com alvos sinápticos originais normalmente não ocorre. Em pronunciado contraste, o microambiente glial no SNP é capaz de facilitar a regeneração axonal. Entretanto, o resultado funcional do reparo clínico de um grande nervo periférico misto é frequentemente insatisfatório, especialmente se a lesão ocorrer a alguma distância do órgão-alvo, ou produzir um defeito longo no nervo danificado.

Fluxo axoplasmático

As organelas e o citoplasma neuronais estão em contínuo movimento. As correntes bidirecionais de vesículas ao longo dos axônios resultam no transporte em rede de materiais do soma para os terminais, com movimento mais limitado na direção oposta. Ocorrem dois tipos principais de transporte, um lento e um relativamente rápido. O transporte axonal lento é um fluxo bruto de axoplasma apenas na direção anterógrada, carregando proteínas citoesqueléticas e proteínas solúveis não delimitadas por membrana do soma para os terminais a uma velocidade de aproximadamente 0,1–3 mm por dia. Em contraste, o transporte axonal rápido transporta material vesicular delimitado por membrana (endossomos e vacúolos autofágicos lisossômicos) e mitocôndrias a aproximadamente 200 mm por dia na direção retrógrada (na direção do soma) e aproximadamente 40 mm por dia anterogradamente (especialmente as vesículas sinápticas contendo neurotransmissores).

O fluxo rápido depende de microtúbulos. Vesículas com projeções laterais se alinham ao longo dos microtúbulos e são transportadas ao longo deles pelos seus ramos laterais. Duas proteínas motoras de microtúbulos com atividade de ATPase estão envolvidas no transporte rápido: as proteínas da família das cinesinas são responsáveis pelo componente rápido do transporte anterógrado, e a dineína citoplasmática é responsável pelo transporte retrógrado. O transporte axonal dependente de microtúbulos pode ser revisado em Guzik e Goldstein (2004). O transporte retrógrado medeia o movimento de vírus neurotrópicos, por exemplo, herpes-zóster, raiva e pólio, a partir das terminações periféricas, e sua concentração posterior no soma neuronal.

SINAPSES

A transmissão de impulsos através de junções especializadas (sinapses) entre dois neurônios é, em grande parte, química e depende da liberação de neurotransmissores a partir do lado pré-sináptico. Isto causa uma alteração no estado elétrico da membrana neuronal pós-sináptica, resultando em sua despolarização ou hiperpolarização.

Os padrões da terminação axonal variam consideravelmente. Um único axônio pode fazer sinapse com um neurônio (p. ex., fibras trepadeiras terminando em neurônios cerebelares de Purkinje), ou, mais frequentemente, com muitos neurônios (p. ex., fibras paralelas cerebelares, que fornecem um exemplo extremo deste fenômeno) (pág. 302). Nos glomérulos sinápticos, por exemplo, no bulbo olfatório e no cerebelo, e em cartuchos sinápticos, os grupos de sinapses entre dois ou muitos neurônios formam unidades interativas encapsuladas por neuróglia (Fig. 3.7).

Sinapses elétricas (comunicação direta por meio de junções tipo fenda-comunicantes) são raras no SNC humano e estão limitadas principalmente a grupos de neurônios com atividade firmemente acoplada, por exemplo, o centro inspiratório no bulbo. Elas não serão discutidas em profundidade aqui.

Classificação das sinapses químicas

As sinapses químicas têm organização estrutural assimétrica (Figs. 3.8 e 3.9), coerente com a natureza unidirecional da sua transmissão. As sinapses químicas típicas compartilham várias características importantes. Todas exibem uma área de membrana pré-sináptica aposta a uma membrana pós-sináptica correspondente: as duas são separadas por uma fenda estreita (20–30 nm), a fenda sináptica. Vesículas sinápticas contendo neurotrans-

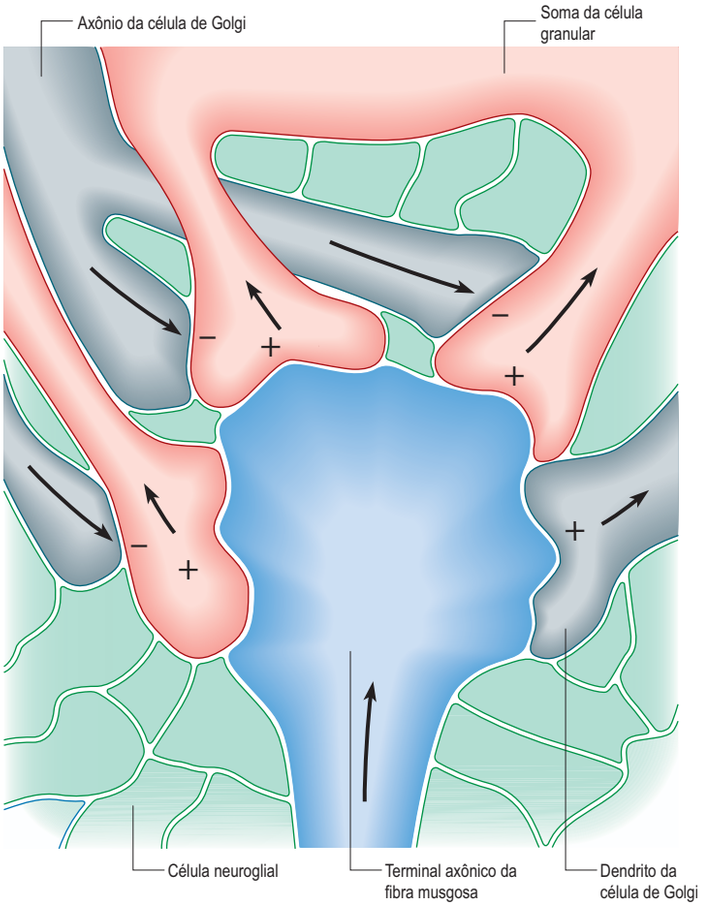


Fig. 3.7 O arranjo de uma unidade sináptica complexa. Um glomérulo sináptico cerebelar com sinapses excitatórias ("+") e inibitórias ("–") agrupadas em torno de um botão axonal central. As direções de transmissão estão mostradas pelas setas.

missor situam-se no lado pré-sináptico, aglomeradas junto a uma placa densa na face citoplasmática da membrana pré-sináptica. Uma região correspondente de material denso submembrânico está presente no lado pós-sináptico. Juntas, estas definem a zona ativa, a área da sinapse onde a neurotransmissão ocorre.

As sinapses químicas podem ser classificadas de acordo com vários parâmetros diferentes, incluindo as regiões neuronais que formam a sinapse, suas características ultraestruturais, a natureza química do(s) seu(s) neurotransmissor(es) e seus efeitos sobre o estado elétrico do neurônio pós-sináptico. A classificação a seguir é limitada a associações entre neurônios. As junções neuromusculares compartilham muitos (embora não todos) destes parâmetros, e são muitas vezes chamadas sinapses periféricas. Elas são descritas separadamente na página 63.

As sinapses podem ocorrer entre quase quaisquer regiões da superfície dos neurônios participantes. O tipo mais comum ocorre entre um axônio e um dendrito ou um soma, quando o axônio é expandido como um pequeno bulbo ou botão (Figs. 3.8 e 3.9). Isto pode ser o terminal de um ramo axonal (botão terminal) ou de uma fileira de terminações semelhantes a contas, quando o axônio faz contato em vários pontos, muitas vezes com mais de um neurônio (botão de passagem). Os botões podem fazer sinapse com dendritos, incluindo espinhas dendríticas ou com a superfície plana de uma haste dendrítica, com um soma (geralmente na sua superfície plana, mas ocasionalmente sobre espinhas), com o cone de implantação e com os botões terminais de outros axônios.

A conexão é classificada de acordo com a direção da transmissão, e a região terminal que chega é denominada primeiro. As sinapses axodendríticas são mais comuns, embora conexões axossomáticas sejam frequentes. Todas as outras combinações possíveis são encontradas, porém são menos comuns, *i.e.*, axoaxônica, dendroaxônica, dendrodendrítica, somatodendrítica ou somatossomática. As sinapses axodendríticas e axossomáticas ocorrem em todas as regiões do SNC e nos gânglios autônomos, inclusive naqueles do SNE. Os outros tipos parecem restritos a regiões de interação complexa entre neurônios sensitivos maiores e microneurônios, por exemplo, no tálamo.

Ultraestruturalmente, as vesículas sinápticas podem ser internamente claras ou densas, e de diferentes tamanhos (classificadas de forma geral como pequenas ou grandes) e forma (redondas, achatadas ou pleomórficas, *i.e.*, de formas irregulares). O material denso submembranoso pode ser mais espesso no lado pós-sináptico que no pré-sináptico (sinapses assimétricas), ou equivalente em espessura (sinapses simétricas). As fitas sinápticas são encontradas em locais de neurotransmissão na retina e orelha interna. Elas

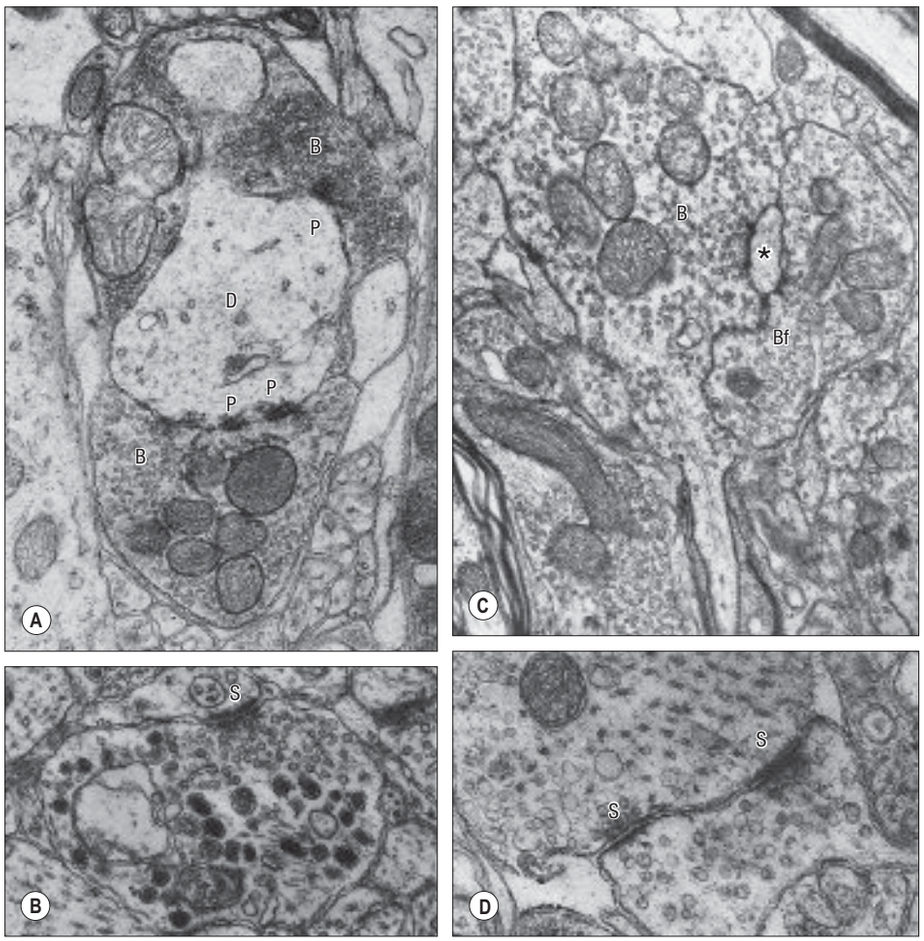


Fig. 3.8 Eletromicrografias demonstrando vários tipos de sinapse. **A,** Corte transversal de um dendrito (D) sobre o qual terminam dois botões sinápticos (B). O botão superior contém vesículas redondas e o botão inferior contém vesículas achatadas de tipo pequeno. Vários espessamentos pré e pós-sinápticos (P) marcam as zonas especializadas de contato. **B,** Uma sinapse tipo I (S, área pós-sináptica) contendo tanto vesículas pequenas, redondas, claras quanto também vesículas de centro denso do tipo neurossecretório. **C,** Um grande botão terminal (B) de uma fibra aferente do nervo óptico, que está fazendo contato com vários processos pós-sinápticos, no núcleo geniculado dorsolateral do rato. Um dos processos pós-sinápticos (*) também recebe um contato sináptico de um botão (Bf) que contém vesículas achatadas. **D,** Sinapses recíprocas (S) entre dois processos neuronais no bulbo olfatório. (Por cortesia do Professor AR Lieberman, Department of Anatomy, University College, London.)

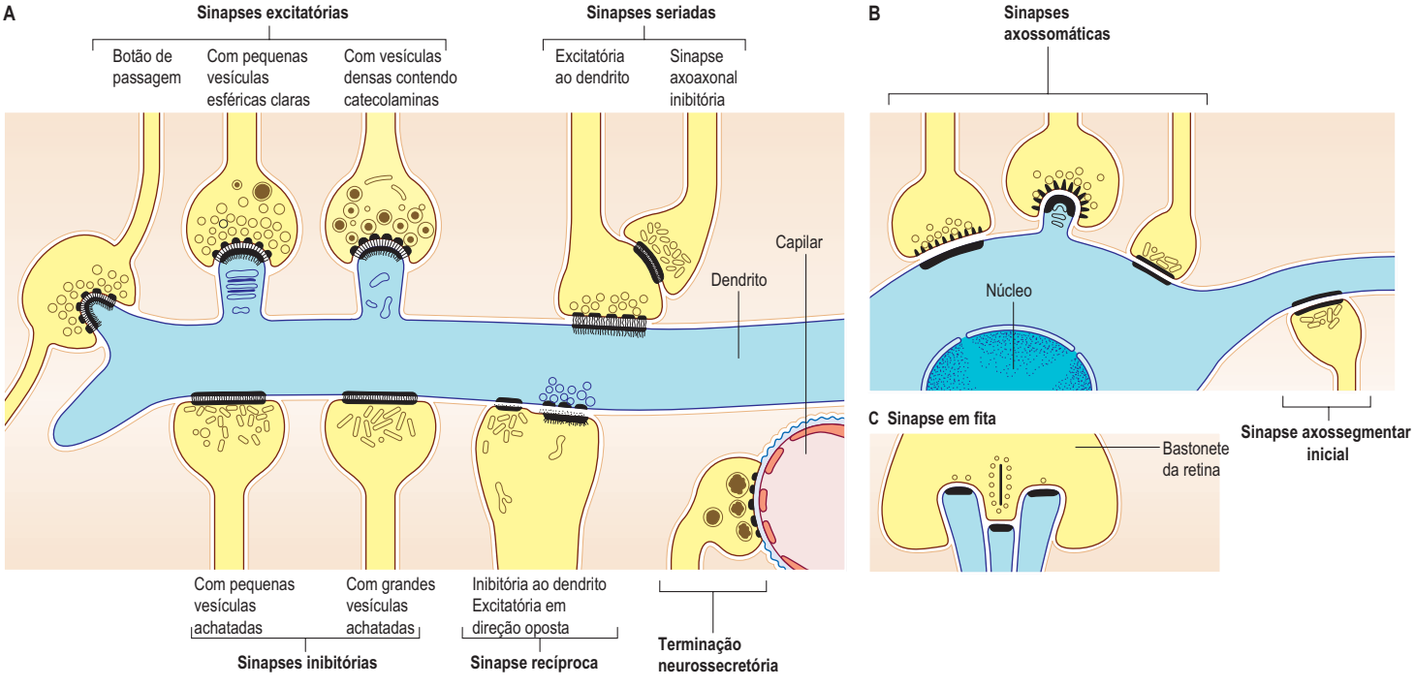


Fig. 3.9 Os arranjos estruturais de diferentes tipos de contato sináptico.

têm morfologia característica, pelo fato de que as vesículas sinápticas estão agrupadas em torno de material denso, semelhante a uma fita ou bastão, orientado perpendicularmente à membrana celular (Fig. 3.9).

Os botões sinápticos fazem contatos próximos óbvios com estruturas pós-sinápticas, mas muitos outros terminais não possuem zonas de contato especializadas. Áreas de liberação de transmissor ocorrem nas varicosidades dos axônios não mielinizados, onde os efeitos são às vezes difusos, por exemplo, as vias aminérgicas dos núcleos basais e nas fibras autônomas na periferia. Em alguns casos, esses axônios podem se ramificar amplamente através de áreas extensas do encéfalo e afetar o comportamento de populações muito grandes de neurônios, por exemplo, a inervação colinérgica difusa do córtex cerebral. A degeneração patológica nestas vias pode, portanto, causar distúrbios amplamente disseminados na função neural.

Os neurônios expressam uma variedade de neurotransmissores, tanto como uma classe de neurotransmissor por célula ou, mais frequentemente, como várias. Boas correlações existem entre alguns tipos de transmissores e características estruturais especializadas das sinapses. Em geral, as sinapses com pequenas vesículas relativamente esféricas estão associadas a acetilcolina (ACh), glutamato, serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT), e algumas aminas; aquelas com vesículas de centro denso incluem muitas sinapses peptidérgicas e outras aminas (p. ex., noradrenalina [norepinefrina], adrenalina [epinefrina], dopamina). Foi demonstrado que sinapses simétricas com vesículas achatadas ou pleomórficas contém ácido γ-aminobutírico (GABA) ou glicina.

As terminações neurossecretórias encontradas em várias partes do encéfalo, nas glândulas neuroendócrinas e nas células do sistema neuroendócrino disperso (pág. 31) compartilham muitas características com os botões pré-sinápticos. Elas todas contêm peptídeos ou glicoproteínas dentro de vesículas de centro denso. Estas últimas são de tamanho e aparência característicos: elas são muitas vezes elipsoides ou de forma irregular e relativamente grandes, por exemplo, as vesículas de oxitocina e vasopressina na neuro-hipófise podem ter até 200 nm de diâmetro.

As sinapses podem causar despolarização ou hiperpolarização da membrana pós-sináptica, dependendo do neurotransmissor liberado e das classes de molécula receptora na membrana pós-sináptica. A despolarização da membrana pós-sináptica resulta em excitação do neurônio pós-sináptico, enquanto a hiperpolarização tem o efeito de inibir transitoriamente a atividade elétrica. Variações sutis nestas respostas também podem ocorrer nas sinapses onde misturas de neuromediadores estão presentes e seus efeitos são integrados.

Sinapses tipo I e tipo II

Há duas categorias amplas de sinapse: sinapses tipo I, nas quais a área densa citoplasmática é mais espessa no lado pós-sináptico, e sinapses tipo II, nas quais as áreas densas pré e pós-sináptica são mais simétricas, porém mais finas. Os botões tipo I contêm predominantemente pequenas vesículas esféricas com aproximadamente 50 nm de diâmetro, e os botões tipo II contêm uma variedade de formas achatadas. Em todo o SNC, as sinapses tipo I são, geralmente, excitatórias e as de tipo II, inibitórias. Em alguns casos, sinapses tipo I e II são encontradas em estreita proximidade, orientadas em direções opostas através da fenda sináptica (uma sinapse recíproca).

Mecanismos de atividade sináptica

A ativação sináptica começa com a chegada de um ou mais potenciais de ação no botão pré-sináptico, o que causa a abertura de canais de cálcio voltagem sensíveis na membrana pré-sináptica. O tempo de resposta em sinapses de ação rápida típicas é então muito rápido; um neurotransmissor clássico (p. ex., ACh) é liberado em menos de um milissegundo, o que é mais rápido que o tempo de ativação de um sistema de segundo mensageiro no lado pré-sináptico. A entrada de cálcio ativa as proteinoquinases dependentes de Ca^{2+}. Isto desacopla as vesículas sinápticas de uma malha de espectrina-actina dentro da terminação pré-sináptica, à qual elas estão ligadas por meio de sinaptinas I e II. As vesículas encostam-se na membrana pré-sináptica, através de processos ainda não completamente compreendidos, e suas membranas se fundem para abrir um poro através do qual o neurotransmissor se difunde para dentro da fenda sináptica.

Uma vez que a vesícula tenha descarregado seu conteúdo, sua membrana é incorporada na membrana plasmática pré-sináptica e é, então, mais lentamente reciclada de volta para dentro do botão por endocitose em torno das margens do local ativo. O tempo entre a endocitose e a reliberação pode ser de aproximadamente 30 segundos; vesículas recém-recicladas competem aleatoriamente com vesículas previamente formadas pelo ciclo seguinte de liberação de neurotransmissor. A fusão das vesículas com a membrana pré-sináptica é responsável pelo comportamento quântico observado na liberação de neurotransmissor, tanto durante a ativação neural quanto espontaneamente, na condição de repouso com leve vazamento.

Os eventos pós-sinápticos variam muito, dependendo das moléculas receptoras e seus complexos moleculares relacionados. Os receptores são geralmente classificados como ionotrópicos ou metabotrópicos. Os receptores ionotrópicos funcionam como canais iônicos, de modo que alterações conformacionais induzidas na proteína receptora quando ela se liga ao neurotransmissor causam a abertura de um canal iônico dentro da mesma montagem proteica, causando assim uma alteração de voltagem dentro da célula pós-sináptica. Alguns exemplos são o receptor nicotínico de ACh e o receptor N-metil-D-aspartato (NMDA) de glutamato. Alternativamente, o receptor e o canal iônico podem ser moléculas separadas, acopladas por proteínas G, alguns por intermédio de uma cascata complexa de interações químicas (um sistema de segundo mensageiro), por exemplo, a via da adenilato ciclase. Os efeitos pós-sinápticos são geralmente rápidos e de curta duração, porque o transmissor é rapidamente inativado por uma enzima extracelular (p. ex., acetilcolinesterase, AChE), ou pela captação por células neurogliais. Exemplos desses receptores metabotrópicos são o receptor muscarínico de ACh e o receptor de 5-HT.

Neuro-hormônios

Os neuro-hormônios são incluídos na classe de moléculas com atividade semelhante à de neurotransmissor. Eles são sintetizados nos neurônios e

são liberados dentro da circulação sanguínea por exocitose em estruturas semelhantes a terminações sinápticas. Assim como acontece com os hormônios de glândulas endócrinas clássicas, eles podem atuar a grandes distâncias do seu local de secreção. Os neurônios secretam dentro do líquido cerebrospinal ou líquido intersticial local para afetar outras células, difusamente ou à distância. O termo geral neuromediação tem sido usado para abranger esta larga variedade de fenômenos, e as substâncias envolvidas são chamadas neuromediadores.

Neuromoduladores

Alguns neuromediadores não parecem afetar a membrana pós-sináptica diretamente, mas eles podem afetar suas respostas a outros neuromediadores, seja intensificando sua atividade (aumentando ou prolongando a resposta imediata), ou talvez limitando ou inibindo sua ação. Estas substâncias são chamadas neuromoduladores. Um único terminal sináptico pode conter um ou mais neuromoduladores em adição a um neurotransmissor, geralmente (mas nem sempre) em vesículas separadas. Os neuropeptídeos (ver a seguir) são quase todos neuromoduladores, pelo menos em algumas das suas ações. Eles são armazenados dentro de vesículas sinápticas granulares de vários tamanhos e aspectos.

Desenvolvimento e plasticidade das sinapses

As sinapses embrionárias aparecem primeiro como zonas densas inconspícuas flanqueando fendas sinápticas. Sinapses imaturas muitas vezes aparecem depois do nascimento, sugerindo que elas podem ser lábeis, e são reforçadas se a transmissão for funcionalmente eficaz, ou retiradas se for redundante. Isto é implícito em algumas teorias de memória, que postulam que as sinapses são modificáveis pela frequência de uso para estabelecer vias de condução preferenciais. Evidência obtida de neurônios hipocampais sugere que mesmo breve atividade sináptica pode aumentar a força e sensibilidade da sinapse por algumas horas ou mais (potencialização a longo prazo, PLP). Durante a vida pós-natal inicial, o aumento normal do desenvolvimento nos números e tamanhos das sinapses e espinhas dendríticas depende do grau de atividade neural, e é prejudicado em áreas de lesão ou privação funcional.

Moléculas neurotransmissoras

Até recentemente, as moléculas conhecidas como envolvidas em sinapses químicas eram limitadas a um grupo bem pequeno de neurotransmissores clássicos, por exemplo, ACh, noradrenalina, adrenalina, dopamina e histamina, todos os quais tinham efeitos rápidos e bem definidos sobre outros neurônios, células musculares ou glândulas. Entretanto, muitas interações sinápticas não podem ser explicadas com base nos neurotransmissores clássicos, e agora se sabe que outras substâncias, particularmente alguns aminoácidos, como glutamato, glicina, aspartato, GABA e a monoamina serotonina também funcionam como neurotransmissores. Substâncias que foram primeiro identificadas como hormônios hipofisários ou como parte do sistema neuroendócrino disperso (ver a seguir) do trato alimentar podem ser detectadas amplamente em todo o SNC e SNP, muitas vezes associadas com sistemas funcionalmente integrados. Muitas destas são peptídeos: mais de 50 (junto com outros candidatos) funcionam principalmente como neuromoduladores e influenciam as atividades dos transmissores clássicos.

Acetilcolina

A acetilcolina (ACh) é talvez o neurotransmissor do tipo clássico mais extensamente estudado. Sua precursora, a colina, é sintetizada no soma neuronal e transportada aos terminais axônicos, onde ela é acetilada pela enzima colina acetil transferase (ChAT), e armazenada em vesículas esféricas claras de aproximadamente 50 nm de diâmetro. A ACh é sintetizada pelos neurônios motores e liberada em todas as suas terminações motoras no músculo esquelético. Ela é liberada pelas fibras pré-ganglionares nas sinapses nos gânglios parassimpáticos e simpáticos, e muitos neurônios ganglionares parassimpáticos e alguns simpáticos são colinérgicos. Em alguns locais, por exemplo, em junções neuromusculares, ACh também é associada com a enzima extracelular degradadora AChE.

Os efeitos da ACh sobre os receptores nicotínicos (*i.e.*, aqueles nos quais a nicotina é um agonista) são rápidos e excitatórios. No sistema nervoso autônomo periférico, os efeitos excitatórios mais lentos e mais sustentados das terminações autônomas colinérgicas são mediados por receptores muscarínicos por intermédio de um sistema de segundo mensageiro.

Monoaminas

As monoaminas incluem as catecolaminas (noradrenalina, adrenalina e dopamina), a indolamina serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) e a histamina. Elas são sintetizadas por neurônios nos gânglios simpáticos e pelas suas homólogas, as células cromafins da medula da glândula suprarrenal e paragânglios. Dentro do SNC, os somas dos neurônios monoaminérgicos residem principalmente no tronco encefálico, embora seus axônios se ramifiquem amplamente para todas as partes do sistema nervoso. Células monoaminérgicas também estão presentes na retina.

A noradrenalina é o principal transmissor presente nos neurônios ganglionares simpáticos com terminações em diversos tecidos, notadamente no músculo liso e glândulas, e em outros locais incluindo tecidos adiposos e hematopoéticos, bem como no epitélio da córnea. Ela também é encontrada em terminações sinápticas amplamente distribuídas dentro do SNC, muitas delas terminais de somas neuronais situados no *locus ceruleus* na fossa romboide do quarto ventrículo. As ações da noradrenalina dependem do seu local de ação, e variam com o tipo de receptor pós-sináptico. Em alguns casos, por exemplo, nos neurônios do plexo submucoso do intestino e do *locus ceruleus*, ela é fortemente inibitória por meio de ações sobre o receptor adrenérgico α_2, enquanto os receptores β, por exemplo do músculo liso vascular, medeiam despolarização e por essa razão vasoconstrição. A adrenalina está presente em vias nervosas centrais e periféricas e ocorre com a noradrenalina na medula da glândula suprarrenal. Tanto a adrenalina quanto a noradrenalina são encontradas em vesículas sinápticas de centro denso com aproximadamente 50 nm de diâmetro.

A dopamina é um neuromediador de considerável importância clínica, encontrado principalmente em neurônios com corpos celulares no telencéfalo, diencéfalo e mesencéfalo. Uma importante população neuronal dopaminérgica no mesencéfalo constitui a substância negra, assim chamada porque suas células contêm neuromelanina, um subproduto granular negro da síntese da dopamina. As terminações dopaminérgicas são particularmente numerosas no corpo estriado, sistema límbico e córtex cerebral. Estruturalmente, as sinapses dopaminérgicas contêm numerosas vesículas de centro denso que se assemelham àquelas que contêm noradrenalina. A redução patológica na atividade dopaminérgica tem efeitos disseminados sobre o controle motor, o comportamento afetivo e outras atividades neurais, como se observa na síndrome de Parkinson (Cap. 22).

A serotonina e a histamina são encontradas principalmente em neurônios dentro do SNC. A serotonina é, tipicamente, sintetizada em pequenas coleções neuronais medianas no tronco encefálico, principalmente nos núcleos da rafe: os axônios destes neurônios se ramificam extensamente por todo o encéfalo e medula espinal. Os terminais sinápticos contêm vesículas arredondadas, claras, com aproximadamente 50 nm de diâmetro e são do tipo assimétrico. Os neurônios histaminérgicos parecem ser relativamente escassos, e estão restritos principalmente ao hipotálamo.

Aminoácidos

O GABA é um importante transmissor inibitório liberado nos terminais de neurônios de circuitos locais dentro do tronco encefálico e medula espinal (p. ex., a alça recorrente inibitória de Renshaw), no cerebelo (onde ele é o principal transmissor das células de Purkinje), núcleos basais, córtex cerebral, tálamo e subtálamo. Ele é armazenado em vesículas achatadas ou pleomórficas dentro de sinapses simétricas. O GABA pode ser inibitório para o neurônio pós-sináptico, ou pode mediar inibição ou facilitação pré-sinápticas, dependendo do arranjo sináptico.

O glutamato e o aspartato são importantes transmissores excitatórios presentes amplamente dentro do SNC, incluindo as principais vias de projeção do córtex para o tálamo, teto, substância negra e núcleos pontinos. Eles são encontrados nos terminais centrais dos nervos coclear e trigêmeo, e o glutamato está presente nos terminais das fibras paralelas que terminam nas células de Purkinje no cerebelo. Estruturalmente, glutamato e aspartato são associados com sinapses assimétricas contendo pequenas (aproximadamente 30 nm) vesículas sinápticas redondas e claras.

A glicina é um transmissor inibitório bem estabelecido do SNC, particularmente do tronco encefálico inferior e medula espinal, onde é encontrada principalmente em neurônios de circuitos locais.

Óxido nítrico

O óxido nítrico (NO) é de considerável importância em sinapses autônomas e entéricas, onde ele medeia relaxamento de músculo liso. O NO foi relacionado ao mecanismo de potencialização a longo prazo. Ele é capaz de se difundir livremente através das membranas celulares, e assim não está sob controle quântico tão preciso quanto a neurotransmissão mediada por vesículas.

Neuropeptídeos

Muitos neuropeptídeos coexistem com outros neuromediadores nas mesmas terminações sinápticas. Até três peptídeos muitas vezes compartilham uma terminação particular com um neurotransmissor bem estabelecido, em alguns casos dentro das mesmas vesículas sinápticas. Alguns peptídeos ocorrem tanto no SNC e quanto no SNP, particularmente nas células ganglionares e terminais periféricos do SNA, enquanto outros são inteiramente restritos ao SNC. Só alguns exemplos são dados aqui.

A maioria do neuropeptídeos é classificada de acordo com o local onde eles primeiro foram descobertos. Por exemplo, os peptídeos gastrointestinais foram encontrados inicialmente na parede do tubo digestório, e um grupo que inclui hormônios liberados, hormônios adeno-hipofisários e

neuro-hipofisários foi associado primeiramente com a hipófise. Alguns destes peptídeos são estreitamente relacionados uns com os outros na sua química, pois são derivados dos mesmos produtos gênicos (p. ex., o grupo da proopiomelanocortina), os quais são clivados para produzir peptídeos menores.

A substância P (SP) foi o primeiro dos peptídeos a ser caracterizado como neuromediador gastrointestinal e é considerado o protótipo de neuropeptídeo. É um polipeptídeo com 11 aminoácidos que pertence à família de neuropeptídeos taquicininas, sendo um importante neuromediador no encéfalo e medula espinal. Contida dentro de grandes vesículas sinápticas granulares, a SP é encontrada em aproximadamente 20% das células dos gânglios sensitivos de nervo espinal e trigeminal, em particular em pequenos neurônios nociceptivos, e em algumas fibras dos nervos facial, glossofaríngeo e vago. Dentro do SNC, a SP está presente em diversas vias importantes aparentemente não relacionadas, e foi descrita no sistema límbico, núcleos basais, corpo amigdaloide e hipotálamo. Sua ação conhecida é excitação pós-sináptica prolongada, particularmente a partir de terminais aferentes nociceptivos, o que sustenta os efeitos dos estímulos nocivos. SP é um dos principais neuropeptídeos que desencadeiam a resposta inflamatória da pele, e também foi implicada no reflexo do vômito, alterações no tônus cardiovascular, estimulação da secreção salivar, contração do músculo liso e na vasodilatação.

O polipeptídeo intestinal vasoativo (VIP), outro peptídeo gastrointestinal, está amplamente presente no SNC, onde é, provavelmente, um neurotransmissor excitatório ou um neuromodulador. Ele é encontrado em neurônios bipolares distintos do córtex cerebral; em pequenas células ganglionares da raiz posterior, particularmente na região sacral; na eminência mediana do hipotálamo, onde pode estar envolvido na regulação endócrina; em células ganglionares intramurais da parede do tubo digestório e em gânglios simpáticos.

A somatostatina (ST, fator inibidor da liberação de somatotropina) tem ampla distribuição dentro do sistema nervoso central, e pode ser um neurotransmissor ou neuromodulador central. Também ocorre em pequenas células dos gânglios sensitivos de nervo espinal. A β-endorfina, leuco e metencefalinas e as dinorfinas pertencem a um grupo de peptídeos chamado opiáceos de ocorrência natural, que possuem propriedades analgésicas. Eles se ligam a receptores de opiáceos no encéfalo onde, em geral, suas ações parecem ser inibitórias. As encefalinas foram localizadas em muitas áreas do encéfalo. Sua localização característica nos núcleos septais, complexo amigdaloide, núcleos basais e hipotálamo sugere que elas são mediadores importantes no sistema límbico e no controle da função endócrina. Também foram fortemente relacionadas ao controle central das vias de dor, porque são encontradas na substância cinzenta periaquedutal do mesencéfalo, em vários núcleos da rafe reticular, no núcleo espinal do nervo trigêmeo e na substância gelatinosa da medula espinal. As vias encefalinérgicas exercem importante ação inibitória pré-sináptica sobre os aferentes nociceptivos na medula e o tronco encefálico. Tal como muitos outros neuromediadores, as encefalinas também ocorrem amplamente em outras partes do encéfalo em concentrações mais baixas.

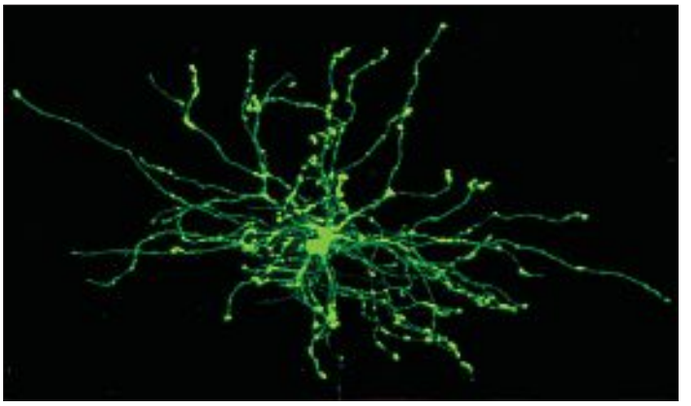


Fig. 3.10 Micrografia confocal de um astrócito de nervo óptico de rato adulto, preenchido iontoforeticamente com corante imunofluorescente por microinjeção intracelular. (Preparada pelo Professor A Butt, Portsmouth, e Kate Colquhoun, formerly of Division of Physiology, GKT School of Medicine, London.)

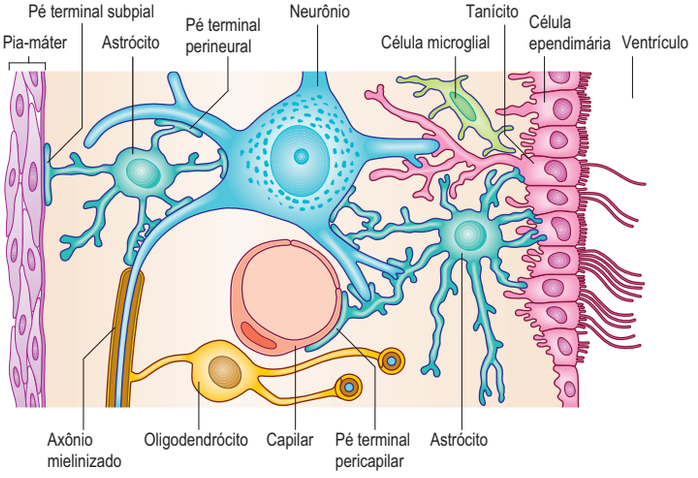


Fig. 3.11 Os diferentes tipos de célula não neuronal no SNC e sua organização estrutural e inter-relações umas com outras e com neurônios.

GLIA CENTRAL

As células gliais (neurogliais) variam consideravelmente em tipo e número nas diferentes regiões do SNC. Há dois grupos principais, macróglia (astrócitos e oligodendrócitos) e micróglia, classificados de acordo com a origem. A macróglia se origina dentro da placa neural, em paralelo com os neurônios, e constitui a grande maioria das células gliais. Suas funções são variadas e agora se sabe que vão além de um papel passivo de suporte (He e Sun, 2007). A micróglia, células menores, geralmente consideradas de origem monocítica, são derivadas do tecido hematopoético (Fig. 3.21).

ASTRÓCITOS

Os astrócitos são neuróglias em forma de estrela (Fig. 3.10). Seus processos, que se ramificam através de todo o neurópilo central (Fig. 3.11), são acoplados funcionalmente em junções tipo fenda, formando uma rede interconectada que forma uma bainha para todos os neurônios, exceto nas sinapses e ao longo dos segmentos mielinizados dos axônios. Alguns processos dos astrócitos terminam como pés terminais na lâmina basal de vasos sanguíneos, e na superfície da pia-máter, onde formam a membrana limitante neuroglial (*glia limitans*).

Os astrócitos foram divididos, com bases morfológicas, em dois subtipos: fibrosos e protoplasmáticos. Os astrócitos fibrosos ocorrem predominantemente na substância branca e os astrócitos protoplasmáticos são encontrados principalmente na substância cinzenta. O significado destes subtipos não está claro, uma vez que há pouca diferença funcional entre os astrócitos fibrosos e os protoplasmáticos. Os astrócitos, tipicamente, possuem um núcleo pálido com uma orla estreita de heterocromatina, embora isso seja variável. Seu citoplasma é pálido e contém glicogênio, lisossomos, complexos de Golgi e feixes de filamentos intermediários gliais que se estendem adentro dos seus processos (estes últimos são encontrados particularmente em astrócitos fibrosos). Os filamentos intermediários gliais são formados a partir de proteína ácida fibrilar glial (GFAP): sua presença pode ser usada clinicamente para identificar células tumorais de origem glial.

Hoje em dia se admite que os astrócitos proveem uma rede de comunicação, provendo integração e regulação da função no encéfalo (Fields, 2004; Volterra e Meldolesi, 2005). Uma das formas de comunicação com outros astrócitos é por meio de complexos interconectores de junção tipo fenda com baixa resistência. Há evidência recente de que junções tipo fenda astrocíticas (e outras neurais) podem ser formadas por uma nova família de proteínas, as panexinas (pág. 7). Elas sinalizam umas para as outras usando propagação de onda de cálcio intracelular, disparada por glutamato liberado sinapticamente. A sinalização presumivelmente coordena funções dos astrócitos que são essenciais para atividade neuronal eficiente, como tamponamento iônico (particularmente de potássio); captação e metabolismo de neurotransmissor (p. ex. de excesso de glutamato, que é excitotóxico); transporte de membrana; secreção de peptídeos, aminoácidos, fatores tróficos etc. A complexidade da função e a disfunção astrocíticas em transtornos neurológicos foi revisada em Seifert *et al.* (2006).

A lesão do SNC induz astrogliose, sob a forma do aumento local no número e tamanho das células que expressam GFAP, e da produção de uma malha extensa de processos para formar uma cicatriz glial. Admite-se que o microambiente da cicatriz glial, que também pode incluir células de linhagem de oligodendrócitos e detritos de mielina, desempenhe um papel importante para inibir a regeneração de axônios danificados do SNC.

Os pituícitos são células gliais encontradas nas partes neurais da hipófise: o infundíbulo e a neuro-hipófise. Elas se assemelham a astrócitos, mas seus processos terminam predominantemente em células endoteliais na neuro-hipófise e no túber cinério.

Barreira hematoencefálica

As proteínas que circulam no sangue entram na maioria dos tecidos do corpo exceto naqueles do encéfalo, medula espinal ou nervos periféricos.

Este conceito de uma barreira hematoencefálica ou hematoneural se aplica a muitas substâncias – algumas são transportadas ativamente através da barreira hematoencefálica, outras são ativamente excluídas. A barreira hematoencefálica está localizada no endotélio capilar dentro do encéfalo, e é dependente da presença de junções ocludentes entre as células endoteliais, e de uma ausência relativa de transporte vesicular transcitótico. A estanqueidade da barreira depende da aposição estreita dos astrócitos, que orientam a formação de junções ocludentes endoteliais aos capilares sanguíneos (Abbott *et al.*, 2006) (Figs. 3.12 e 3.13).

A barreira hematoencefálica se desenvolve durante a vida embrionária, mas pode não estar inteiramente formada ao nascimento. Há certas áreas do encéfalo adulto onde as células endoteliais não são ligadas por junções ocludentes, o que significa que ocorre uma troca livre de moléculas entre o sangue e o encéfalo adjacente. A maioria destas áreas está situada próximo dos ventrículos, e elas são conhecidas como órgãos circunventriculares (pág. 240). Em outros locais, a difusão irrestrita através da barreira hematoencefálica só é possível para substâncias que são capazes de cruzar membranas biológicas por causa do seu caráter lipofílico. As moléculas lipofílicas podem ser ativamente reexportadas pelo endotélio encefálico.

A ruptura da barreira hematoencefálica ocorre quando o encéfalo é danificado por isquemia ou infecção, sendo também associada com tumores cerebrais primários e metastáticos. O fluxo sanguíneo reduzido para uma região do encéfalo altera de forma local a permeabilidade e as funções reguladoras do transporte na barreira: o estresse aumentado sobre as células endoteliais comprometidas resulta em vazamento de líquido, íons, proteínas séricas e substâncias intracelulares para o espaço intersticial do encéfalo. A integridade da barreira pode ser avaliada clinicamente usando-se TC e IRMf. A ruptura da barreira hematoencefálica pode ser vista em necrópsia de pacientes ictéricos que tiveram um infarto. Normalmente, o encéfalo, medula espinal e nervos periféricos permanecem não corados pela bile após a morte, embora o plexo corióideo muitas vezes seja corado amarelo-escuro. Entretanto, áreas de infarto recente (1–3 dias) também estarão coradas pelo pigmento biliar por causa da ruptura localizada da barreira hematoencefálica.

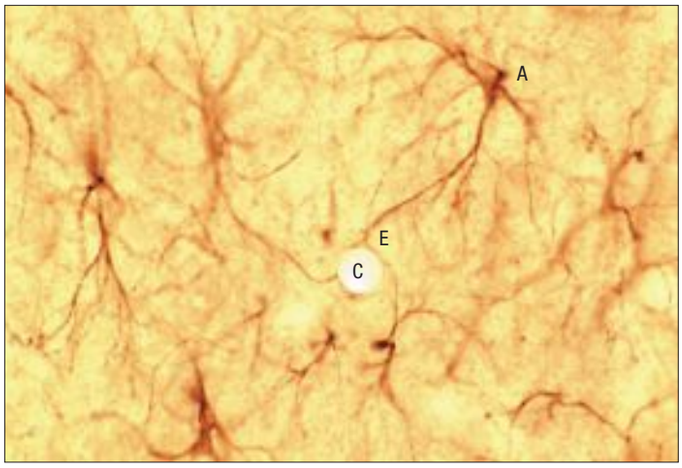


Fig. 3.12 Astrócitos (A) no cérebro de rato, imunomarcados para mostrar proteína ácida fibrilar glial (marrom). Finos processos formam pés terminais (E) sobre capilares cerebrais (C). Observar que os astrócitos possuem processos numerosos extremamente densos: a imunomarcação revela apenas uma parte dos processos. (Preparado pelo Mr. Marios Hadjipavlou, King's College, London.)

OLIGODENDRÓCITOS

Os oligodendrócitos mielinizam os axônios do SNC e são vistos mais comumente como células intrafasciculares nos tratos mielinizados (Figs. 3.14 e 3.15). Eles geralmente têm núcleo redondo e o seu citoplasma contém numerosas mitocôndrias, microtúbulos e glicogênio. Eles exibem um espectro de variação morfológica, desde células com grande núcleo eucromático e citoplasma pálido, a células com núcleo heterocromático e citoplasma denso. Os oligodendrócitos podem encerrar até 50 axônios em bainhas de mielina separadas, e os axônios de maior calibre geralmente são embainhados à proporção de 1:1. Alguns oligodendrócitos não estão associados com axônios e ou são células precursoras ou oligodendrócitos perineuronais (satélites), cujos processos se ramificam em torno de somas neuronais.

Dentro dos tratos, os oligodendrócitos interfasciculares estão dispostos em longas fileiras entremeadas com astrócitos isolados a intervalos regulares. Uma vez que os processos dos oligodendrócitos são radialmente alinhados ao eixo de cada fileira, os tratos mielinizados tipicamente consistem

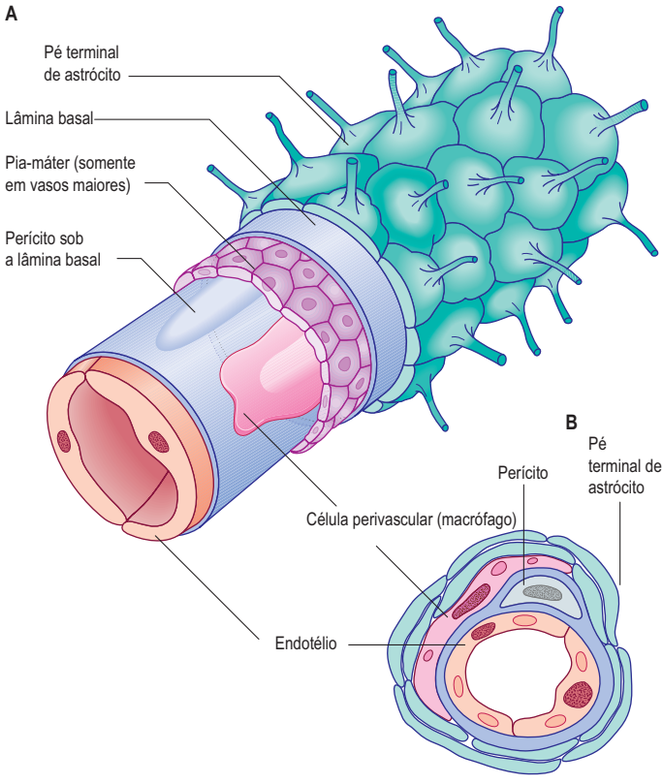


Fig. 3.13 A relação entre a neuróglia limitante, células perivasculares e vasos sanguíneos no encéfalo, em corte longitudinal e transverso. Uma bainha de pés terminais astrocíticos enrola-se em torno do vaso e, nos vasos maiores que capilares, seu revestimento de pia-máter. As células endoteliais vasculares são unidas por junções ocludentes e sustentadas por pericitos; macrófagos perivasculares estão situados externamente à lâmina basal endotelial.

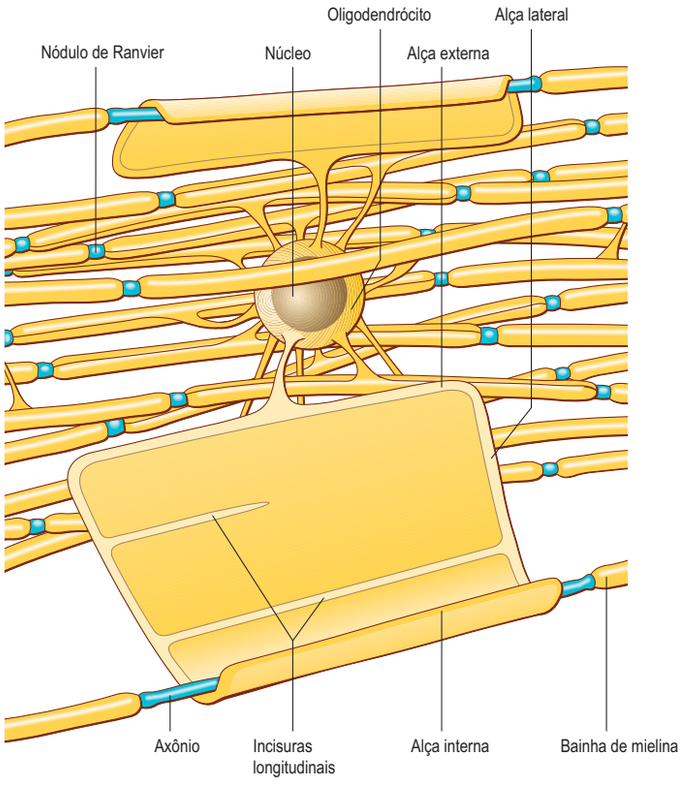


Fig. 3.14 O embainhamento de vários axônios pelos processos de um oligodendrócito. O soma do oligodendrócito está mostrado no centro, e as suas bainhas de mielina estão desdobradas em graus variados para mostrar sua extensa área de superfície. (Modificado de Morell e Norton, 1980 por Raine 1984, com permissão.)

em cabos de axônios mielinizados por uma fileira de oligodendrócitos correndo pelo eixo de cada cabo.

Os oligodendrócitos se originam do neuroectoderma ventricular e da camada subependimária no feto (pág. 368), e continuam a ser gerados, após o nascimento, a partir da placa subependimária. Células-tronco migram e se disseminam no interior das substâncias branca e cinzenta para formar um conjunto de células progenitoras adultas, que podem mais tarde se diferenciar para substituir oligodendrócitos perdidos, e possivelmente remielinizar regiões desmielinizadas patologicamente.

Nódulos de Ranvier e incisuras de Schmidt–Lanterman

O território embainhado por um processo de oligodendrócito (ou célula de Schwann) define um internódulo, e o intervalo entre internódulos é chamado nódulo de Ranvier (Fig. 3.16), O território imediatamente adjacente ao espaço nodal é um paranódulo, onde alças de citoplasma do oligodendrócito se encontram com o axolema. O axolema nodal recebe contato de finos filópodos de células perinodais e, em estudos animais, demonstrou-se que eles possuem um presumível fenótipo progenitor oligodendrócito adulto: sua função é desconhecida (Butt *et al.*, 2005). As incisuras de Schmidt–Lanterman são descompactações helicoidais da mielina internodal, nas quais a linha densa principal da bainha de mielina se divide para abranger uma espiral de citoplasma do oligodendrócito. Sua estrutura sugere que elas podem desempenhar um papel no transporte de moléculas através da bainha de mielina, mas sua função não é conhecida.

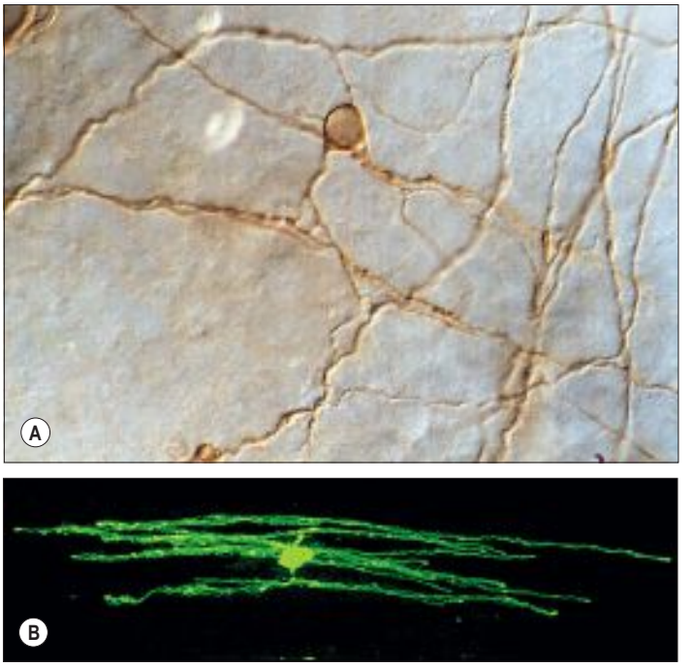


Fig. 3.15 A, Um oligodendrócito envolvendo vários axônios com mielina, demonstrado no véo bulbar anterior de rato em montagem total, imunomarcado com anticorpo para um antígeno de membrana de oligodendrócito. **B,** Micrografia confocal de um oligodendrócito formador de mielina maduro no nervo óptico de rato adulto, preenchido iontoforeticamente com um corante imunofluorescente por microinjeção intracelular. (**A,** Por cortesia de Fiona Ruge; **B,** preparado pelo Professor A Butt, Portsmouth, e Kate Colquhoun, formerly Division of Physiology, GKT School of Medicine, London.)

MIELINA E MIELINIZAÇÃO

A mielina é formada pelos oligodendrócitos (SNC) e células de Schwann (SNP). Um único oligodendrócito pode embainhar até 50 axônios separados, dependendo do calibre, enquanto as células de Schwann mielinizantes embainham axônios em base de 1:1.

Em geral, a mielina é depositada em torno dos axônios acima de 2 μm de diâmetro. Entretanto, o diâmetro mínimo crítico do axônio para mielinização é menor e mais variável no SNC que no SNP (aproximadamente 0,2 μm no SNC em comparação com 1–2 μm no SNP). Há considerável superposição entre o tamanho do menor axônio mielinizado e o maior não mielinizado, e assim o calibre axonal provavelmente não é o único fator que determina a mielinização. Além disso, os primeiros axônios a se tornarem embainhados atingem, em última análise, diâmetros maiores do que os que são embainhados em uma data posterior. Há uma relação linear razoável entre o diâmetro do axônio, o comprimento internodal e a espessura da bainha de mielina: à medida que a bainha cresce de algumas lamelas até 200, o axônio também pode crescer de 1 a 15 μm de diâmetro. Os comprimentos internodais aumentam cerca de dez vezes durante o mesmo tempo.

Não se sabe precisamente como a mielina é formada no SNP ou no SNC, mas recentemente foi demonstrado que, no SNC, ela depende em parte da expressão de uma proteína (homóloga verprolina da família de proteína da síndrome de Wiskott–Aldrich; WAVE), que influencia o citoesqueleto de actina, a formação de lamelípodos de oligodendrócitos e a mielinização (Kim *et al.*, 2006). O aspecto ultraestrutural da mielina é geralmente explicado em termos do enrolamento espiral de um extenso processo glial achatado (lamelípodo) em torno do axônio, e da posterior extrusão do citoplasma da bainha em todos os pontos que não incisuras e paranodos. Desta maneira, admite-se que as superfícies externas compactadas da membrana plasmática da célula glial embainhadora produzam as linhas densas menores, e que as superfícies citoplasmáticas internas compactadas produzem as linhas densas maiores, da bainha de mielina (Fig. 3.17). Estas linhas, descritas pela primeira vez nos primeiros estudos de microscópica eletrônica da bainha de mielina, correspondem às linhas intraperiódicas e periódicas definidas respectivamente em estudos de raios X da mielina. As zonas de

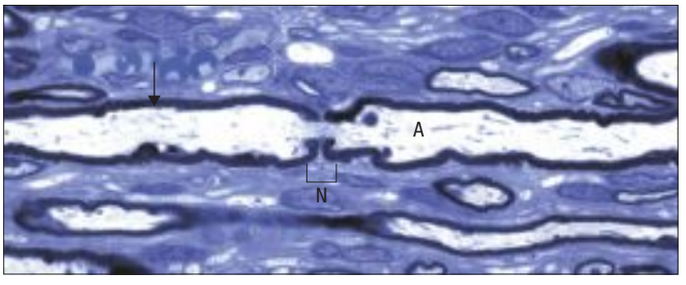


Fig. 3.16 Um nódulo de Ranvier (N) no sistema nervoso central. O axônio corado palidamente (A) está embainhado por mielina de oligodendrócito (seta), exceto por uma curta região exposta no nódulo. Corte em resina corado com azul de toluidina (tecido de rato). (Por cortesia de Dr. Clare Farmer, King's College, London.)

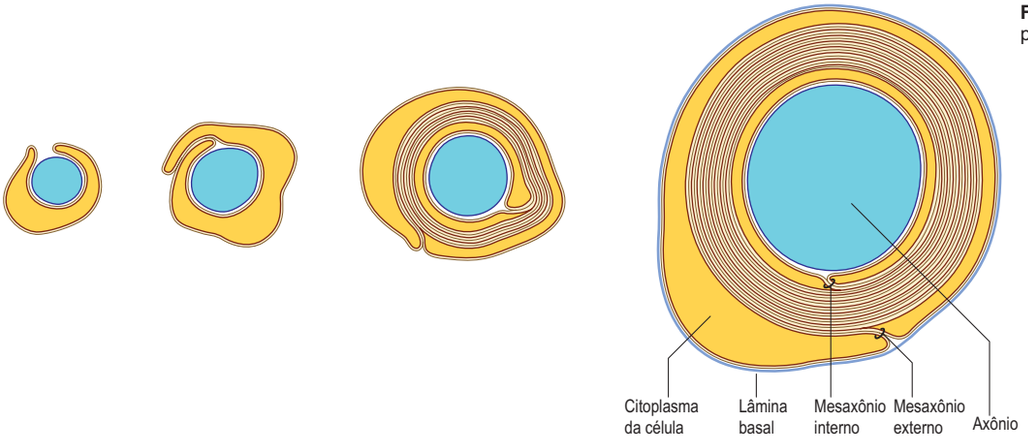


Fig. 3.17 Fases da mielinização do axônio periférico.

oclusão interna e externa do processo espiral são contínuas, com a linha densa menor e são chamadas mesaxônios interno e externo.

Há diferenças importantes entre mielina central e periférica, refletindo o fato que os oligodendrócitos e células de Schwann expressam diferentes proteínas durante a mielinogênese. As dimensões básicas da membrana de mielina são diferentes. A mielina do SNC tem espessura repetida periódica de 15,7 nm enquanto a mielina do SNP tem espessura de linha de período a período de 18,5 nm; o espaço de linha densa maior é aproximadamente 1,7 nm na mielina do SNC, comparado com 2,5 nm na mielina do SNP. A membrana de mielina contém proteína, lipídio e água, que formam pelo menos 20% do peso úmido. Ela é uma membrana relativamente rica em lipídio e contém 70–80% de lipídio. Todas as classes de lipídio foram encontradas; talvez não seja surpreendente que a composição lipídica precisa da mielina do SNP e do SNC é diferente. As principais espécies lipídicas são colesterol (a molécula simples mais comum), fosfolipídios e glicoesfingolipídios. Espécies lipídicas secundárias incluem galactosilglicerídeos, fosfoinositídeos e gangliosídeos. Os principais glicolipídios são o galactocerebrosídeo e seu sulfato éster, sulfatídeo: estes lipídios não são exclusivos da mielina, mas estão presentes em concentrações caracteristicamente altas. A mielina do SNC e do SNP também contém baixas concentrações de glicolipídios ácidos, os quais constituem antígenos importantes em alguns estados desmielinizantes inflamatórios. Os gangliosídeos, que são glicoesfingolipídios caracterizados pela presença de ácido siálico (ácido N-acetilneuramínico), correspondem a menos de 1% dos lipídios da mielina.

Um número relativamente pequeno de espécies de proteínas se responsabiliza pela maioria da proteína da mielina. Algumas destas proteínas são comuns a ambas as mielinas do SNP e do SNC, mas outras são diferentes. A proteína proteolipídica (PLP) e sua variante de encaixe DM20 são encontradas somente na mielina do SNC, enquanto a proteína básica de mielina (MBP) e a glicoproteína associada à mielina (MAG) ocorrem em ambas. A MAG é membro da superfamília genética das imunoglobulinas, e está localizada especificamente nas regiões de segmento de mielina onde começa a compactação, a saber, os mesaxônios e as membranas periaxonais internas, as alças paranodais e as incisuras, em ambas as bainhas do SNC e SNP. Admite-se que tenha um papel funcional na adesão da membrana.

No SNC em desenvolvimento, o crescimento axonal precede a migração de precursores dos oligodendrócitos, e os oligodendrócitos se associam com, e mielinizam, os axônios depois da sua fase de alongamento: a expressão do gene da mielina de oligodendrócito não é dependente da associação com axônio. Em distinto contraste, as células de Schwann no SNP em desenvolvimento estão associadas aos axônios durante toda a fase do crescimento axonal. A mielinização não ocorre simultaneamente em todas as partes do corpo no desenvolvimento fetal avançado e na vida pós-natal inicial. Tratos de substância branca e nervos na periferia possuem seus próprios padrões temporais específicos que se relacionam ao seu grau de maturidade funcional.

Mutações das principais proteínas estruturais da mielina agora já foram reconhecidas em várias doenças neurológicas hereditárias humanas. Como seria de esperar, estas mutações produzem defeitos na mielinização e na estabilidade da arquitetura nodal e paranodal, as quais são compatíveis com os papéis funcionais sugeridos das proteínas relevantes na manutenção da integridade da bainha de mielina. A organização molecular dos axônios mielinizados é descrita por Scherer e Arroyo (2002).

EPÊNDIMA

As células ependimárias revestem os ventrículos (Figs. 3.11 e 3.18) e o canal central da medula espinal. Elas formam um epitélio simples que varia em forma de escamoso a colunar. Na superfície ventricular, as células são unidas por junções tipo fenda e por ocasionais desmossomos. Suas superfícies apicais possuem numerosos microvilos e cílios que contribuem para o fluxo de LC (líquido cerebrospinal). Há considerável variação regional no revestimento ependimário dos ventrículos, porém quatro tipos principais foram descritos. Estes são: epêndima geral, que está adjacente à substância cinzenta; epêndima geral, que está adjacente à substância branca; áreas especializadas de epêndima no terceiro e quarto ventrículos; epitélio corióideo.

As células ependimárias sobrejacentes a áreas de substância cinzenta são cuboides; cada célula apresenta aproximadamente 20 cílios apicais, rodeados por microvilos curtos. As células são unidas por junções tipo fenda e desmossomos e não possuem lâmina basal. Embaixo delas pode haver uma zona subependimária (ou subventricular), de duas a três células de profundidade, consistindo em células que geralmente se assemelham a células ependimárias. Os capilares abaixo delas não possuem fenestrações e tem poucas vesículas transcitóticas, o que é típico do SNC. Onde o epêndima é sobrejacente a tratos mielinizados de substância branca, as células são muito mais achatadas e poucas são ciliadas. Há junções tipo fenda e desmossomos entre estas células, mas suas margens laterais se interdigitam, diferente das suas contrapartes sobrejacentes à substância cinzenta. Não há uma zona subependimária.

Áreas especializadas de células ependimárias chamadas órgãos circunventriculares são encontradas em quatro áreas em torno das margens do terceiro ventrículo, a saber: o revestimento da eminência mediana do hipotálamo; o órgão subcomissural; o órgão subfornicial e o órgão vascular da lâmina terminal. A área postrema, no limite inferoposterior do quarto ventrículo, tem estrutura semelhante. Em todos estes locais, as células ependimárias são apenas raramente ciliadas, e suas superfícies ventriculares apresentam muitos microvilos e vesículas apicais. Elas têm numerosas mitocondriais, complexos de Golgi bem formados e um núcleo basal bastante achatado. Elas são unidas lateralmente por junções ocludentes que formam uma barreira à passagem de materiais através do epêndima, e por desmossomos. Muitas das células são tanícitos (astrócitos ependimários) e possuem processos basais que se projetam para dentro do espaço perivascular, rodeando os capilares subjacentes. Estes capilares são significativamente fenestrados, e por essa razão não formam uma barreira hematoencefálica. Acredita-se que neuropeptídeos possam passar do tecido nervoso para o LC por transporte ativo através das células ependimárias nestas áreas especializadas, e assim ter acesso a uma ampla população de neurônios por meio do revestimento ependimário permeável do restante do ventrículo.

O epêndima é muito modificado quando ele está adjacente à camada vascular dos plexos corióideos.

Plexo corióideo

O plexo corióideo forma o LC e regula ativamente a concentração de moléculas no LC. Ele consiste em massas altamente vascularizadas de piamáter encerradas em bolsas de células ependimárias. As células ependimárias se assemelham àquelas dos órgãos circunventriculares exceto por não possuirem processos basais, mas formam um epitélio cuboide que repousa sobre uma lâmina basal adjacente à prega pia-máter e seus capilares (Figs. 3.19 e 3.20). As células possuem numerosos microvilos longos, com apenas alguns cílios entremeados entre eles. Elas também possuem muitas mitocôndrias, grandes complexos de Golgi e núcleos basais, características que são compatíveis com a sua atividade secretória: elas produzem a maioria

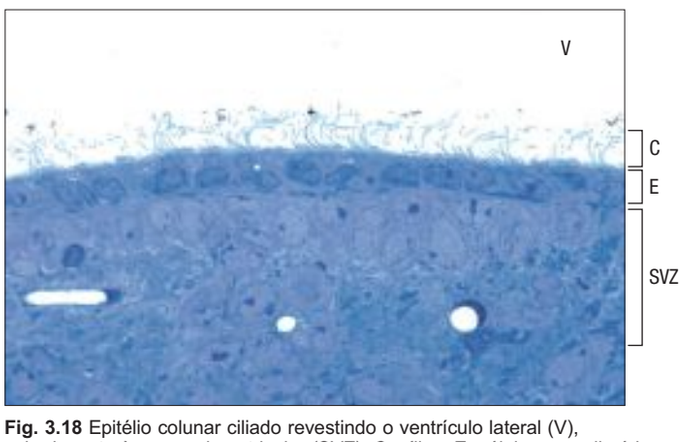


Fig. 3.18 Epitélio colunar ciliado revestindo o ventrículo lateral (V), sobrejacente à zona subventricular (SVZ). C, cílios; E, células ependimárias. Tecido de camundongo, corte em resina corado com azul de toluidina.

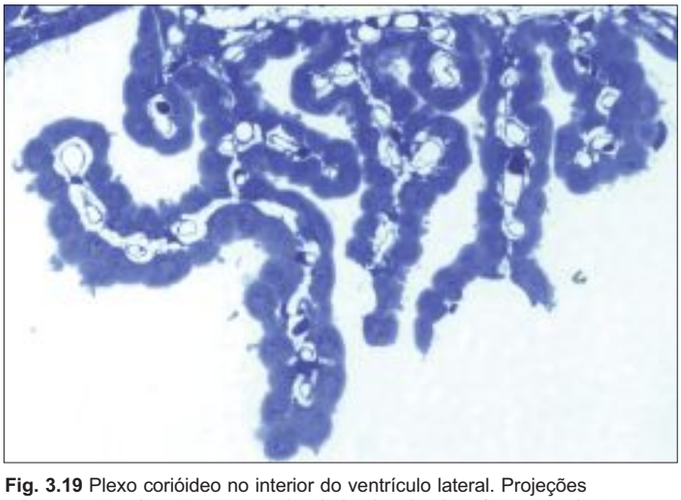


Fig. 3.19 Plexo corióideo no interior do ventrículo lateral. Projeções arborescentes de estroma vascular derivadas da pia-máter são cobertas com um epitélio colunar baixo que secreta líquido cerebrospinal. Tecido de camundongo, corte em resina corado com azul de toluidina.

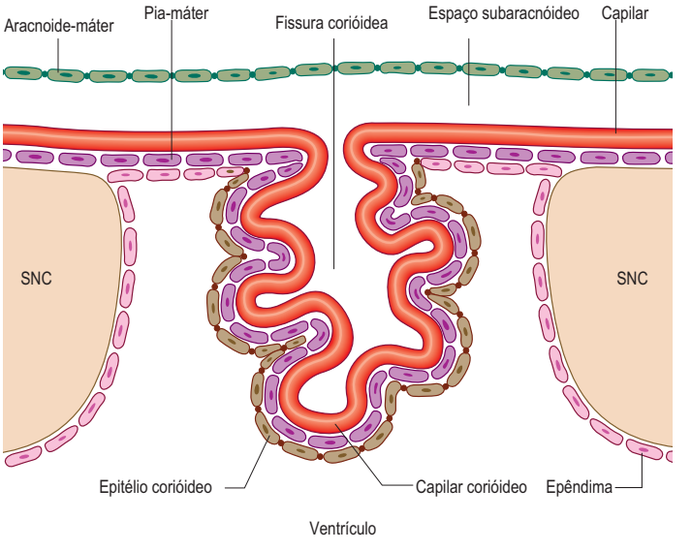


Fig. 3.20 Disposição dos tecidos que formam o plexo corióideo.

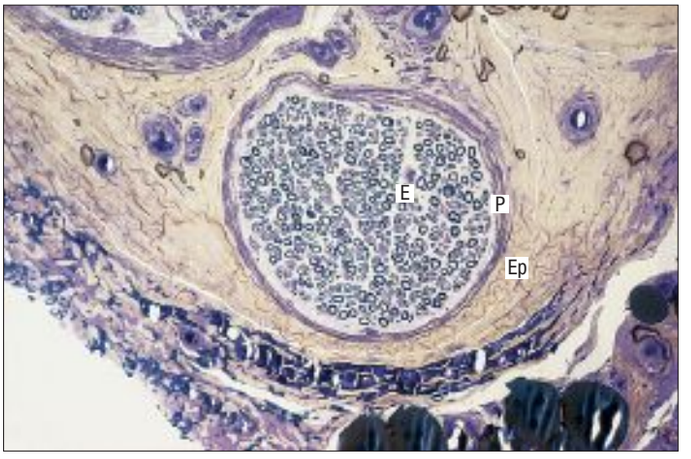


Fig. 3.22 Corte transversal através de um nervo periférico humano, mostrando o arranjo das suas bainhas de tecido conjuntivo. Os axônios individuais, mielinizados e não mielinizados, estão dispostos em um pequeno fascículo limitado por um perineuro. P, perineuro; Ep, epineuro; E, endoneuro. (Por cortesia da Professora Susan Standring, GKT School of Medicine, London.)

Fig. 3.21 Células microgliais ativadas no sistema nervoso central humano, em uma biópsia de um paciente com encefalite de Rasmussen, visualizadas usando-se imunoistoquímica para antígeno MHC classe II. (Por cortesia do Dr. Norman Gregson, Divisão de Neurologia, *GKT* School of Medicine, London.)

dos componentes do LC. Elas são ligadas por junções ocludentes que formam uma barreira transepitelial (um componente da barreira hematoliquórica), e por desmossomos. Suas margens laterais são altamente pregueadas.

O plexo corióideo tem uma estrutura vilosa, na qual o estroma é composto de células meníngeas da pia-máter, e contém finos feixes de colágeno e vasos sanguíneos. Os capilares corióideos são revestidos por um endotélio fenestrado. Durante a vida fetal, ocorre eritropoese no estroma, que é ocupado por células semelhantes à medula óssea. Na vida adulta, o estroma contém células fagocíticas, as quais, junto com as células do epitélio do plexo corióideo, fagocitam partículas e proteínas da luz ventricular.

Ocorrem alterações relacionadas à idade no plexo corióideo, as quais podem ser detectadas por neuroimagem. A calcificação do plexo corióideo pode ser detectada por radiografia ou TC em 0,5% dos indivíduos na primeira década de vida e em 86% na oitava década. A incidência de calcificação eleva-se agudamente, de 35% das TCs na quinta década para 75% na sexta década. A calcificação visível é geralmente restrita à região do glomo corióideo, *i.e.*, a saliência vascular no plexo corióideo, quando ele se curva para acompanhar a parede anterior do ventrículo lateral para o interior do corno temporal.

MICRÓGLIA

Micróglia são pequenas células dendríticas encontradas em todo o SNC (Fig. 3.21) e também na retina (pág. 692). Acredita-se que são derivadas de monócitos fetais ou de seus precursores; as células hematogênicas atravessam as paredes dos vasos sanguíneos neurais e invadem o tecido do SNC pré-natal como células ameboides. Posteriormente elas perdem sua motilidade e se transformam em micróglia típica, que apresenta processos ramificados que se distribuem em territórios que não se superpõem no interior do encéfalo. Todos os domínios microgliais, definidos pelos seus campos dendríticos, são equivalentes em tamanho e formam um mosaico regular em todo o encéfalo. A expressão de antígenos micróglia-específicos muda com a idade e muitos são regulados para baixo quando a micróglia atinge a forma dendrítica matura.

A micróglia tem núcleos alongados com heterocromatina periférica. Seu citoplasma escasso cora-se palidamente e contém grânulos, cisternas dispersas de retículo endoplasmático rugoso e complexos de Golgi em ambos os polos. Dois ou três processos primários se originam dos polos opostos do corpo celular e a seguir se ramificam repetidamente para formar processos terminais curtos. A função da micróglia no encéfalo normal é obscura. Como os astrócitos, a micróglia é ativada por lesão traumática e isquêmica. Em muitas doenças incluindo doença de Parkinson, doença de Alzheimer, esclerose múltipla, síndrome de imunodeficiência adquirida (AIDS), esclerose lateral amiotrófica (doença de neurônio motor) e encefalite paraneoplásica, a micróglia se torna fagocítica e é ativamente envolvida na remoção sináptica e na retirada de detritos neuronais. Algumas se transformam em células ameboides móveis.

ENTRADA DE CÉLULAS INFLAMATÓRIAS NO ENCÉFALO

Embora o SNC tenha sido por muito tempo considerado um local imunologicamente privilegiado, a vigilância linfocitária do encéfalo pode ser uma atividade normal de baixo grau que é intensificada na doença. Linfócitos podem entrar no encéfalo em resposta a infecções por vírus e como parte da resposta autoimune na esclerose múltipla. Linfócitos ativados, mas não em repouso, passam através do endotélio de pequenas vênulas, um processo que exige a expressão de moléculas de reconhecimento e de adesão (induzidas após ativação por citocinas) e, posteriormente, eles migram para dentro do parênquima encefálico. No interior do SNC, a micróglia e os astrócitos podem ser induzidos por citocinas das células T a atuar como células apresentadoras de antígeno eficientes. Depois de deixarem o SNC, os linfócitos provavelmente drenam ao longo das vias linfáticas para linfonodos cervicais regionais.

A entrada de leucócitos polimorfonucleares no SNC é menos comum que a entrada de linfócitos, mas ocorre nas fases iniciais do infarto e doença autoimune e, em particular, em infecções piogênicas. Eles provavelmente entram no sistema nervoso central passando através da camada endotelial. Os monócitos podem seguir caminhos semelhantes nas fases mais tardias da inflamação. No interior do espaço subaracnóideo, leucócitos polimorfonucleares e linfócitos passam através do endotélio de grandes veias para o interior do LC durante a fase inflamatória da meningite.

NERVOS PERIFÉRICOS

As fibras nervosas aferentes conectam receptores periféricos ao SNC: elas são derivadas de corpos celulares neuronais localizados em órgãos dos

sentidos especiais (p. ex., o epitélio olfatório) ou nos gânglios sensitivos dos nervos cranianos e espinais. Fibras nervosas eferentes conectam o SNC às células e tecidos efetores: elas são os axônios periféricos dos neurônios que têm seus somas na substância cinzenta central.

As fibras nervosas periféricas são agrupadas em números grandemente variáveis dentro de feixes (fascículos). O tamanho, o número e o padrão dos fascículos variam nos diferentes nervos e em diversos níveis ao longo do seu trajeto (Fig. 3.22). De uma distância proximal a um ponto de ramificação, seu número aumenta e seu tamanho diminui. Onde os nervos estão sujeitos a pressão, por exemplo, profundamente a um retináculo, os fascículos estão aumentados em número mas reduzidos em tamanho, e a quantidade de tecido conjuntivo associada e o grau de vascularidade também aumentam. Nestes pontos, os nervos podem, ocasionalmente, mostrar uma dilatação rósea, fusiforme, às vezes chamada pseudogânglio ou aumento gangliforme.

FIBRAS NERVOSAS PERIFÉRICAS

A classificação das fibras nervosas periféricas é baseada em vários parâmetros, tais como velocidade de condução, função e diâmetro da fibra. Das duas classificações mais usadas, a primeira divide as fibras em três classes principais, designadas A, B e C, correspondendo aos picos na distribuição das suas velocidades de condução. No homem, as fibras do grupo A são subdivididas em subgrupos α, β, δ e γ: o diâmetro da fibra e a velocidade de condução são proporcionais na maioria das fibras. As fibras do grupo Aα são as maiores e conduzem mais rapidamente e as fibras C são as menores e mais lentas.

Os maiores axônios aferentes (fibras Aα) inervam mecanorreceptores cutâneos encapsulados, órgãos tendíneos de Golgi e fusos neuromusculares, e alguns grandes enteroceptores alimentares. As fibras Aβ formam terminações secundárias em algumas fibras de fusos neuromusculares (intrafusais) e também inervam mecanorreceptores cutâneos e de cápsulas articulares. As fibras Aδ inervam termorreceptores, terminações livres sensíveis a estiramento, receptores nos pelos e nociceptores, incluindo aqueles na polpa dentária, pele e tecido conjuntivo. As fibras Aγ são exclusivamente fusomotoras para terminações de placa (*plate*) e de rastro (*trail*) sobre fibras musculares intrafusais. As fibras B são fibras eferentes pré-ganglionares autônomas mielinizadas. As fibras C são não mielinizadas e possuem funções termorreceptivas, nociceptivas e interoceptivas, incluindo a percepção de dor lenta e queimante e de dor visceral. Este esquema pode ser aplicado às fibras dos nervos espinais e cranianos, exceto talvez as do nervo olfatório, onde as fibras formam um grupo unicamente pequeno e lento. As maiores fibras eferentes somáticas (Aα) têm até 20 μm de diâmetro. Elas inervam exclusivamente fibras musculares extrafusais (em placas motoras) e conduzem a um máximo de 120 m/s. As fibras para músculos de contração rápida são maiores que aquelas para músculo de contração lenta. Fibras menores (Aγ) dos neurônios motores gama, e as fibras eferentes autônomas pré-ganglionares (B) e pós-ganglionares (C) conduzem, em ordem, de forma progressivamente mais lenta (40 m/s – menos de 10 m/s).

Uma classificação diferente divide as fibras em grupos I–IV com base no seu calibre; os grupos I–III são mielinizados e o grupo IV é não mielinizado. As fibras do grupo I são grandes (12–22 μm), e incluem fibras sensitivas primárias de fusos neuromusculares (grupo Ia) e fibras menores de órgãos tendíneos de Golgi (grupo Ib). As fibras grupo II são as terminações sensitivas secundárias dos fusos neuromusculares, com diâmetros de 6–12 μm. As fibras grupo III, de 1–6 μm de diâmetro, possuem terminações sensitivas livres nas bainhas de tecido conjuntivo, em torno e dentro dos músculos e são nociceptivas e, na pele, também são termossensitivas. As fibras grupo IV são não mielinizadas, com diâmetros abaixo de 1,5 μm: elas incluem terminações nervosas livres na pele e músculo, e são principalmente nociceptivas.

BAINHAS DE TECIDO CONJUNTIVO

Os troncos nervosos, quer uni, quer multifasciculares, são rodeados por um epineuro. Os fascículos individuais são envolvidos por um perineuro com múltiplas camadas, o qual, por sua vez, envolve o endoneuro ou tecido conjuntivo intrafascicular (Fig. 3.22).

Epineuro

O epineuro é uma condensação de tecido conjuntivo frouxo (areolar) derivado do mesoderma. Como regra geral, quanto mais fascículos estão presentes em um nervo periférico, mais espesso é o epineuro. O epineuro contém fibroblastos, colágeno (tipos I e III), e quantidades variáveis de gordura, e acolchoa o nervo que ele envolve. A perda desta camada protetora pode ser associada com paralisias de compressão vistas em pacientes emaciados e acamados. O epineuro também contém vasos linfáticos (que provavelmente drenam para linfonodos regionais) e vasos sanguíneos, *vasa nervorum*, que passam através do perineuro para se comunicar com uma rede de finos vasos no interior do endoneuro.

Perineuro

O perineuro estende-se desde a zona de transição SNC–SNP à periferia, onde ele é contínuo com as cápsulas dos fusos neuromusculares e terminações sensitivas encapsuladas, mas termina de modo aberto nas terminações não encapsuladas e junções neuromusculares. Ele consiste em camadas alternadas de células poligonais achatadas (consideradas como derivadas de fibroblastos) e colágeno. Geralmente, pode conter 15–20 camadas dessas células, cada camada envolvida por uma lâmina basal de até 0,5 μm de espessura. Dentro de cada camada as células interdigitam-se ao longo de junções oclusivas extensas; seu citoplasma tipicamente contém vesículas e feixes de microfilamentos, e sua membrana plasmática muitas vezes apresenta evidência de pinocitose. Estes aspectos são compatíveis com a função do perineuro como uma barreira à difusão metabolicamente ativa; junto com a barreira hematoneural admite-se que o perineuro desempenha uma função essencial para manter o meio osmótico e a pressão do líquido no interior do endoneuro.

Endoneuro

Estritamente falando, o termo endoneuro está restrito ao tecido conjuntivo intrafascicular e exclui as divisões perineurais no interior dos fascículos. O endoneuro consiste em uma matriz fibrosa composta predominantemente de fibras de colágeno tipo III (reticulina), caracteristicamente organizadas em feixes finos dispostos paralelamente ao eixo longo do nervo, e condensados em torno de unidades individuais de célula de Schwann–axônio e de vasos endoneurais. Os componentes fibrosos e celulares do endoneuro estão banhados em líquido endoneural a uma pressão ligeiramente mais alta que aquela fora no epineuro circundante. Os principais constituintes celulares do endoneuro são células de Schwann e células endoteliais; os componentes em menor quantidade são fibroblastos (constituindo aproximadamente 4% da população celular endoneural total), macrófagos residentes e mastócitos. As unidades célula de Schwann–axônio e vasos sanguíneos estão envoltos por lâminas basais individuais e, portanto, isolados dos demais componentes celulares e acelulares do endoneuro.

As arteríolas endoneurais têm camada de músculo lisa pouco desenvolvida, e não se autorregulam bem. Em forte contraste, os vasos epineurais e perineurais possuem um plexo perivascular denso de nervos peptidérgicos, serotoninérgicos e adrenérgicos.

CÉLULAS DE SCHWANN

As células de Schwann são o principal tipo de neuróglia do SNP. Elas são de aparência fusiforme *in vitro*. Tanto *in vitro* quanto *in vivo*, as células de Schwann embainham axônios periféricos e mielinizam aqueles com mais de 2 μm de diâmetro. Nos nervos periféricos maduros, elas estão distribuídas ao longo dos axônios em cadeias longitudinais: a geometria precisa da sua associação depende se o axônio é mielinizado ou não mielinizado. Nos axônios mielinizados o território de uma célula de Schwann define um internódulo.

O fenótipo molecular das células de Schwann maduras mielinizantes é diferente daquele das células de Schwann maduras não mielinizantes. As células de Schwann mielinizantes adultas são caracterizadas pela presença de várias proteínas de mielina, e algumas, mas não todas, são compartilhadas com os oligodendrócitos e a mielina central. Em contraste, a expressão de receptor de baixa afinidade à neurotrofina ($p75^{NTR}$) e a proteína de filamento intermediário GFAP (que difere da forma do SNC na sua modificação pós-traducional) caracterizam as células de Schwann adultas não formadoras de mielina.

As células de Schwann originam-se de células multipotentes da crista neural que migram precocemente, e que também podem originar neurônios periféricos. Sinais neuronais regulam muitos aspectos do comportamento das células de Schwann nos nervos em desenvolvimento e pós-natais. Sinais associados ao axônio parecem controlar a proliferação de células de Schwann em desenvolvimento e dos seus precursores; a morte programada no desenvolvimento destes precursores a fim de combinar o número de axônios com o de neuróglia dentro de cada feixe nervoso periférico; a produção de lâminas basais pelas células de Schwann; e a indução e manutenção da mielinização. Relativamente pouco é conhecido sobre a sinalização célula de Schwann–axônio ou célula de Schwann–célula de Schwann em nervos normais. Uma extensa literatura apoia a interpretação de que as células de Schwann são atores-chave na resposta à lesão aguda no SNP, ajudando a fornecer um microambiente que facilita a regeneração axonal. Poucas células de Schwann persistem em nervos cronicamente desnervados.

Axônios não mielinizados

Os axônios não mielinizados (Fig. 3.23) comumente têm 1,0 μm de diâmetro, embora alguns possam ter 1,5 μm ou mesmo 2 μm de diâmetro.

Grupos de até 10 pequenos axônios (0,15–2,0 μm de diâmetro) estão envolvidos por uma cadeia de células de Schwann superpostas, a qual está circundada por uma lâmina basal. Dentro de cada célula de Schwann, os axônios individuais estão geralmente separados dos seus vizinhos por delicados processos de citoplasma. Os axônios se movem entre cadeias de células de Schwann ao passarem próximo-distalmente ao longo de um fascículo nervoso. Parece provável, com base em estudos quantitativos em primatas subumanos, que axônios de segmentos medulares adjacentes possam compartilhar colunas de células de Schwann: este fenômeno pode desempenhar um papel na evolução da dor neuropática após lesão do nervo. Na ausência de uma bainha de mielina e nódulos de Ranvier, a condução ao longo dos axônios não mielinizados não é saltatória, porém é eletrotônica, assim, a passagem de impulsos é relativamente lenta (aproximadamente 0,5–4,0 m/s).

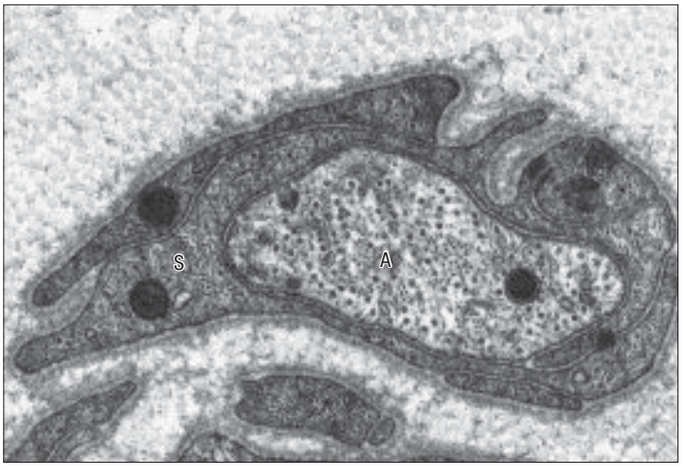


Fig. 3.23 Um axônio não mielinizado (A) envolto por processos citoplasmáticos de uma célula de Schwann (S) e sua lâmina basal (seta), de uma biópsia do nervo sural humano.

Axônios mielinizados

Os axônios mielinizados (Fig. 3.24) têm relação de 1:1 com as células de Schwann que os embainham. O território de uma célula de Schwann individual define um internódulo (Fig. 3.25): o comprimento internodal varia diretamente com o diâmetro da fibra, de 150 a 1.500 μm. O intervalo entre dois internódulos é um nódulo de Ranvier. No SNP, as bainhas de mielina em cada lado de um nódulo terminam em bulbos paranodais assimetricamente intumescidos. O citoplasma da célula de Schwann forma uma camada contínua nas regiões perinucleares (meio-internodal) e paranodais.

Fig. 3.24 Corte transversal de nervo isquiático mostrando um axônio mielinizado e vários axônios não mielinizados (A), envolvidos por células de Schwann (S), de uma biópsia de nervo sural humano. (Por cortesia da Professora Susan Standring, GKT School of Medicine, London.)

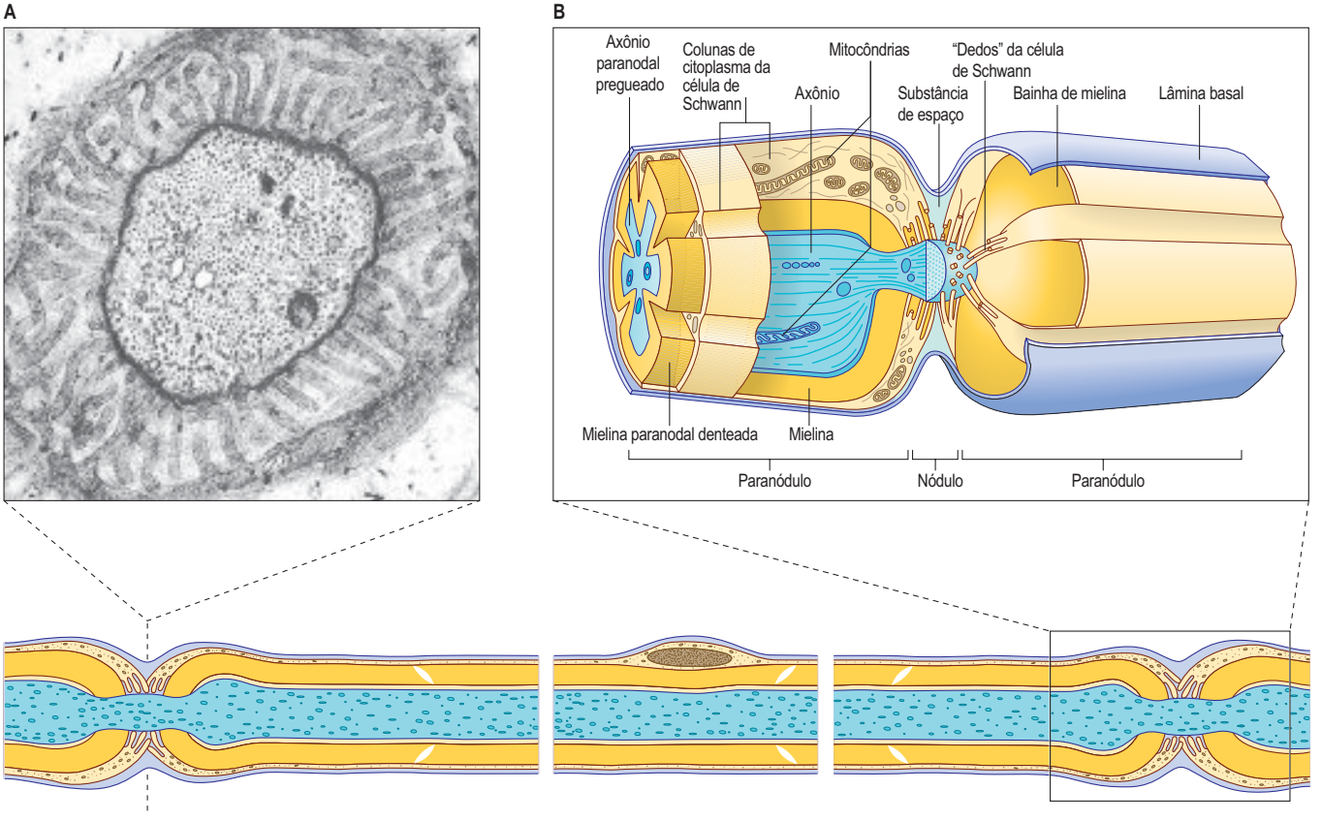


Fig. 3.25 Plano geral de uma fibra nervosa mielinizada em corte longitudinal incluindo um segmento internodal completo e dois bulbos paranodais adjacentes, usado como chave para a microarquitetura mais detalhada de sub-regiões específicas. **A,** Corte transverso em microscopia eletrônica através do centro de um nódulo de Ranvier, com numerosos processos digitiformes de células de Schwann adjacentes convergindo para o axolema nodal. Muitos microtúbulos e neurofilamentos são visíveis no interior do axoplasma. **B,** O arranjo do axônio, bainha de mielina e citoplasma da célula de Schwann no nódulo de Ranvier e nos bulbos paranodais. (**A,** Por cortesia da Professora Susan Standring, GKT School of Medicine, London. **B,** Redesenhado a partir de uma figura fornecida por PL Williams e DN Landon.)

Entre estes locais, o citoplasma de Schwann internodal forma uma rede delicada sobre a superfície interna (abaxonal) da bainha de mielina. A camada externa (adaxonal) do citoplasma da célula de Schwann é frequentemente descontínua, e os axônios estão rodeados por um espaço periaxonal estreito (15–20 nm) que, embora nominalmente faça parte do espaço extracelular, está funcionalmente isolado dele nos paranódulos. Para detalhes adicionais, ver Scherer e Arroyo (2002).

Nódulos de Ranvier

Os nódulos de Ranvier no SNP (Fig. 3.25) têm tipicamente 0,8–1,1 μm de comprimento. O calibre do axônio nodal é caracteristicamente reduzido em relação àquele do axônio internodal: isto é mais marcado nos axônios de maior calibre. Os espaços do nódulo são preenchidos por uma substância de espaço amorfa e por processos do citoplasma da célula de Schwann, e estão envolvidos por uma lâmina basal contínua elaborada pelas células de Schwann embainhadoras. Nos axônios de grosso calibre, as superfícies dos bulbos paranodais e do axônio subjacente tornam-se acanaladas à medida que elas se aproximam dos nódulos. O acanalamento produz sulcos na superfície externa da bainha de mielina que são preenchidos por citoplasma da célula de Schwann, caracterizado por grandes números de mitocôndrias. Nas fibras menores este arranjo é menos óbvio, embora o citoplasma paranodal geralmente contenha mitocôndrias.

Incisuras de Schmidt–Lanterman

As incisuras de Schmidt–Lanterman são descompactações helicoidais da mielina internodal que ocorrem em todas as bainhas, independente da espessura. Nas incisuras, a linha densa principal da bainha de mielina se divide para encerrar uma banda espiral contínua de citoplasma granular que passa entre as camadas abaxonal e adaxonal do citoplasma da célula de Schwann. A linha densa secundária da bainha de mielina da incisura se separa para criar um canal longo que potencialmente conecta o espaço periaxonal com o líquido extracelular no endoneuro. A função das incisuras não é conhecida: sua estrutura sugere que elas podem participar no transporte de moléculas através da bainha de mielina.

CÉLULAS SATÉLITES

Muitas células não neuronais do sistema nervoso central foram chamadas células satélites, incluindo pequenas células extracapsulares redondas nos gânglios periféricos, células capsulares ganglionares, células de Schwann, qualquer célula que esteja estreitamente associada com somas neuronais, e células precursoras associadas com fibras musculares estriadas (pág. 117). No sistema nervoso, o termo é mais comumente reservado para células achatadas, epitelioides (células gliais ganglionares, células capsulares) que envolvem os somas neuronais dos gânglios periféricos (Fig. 3.26). Seu citoplasma assemelha-se àquele das células de Schwann, e suas superfícies profundas se interdigitam através de pregueamentos recíprocos com as membranas dos neurônios envolvidos. As células capsulares são sucedidas por células semelhantes que envolvem a parte inicial do processo dendroaxonal dos neurônios sensitivos unipolares dos gânglios sensitivos de nervos espinais, e estas, por sua vez, são contíguas a células de Schwann que envolvem os processos periféricos e centrais dos neurônios.

Neuróglia entérica

Os nervos entéricos não possuem endoneuro e, assim, não possuem as capas colágenas de outros nervos periféricos. Os neurônios ganglionares entéricos são suportados por neuróglia que se assemelha estreitamente aos astrócitos: eles contêm mais proteína ácida fibrilar glial (GFAP) do que as células de Schwann não mielinizantes, e não produzem uma lâmina basal.

Neuróglia embainhadora olfatória

A neuróglia embainhadora olfatória compartilha uma origem comum com neurônios receptores olfatórios no placoide olfatório. Ela embainha os axônios sensitivos olfatórios de uma forma que lembra a relação entre as células de Schwann e os axônios em nervos periféricos muito imaturos, *i.e.*, as células da neuróglia rodeiam, mas não segregam, feixes de até 50 fibras não mielinizadas finas para formar aproximadamente 20 fios olfatórios. A neuróglia de embainhamento olfatória acompanha os axônios olfatórios desde a lâmina própria do epitélio olfatório até os seus contatos sinápticos nos glomérulos dos bulbos olfatórios. Esta disposição incomum é única: em outros lugares no sistema nervoso os territórios da neuróglia periférica e central são claramente demarcados nas zonas de transição SNC–SNP.

A neuróglia embainhadora e os pés terminais dos astrócitos que estão entre os feixes de axônios olfatórios, ambos contribuem para a neuróglia limitante (*glia limitans*) na superfície pial dos bulbos olfatórios. A neuróglia embainhadora tem um fenótipo maleável, e de fato pode haver mais de um subtipo. Algumas células expressam GFAP, sob forma de finos filamentos citoplasmáticos, e algumas expressam $p75^{NTR}$.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO DOS NERVOS PERIFÉRICOS

Os vasos sanguíneos que suprem os nervos terminam em um plexo capilar que perfura o perineuro. Os ramos do plexo correm paralelos com as fibras, conectados por curtos vasos transversos, formando malhas retangulares estreitas semelhantes às encontradas no músculo. O suprimento sanguíneo dos nervos periféricos é incomum. Os capilares endoneurais possuem diâmetros atipicamente grandes, e as distâncias intercapilares são maiores que em muitos outros tecidos. Os nervos periféricos têm dois sistemas vasculares separados e funcionalmente independentes: um sistema extrínseco (vasos nutritivos regionais e vasos epineurais) e um sistema intrínseco (microvasos correndo longitudinalmente no endoneuro). Anastomoses entre os dois sistemas produzem considerável superposição entre os territórios das artérias segmentares. Este padrão único de vasos, juntamente com um alto fluxo sanguíneo basal em relação às necessidades metabólicas, significa que os nervos periféricos possuem alto grau de resistência à isquemia.

Barreira sangue-nervo

Exatamente do mesmo modo que o neurópilo dentro do SNC está protegido por uma barreira hematoencefálica, o conteúdo endoneural das fibras nervosas periféricas está protegido por uma barreira sangue-nervo e pelas células do perineuro. A barreira sangue-nervo opera em nível das paredes capilares endoneurais, onde as células endoteliais são unidas por junções ocludentes e não fenestradas, e estão rodeadas por lâminas basais contínuas. A barreira é muito menos eficiente nos gânglios sensitivos de nervo espinal e gânglios autônomos e nas partes distais dos nervos periféricos.

GÂNGLIOS

Os gânglios são agregados de somas neuronais e possuem forma e tamanho variados. Eles ocorrem nas raízes posteriores dos nervos espinais; nas raízes sensitivas dos nervos cranianos trigêmeo, facial, glossofaríngeo, vago e vestibulococlear; nos nervos autônomos e no sistema nervoso entérico. Cada gânglio está envolvido por uma cápsula de tecido conjuntivo fibroso e contém somas neuronais e processos neuronais. Alguns gânglios, particularmente no SNA, contêm fibras de corpos celulares que estão situados em outro local no sistema nervoso e que ou passam através ou terminam dentro dos gânglios.

Gânglios sensitivos

Os gânglios sensitivos de nervos espinais (Fig. 3.26) e os gânglios dos nervos cranianos trigêmeo, facial, glossofaríngeo e vago estão envoltos em tecido conjuntivo periganglionar, o qual se assemelha ao perineuro que rodeia os nervos periféricos. Os neurônios ganglionares são unipolares. Eles têm somas esféricas ou ovais de tamanho variável, agregados em grupos entre fascículos de fibras nervosas mielinizadas e não mielinizadas. De cada

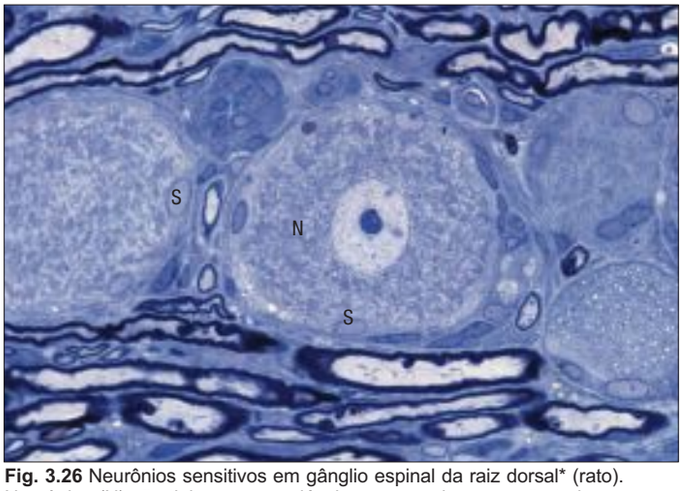


Fig. 3.26 Neurônios sensitivos em gânglio espinal da raiz dorsal* (rato). Neurônios (N) são tipicamente variáveis em tamanho, mas são todos encapsulados por células satélites (S). Fibras mielinizadas são vistas acima e abaixo dos somas neuronais. Corte em resina corado com azul de toluidina. (Por cortesia de Dr. Clare Farmer, King's College, London.)

*__Nota da Revisão Científica:__ Gânglio espinal da raiz dorsal é o termo utilizado para roedores, em seres humanos denomina-se gânglio sensitivo de nervo espinal.

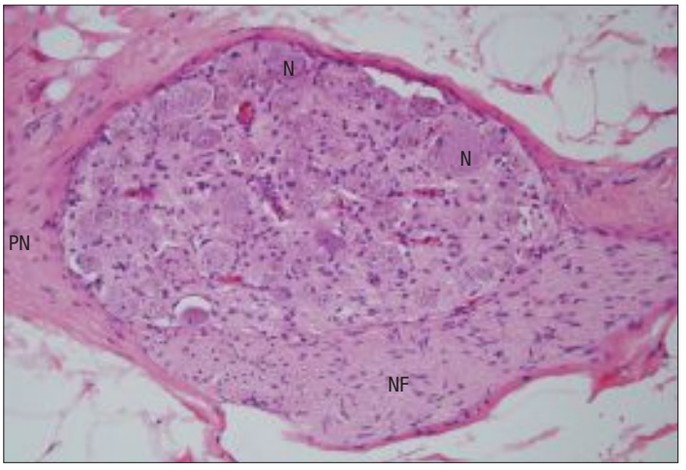


Fig. 3.27 Gânglio autônomo (humano) em um nervo periférico (PN) no tecido conjuntivo adiposo. Somas neuronais (N) e uma camada de fibras nervosas (NF) são visíveis no interior do gânglio.

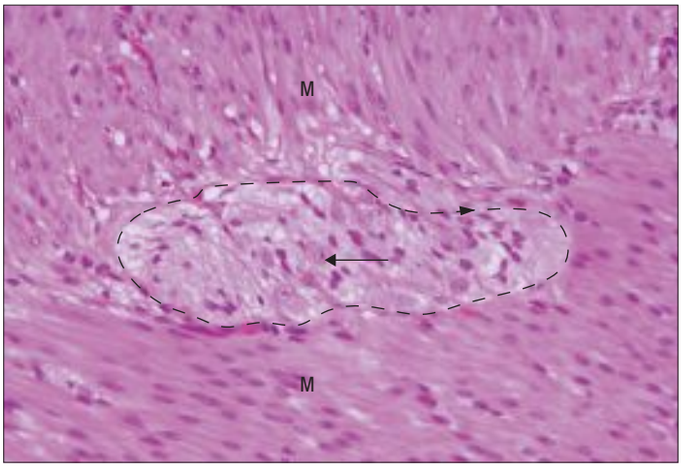


Fig. 3.28 Gânglio entérico (delineado por contorno) do plexo mioentérico (de Auerbach) entre as camadas circular interna e longitudinal externa do músculo liso (M) na parede do intestino humano. Um neurônio ganglionar entérico está indicado pela seta.

neurônio, o processo axodendrítico único se bifurca em processos central e periférico: nas fibras mielinizadas a junção ocorre em um nódulo de Ranvier. O processo periférico alcança uma terminação sensitiva e, já que conduz impulsos na direção do soma; de forma estrita, ele funciona como um dendrito alongado. Entretanto, como tem as propriedades estruturais e funcionais típicas do axônio periférico, ele é convencionalmente descrito como axônio.

Cada soma neuronal é rodeado por uma cápsula de células satélites gliais (ver anteriormente). Cada processo axodendrítico e suas divisões periférica e central, embainhadas por células de Schwann, situam-se fora da cápsula. Todas as células do gânglio estão no interior de um delicado tecido conjuntivo vascular que é contínuo com o endoneuro da raiz nervosa. Os neurônios ganglionares sensitivos não estão limitados aos gânglios craniospinais individualizados e, muitas vezes, ocupam posições heterotópicas, isoladamente ou em pequenos grupos, distais ou proximais aos seus gânglios.

Herpes-zóster A infecção primária pelo vírus varicela-zóster causa varicela. Após recuperação, o vírus permanece adormecido no interior dos gânglios sensitivos: sua reativação leva ao herpes-zóster, que compromete o(s) dermátomo(s) suprido(s) pelo(s) nervo(s) sensitivo(s) afetado(s).Diagnostica-se dor severa e uma erupção semelhante à varicela, muitas vezes limitada a uma das divisões do nervo trigêmeo, ou a um dermátomo nervoso espinal. Quando o herpes-zóster compromete o gânglio geniculado, comprime o nervo facial e resulta na paralisia facial de neurônio motor inferior conhecida como síndrome de Ramsay Hunt. Ocasionalmente, se o nervo vestibulococlear for comprometido, há vertigem, zumbido e alguma surdez.

Gânglios autônomos

Os gânglios autônomos são em grande parte estações de retransmissão. Seus neurônios são multipolares e possuem árvores dendríticas sobre as quais fazem sinapse os axônios motores autônomos pré-ganglionares (Fig. 3.27). Os neurônios são rodeados por um neurópilo misto de fibras aferentes e eferentes, dendritos, sinapses e células não neurais. Há considerável variação na proporção de fibras pré e pós-ganglionares nos diferentes tipos de gânglio. Assim, axônios simpáticos pré-ganglionares podem fazer sinapse com muitos neurônios pós-ganglionares, para disseminação ampla e talvez amplificação da atividade simpática, uma característica não encontrada no mesmo grau nos gânglios parassimpáticos. A disseminação também pode ser realizada por conexões com interneurônios ganglionares ou pela difusão, dentro do gânglio, de substâncias transmissoras produzidas localmente (efeito parácrino) ou em outro local (efeito endócrino). Uma pequena fração das fibras no interior de um gânglio é de fibras eferentes a caminho de outro gânglio, ou é de fibras aferentes provenientes de vísceras e glândulas: nenhuma destas fibras faz sinapse no gânglio.

O soma da maioria dos neurônios de um gânglio autônomo varia entre 25-50 μm; um tipo menor, 15-20 μm, é menos frequente; e geralmente estão aglomerados em grupos. As áreas dendríticas destes neurônios multipolares são complexas, e glomérulos dendríticos tem sido observados em muitos gânglios. Aglomerados de vesículas adrenérgicas de grânulos pequenos ocupam o soma e os dendritos, e provavelmente representam a estocagem de catecolaminas. Os neurônios ganglionares recebem muitas sinapses axodendríticas de fibras nervosas pré-ganglionares; as sinapses axossomáticas são menos numerosas. As fibras pós-ganglionares geralmente originam-se do tronco inicial de um dendrito grande e produzem nenhum, ou poucos processos colaterais.

Gânglios entéricos

O sistema nervoso entérico é composto de neurônios ganglionares (Fig. 3.28) e nervos associados servindo a diferentes funções, incluindo a regulação da motilidade e do transporte na mucosa do tubo digestório (Caps. 15 e 60). Fibras autônomas extrínsecas suprem a parede do tubo digestório e, junto com os neurônios ganglionares entéricos intrínsecos e os sistemas endócrino e circulatório, integram as atividades do sistema digestório, seja como resultado de interação com neurônios entéricos (p. ex., via fibras vagais), seja pela regulação direta do fluxo sanguíneo local (via fibras simpáticas pós-ganglionares).

Os neurônios ganglionares entéricos são predominantemente peptidérgicos ou monoaminérgicos, e podem ser assim classificados. Outros neurônios expressam óxido nítrico sintase e liberam NO. Existem diferenças regionais nos números de gânglios e nas classes de neurônios que eles contêm. Por exemplo, gânglios do plexo mioentérico são menos frequentes no músculo liso esofágico (1,5 por cm) que nos intestinos delgado e grosso (aproximadamente 10 por cm de comprimento do intestino). Todos os neurônios entéricos esofágicos coexpressam polipeptídeo vasoativo (VIP) e neuropeptídeo Y (NPY), enquanto fibras contendo gastrina e somatostatina são raras. Em contraste, neurônios contendo gastrina e somatostatina são abundantes nos intestinos delgado e grosso, e embora ambos os tipos estejam presentes, muitos poucos neurônios VIP coexpressam NPY.

Podem ser feitas correlações entre algumas classes fenotípicas de neurônios entéricos e suas propriedades funcionais, embora muito ainda permaneça indeterminado. Os neurônios colinérgicos são excitatórios, causam contração muscular e, principalmente, se projetam oralmente. Os neurônios que liberam NO são geralmente maiores e se projetam por distâncias mais longas, principalmente na direção anal. Eles são neurônios inibitórios, alguns dos quais também expressam VIP e promovem relaxamento muscular.

SISTEMA NEUROENDÓCRINO DISPERSO

Embora os sistemas nervoso, neuroendócrino e endócrino operem por comunicação intercelular, eles diferem no modo, velocidade e grau ou localização dos efeitos produzidos. O sistema nervoso autônomo usa condução de impulso e liberação de neurotransmissor para transmitir informação, e as respostas induzidas são rápidas e localizadas. O sistema neuroendócrino disperso usa apenas secreção. Ele é mais lento, e as respostas induzidas são menos localizadas, porque as secreções, por exemplo, os neuromediadores, podem atuar sobre células contíguas, ou sobre grupos de células próximas atingidas por difusão, ou sobre células distantes por meio da corrente sanguínea. Muitas das suas moléculas efetoras operam em ambos o sistema nervoso e o sistema neuroendócrino. O sistema endócrino propriamente dito, que consiste em coleções de células e glândulas produtoras de hormônios individualizadas e sem ductos, é ainda mais lento e menos localizado, embora seus efeitos sejam específicos e muitas vezes prolongados. As funções desses sistemas regulatórios se superpõem, e eles podem ser considerados como um único regulador neuroendócrino das atividades metabólicas e do ambiente interno do organismo, atuando para prover condições nas quais este possa funcionar com sucesso. Os eixos neurais e neuroendócrinos parecem cooperar para modular algumas formas

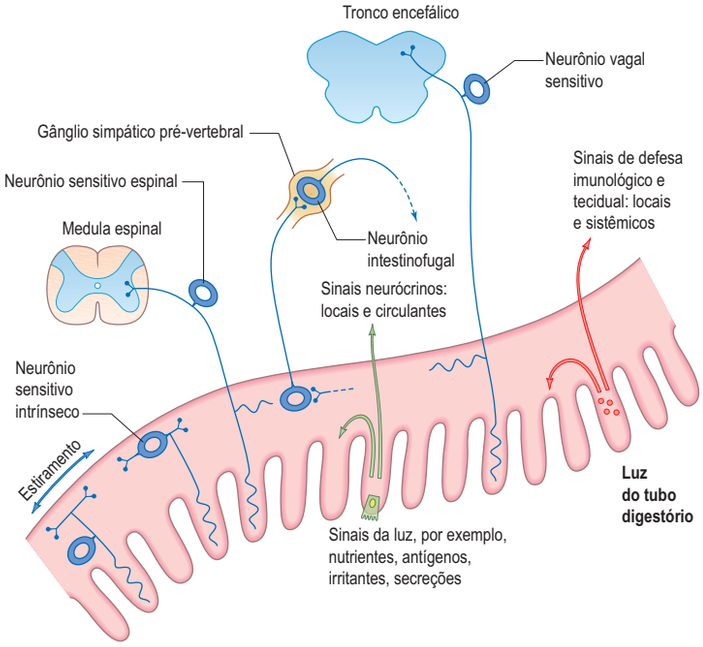


Fig. 3.29 As formas pelas quais o sistema nervoso, o sistema neuroendócrino e o sistema imunológico estão integrados estão demonstradas no intestino. Sinais neuroendócrinos a partir das células neuroendócrinas entéricas e sinais a partir de células de defesa imunológicas (p. ex., linfócitos, macrófagos e mastócitos) atuam sobre outras células daqueles sistemas e sobre neurônios com terminações sensitivas na parede intestinal, seja localmente seja à distância. Alguns somas neuronais residem dentro dos gânglios entéricos na parede do tubo digestório, outros têm seus corpos nos gânglios periféricos. Os sinais neuronais podem atuar localmente, ser transmitidos ao SNC ou entrar em uma via reflexa por intermédio de gânglios simpáticos.

de reação imunológica: o extenso sistema de vasos, hormônios circulantes e fibras nervosas que ligam o encéfalo com todas as vísceras são considerados como constituindo uma rede neuroimune (Fig. 3.29). Para leitura adicional ver Furness (2006); Shepherd *et al.* (2005).

Algumas células são capazes de captar e descarboxilar compostos precursores de aminas (células de captação e descarboxilação de precursores de aminas ou APUD). Elas são caracterizadas por grânulos citoplasmáticos de centro denso (Fig. 2.6), similares às vesículas de neurotransmissor vistas em alguns tipos de terminal neuronal. O grupo inclui as células descritas como células cromafins (feocromócitos), derivadas do neuroectoderma e inervadas por fibras nervosas simpáticas pré-ganglionares. As células cromafins sintetizam e secretam catecolaminas (dopamina, noradrenalina ou adrenalina). Seu nome se refere à descoberta que a sua reserva citoplasmática de catecolaminas é suficientemente concentrada para dar uma coloração castanho-amarelada intensa, a chamada reação cromafin positiva, quando elas são tratadas com soluções aquosas de sais de cromo, particularmente com dicromato de potássio. As células cromafins clássicas incluem coleções de células na medula da glândula suprarrenal; os glomos paraaórticos, que secretam noradrenalina; paragânglios (Cap. 15); certas células nos glomos caróticos; pequenos grupos de células irregularmente dispersas entre os gânglios simpáticos paravertebrais, os nervos esplâncnicos e os plexos autônomos pré-vertebrais.

O trato alimentar contém uma grande população de células de um tipo semelhante (previamente chamadas células neuroendócrinas ou enterocromafins) na sua parede. Estas células atuam como transdutores sensitivos, ativando neurônios aferentes primários intrínsecos e extrínsecos por meio da liberação de 5-hidroxitriptamina (5-HT). O trato respiratório neonatal contém um sistema proeminente de células neuroendócrinas, tanto dispersas quanto agregadas (corpos neuroepiteliais): os números de ambos os tipos declinam durante a infância. As células de Merkel na epiderme basal da pele armazenam neuropeptídeos os quais elas podem liberar para terminações nervosas associadas em resposta à pressão. Estudos experimentais em animais revelaram paraneurônios intraepiteliais contendo 5-HT no revestimento urotelial da uretra: considera-se que estas células transmitem informação da superfície luminal da uretra para nervos sensitivos subjacentes.

Várias descrições e termos foram aplicados às células deste sistema na literatura mais antiga. Eles incluem: células claras (assim chamadas por causa das suas pobres propriedades tintoriais em preparações de rotina); células argentafins (reduzem sais de prata); células argirófilas (absorvem prata); pequenas células intensamente fluorescentes; células produtoras de peptídeos (particularmente do hipotálamo, hipófise, glândulas pineal e paratireoides, e placenta); células de Kulchitsky nos pulmões; e paraneurônios. Muitas células do sistema neuroendócrino disperso (ou difuso), SNED, são derivadas embriologicamente da crista neural. Algumas, em particular as células do sistema digestório, agora se sabe serem de origem endodérmica. Para leitura complementar, ver Day e Salzet (2002).

TERMINAÇÕES SENSITIVAS

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RECEPTORES SENSITIVOS

Existem três tipos principais de receptor sensitivo: neuroepitelial, epitelial e neuronal (Fig. 3.30).

O receptor neuroepitelial é composto por um neurônio com um soma situado próximo a uma superfície sensitiva e um axônio que transmite sinais sensitivos para o SNC para fazer sinapse com neurônios de segunda ordem. Este é um arranjo primitivo evolutivamente, e o único exemplo no homem é o neurônio sensorial do epitélio olfatório.

O receptor epitelial é uma célula que é modificada a partir de um epitélio sensitivo não nervoso e é inervada por um neurônio sensitivo primário com um soma situado próximo ao SNC. Exemplos são as células de Merkel da epiderme, receptores auditivos e botões gustatórios. Quando ativado, este tipo de receptor excita o seu neurônio por neurotransmissão através de uma fenda sináptica.

O receptor neuronal é um neurônio sensitivo primário que tem soma em um gânglio craniospinal e um axônio periférico que termina em um terminal sensitivo. Todos os sensores cutâneos (com a exceção das células de Merkel) e proprioceptores são deste tipo: seus terminais sensitivos podem ser encapsulados ou ligados a estruturas mesodérmicas ou ectodérmicas especiais para formar uma parte do aparelho sensitivo. As células extraneurais não são necessariamente excitáveis, mas criam um ambiente apropriado para a excitação do processo neuronal.

O estímulo no receptor é transduzido em uma alteração graduada de potencial elétrico na superfície do receptor (potencial de receptor), e isto inicia um potencial de ação tudo-ou-nada que é transmitido ao SNC. Isto pode ocorrer no receptor, quando este é um neurônio, ou parcialmente no receptor e parcialmente no neurônio que o inerva, no caso dos receptores epiteliais. A transdução varia com a modalidade de estímulo, e geralmente causa despolarização da membrana do receptor (ou hiperpolarização, na retina). Nos mecanorreceptores, a transdução pode envolver a deformação da estrutura da membrana, o que faz as moléculas de proteína sensíveis à deformação ou à voltagem abrirem canais iônicos. Nos quimiorreceptores, a ação do receptor pode se assemelhar à da ACh nas junções neuromusculares. Os receptores visuais compartilham similaridades com os quimiorreceptores: a luz causa alterações em proteínas receptoras, o que ativa proteínas G, resultando na liberação de segundos mensageiros e na permeabilidade alterada da membrana.

As respostas quantitativas das terminações sensitivas aos estímulos variam muito, e aumentam a flexibilidade do desenho funcional dos sistemas sensitivos. Embora excitação aumentada com aumento do nível de estímulo seja um padrão comum (resposta "ligado"), alguns receptores respondem à estimulação diminuída (resposta "desligado"). Mesmo receptores não estimulados mostram graus variados de atividade espontânea de fundo contra a qual um aumento ou diminuição na atividade ocorre com mudança dos níveis de estímulo. Em todos os receptores estudados, quando a estimulação é mantida em nível constante, há uma explosão inicial (a fase dinâmica) seguida por uma adaptação gradual ao nível constante (a fase estática). Embora todos os receptores mostrem estas duas fases, uma ou outra pode predominar, proporcionando uma distinção entre terminações nervosas de adaptação rápida que registram precisamente a taxa inicial do estímulo, e terminações de adaptação lenta, que sinalizam a amplitude constante de um estímulo, por exemplo, o sentido da posição. As fases dinâmica e estática são refletidas na amplitude e duração dos potenciais dos receptores e também na frequência de potenciais de ação nas fibras sensitivas. A força do estímulo necessária para evocar resposta em um receptor, *i.e.*, seu nível limiar, varia grandemente entre os receptores, e fornece um nível extra de informação sobre a força do estímulo. Para informação complementar sobre receptores sensitivos, ver Nolte (2002).

CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DOS RECEPTORES

Os receptores foram classificados de várias maneiras. Eles podem ser classificados pelas modalidades às quais eles são sensíveis, como mecanorreceptores (que são responsivos a deformação, por exemplo, tato, pressão, ondas sonoras etc.), quimiorreceptores, fotorreceptores e termorreceptores. Alguns receptores são polimodais, *i.e.*, eles respondem seletivamente a mais de uma modalidade: eles geralmente têm limiares altos e respondem a estímulos lesivos associados com irritação ou dor (nociceptores).

Outra classificação amplamente utilizada divide os receptores com base na sua distribuição no corpo em exteroceptores, proprioceptores e interoceptores. Exteroceptores e proprioceptores são receptores dos componentes

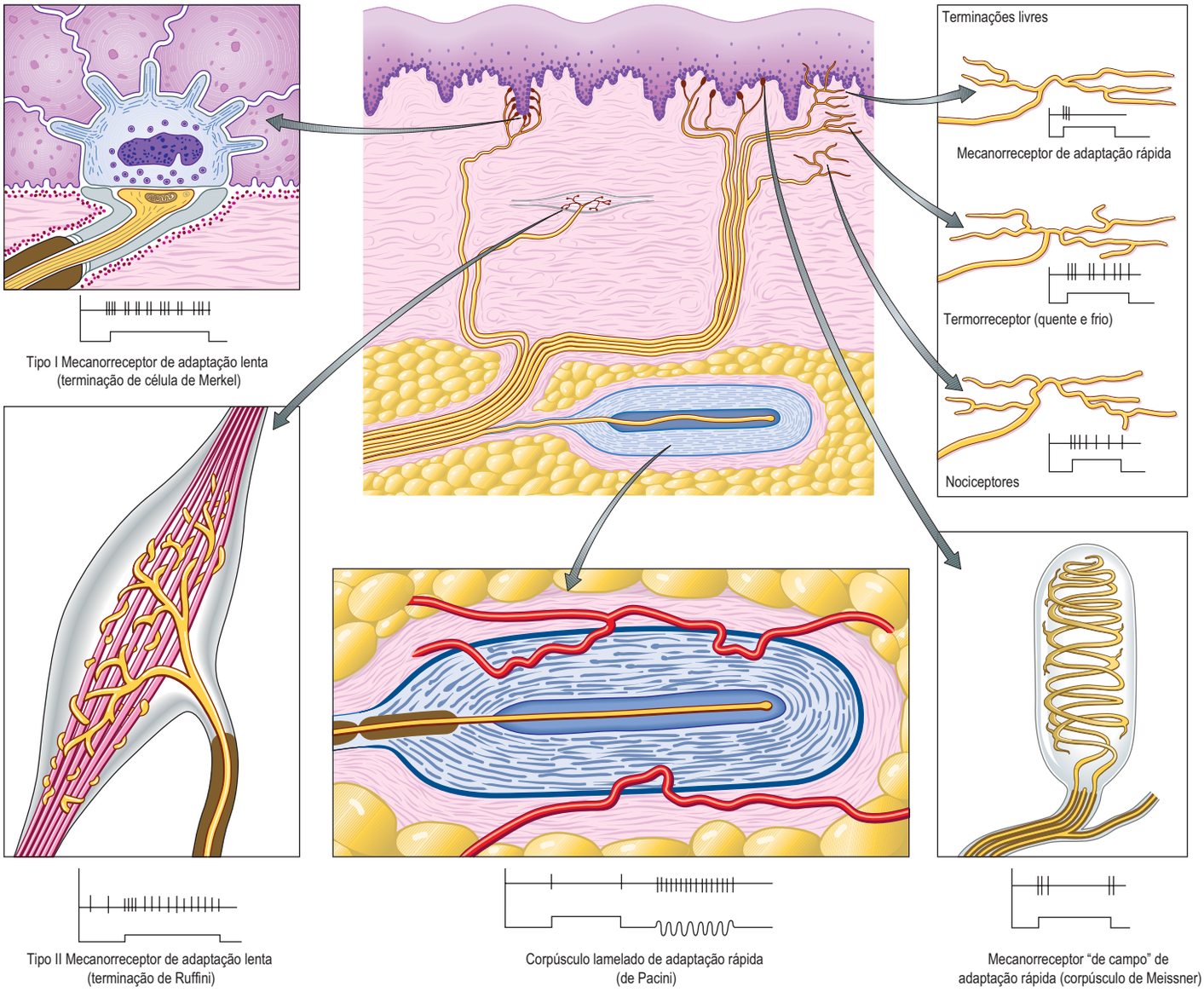


Fig. 3.30 Alguns tipos principais de terminação sensitiva de fibras aferentes gerais (omitindo os tipos neuromusculares, neurotendíneos e relacionados aos pelos). Os traços abaixo de cada tipo de terminação indicam (em cima) sua resposta (frequência de descarga [linhas verticais] e adaptação com o tempo) a um estímulo apropriado (embaixo) da duração indicada. A resposta do corpúsculo de Pacini à vibração (sequência rápida de estímulos *on-off*) também é demonstrada.

aferentes somáticos do sistema nervoso, enquanto interoceptores são receptores das vias aferentes viscerais.

Os exteroceptores respondem a estímulos externos e são encontrados na superfície do corpo ou próximo dela. Eles podem ser subdivididos nos órgãos dos sentidos gerais ou cutâneos e órgãos sensitivos especiais. Os receptores sensitivos gerais incluem terminações nervosas livres e encapsuladas na pele e junto aos pelos. Os órgãos sensitivos especiais são os receptores olfatórios, visuais, acústicos, vestibulares e gustatórios.

Os proprioceptores respondem a estímulos nos tecidos mais profundos, especialmente do aparelho locomotor, e estão envolvidos na detecção de movimento, esforços mecânicos e posição. Eles incluem os órgãos tendíneos de Golgi, os fusos neuromusculares, os corpúsculos de Pacini, outras terminações nas articulações e os receptores vestibulares. Os proprioceptores são estimulados pela contração dos músculos, pelos movimentos das articulações e pelas mudanças na posição do corpo. Eles são essenciais para a coordenação dos músculos, a graduação da contração muscular e a manutenção do equilíbrio.

Os interoceptores são encontrados nas paredes das vísceras, glândulas e vasos, onde suas terminações incluem terminações nervosas livres, terminais encapsulados e terminações associadas a células epiteliais especializadas. Os terminais nervosos são encontrados nas camadas das paredes viscerais e na adventícia dos vasos sanguíneos, mas a estrutura e função detalhadas de muitas destas terminações não estão bem estabelecidas. Terminações encapsuladas (lameladas) ocorrem no coração, na adventícia e nos mesentérios. Arborizações terminais livres ocorrem no endocárdio, no endomísio de todos os músculos e no tecido conjuntivo em geral. Terminais nervosos viscerais não são geralmente responsivos a estímulos que atuam sobre os exteroceptores, e não respondem a estímulos mecânicos e térmicos localizados. A tensão produzida por contração muscular excessiva e por distensão visceral muitas vezes causa dor, particularmente em estados patológicos, que é frequentemente mal localizada e profunda. A dor visceral é muitas vezes referida ao dermátomo correspondente (Fig. 15.12). Os nociceptores polimodais (receptores a irritantes) respondem a uma variedade de estímulos como substâncias nocivas ou estímulos mecânicos danosos. Eles são principalmente as terminações nervosas livres de fibras finas e não mielinizadas, que são amplamente distribuídas nos epitélios dos sistemas digestório e respiratório: eles podem iniciar reflexos protetores.

Os interoceptores incluem quimiorreceptores vasculares, por exemplo, o glomo carótico, e barorreceptores, os quais se ocupam com a regulação do fluxo e pressão sanguíneos e o controle da respiração.

TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES

As terminações sensitivas que se ramificam para formar plexos ocorrem em muitos locais (Fig. 3.30). Elas ocorrem em todos os tecidos conjuntivos, incluindo aqueles da derme, fáscias, cápsulas de órgãos, ligamentos, tendões, adventícia dos vasos sanguíneos, meninges, cápsulas articulares, periósteo, pericôndrio, sistemas haversianos no osso, peritônio parietal, paredes das vísceras e no endomísio de todos os tipos de músculo. Elas também inervam o epitélio da pele, córnea, cavidade oral, e sistemas disgestório e respiratório e suas glândulas associadas. No interior dos epitélios, as terminações sensi-

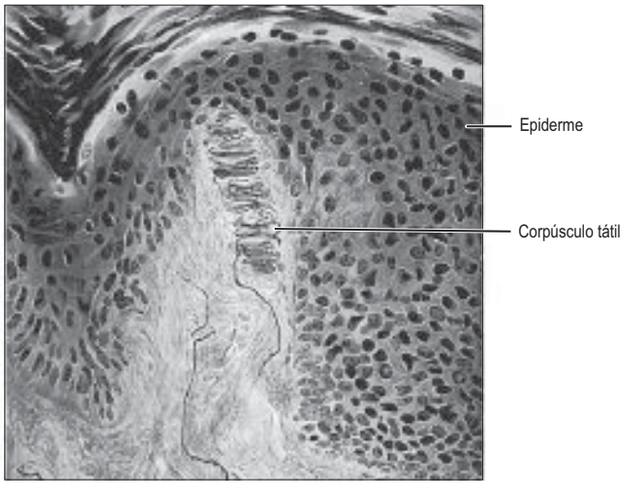


Fig. 3.31 Um corpúsculo tátil de Meissner em papila dérmica na pele, demonstrado usando-se a técnica de coloração pela prata de Bielschowsky modificada. (Por cortesia de N Cauna, University of Pittsburgh.)

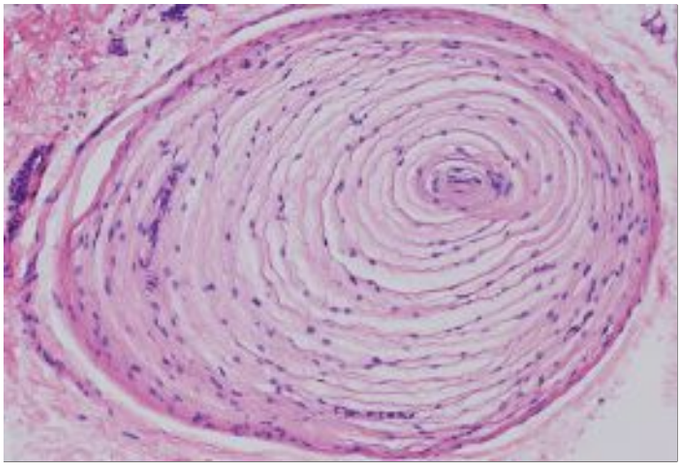


Fig. 3.32 Um corpúsculo de Pacini na derme humana.

tivas livres são desprovidas de bainha da célula de Schwann e estão envoltas, em vez disso, por células epiteliais. As fibras aferentes a partir de terminações nervosas livres podem ser mielinizadas ou não mielinizadas, mas são sempre de pequeno diâmetro e possuem baixa velocidade de condução. Quando os axônios aferentes são mielinizados, suas arborizações terminais não o são. Estes terminais servem a diversas modalidades sensitivas. Na derme, elas podem ser responsivas a frio ou calor moderados (termorreceptores); toque mecânico leve (mecanorreceptores); a calor, frio ou deformação lesivos (nociceptores unimodais) e a estímulos danosos de vários tipos (nociceptores polimodais). Fibras semelhantes nos tecidos mais profundos também podem sinalizar condições extremas, as quais são experimentadas, como com todos os nociceptores, como dor. As terminações nervosas livres na córnea, dentina e periósteo podem ser exclusivamente nociceptivas.

Tipos especiais de terminação nervosa livre estão associados com estruturas epidérmicas na pele. Eles incluem terminais associados a folículos pilosos (receptores peritriquiais) que se ramificam a partir de fibras mielinizadas no plexo cutâneo dérmico profundo: o número, tamanho e forma das terminações estão relacionados ao tamanho e tipo de folículo piloso inervado. Estas terminações respondem principalmente a movimento quando o pelo é deformado, e pertencem ao grupo de mecanorreceptores de adaptação rápida.

As terminações táteis de Merkel situam-se na base da epiderme ou em torno das extremidades apicais de alguns folículos pilosos, e são inervadas por grandes axônios mielinizados. Cada axônio se expande em um disco que está justaposto à base de uma célula de Merkel na camada basal da epiderme. As células, que são consideradas derivadas da crista neural, contêm muitas vezes grandes (50–100 nm) vesículas de centro denso, presumivelmente contendo transmissores, as quais estão concentradas próximo da junção com o axônio. As terminações de Merkel são mecanorreceptores de adaptação lenta, responsivas a pressão sustentada e sensíveis às margens de objetos aplicados.

TERMINAÇÕES ENCAPSULADAS

As terminações encapsuladas são um grupo importante de terminações especiais que inclui corpúsculos lamelados de vários tipos (p. ex., de Meissner, de Pacini), órgãos tendíneos de Golgi, fusos neuromusculares e terminações de Ruffini (Fig. 3.30). Elas exibem considerável variedade no seu tamanho, forma e distribuição, mas compartilham uma característica comum, o fato de cada terminal axônico ser encapsulado por células não excitáveis.

Corpúsculos de Meissner

Os corpúsculos de Meissner são encontrados nas papilas dérmicas de todas as partes da mão e pé, na face anterior do antebraço, nos lábios, nas túnicas conjuntiva da pálpebra e mucosa do ápice da língua. Eles são mais concentrados na pele glabra grossa, especialmente das polpas digitais, onde pode haver até 24 corpúsculos por cm^2 em adultos jovens. Os corpúsculos maduros têm forma cilíndrica, com aproximadamente 80 μm de comprimento e 30 μm de largura, com seus eixos longos perpendiculares à superfície da pele. Cada corpúsculo possui uma cápsula de tecido conjuntivo e um núcleo central composto de uma pilha de células de Schwann achatadas modificadas (Fig. 3.31). Os corpúsculos de Meissner são mecanorreceptores de adaptação rápida, sensíveis a alterações de forma e textura no toque exploratório e discriminatório: sua sensibilidade aguda provê a base neural para leitura de texto em Braille.

Corpúsculos de Pacini

Os corpúsculos de Pacini estão situados subcutaneamente nas faces palmar e plantar da mão e pé, e em seus dedos; nos órgãos genitais externos; braço; pescoço, papila mamária; periósteos; membranas interósseas; perto de articulações, e no interior dos mesentérios. Eles são ovais, esféricos ou irregularmente enrolados e medem até 2 mm de comprimento e 100-500 μm ou mais transversalmente: os maiores são visíveis a olho nu. Cada corpúsculo possui uma cápsula, uma zona de crescimento intermediária e um núcleo central que contém um terminal axônico. A cápsula é formada por aproximadamente 30 lamelas concentricamente arranjadas de células achatadas com aproximadamente 0,2 μm de espessura (Fig. 3.32). As células adjacentes se superpõem e lamelas sucessivas são separadas por uma matriz amorfa de proteoglicano, que contém fibras colágenas orientadas circularmente, estreitamente justapostas às superfícies das células lamelares. A quantidade de colágeno aumenta com a idade. A zona intermediária é celular e suas células incorporam-se na cápsula ou no núcleo, de modo que em corpúsculos maduros ela não está claramente definida. O núcleo consiste em aproximadamente 60 lamelas bilaterais compactadas dispostas em ambos os lados de um terminal nervoso central.

Cada corpúsculo é suprido por um axônio mielinizado, o qual inicialmente perde sua bainha de mielina e posteriormente perde sua célula de Schwann embainhadora na sua junção com o núcleo. O axônio nu corre através do eixo central do núcleo e termina em um bulbo ligeiramente expandido. Ele está em contato com as lamelas mais interiores do núcleo, é transversalmente oval e envia projeções curtas de função desconhecida para dentro de fendas nas lamelas. O axônio contém numerosas mitocôndrias e diminutas vesículas, de aproximadamente 5 nm de diâmetro, que se agregam em oposição às fendas. As células da cápsula e lamelas do núcleo são consideradas fibroblastos especializados, mas algumas podem ser células de Schwann. Tecido fibroso elástico forma uma cápsula externa global para o corpúsculo. Os corpúsculos de Pacini são supridos por capilares que acompanham o axônio quando ele entra na cápsula.

Os corpúsculos de Pacini atuam como mecanorreceptores de adaptação muito rápida. Eles respondem apenas a perturbações súbitas e são especialmente sensíveis à vibração. A rapidez pode ser parcialmente devida à cápsula lamelada atuar como filtro de passagem de alta frequência, amortecendo distorções lentas pelo movimento fluido entre as células lamelares. Os grupos de corpúsculos respondem a alterações de pressão, por exemplo, ao agarrar ou soltar um objeto.

Terminações de Ruffini

As terminações de Ruffini são mecanorreceptores de adaptação lenta. Elas são encontradas na derme da pele fina e pilosa, onde funcionam como receptores de estiramento dérmico e respondem à tensão sustentada no colágeno dérmico. Elas consistem em terminações altamente ramificadas e não mielinizadas dos aferentes mielinizados. Elas se ramificam entre feixes de fibras colágenas no interior de uma estrutura fusiforme que está envolta parcialmente por uma bainha fibrocelular derivada do perineuro do nervo. As terminações de Ruffini se mostram eletrofisiologicamente similares a órgãos tendíneos de Golgi, aos quais elas se assemelham, embora sejam menos organizadas estruturalmente. Estruturas semelhantes aparecem nas cápsulas articulares (ver a seguir).

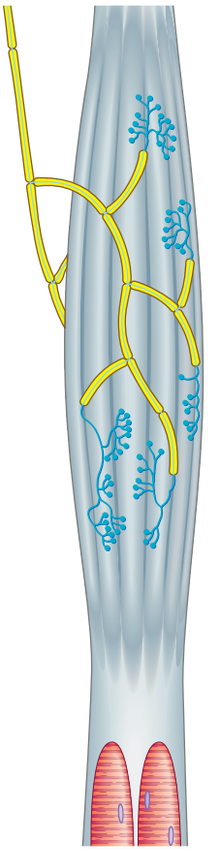


Fig. 3.33 A estrutura e inervação de um órgão tendíneo de Golgi. Para garantir a clareza, o perineuro e endoneuro foram omitidos para mostrar a distribuição das fibras nervosas ramificando-se entre os feixes de fibras colágenas do tendão.

Órgãos tendíneos de Golgi

Os órgãos tendíneos de Golgi são encontrados principalmente próximo de junções musculotendíneas (Fig. 3.33), onde mais de 50 podem ocorrer em um local qualquer. Cada terminal está estreitamente relacionado a um grupo de fibras musculares (até 20) onde elas se inserem no tendão. Os órgãos tendíneos de Golgi têm aproximadamente 500 μm de comprimento e 100 μm de diâmetro, e consistem em pequenos feixes de fibras de tendão envolvidas por uma cápsula delicada. Os feixes colágenos (fascículos intrafusais) são menos compactos que em outros locais no tendão, as fibras colágenas são menores e os fibroblastos maiores e mais numerosos. Uma única fibra nervosa aferente 1b espessamente mielinizada entra na cápsula e se divide. Seus ramos, que podem perder suas células de Schwann embainhadoras, terminam em dilatações semelhantes a folhas contendo vesículas e mitocôndrias, as quais se enrolam em torno do tendão. Uma lâmina basal ou processo de citoplasma da célula de Schwann separa os terminais nervosos dos feixes colágenos que constituem o tendão. Os órgãos tendíneos de Golgi são ativados pelo estiramento passivo do tendão, mas são muito mais sensíveis à contração ativa do músculo. Eles são importantes para fornecer a informação proprioceptiva que complementa a informação que chega dos fusos neuromusculares. Suas respostas são de adaptação lenta, e eles sinalizam tensão sustentada.

FUSOS NEUROMUSCULARES

Os fusos neuromusculares são essenciais para o controle da contração muscular. Cada fuso contém algumas pequenas fibras musculares intrafusais especializadas, inervadas por ambas as fibras nervosas sensitivas e motoras (Figs. 3.34 e 3.35). O todo é rodeado equatorialmente por uma cápsula fusiforme de tecido conjuntivo, que consiste em uma bainha externa semelhante a um perineuro de fibroblastos achatados e colágeno, e uma bainha interna que forma tubos delicados em torno de fibras intrafusais individuais (Fig. 3.36). Um fluido gelatinoso rico em glicosaminoglicanos enche o espaço entre as duas bainhas.

Existem geralmente 5–14 fibras intrafusais (o número varia entre os músculos) e dois tipos principais de fibras, fibras de saco nuclear e de cadeia nuclear, os quais são distinguidos pela disposição dos núcleos no seu sarcoplasma. Nas fibras de saco nuclear, uma aglomeração equatorial de núcleos causa um leve abaulamento da fibra, enquanto os núcleos nas fibras de cadeia nuclear formam uma fileira axial única. As fibras de saco nuclear são maiores em diâmetro do que as fibras de cadeia, e se estendem além da cápsula circundante até o endomísio das fibras musculares extrafusais vizinhas. As fibras de cadeia nuclear estão afixadas nos seus polos à cápsula ou às bainhas de fibras de saco nuclear.

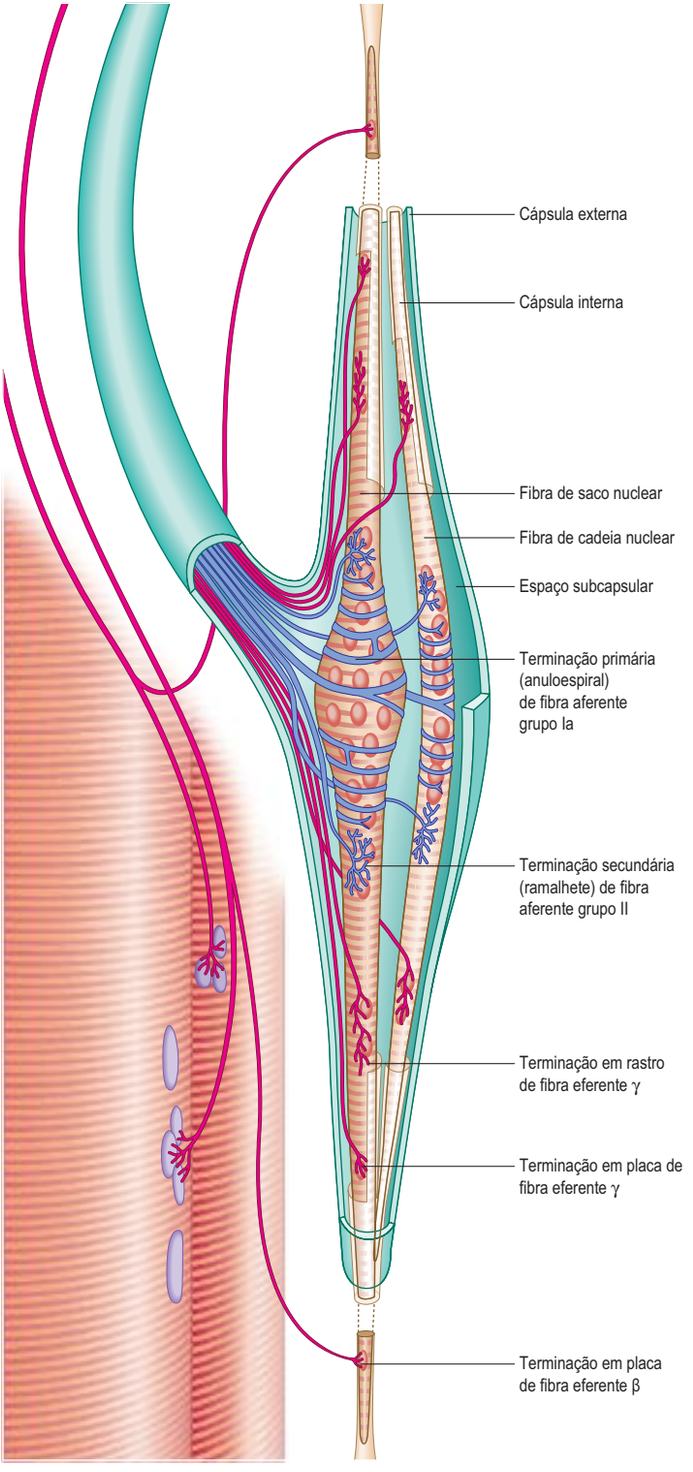


Fig. 3.34 Um fuso neuromuscular, mostrando fibras de saco nuclear e de cadeia nuclear no interior da cápsula do fuso (verde); estas são inervadas pelas terminações sensitivas anuloespirais e "ramalhete" de fibras aferentes (azul) e pelas terminações fusomotoras γ e β (fibras eferentes) (vermelho). As fibras eferentes β são colaterais de fibras que inervam células musculares extrafusais de contração lenta (rosa, embaixo à esquerda).

As fibras intrafusais assemelham-se a fibras típicas de músculo esquelético, exceto que a zona de miofibrilas é fina em torno dos núcleos. Um subtipo de fibra de saco nuclear (saco dinâmico 1) geralmente não possui linhas M, possui pouco retículo sarcoplasmático e tem uma abundância de mitocôndrias e enzimas oxidativas, mas pouco glicogênio. Um segundo tipo de fibra de saco (saco estática 2) possui linhas M distintas e glicogênio abundante. As fibras de cadeia nuclear têm linhas M, retículo sarcoplasmático e túbulos T acentuados, e abundante glicogênio, mas poucas mitocôndrias. Estas variações refletem as propriedades contráteis das diferentes fibras intrafusais (Boyd, 1985).

Os fusos neuromusculares recebem dois tipos de inervação sensitiva pelas terminações não mielinizadas de grandes axônios mielinizados. As terminações primárias (anuloespirais) estão dispostas equatorialmente e formam espirais em torno das partes nucleadas das fibras intrafusais. Elas

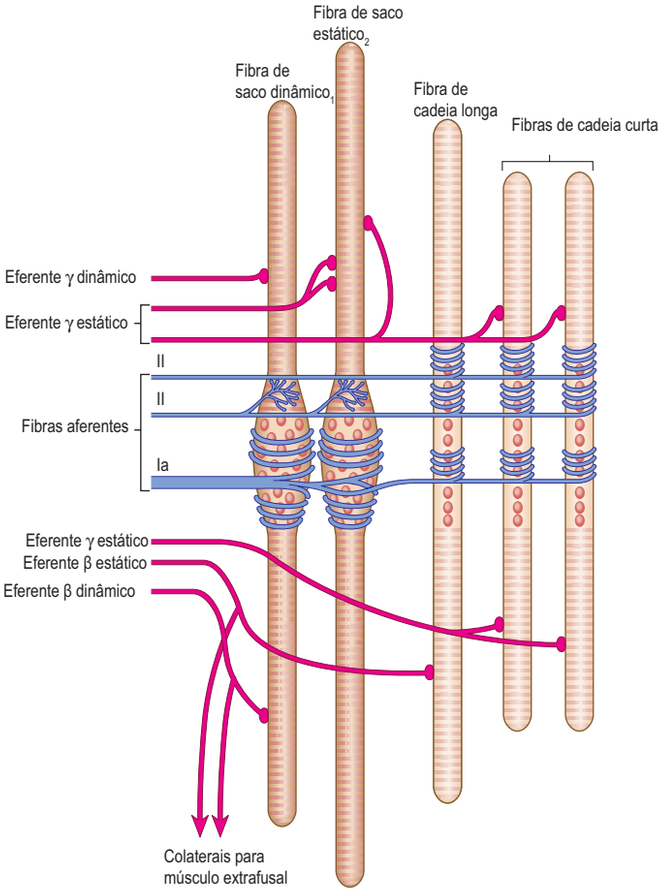


Fig. 3.35 Fibras de saco nuclear e de cadeia nuclear em fuso neuromuscular. Eferentes β e γ dinâmicos inervam fibras intrafusais de saco dinâmico 1, enquanto eferentes β e γ estáticos inervam fibras intrafusais de saco estático 2 e de cadeia nuclear.

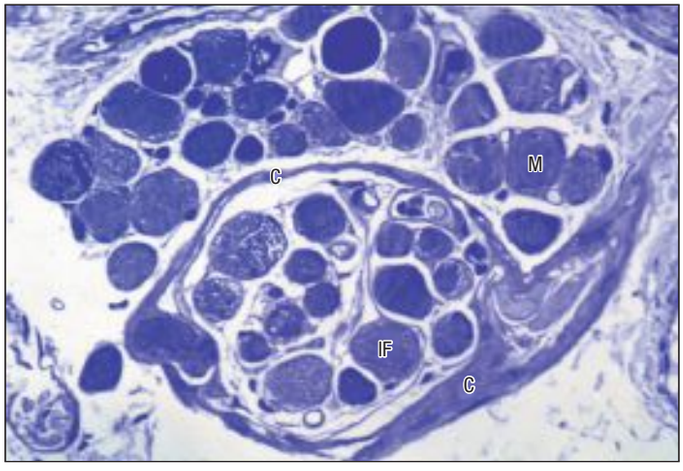


Fig. 3.36 Fuso neuromuscular em corte transversal em músculo extraocular humano. A cápsula do fuso (C) envolve fibras intrafusais (IF) de variados diâmetros. Fibras musculares típicas (M) em corte transverso estão mostradas acima do fuso. Corte em resina corado com azul de toluidina.

são as terminações de grandes fibras sensitivas (aferentes grupo 1a), cada uma das quais envia ramos para várias fibras musculares intrafusais. Cada terminal está situado em um sulco sarcolêmico profundo na membrana plasmática do fuso sob sua lâmina basal. As terminações secundárias (em ramalhete), que podem ser em forma de borrifos (*spray*) ou anulares, são principalmente limitadas às fibras de cadeia nuclear, e são os terminais ramificados de aferentes mielinizados um pouco mais finos (grupo II). Elas são varicosas e espalhadas em uma faixa estreita sobre ambos os lados das terminações primárias. Elas são situadas junto do sarcolema, embora não em sulcos. Em essência, as terminações primárias são de adaptação rápida, enquanto as terminações secundárias têm uma resposta regular, de adaptação lenta, ao estiramento estático.

Há três tipos de terminações motoras nos fusos neuromusculares. Dois são de eferentes fusomotores (γ) finos e mielinizados, e um é de colaterais eferentes mielinizados (β) de axônios que suprem fibras musculares extrafusais de contração lenta. Os eferentes fusomotores terminam mais perto da região equatorial, onde seus terminais ou se assemelham às placas motoras de fibras extrafusais (terminais de placa) ou são mais difusos (terminais de rastro). A estimulação dos eferentes fusomotores e β causa contração das fibras intrafusais e consequentemente ativação das suas terminações sensitivas.

Os fusos neuromusculares sinalizam o comprimento do músculo extrafusal tanto em repouso quanto durante toda a contração e relaxamento, a velocidade da sua contração e alterações na velocidade. Estas modalidades podem ser relacionadas aos diferentes comportamentos dos três tipos principais de fibra intrafusal e seus terminais sensitivos. As terminações sensitivas de um tipo de fibra de saco nuclear (saco dinâmico 1) são particularmente ocupadas com sinalizar alterações rápidas em comprimento que ocorrem durante movimento, enquanto aquelas do segundo tipo de fibra de saco (saco estático 2) são menos responsivas ao movimento. Os aferentes das fibras de cadeia têm respostas de adaptação relativamente lenta o tempo todo. Estes elementos são capazes, portanto, de detectar alterações complexas no estado do músculo extrafusal que circunda os fusos, e podem sinalizar flutuações em comprimento, tensão, velocidade de alteração do comprimento e aceleração. Além disso, eles estão sob controle central complexo: as fibras nervosas eferentes (fusomotoras), ao regularem a força da contração, podem ajustar o comprimento das fibras intrafusais e desse modo a responsividade das terminações sensitivas do fuso. Em suma, a organização dos fusos lhes permite monitorar ativamente as condições do músculo a fim de comparar os movimentos pretendidos e reais, e fornecer um *input* detalhado para os centros espinais, cerebelares, extrapiramidais e corticais a respeito do estado do aparelho locomotor.

RECEPTORES ARTICULARES

Os arranjos de receptores situados nas e próximo das cápsulas das articulações proveem informação sobre a posição, movimentos e esforços que estão atuando sobre as articulações. Estudos estruturais e funcionais demonstraram pelo menos quatro tipos de receptor articular: suas proporções e distribuições variam com o tamanho. Três são terminações encapsuladas, o quarto é uma arborização terminal livre.

As terminações tipo I são corpúsculos encapsulados do tipo mecanorreceptor de adaptação lenta, e se assemelham às terminações de Ruffini. Situam-se nas camadas superficiais das cápsulas fibrosas das articulações em pequenas coleções e são inervadas por axônios aferentes mielinizados. Sendo de adaptação lenta, fornecem percepção da posição e movimento das articulações, e respondem a padrões de tensão nas cápsulas articulares. Elas são particularmente comuns em articulações nas quais o sentido estático de posição é necessário para o controle da postura (p. ex., quadril, joelho).

As terminações tipo II são receptores lamelados, e se assemelham a versões pequenas dos grandes corpúsculos de Pacini encontrados no tecido conjuntivo geral. Elas ocorrem em pequenos grupos em toda a extensão das cápsulas articulares, particularmente nas camadas mais profundas e em outras estruturas articulares (p. ex., o corpo adiposo da articulação temporomandibular). Elas são mecanorreceptores de adaptação rápida, de baixo limiar, sensíveis a alterações de movimento e pressão, e respondem a movimento articular e tensões transitórias na cápsula articular. Elas são supridas por axônios aferentes mielinizados, mas provavelmente não estão envolvidas na percepção consciente da sensibilidade articular.

As terminações tipo III são idênticas a órgãos tendíneos de Golgi em estrutura e função: ocorrem nos ligamentos articulares, mas não nas cápsulas articulares. Elas são receptores de limiar alto, de adaptação lenta, e podem servir, pelo menos em parte, para evitar tensões excessivas nas articulações pela inibição reflexa dos músculos adjacentes. São inervadas por grandes axônios aferentes mielinizados.

As terminações tipo IV são terminações nervosas livres de axônios mielinizados e não mielinizados que se ramificam nas cápsulas articulares, nos corpos adiposos adjacentes e em torno dos vasos sanguíneos da membrana sinovial. São receptores de limiar alto, de adaptação lenta, e se admite que respondam a movimentos excessivos, fornecendo uma base para dor articular.

JUNÇÕES NEUROMUSCULARES

MÚSCULO ESQUELÉTICO

As terminações efetoras mais intensamente estudadas são as que inervam músculo, particularmente músculo esquelético. Todas as junções neuromusculares (mioneurais) são terminais axônicos de neurônios motores somáticos. Elas são especializadas para a liberação de neurotransmissor sobre o sarcolema das fibras musculares esqueléticas, causando uma alteração no seu estado elétrico que leva à contração. Cada axônio se ramifica próximo do seu terminal para inervar de várias a centenas de fibras musculares; o número depende da precisão exigida do controle motor.

A estrutura detalhada de uma terminação motora varia com o tipo de músculo inervado. Dois tipos principais de terminações são reconhecidos, inervando ou fibras musculares extrafusais, ou as fibras intrafusais de fusos neuromusculares. No primeiro tipo, cada terminal axonal geralmente termina a meio caminho ao longo de uma fibra muscular em uma placa motora discoide (Fig. 3.37), e geralmente inicia potenciais de ação que são rapidamente conduzidos a todas as partes da fibra muscular. No último tipo, o axônio emite numerosos ramos que formam uma aglomeração de pequenas expansões que se estendem ao longo da fibra muscular; na ausência de excitação muscular propagada, estas excitam a fibra em vários pontos. Ambos os tipos de terminação estão associados a uma região receptora especializada da fibra muscular, a membrana pós-sináptica (a *sole plate**), na qual vários núcleos da célula muscular estão agrupados no interior do sarcoplasma granular.

A membrana pós-sináptica da junção neuromuscular contém numerosas mitocôndrias, retículo endoplasmático e complexos de Golgi. Os ramos terminais do axônio estão conectados ao interior de sulcos rasos na superfície da membrana pós-sináptica (fendas primárias), a partir das quais numerosas dobras se estendem por uma curta distância para o sarcoplasma subjacente (fendas secundárias) (Fig. 3.37B,C). O terminal axônico contém mitocôndrias e muitas vesículas esféricas claras de 60 nm semelhantes àquelas nos botões pré-sinápticos, as quais estão aglomeradas sobre a zona de aposição das membranas. Ele está embainhado por células de Schwann cujas projeções citoplasmáticas se estendem para o interior da fenda sináptica. As membranas plasmáticas do terminal axônico e da célula muscular estão separadas por um espaço de 30–50 nm e uma lâmina basal interposta que acompanha as dobras de superfície da membrana pós-sináptica para o interior das fendas secundárias. A lâmina basal contém componentes especializados incluindo isoformas específicas de colágeno tipo IV e laminina e o proteoglicano heparan sulfato agrina. As terminações das fibras musculares de contração rápida e lenta (pág 111) diferem em detalhe: os sulcos sarcolêmicos são mais profundos e as vesículas pré-sinápticas mais numerosas nas fibras rápidas.

As junções com músculo esquelético são colinérgicas; a liberação de ACh altera a permeabilidade iônica da fibra muscular. A aglomeração de receptores de ACh na junção neuromuscular depende em parte da presença na lâmina basal do músculo de agrina, que é secretada pelo neurônio motor, e é importante para estabelecer a maquinaria molecular pós-juncional. Quando a despolarização do sarcolema atinge um limiar particular, ela inicia um potencial de ação tudo-ou-nada no sarcolema, o qual é então propagado rapidamente sobre a superfície inteira da célula e também profundamente para o interior da fibra por meio das invaginações (túbulos T) do sarcolema (pág 108), causando contração. A quantidade de ACh liberada pela chegada de um impulso nervoso isolado é suficiente para disparar um potencial de ação. Entretanto, como a ACh é muito rapidamente hidrolisada pela enzima AChE, presente na superfície sarcolêmica da membrana pós-sináptica, um impulso nervoso isolado só dá origem a um potencial de ação muscular, *i.e.*, existe uma relação de um para um entre potenciais de ação neurais e musculares. Assim a contração de uma fibra muscular é controlada pela frequência de descarga do seu neurônio motor.

As junções neuromusculares são parcialmente bloqueadas por altas concentrações de ácido láctico, como em alguns tipos de fadiga muscular.

TERMINAÇÕES MOTORAS AUTÔNOMAS

As junções neuromusculares autônomas diferem de várias maneiras importantes da junção neuromuscular esquelética e das sinapses no SNC e SNP. Não existe junção fixa com especializações bem definidas pré e pós-juncional. Os axônios autônomos pós-ganglionares não mielinizados, altamente ramificados, tomam a forma de contas ou varicosos quanto atingem músculo liso efetor. Estas varicosidades não são estáticas, mas se movem ao longo dos axônios. Elas são atulhadas de mitocôndrias e vesículas contendo neurotransmissores que são liberados das varicosidades durante a condução de um impulso ao longo do axônio. A distância (fenda) entre a varicosidade e a membrana do músculo liso varia consideravelmente dependendo do

*Nota da Revisão Científica: Termo obsoleto.

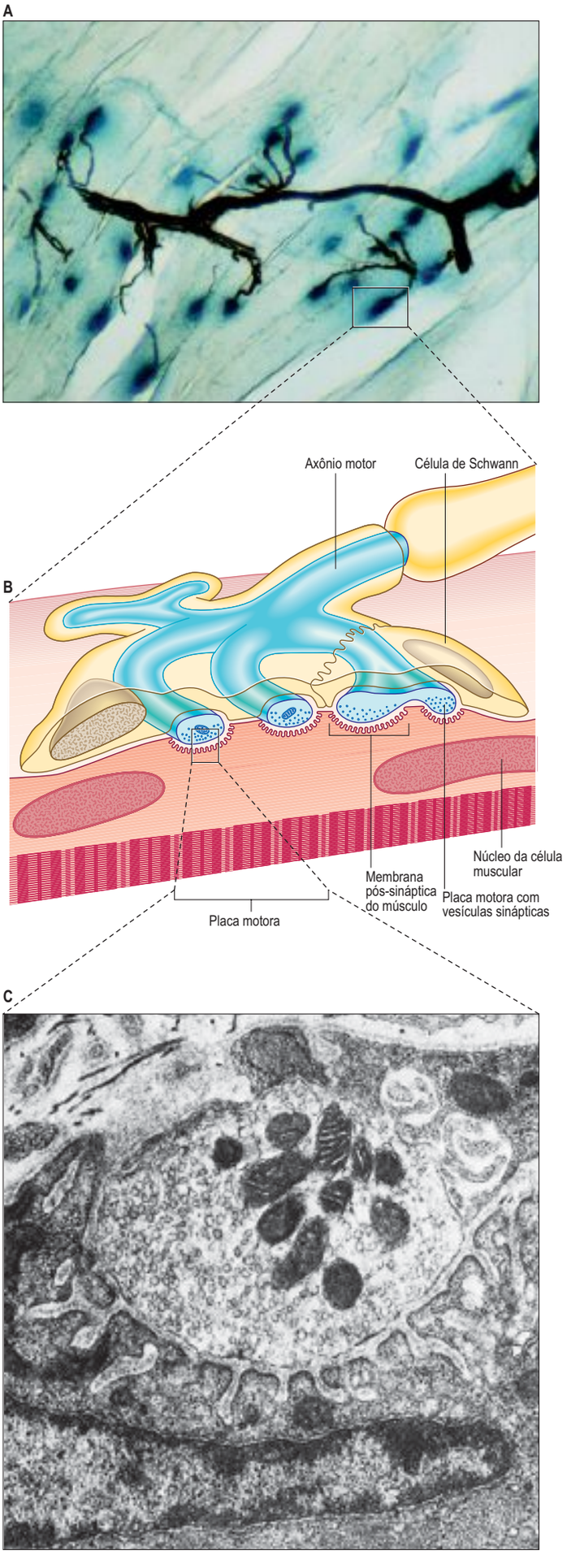


Fig. 3.37 A junção neuromuscular. **A,** Preparação em montagem total de fibras musculares esqueléticas desfiadas (estruturas pálidas, fracamente estriadas, orientadas diagonalmente). A parte terminal do axônio (corado com prata, castanho) se ramifica para formar placas motoras sobre fibras musculares adjacentes. Os recessos da membrana pós-sináptica no sarcolema, nas quais as placas motoras se encaixam, são demonstrados pela presença de acetilcolinesterase (mostrada por histoquímica enzimática, azul). **B,** Representação diagramática da placa motora axonal e o sarcolema profundamente pregueado. **C,** Eletromicrografia mostrando a placa motora expandida do axônio cheia com vesículas contendo transmissor sináptico (ACh) (em cima); os pregueamentos profundos da membrana pós-sináptica sarcolêmica (embaixo) formam calhas sinápticas. (**A** Por cortesia do Dr. Norman Gregson, Division of Neurology, GKT School of Medicine, London; **C** Por cortesia do Professor DN Landon, Institute of Neurology, University College London.)

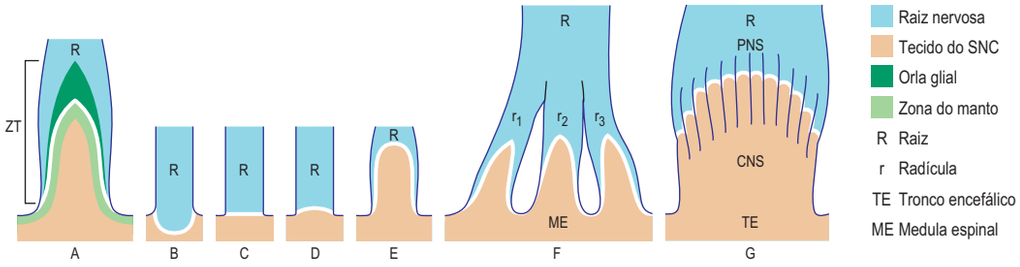


Fig. 3.38 Representação esquemática da junção raiz nervosa–medula espinal. **A–G,** Diferentes arranjos da fronteira SNC–SNP. **A,** Fronteira pontuda. A extensão da zona de transição (ZT) está indicada. **B–G,** Orla glial omitida; **B,** Fronteira côncava (linha branca) e ZT invertida. **C,** Fronteira plana situada em nível da junção raiz (R)–medula espinal. **D** e **E,** Fronteira convexa, em forma de cúpula; a expansão do SNC para o interior da radícula é moderada em **D** e extensa em **E** e **F,** A raiz (R) se divide em radículas (r), cada uma com sua própria ZT e se fixando separadamente na medula espinal (ME), **G,** Arranjo encontrado em várias raízes de nervos cranianos (p ex., nervo vestibulococlear). O componente do SNP da raiz se separa em um feixe de minirradículas estreitamente agregadas, cada uma equipada com uma ZT. As minirradículas reúnem-se centralmente.

tecido, de 20 nm em estruturas densamente inervadas como o ducto deferente a 1–2 μm em grandes artérias elásticas. Diferente do músculo esquelético, o tecido efetor é um feixe muscular em vez de uma única célula. As junções tipo fenda entre células individuais de músculo liso são caminhos de baixa resistência que permitem o acoplamento eletrônico e a disseminação da atividade dentro do feixe efetor: elas variam em tamanho desde junções puntiformes a áreas juncionais de mais de 1 μm de diâmetro.

Os terminais pós-ganglionares simpáticos adrenérgicos contêm vesículas de centro denso. Os terminais colinérgicos, que são típicos de todas as terminações parassimpáticas e algumas terminações simpáticas, contêm vesículas esféricas claras semelhantes àquelas na placa motora do músculo esquelético. Uma terceira categoria de neurônios autônomos possui terminações não adrenérgicas e não colinérgicas que contêm uma ampla variedade de substâncias com propriedades transmissoras. O conjugado purínico (ATP, um nucleosídeo) é provavelmente o neurotransmissor nestes terminais, que são, por isso, classificados como purinérgicos. Para leitura adicional sobre sinalização purinérgica, ver Burnstock (2006). Tipicamente, seus axônios contêm grandes vesículas opacas densas de 80–200 nm, congregadas em varicosidades a intervalos ao longo dos axônios. Esses terminais são formados em muitos locais, incluindo as camadas musculares externas e esfíncteres do trato digestório, pulmões, paredes dos vasos sanguíneos, trato urogenital e no SNC (Cap. 15). Na parede intestinal, os somas neuronais estão situados no plexo mioentérico e seus axônios se alastram caudalmente por alguns milímetros, principalmente para inervar músculo circular. Os neurônios purinérgicos estão sob controle colinérgico a partir de neurônios simpáticos pré-ganglionares, por intermédio de fibras simpáticas pós-ganglionares. Suas terminações principalmente hiperpolarizam células musculares lisas, causando relaxamento, por exemplo, precedendo ondas peristálticas, abrindo esfíncteres e, provavelmente, causando distensão reflexa no enchimento gástrico.

Os eferentes autônomos também inervam glândulas, células mioepiteliais, tecidos adiposos e linfoides.

ZONA DE TRANSIÇÃO SNC–SNP

A transição entre SNC e SNP geralmente ocorre a alguma distância do ponto no qual as raízes nervosas emergem do encéfalo ou da medula espinal. O segmento de raiz que contém componentes de ambos tecidos do SNC e do SNP é chamado zona de transição (ZT) SNC–SNP. Todos os axônios no SNP, com exceção dos neurônios autônomos pós-ganglionares, cruzam essa ZT. Macroscopicamente, quando uma raiz nervosa segue na direção da medula espinal ou do encéfalo, ela se divide em várias radículas mais finas as quais podem, por sua vez, subdividir-se em minirradículas. A ZT está localizada no interior de cada radícula ou minirradícula (Fig. 3.38). O arranjo das raízes e radículas varia conforme se o tronco da raiz é anterior, posterior ou cranial. Assim, nas raízes posteriores, o tronco principal da raiz se separa em um leque de radículas e minirradículas que entram na medula espinal em sequência ao longo do sulco posterolateral. Em certos nervos cranianos as minirradículas chegam juntas centralmente à ZT e entram no encéfalo sob a forma de um coto de substância branca.

Microscopicamente, a ZT é caracterizada por um compartimento axial do SNC rodeado por um compartimento do SNP. A zona está situada mais perifericamente nos nervos sensitivos que nos motores, mas em ambos, o ápice da ZT é descrito como uma cúpula glial, cuja superfície convexa está geralmente dirigida distalmente. O centro da cúpula consiste em fibras com uma organização típica do SNC, circundadas por um manto externo de astrócitos (correspondendo à neuróglia limitante). A partir deste manto, numerosos processos gliais se projetam para o interior do compartimento endoneural do nervo periférico, onde eles se interdigitam com suas células de Schwann. Os astrócitos formam um retículo frouxo através do qual os axônios passam. Os axônios mielinizados periféricos geralmente cruzam a zona em um nódulo de Ranvier, o qual é, aqui, chamado nódulo composto SNP–SNC.

Um novo tipo celular, a célula de capa limite (CL), foi descrito recentemente em espécies de aves e mamíferos. As CLs são derivadas da crista neural e formam agrupamentos transitórios na ZT precursora da raiz posterior da medula espinal embrionária: admite-se que elas impeçam a mistura celular nesta interface e ajudem os aferentes do gânglio da raiz posterior a navegar em suas trajetórias até alvos na medula espinal. Foi proposto que no interior dos gânglios das raízes posteriores, as células derivadas da CL seriam os progenitores de neurônios, principalmente os aferentes nociceptivos, as células satélites e todos os precursores de células de Schwann que migram para o interior das raízes posteriores (Maro *et al.*, 2004).

CONDUÇÃO DO IMPULSO NERVOSO

Todas as células geram um potencial elétrico constante através da sua membrana plasmática (um potencial de membrana) ao manterem concentrações iônicas no interior da célula que diferem daquelas do líquido extracelular (Fig. 3.39). Nos neurônios, este potencial de membrana é conhecido como o potencial de repouso, e a aproximadamente –80 mV (potencial interno da célula medido em relação ao meio externo a célula), ele é semelhante ao das células não excitáveis. Entretanto, diferentemente das células não excitáveis, os neurônios recebem, conduzem e transmitem informação através das suas superfícies usando diminutas flutuações no potencial de membrana que resultam de alterações nos fluxo iônicos transmembrânicos. A entrada de sódio ou, em alguns locais, cálcio causa polarização da célula, enquanto a entrada de cloreto ou saída de potássio resulta em hiperpolarização. A permeabilidade da membrana plasmática a estes íons é alterada pela abertura ou fechamento de canais transmembrânicos íon-específicos, desencadeados por estímulos químicos ou elétricos.

Os fluxos iônicos desencadeados quimicamente podem ser diretos, quando o agente químico (neurotransmissor) liga-se ao próprio canal para fazê-lo abrir-se, ou indiretos, quando o neurotransmissor liga-se a uma molécula receptora transmembrânica que ativa um sistema complexo de segundo mensageiro no interior da célula para abrir canais transmembrânicos separados. As alterações eletricamente induzidas no potencial de membrana dependem da presença de canais iônicos sensíveis à voltagem que, quando o potencial de membrana atinge um nível crítico, abrem-se para permitir o influxo ou o efluxo de íons específicos. Em todos os casos, os canais permanecem abertos apenas transitoriamente, e os números que se abrem e fecham determinam o fluxo total de íons através da membrana.

Os tipos e concentrações dos canais transmembrânicos e proteínas correlatas, e, portanto, a atividade elétrica das membranas variam em diferentes partes da célula. Os dendritos e somas neuronais dependem principalmente da ação de neurotransmissores, e mostram potenciais graduados, enquanto os axônios possuem canais ativados por voltagem que dão origem a potenciais de ação.

Nos potenciais graduados, o fluxo de corrente ocorre quando uma sinapse é ativada: a influência de uma sinapse individual sobre o potencial de membrana de regiões vizinhas diminui com a distância. Assim, as sinapses nas extremidades distais dos dendritos podem, por si mesmas, ter relativamente pouco efeito sobre o potencial de membrana do corpo celular. O estado elétrico do neurônio, portanto, depende de muitos fatores, incluindo os números e posições de milhares de sinapses excitatórias e inibitórias, seu grau de ativação, e o padrão de ramificação da árvore dendrítica e a geometria do corpo celular. A atividade integrada dirigida para o corpo da célula neuronal é convertida em uma saída dirigida para fora do soma no local onde o axônio sai do corpo celular, o cone de implantação do axônio. Os canais sensíveis à voltagem estão concentrados no cone de implantação (diferentemente dos dendritos ou do soma), e quando esta região é suficientemente despolarizada, um potencial de ação é gerado e é, posteriormente, conduzido ao longo do axônio.

POTENCIAL DE AÇÃO

O potencial de ação é uma breve inversão autopropagada da polaridade da membrana. Ele depende de uma entrada inicial de íons sódio que causa uma inversão de polaridade para cerca de +40 mV, seguida por um retorno rápido para o potencial de repouso quando os íons potássio fluem para fora (o mecanismo detalhado difere um pouco entre o SNC e o SNP). O processo de inversão rápida é completado em aproximadamente 0,5 milissegundo,

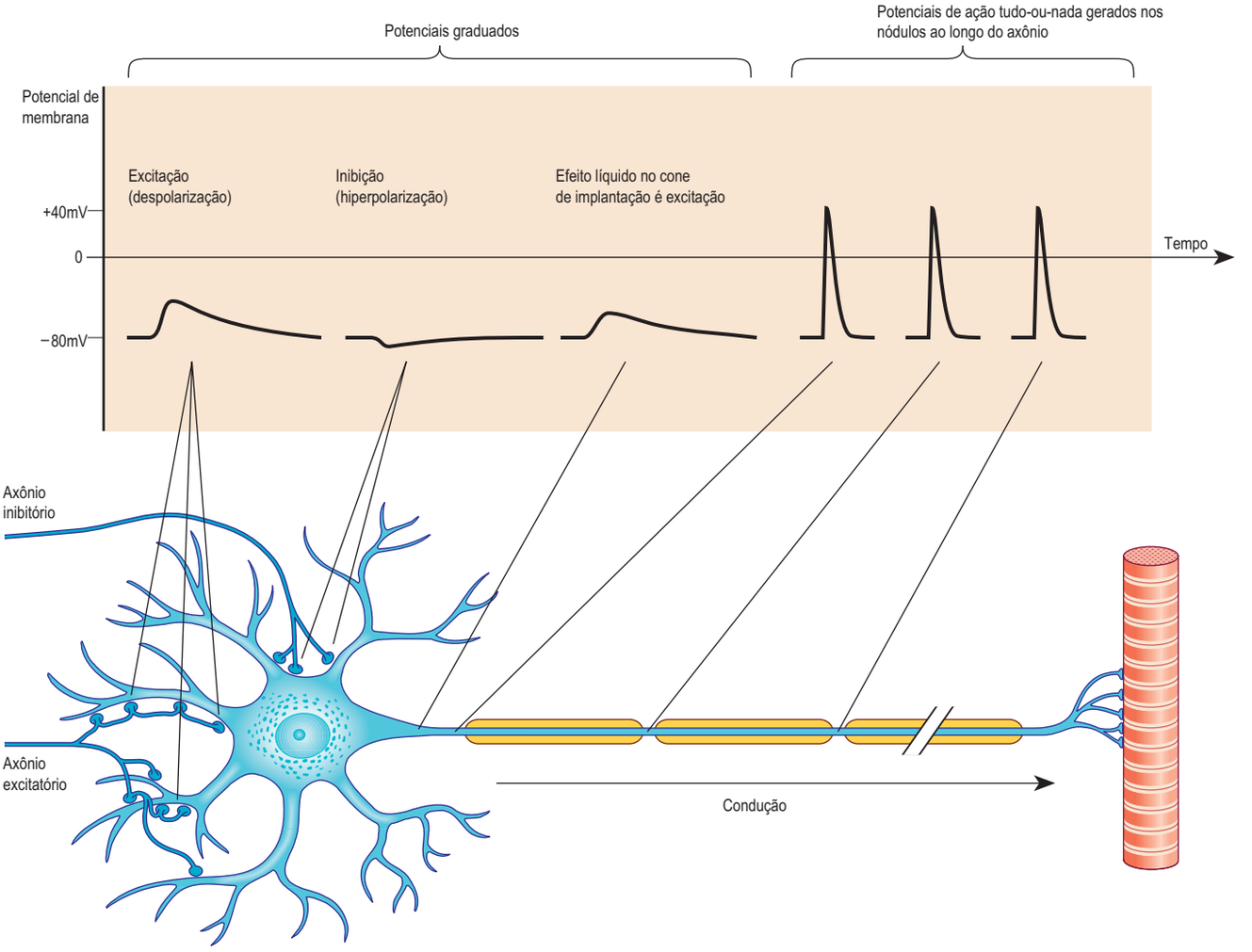


Fig. 3.39 Os tipos de alteração no potencial elétrico que podem ser registrados através da membrana celular de um neurônio motor, nos pontos indicados. Sinapses excitatórias e inibitórias nas superfícies dos dendritos e soma causam alterações graduadas de potencial local que se somam no cone de implantação do axônimo e podem iniciar uma série de potenciais de ação tudo-ou-nada, os quais por sua vez são conduzidos ao longo do axônio para os terminais efetores.

seguido por uma fase de recuperação mais lenta de até 5 milissegundo, quando o potencial de repouso é completamente restaurado. Uma vez que o cone de implantação do axônio alcance o limiar, a propagação do potencial de ação é independente do estímulo iniciador, assim o tamanho e duração dos potenciais de ação são sempre o mesmo (descrito como tudo-ou-nada) para um neurônio particular, não importando quanto um estímulo possa exceder o valor limiar.

Uma vez iniciado, o potencial de ação se alastra espontaneamente, a uma velocidade relativamente constante, dentro da faixa de 4–120 m/s. A velocidade de condução depende de certo número de fatores relacionados à forma pela qual a corrente se alastra, por exemplo, área de seção transversa axonal, números e posicionamento de canais iônicos, e capacitância da membrana (influenciada particularmente pela presença de mielina). Em axônios desprovidos de mielina, a condução do potencial de ação é análoga a uma chama movendo-se ao longo de um rastilho. Exatamente como cada segmento do rastilho é inflamado pelo seu vizinho anterior, cada segmento de membrana axônica é impelido para o limiar pela despolarização da membrana vizinha. Os canais de sódio dentro do segmento recém-despolarizado se abrem e íons sódio carregados positivamente entram, impelindo o potencial local no interior do axônio para valores positivos. Esta corrente para dentro, por sua vez, despolariza a membrana vizinha não despolarizada adiante e a propagação cíclica do potencial de ação é completada.

As fibras mielinizadas são isoladas eletricamente por sua bainha de mielina ao longo da maior parte da sua extensão, exceto nos nódulos de Ranvier. A distância entre os nódulos, denominada distância internodal, é diretamente relacionada ao diâmetro do axônio e varia entre 0,2 e 2,0 mm. Os canais de sódio ativados por voltagem estão agrupados nos nódulos, e a membrana nodal é o único lugar onde altas densidades de corrente de sódio para o interior podem ser geradas através da membrana do axônio. Similarmente à condução em axônios não mielinizados, a condução nos axônios mielinizados é autopropagada, mas em vez de regiões fisicamente adjacentes de membrana atuarem para excitar uma à outra, é a despolarização ocorrendo no nódulo vizinho anterior que excita o nódulo posterior para o limiar. Alcançar o limiar faz os canais de sódio no nódulo se abrirem e gerarem corrente de sódio para dentro, mas em vez desta atuar sobre a membrana adjacente, a alta resistência e baixa capacitância da bainha de mielina dirige a corrente para o nódulo posterior seguinte, excitando-o para o limiar e completando o ciclo. O potencial de ação assim salta de nódulo para nódulo, um processo conhecido como condução saltatória, que aumenta muito a velocidade de condução.

Vários transtornos do SNC e do SNP incluem a desmielinização como característica. Talvez a mais comum entre estas seja a esclerose múltipla, que é caracterizada por desmielinização primária em locais esparsos no interior da substância branca do SNC (agora sabe-se que a perda axonal também contribui para a progressão da esclerose múltipla). A desmielinização primária é a perda da bainha de mielina com preservação axonal e é geralmente segmentar, *i.e.*, raramente se estende pelo comprimento inteiro do axônio afetado. O fenômeno está associado ao bloqueio de condução porque o axolema recém-exposto, previamente internodal, contém relativamente poucos canais de Na^+ sensíveis à voltagem. Há evidência experimental de que a condução pode ser restaurada em alguns axônios desmielinizados, e evidência experimental e clínica de que axônios remielinizados podem conduzir a velocidades quase normais, porque mesmo apesar de suas bainhas serem mais finas que as bainhas de mielina originais, o fator de segurança (*i.e.*, o fator pelo qual a corrente externa em um nódulo quiescente próximo a um nódulo excitado excede a corrente mínima requerida para evocar uma resposta) é maior que 1. A perda de mielina que ocorre nos estádios iniciais da degeneração walleriana no SNC e SNP, geralmente distal a um local de trauma, mas também em resposta a um período prolongado de isquemia ou de exposição a uma substância neuronotóxica, é acompanhada por degeneração axonal (o termo desmielinização secundária é às vezes usado para descrever esta forma de perda de mielina).

Tanto nas fibras mielinizadas quanto nas não mielinizadas há um intervalo irredutível ao término de um potencial de ação, chamado período refratário, durante o qual outro potencial de ação não pode ser disparado. Isto determina a frequência máxima com a qual potenciais de ação podem ser conduzidos ao longo de uma fibra nervosa: seu valor difere em diferentes neurônios e afeta a quantidade de informação que pode ser transportada por uma fibra individual.

A condução axonal é naturalmente unidirecional, a partir dos dendritos e soma até os terminais axônicos. Quando um potencial de ação atinge os terminais axonais, ele causa despolarização da membrana pré-sináptica; como resultado, *quanta* de neurotransmissor (os quais correspondem ao conteúdo de vesículas individuais) são liberados para alterar o grau de excitação do neurônio, fibra muscular ou célula glandular seguintes. Para mais informações, ver Kandel *et al*, (2000).

REFERÊNCIAS

Abbott NJ, Rönnbäck L, Hansson E 2006 Astrocyte–endothelial interactions at the blood–brain barrier. Nature Rev Neurosci 7: 41–53.

Boyd IA 1985 Muscle spindles and stretch reflexes. In: Swash M, Kennard C (eds) Scientific Basis of Clinical Neurology. Edinburgh: Churchill Livingstone: pp. 74–97.
Descrição detalhada dos aspectos funcionais dos fusos neuromusculares.

Burnstock G 2006 Pathophysiology and therapeutic potential of purinergic signaling. Pharmacol Rev 58: 58–86.

Butt AM, Hamilton N, Hubbard P, Pugh M, Ibrahim M 2005 Synantocytes: the fifth element. J Anat 207: 695–706.
Descrição das características de uma nova célula glial que entra em contato com os nódulos de Ranvier no sistema nervoso central.

Cairns NJ, Lee VM-Y, Trojanowski JQ 2004 The cytoskeleton in neurodegenerative disease. J Pathol 204: 438–49.

Day R, Salzet M 2002 The neuroendocrine phenotype, cellular plasticity, and the search for genetic switches: redefining the diffuse neuroendocrine system. Neuroendocrinol Lett 23: 379–84.

Fields RD 2004 The other half of the brain. Sci Am (April) 54–61.

Fields RD, Stevens-Graham B 2002 New insights into neuron-glia communication. Science 298: 556–2.
Revisão das evidências de sinalização nos dois sentidos entre os neurônios e células gliais, essencial na condução axonal, transmissão sináptica e processamento de informações.

Furness JB 2006 Novel gut afferents: Intrinsic afferent neurons and intestinofugal neurons. Auton Neurosci 125: 81–5.

Gershon MD 1998 The Second Brain. HarperCollins, New York.

Guzik BW, Goldstein LSB 2004 Microtubule-dependent transport in neurons: steps towards an understanding of regulation, function and dysfunction. Curr Opin Cell Biol 16: 443–50.
Revisão dos mecanismos de transporte axonal e seu envolvimento nos distúrbios neurais adquiridos e hereditários.

He F, Sun YE 2007 Glial cells more than support cells? Int J Biochem Cell Biol 39: 661–665.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessel T 2000 Principles of Neural Science, 4th edn. New York: McGraw-Hill.

Kim H-J, DiBernardo AB, Sloane JA, et al 2006 TK WAVE1 is required for oligodendrocyte morphogenesis and normal CNS myelination. J Neurosci 26: 5849–59.

Maro GS, Vermeren M, Voiculescu O, et al P 2004 Neural cap boundary cells constitute a source of neuronal and glial cells of the PNS. Nature Neurosci 7: 930–938.
Descrição das características e o destino de desenvolvimento de um novo tipo de célula, a célula boundary cap (BC), tendo como preocupação estabelecer a fronteira entre os sistemas nervosos central e periférico durante a embriogênese. Propõe que as BC constituem uma fonte de componentes do SNP que migram para o SNP após a corrente migratória ventrolateral da crista neural maior.

Nolte J 2002 The Human Brain. An Introduction to Functional Anatomy, 5th edn. Edinburgh: Mosby: Ch. 9, 197–222.

Scherer SS, Arroyo EJ 2002 Recent progress on the molecular organization of myelinated axons. J Peripheral Nerv Syst 7: 1–12.
Revisão da arquitetura molecular de axônios mielinizados periféricos e de suas bainhas de mielina.

Seifert G, Schilling K, Steinhäuser C 2006 Astrocyte dysfunction in neurological disorders: a molecular perspective. Nature Rev Neurosci 7: 194–206.

Shepherd AJ, Downing JEG, Miyan JA 2005 Without nerves, immunology remains incomplete – *in vivo veritas*. Immunology 116: 145–63.
Revisão das evidências de mecanismos neurais que contribuem para categorias específicas de defesa do hospedeiro. Complementa a visão estabelecida de modulação neuroendócrina-imune.

Volterra A, Meldolesi J 2005 Astrocytes, from brain glue to communication elements: the revolution continues. Nat Rev Neurosci 6: 626–40.

Wong RO, Ghosh A 2002 Activity-dependent regulation of dendritic growth and patterning. Nature Rev Neurosci 25: 803–12.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Sangue, tecidos linfoides e hematopoese

CAPÍTULO 4

Na vida pós-natal, as células sanguíneas são formadas na medula óssea. A hematopoese produz glóbulos vermelhos (eritrócitos ou hemácias) e ampla variedade de células de defesa (glóbulos brancos ou leucócitos). Os últimos incluem granulócitos neutrófilos, eosinófilos e basófilos, linfócitos B e monócitos. Os linfócitos T se desenvolvem no timo a partir de progenitores derivados da medula óssea. As plaquetas são produzidas na medula óssea como fragmentos celulares de megacariócitos. Apenas eritrócitos e plaquetas são geralmente limitados ao sistema vascular sanguíneo, enquanto todos os leucócitos podem deixar a circulação e entrar nos tecidos extravasculares. O número de células que assim fazem aumenta grandemente durante inflamação causada por infecções locais e doenças.

Os tecidos linfoides são timo, linfonodos, baço e folículos linfoides associados principalmente com os tratos alimentar e respiratório. Os linfócitos preenchem os tecidos linfoides e se ocupam com vários tipos de defesa imune. O tecido linfoide também contém células estromais de suporte que são de origem não hematopoética (p. ex., epitélio tímico), células dendríticas não hematopoéticas dos linfonodos e folículos esplênicos, células dendríticas interdigitadas hematopoeticamente derivadas e macrófagos do sistema fagocitário mononuclear. Células dendríticas e macrófagos derivados dos monócitos sanguíneos são encontrados adicionalmente na maioria dos tecidos e órgãos, onde funcionam como células apresentadoras de antígeno (CAAs) imunoestimuladoras.

CÉLULAS DO SANGUE PERIFÉRICO

SANGUE

O sangue é um líquido opaco com viscosidade maior que a da água (viscosidade relativa média 4,75 a 18°C) e densidade de 1,06 a 15°C. É vermelho-vivo quando oxigenado, nas artérias sistêmicas, e vermelho-escuro a púrpura quando desoxigenado, nas veias sistêmicas. O sangue é uma mistura de líquido claro, o plasma, e elementos celulares, e consequentemente o fluxo hidrodinâmico do sangue nos vasos se comporta de maneira complexa que não é inteiramente previsível por equações newtonianas simples.

Plasma

O plasma é um líquido claro, amarelado, que contém muitas substâncias em solução ou suspensão: solutos de baixo peso molecular conferem uma depressão média do ponto de congelação de 0,54°C. O plasma contém altas concentrações de íons sódio e cloreto, potássio, cálcio, magnésio, fosfato, bicarbonato, traços de muitos outros íons, glicose, aminoácidos e vitaminas. Os coloides incluem proteínas plasmáticas de alto peso molecular, por exemplo, fatores da coagulação, particularmente protrombina, imunoglobulinas e proteínas do complemento envolvidas em defesa imunológica, glicoproteínas, lipoproteínas, hormônios polipeptídicos e esteroides, e globulinas para o transporte de hormônios e ferro. Uma vez que a maioria das atividades metabólicas do corpo é refletida na composição plasmática, sua análise química de rotina é de grande importância diagnóstica.

A precipitação da proteína fibrina a partir do plasma para formar um coágulo (Fig. 4.1) é iniciada pela liberação de materiais específicos a partir de células danificadas e plaquetas sanguíneas na presença de íons cálcio. Se amostras de sangue ou plasma forem deixadas a repousar, elas se separarão em um coágulo e um líquido amarelado claro, o soro. Formação de coágulo é impedida pela remoção de íons cálcio, por exemplo, pela adição de citrato, oxalato ou vários quelantes orgânicos (EDTA, EGTA) à amostra. Heparina também é largamente usada como agente anticoagulante porque interfere com outra parte da complexa série de interações químicas que conduz à formação de coágulo de fibrina.

ERITRÓCITOS

Os eritrócitos (glóbulos vermelhos, hemácias) correspondem à maior proporção das células sanguíneas (99% do número total), com valores normais de 4,1-6,0 $\times$ 10^6/μl em homens adultos e 3,9-5,5 $\times$ 10^6/μl em mulheres adultas. Policitemia (massa eritrocitária aumentada) pode ocorrer em indivíduos que vivem em alta altitude ou patologicamente em condições que resultam em hipoxia arterial. A redução na massa de eritrócitos (anemia) tem muitas causas subjacentes, mas em casos raros pode ser devida a defeitos estruturais nos eritrócitos (ver adiante).

Cada eritrócito é um disco bicôncavo (Figs. 4.1, 4.2) com diâmetro médio em preparações de esfregaço dessecado de 7,1 μm; em preparações frescas, o diâmetro médio é 7,8 μm, diminuindo um pouco com a idade. Eritrócitos maduros são desprovidos de núcleos. Eles são vermelho-claros à luz transmitida, com centro mais pálido por causa da sua forma bicôncava. As propriedades da sua capa celular os fazem aderir uns aos outros pelas suas orlas para formar pilhas frouxas de células (*rouleaux*). No sangue normal, algumas células assumem forma crenada semelhante a uma estrela retraída: essa forma pode ser reproduzida colocando-se eritrócitos bicôncavos normais em uma solução hipertônica, o que causa retração osmótica. Em soluções hipotônicas, os eritrócitos captam água e se tornam esféricos; eles podem eventualmente se lisar e liberar sua hemoglobina (hemólise), deixando fantasmas de eritrócitos.

Os eritrócitos têm membrana plasmática limitante que encerra uma única proteína, a hemoglobina, sob forma de solução a 33%. A membrana plasmática dos eritrócitos é 60% lipídio e glicolipídio, e 40% proteína e glicoproteína. Mais de 15 classes de proteína estão presentes, incluindo dois tipos principais. As glicoforinas A e B (cada uma com massa molecular de aproximadamente 50 kDa) abarcam a membrana, e suas cadeias de carboidrato negativamente carregadas se projetam da superfície externa da célula. Seus grupos de ácido siálico conferem a maior parte da carga fixa na superfície celular. Uma segunda macromolécula transmembrânica, proteína banda 3, forma um canal aniônico importante, trocando íons bicarbonato por cloreto através da membrana e possibilitando a liberação de CO_2 nos pulmões. Os antígenos dos grupos sanguíneos ABO são glicolipídios da membrana.

A forma do eritrócito é em grande parte determinada pelo dímero proteico filamentoso espectrina, um nome que reflete seu isolamento original de fantasmas eritrocíticos. Os dímeros de espectrina se associam como tetrâmeros através das suas regiões das cabeças, e são fixados ao domínio citoplasmático do transportador aniônico, proteína banda 3, por meio da ancirina. Outras proteínas, incluindo tropomiosina, tropomodulina e filamentos curtos de actina, formam complexos juncionais, os quais ligam espectrina às proteínas transmembrânicas glicoforinas, formando uma rede citoesquelética estabilizadora. Isso dá à membrana grande flexibilidade: os eritrócitos são deformáveis, mas retomam à sua forma bicôncava e dimensões depois de passarem através dos menores capilares, os quais têm 4 μm de diâmetro. A flexibilidade da membrana eritrocítica também contribui para a viscosidade normalmente baixa do sangue. Defeitos no citoesqueleto ocorrem em transtornos dominantes autossômicos (alguns casos de eliptocitose resultam de mutações na espectrina, e de esferocitose, de disfunção da ancirina), que resultam em anormalidades da forma dos eritrócitos, fragilidade da membrana, destruição prematura dos eritrócitos no baço e anemia hemolítica.

Os eritrócitos fetais até o quarto mês de gestação diferem acentuadamente daqueles de adultos porque são maiores, nucleados e contêm um tipo diferente de hemoglobina (HbF). Depois dessa época eles são progressivamente substituídos pelo tipo adulto de célula.

Hemoglobina

A hemoglobina (Hb) é uma proteína globular com massa molecular de 67 kDa. Ela consiste em moléculas de globulina ligadas ao heme, um grupo porfirina contendo ferro. O poder de ligar oxigênio da hemoglobina é provido pelos átomos de ferro nos grupos heme, e estes são mantidos no estado ferroso (Fe^{++}) pela presença de glutationa dentro do eritrócito. A molécula de hemoglobina é um tetrâmero, constituído de quatro subunidades, cada uma delas uma cadeia polipeptídica enrolada que mantém um único grupo heme. No sangue normal, cinco tipos de cadeia polipeptídica podem ocorrer: α, β e dois polipeptídeos semelhantes a β, γ e δ. Uma terceira cadeia semelhante a β, η é restrita ao desenvolvimento fetal inicial. Cada molécula de hemoglobina contém duas cadeias α e duas outras, de modo que diversas combinações, e portanto vários tipos diferentes de molécula

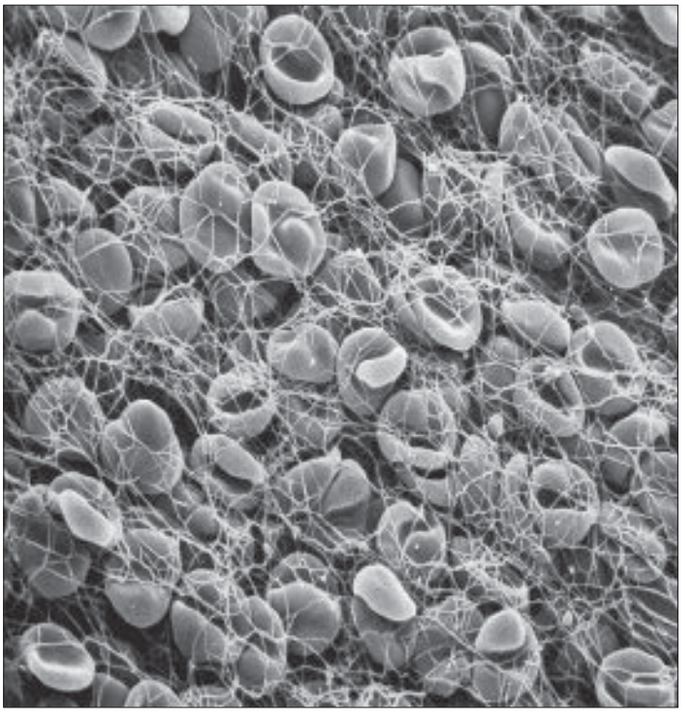


Fig. 4.1 Eritrócitos apreendidos nas malhas dos filamentos de fibrina em um coágulo. (Por cortesia de Michael Crowder.)

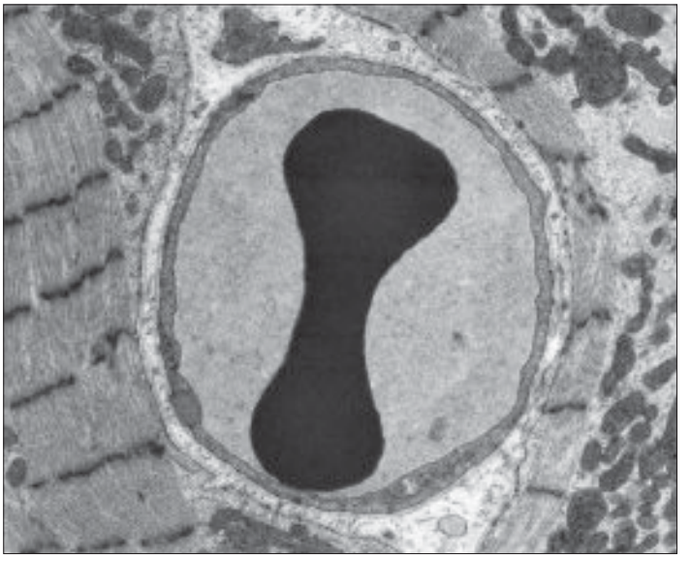


Fig. 4.2 Espécime de biópsia de coração humano, mostrando eritrócito dentro de um capilar. O disco bicôncavo do eritrócito é tipicamente eletrondenso e quase enche a luz do capilar.

de hemoglobina, são possíveis. Por exemplo, a hemoglobina A (HbA), que é a principal classe adulta, contém duas cadeias α e duas cadeias β; uma variedade, HbA_2, com duas cadeias α e duas cadeias δ, se responsabiliza por apenas 2% da hemoglobina adulta. A hemoglobina F (HbF), encontrada na vida fetal e pós-natal inicial, consiste em duas cadeias α e duas cadeias γ. Os eritrócitos adultos normalmente contêm menos de 1% de HbF.

Na talassemia, condição genética patológica, apenas um tipo de cadeia é expresso normalmente, a cadeia mutante, estando ausente ou presente em níveis muito reduzidos. Assim, uma molécula pode conter quatro cadeias α (β-talassemia) ou, mais comumente, quatro cadeias β (α-talassemia) quando os indivíduos afetados carregam hemoglobina H (HbH). Na hemoglobina S (HbS) da anemia falciforme, uma mutação pontual no gene da cadeia β (valina substituindo glutamina) causa importante alteração no comportamento do eritrócito e na sua capacidade de transportar oxigênio.

Duração de vida

Os eritrócitos duram 100-120 dias antes de serem destruídos. À medida que os eritrócitos envelhecem, eles se tornam crescentemente frágeis, e as suas cargas de superfície diminuem à medida que o seu conteúdo de glicoproteínas negativamente carregadas na membrana diminui. O conteúdo lipídico das suas membranas também se reduz. Os eritrócitos envelhecidos são eventualmente ingeridos pelos macrófagos dos sinusoides do baço e fígado, usualmente sem lise prévia, e hidrolisados em vacúolos fagocíticos onde a hemoglobina é dividida nos seus componentes globulina e porfirina. A globulina é adicionalmente degradada a aminoácidos que passam para o fundo geral de aminoácidos. O ferro é removido do anel porfirina e transportado na circulação ligado à transferrina e usado na síntese de nova hemoglobina na medula óssea ou armazenado no fígado como ferritina ou hemossiderina. O resto do grupo heme é convertido no fígado em bilirrubina e excretado na bile.

O reconhecimento dos eritrócitos esgotados pelos macrófagos parece depender em parte da exposição de partes normalmente inacessíveis de proteínas da membrana, habilitando autoanticorpos a esses antígenos de senescência eritrocitária se ligarem a eles e assinalá-los para remoção pelos macrófagos. Os eritrócitos são destruídos à taxa de 5×10^{11} células por dia e normalmente são substituídos a partir da medula óssea (Fig. 4.12) à mesma taxa.

Grupos sanguíneos

Mais de 300 antígenos eritrocitários são reconhecíveis com antissoros específicos. Eles podem interagir com anticorpos de ocorrência natural ou induzidos no plasma de receptores de uma transfusão incompatível, causando aglutinação e lise dos eritrócitos. Os eritrócitos de um único indivíduo podem carregar vários tipos diferentes de antígeno, cada tipo pertencendo a um sistema antigênico no qual certo número de antígenos alternativos é possível em diferentes pessoas. Até agora, 19 grupos principais foram identificados. Eles variam nas suas frequências de distribuição entre diferentes populações e incluem os sistemas ABO, Rhesus, MNS, Lutheran, Kell, Lewis, Duffy, Kidd, Diego, Cartwright, Colton, Sid, Scianna, Yt, Auberger, Ii, Xg, Indian e Dombrock. Clinicamente, os grupos ABO e Rhesus são de maior importância.

No sistema ABO, dois genes alélicos são herdados de maneira mendeliana simples. Assim, o genoma pode ser homozigoto e portar o complemento AA, o grupo sanguíneo sendo A, ou o complemento BB que dá grupo sanguíneo B, ou pode não portar nenhum (OO), produzindo grupo sanguíneo O. Na condição heterozigota podem ocorrer as seguintes combinações: AB (grupo sanguíneo AB), AO (grupo sanguíneo A) e BO (grupo sanguíneo B).

Os indivíduos com grupo sanguíneo AB não possuem anticorpos aos antígenos A e B, e assim podem ser transfundidos com sangue de qualquer grupo; eles são chamados receptores universais. Em contraposição, aqueles com grupo O, doadores universais, podem dar sangue para qualquer receptor, uma vez que anticorpos anti-A e anti-B no sangue doado são diluídos em níveis insignificantes. Normalmente, no entanto, o sangue só é transfundido entre pessoas com grupos precisamente correspondentes porque anticorpos anômalos do sistema ABO ocasionalmente são encontrados no sangue e podem causar aglutinação ou lise. As aglutininas anti-ABO, diversamente daquelas do sistema Rhesus, pertencem à classe das imunoglobulinas M (IgM) e não atravessam a placenta durante a gravidez.

O sistema de antígenos Rhesus é determinado por três conjuntos de alelos: Cc, Dd e Ee — o mais importante clinicamente é Dd. A herança do fator Rh também obedece a leis mendelianas simples e por essa razão é possível uma mãe Rhesus-negativa gestar um filho Rhesus-positivo. Os antígenos Rh fetais podem, sob essas circunstâncias, estimular a produção de anticorpos anti-Rh pela mãe: como estes pertencem à classe das imunoglobulinas G (IgG) de anticorpos, são capazes de cruzar a barreira placentária (geralmente tarde no último trimestre) e causar aglutinação de eritrócitos fetais. Na primeira gravidez dessas, ocorre pouco dano usualmente porque anticorpos anti-Rh estão presentes apenas em baixas concentrações, mas em gravidezes Rh-positivas subsequentes pode resultar destruição maciça dos eritrócitos fetais (doença hemolítica do recém-nascido), causando morte fetal ou neonatal. Sensibilização do sistema imune materno também pode resultar de aborto ou perda fetal, ou mesmo ocasionalmente amniocentese, que podem introduzir antígenos fetais na circulação materna. O tratamento é por exsanguinotransfusão do recém-nascido ou, profilaticamente, pela administração de soro Rh imune (anti-D) à mãe depois da primeira gravidez Rh-positiva, o que destrói o antígeno Rh fetal na sua circulação antes que possa ocorrer sensibilização.

Os leucócitos também apresentam antígenos altamente polimórficos codificados por variantes genéticas alélicas. Estes pertencem ao grupo dos antígenos do complexo principal de histocompatibilidade (MHC), também chamados antígenos leucocitários humanos (HLA) no homem. Os antígenos HLA classe I são expressos por todas as células nucleadas. Expressão de antígenos classe II é mais restrita fora do sistema imune, mas é indutível em muitos tipos de células parenquimatosas, por exemplo, após exposição a interferon. Antígenos HLA classes I e II desempenham papéis importantes em interações célula–célula no sistema imune, particularmente na apresentação de antígenos aos linfócitos T por CAAs.

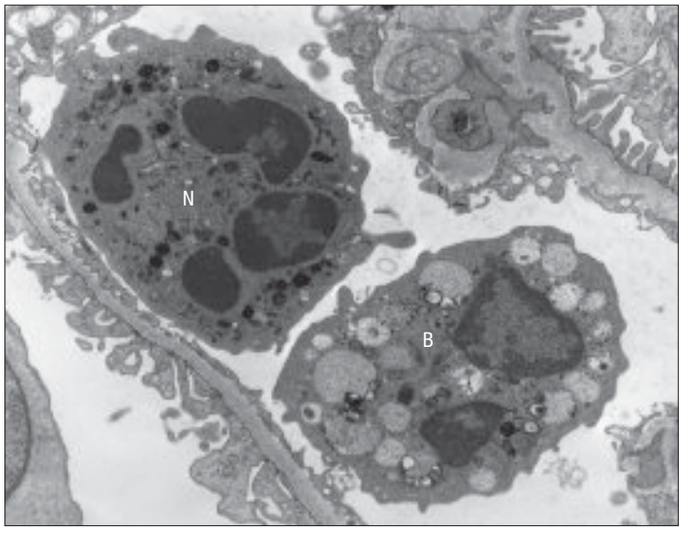


Fig. 4.3 Granulócitos neutrófilo (N) e basófilo (B) dentro de um capilar glomerular renal em biópsia de rim humano. O núcleo do neutrófilo é mais segmentado (quatro lobos são visíveis), e os grânulos são menores e mais eletrondensos do que no basófilo.

LEUCÓCITOS

Os leucócitos (glóbulos brancos do sangue) pertencem a pelo menos cinco categorias diferentes (Fig. 4.12) e são distinguíveis pelo seu tamanho, forma nuclear e inclusões citoplasmáticas. Na prática, os leucócitos são muitas vezes divididos em dois grupos principais: aqueles com grânulos citoplasmáticos coráveis proeminentes, os granulócitos, e aqueles sem.

Granulócitos

Esse grupo consiste em granulócitos eosinófilos, com grânulos que ligam corantes ácidos como eosina, granulócitos basófilos, com grânulos que ligam fortemente corantes básicos, e granulócitos neutrófilos, com grânulos que se coram apenas fracamente com qualquer dos dois tipos de corante. Os granulócitos (Fig. 4.3) possuem núcleo irregular ou multilobado e pertencem à série mieloide de células sanguíneas (pág. 77, Fig. 4.12).

Granulócitos neutrófilos

Os granulócitos neutrófilos (neutrófilos) também são chamados de leucócitos polimorfonucleares (polimorfos) por causa do seu núcleo irregularmente segmentado (multilobado). Eles formam a maior proporção dos glóbulos brancos (40-75% nos adultos, com contagem normal de 2.500-7.500/μl) e têm diâmetro de 12-14 μm. As células podem ser esféricas na circulação, mas podem se achatar e se tornar ativamente móveis dentro da matriz extracelular de tecidos conjuntivos.

Os numerosos grânulos citoplasmáticos são heterogêneos em tamanho, forma e conteúdo, mas todos são limitados por membrana e contêm enzimas hidrolíticas e outras. Dois tipos principais podem ser distinguidos de acordo com a sua origem embrionária e conteúdo. Os grânulos inespecíficos ou primários (azurofílicos) são formados cedo na maturação dos neutrófilos. Eles são lisossomos esferoides relativamente grandes (0,5 μm) que contêm mieloperoxidase, fosfatase ácida, elastase e várias outras enzimas. Os grânulos específicos ou secundários são formados mais tarde e ocorrem em ampla variedade de formas, incluindo esferas, elipsoides e bastões. Estes contêm fortes componentes bactericidas, incluindo fosfatase alcalina, lactoferrina e colagenase, nenhum dos quais é encontrado nos grânulos primários. Em contraposição, os grânulos secundários são desprovidos de peroxidase e fosfatase ácida. Algumas enzimas, por exemplo, lisozima, estão presentes em ambos os tipos de grânulos.

Nos neutrófilos maduros, o núcleo é caracteristicamente multilobado com até seis (usualmente três ou quatro) segmentos unidos por filamentos nucleares estreitos: isso é conhecido como o estádio segmentado. Células menos maduras possuem menos lobos. Os mais precoces a serem liberados em condições normais são os jovens (células em bastão), nos quais o núcleo é um crescente ou banda não segmentados. Em certas condições clínicas, estádios ainda mais iniciais na formação dos neutrófilos, quando as células exibem núcleo indentado ou arredondado (metamielócitos ou mielócitos), podem ser liberados da medula óssea. Nas células maduras, as margens dos lobos nucleares são muitas vezes irregulares. Nas mulheres, 3% dos núcleos dos neutrófilos mostram formação conspícua "em baqueta de tambor", que representa a cromatina sexual do cromossomo X inativo (corpo de Barr). O citoplasma dos neutrófilos contém poucas mitocôndrias, mas abundantes elementos citoesqueléticos, incluindo filamentos de actina, microtúbulos e suas proteínas associadas, todos característicos de células altamente móveis.

Os neutrófilos são importantes na defesa do corpo contra microrganismos. Eles são capazes de fagocitar micróbios e pequenas partículas na circulação e, após extravasamento, desempenham atividades semelhantes em outros tecidos. Funcionam eficazmente em condições relativamente anaeróbicas, dependendo em grande parte de metabolismo glicolítico, e preenchem um papel importante na fase inflamatória aguda da lesão tecidual, respondendo a quimiotaxinas liberadas pelo tecido danificado. A fagocitose de detritos celulares ou microrganismos invasores é seguida pela fusão do vacúolo fagocítico, primeiro com grânulos específicos, cujo pH é reduzido a 5,0 pelo transporte ativo de prótons, a seguir com grânulos inespecíficos (primários), os quais completam o processo de morte e digestão bacterianas. Os neutrófilos ativamente fagocíticos são capazes de reduzir oxigênio enzimaticamente para formar espécies de oxigênio reativo, incluindo radicais superóxido e peróxido de hidrogênio, os quais intensificam a destruição bacteriana.

A fagocitose é grandemente facilitada por anticorpos circulantes a moléculas como antígenos bacterianos que o corpo encontrou previamente. Os anticorpos recobrem o alvo antigênico e ligam a proteína complemento, C1, às suas regiões Fc invariáveis. Isso ativa a cascata do complemento, que envolve umas 20 proteínas plasmáticas, sintetizadas principalmente no fígado, e completa o processo de opsonização. A cascata do complemento envolve a clivagem sequencial das proteínas do complemento para um fragmento grande, que geralmente se liga à superfície antigênica, e um pequeno fragmento bioativo que é liberado. O passo final é o reconhecimento do complemento por receptores nas superfícies dos neutrófilos (e macrófagos), o que promove a fagocitose do organismo.

Os neutrófilos têm vida curta; eles passam 6-7 horas circulando no sangue e alguns dias nos tecidos conjuntivos. O número de neutrófilos circulantes varia, e muitas vezes se eleva durante episódios de infecção bacteriana aguda. Eles morrem depois de desempenhar seu papel fagocítico: neutrófilos mortos, bactérias, detritos teciduais (incluindo tecido danificado por enzimas dos neutrófilos e toxinas) e líquido intersticial formam o pus amarelo-esverdeado característico do tecido infectado. A cor é derivada da cor natural da mieloperoxidase dos neutrófilos.

Os grânulos também podem ser liberados inapropriadamente dos neutrófilos. Suas enzimas estão implicadas em várias condições patológicas nas quais ocorre destruição e inflamação crônica dos tecidos, por exemplo, artrite reumatoide.

Granulócitos eosinófilos

Os granulócitos eosinófilos (eosinófilos) são semelhantes aos neutrófilos em tamanho (12-15 μm), forma e capacidade móvel, mas estão presentes apenas em pequeno número no sangue normal (100-400/μl). O núcleo possui dois lobos proeminentes conectados por um filamento fino de cromatina. Seus grânulos específicos citoplasmáticos são uniformemente grandes (0,5 μm) e dão à célula viva uma cor levemente amarelada. O citoplasma está repleto de grânulos que são esféricos ou elipsoides e limitados por membrana. O centro de cada grânulo é composto de uma malha de proteína básica principal, que é responsável pelas suas fortes propriedades tintoriais eosinofílicas. A matriz circundante contém várias enzimas lisossômicas, incluindo fosfatase ácida, ribonuclease, fosfolipase e mieloperoxidase exclusiva dos eosinófilos.

Como outros leucócitos, os eosinófilos são móveis. Quando adequadamente estimulados, eles são capazes de passar para os tecidos extravasculares a partir da circulação. São constituintes menores típicos da derme e dos componentes de tecido conjuntivo da árvore brônquica, trato alimentar, útero e vagina. A duração total de vida dessas células é de alguns dias, dos quais umas 10 horas são despendidas na circulação e o resto nos tecidos extravasculares.

O número de eosinófilos aumenta (eosinofilia) em infestações por vermes e também em certos transtornos alérgicos, admitindo-se que eles evoluíram como uma defesa primária contra ataque de parasitas. Eles possuem receptores de superfície para IgE que se ligam com complexos IgE-antígeno, desencadeando fagocitose e liberação de conteúdo de grânulos. Entretanto, são apenas fracamente fagocíticos, e sua função mais importante é a destruição de parasitas demasiado grandes para fagocitar. Esse efeito antiparasitário é mediado por moléculas tóxicas liberadas dos seus grânulos (p. ex., proteína catiônica eosinófila e proteína básica principal). Eles também liberam histaminase, a qual limita as consequências inflamatórias da desgranulação dos mastócitos. Altas concentrações locais de eosinófilos, por exemplo, na asma brônquica e na sensibilidade de contato cutânea e eczema alérgico, podem causar destruição tecidual como consequência da liberação de moléculas como colagenase dos seus grânulos.

Granulócitos basófilos

Ligeiramente menores que os outros granulócitos, os granulócitos basófilos têm 10-14 μm de diâmetro e formam apenas 0,5-1% da população total de leucócitos do sangue normal, com contagem de 25-200/μl. Sua característica distintiva é a presença de grandes grânulos basofílicos conspícuos. O

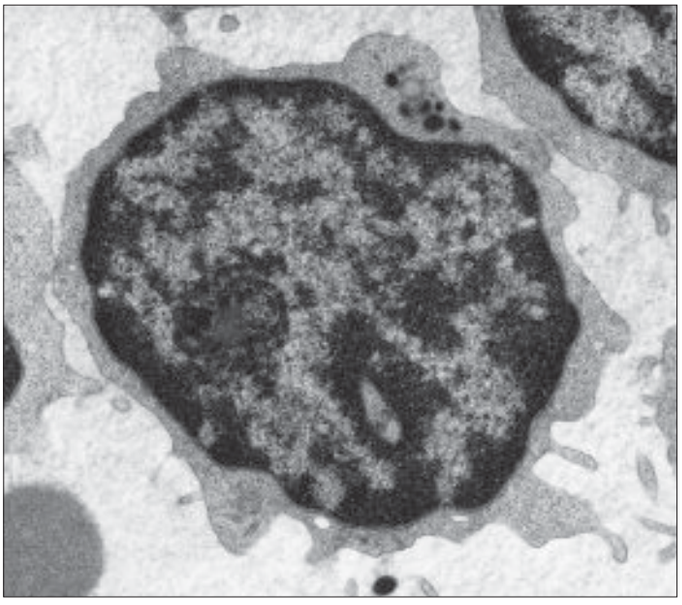


Fig. 4.4 Pequeno linfócito em repouso no sangue periférico humano. A relação núcleo/citoplasma é alta, e o citoplasma contém poucas organelas, indicando o seu estado quiescente.

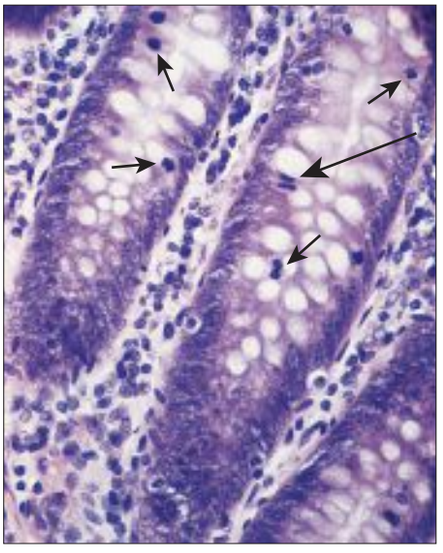


Fig. 4.5 Glândulas tubulares no apêndice, mostrando linfócitos intraepiteliais (setas). Um linfócito em anáfase é indicado (seta mais longa).

núcleo é um pouco irregular ou bilobado, e é usualmente obscurecido, em esfregaços de sangue corados, pela cor semelhante dos grânulos basofílicos. Os grânulos são vesículas limitadas por membrana que exibem uma variedade de inclusões cristalinas, lamelares e granulares: eles contêm heparina, histamina e vários outros agentes inflamatórios, e se assemelham estreitamente aos dos mastócitos teciduais (pág. 36). Tanto os basófilos quanto os mastócitos têm receptores de alta afinidade na membrana para IgE e são, por essa razão, revestidos com anticorpo IgE. Se este se ligar ao seu antígeno, desencadeará desgranulação das células, produzindo vasodilatação, permeabilidade vascular aumentada, estímulos quimiotáticos para outros granulócitos, e os sintomas de hipersensibilidade imediata, por exemplo, na rinite alérgica (febre do feno). Apesar dessas similaridades, basófilos e mastócitos desenvolvem-se como linhagens separadas na série mieloide, a partir de células-tronco hematopoéticas na medula óssea. Evidência de modelos animais experimentais sugere que eles são estreitamente relacionados (Fig. 4.12), mas estudos sobre transtornos dos mastócitos em humanos indicam que suas linhagens divergem a partir de um progenitor ancestral mais distante (Kocabas *et al*., 2005).

Leucócitos mononucleares

Monócitos

Os monócitos são os maiores dos leucócitos (15-20 μm de diâmetro), mas formam apenas uma pequena proporção da população total (2-8% com contagem de 100-700/μl de sangue). O núcleo, que é eucromático, é relativamente grande e irregular, muitas vezes com indentação característica em um lado. O citoplasma é de coloração clara, particulado e tipicamente vacuolado. Próximo da indentação nuclear ele contém um complexo de Golgi proeminente e vesículas. Os monócitos são células ativamente fagocíticas, e contêm numerosos lisossomos. A fagocitose é desencadeada pelo reconhecimento de material opsonizado, como descrito para os neutrófilos. Os monócitos são altamente móveis e possuem um citoesqueleto bem desenvolvido.

Os monócitos expressam antígenos MHC classe II e compartilham outras similaridades com macrófagos teciduais e células dendríticas. Admite-se que a maioria dos monócitos está em trânsito via corrente sanguínea desde a medula óssea para os tecidos periféricos, onde dão origem a macrófagos e células dendríticas; diferentes subconjuntos de monócitos podem se direcionar para tecidos inflamados. Como outros leucócitos, eles passam para locais extravasculares através das paredes dos capilares e vênulas.

Linfócitos

Os linfócitos (Figs. 4.4, 4.6, 4.12) são o segundo tipo mais numeroso de leucócitos na idade adulta, formando 20-30% da população total (1.500-2.700/μl de sangue). Em crianças pequenas, eles são o leucócito sanguíneo mais numeroso. A maioria dos linfócitos circulantes é pequena, com 6-8 μm de diâmetro; alguns são de tamanho médio e têm volume citoplasmático aumentado, muitas vezes em resposta à estimulação antigênica. Ocasionalmente, células de até 16 μm são vistas no sangue periférico. Os linfócitos, como outros leucócitos, são encontrados nos tecidos extravasculares (incluindo tecido linfoide); entretanto, são os únicos leucócitos que retornam à circulação. A duração de vida dos linfócitos varia de alguns dias (vida curta) a muitos anos (vida longa). Os linfócitos de vida longa desempenham um papel importante na manutenção da memória imunológica.

Os linfócitos sanguíneos são uma coleção heterogênea principalmente de células B e T, e consistem em diferentes subconjuntos e estádios de atividade e maturidade. Cerca de 85% de todos os linfócitos circulantes no sangue normal são células T. Doenças de imunodeficiência primária podem resultar de defeitos moleculares nos linfócitos T e B (revisto em Cunningham-Rundles e Ponda, 2005). Incluídas com os linfócitos, mas provavelmente um subconjunto de linhagem separada, estão as células matadoras naturais (NK). As células NK assemelham-se mais estreitamente a grandes células T morfologicamente.

Os pequenos linfócitos (tanto células B quanto T) contêm um núcleo arredondado que se cora densamente, rodeado por uma orla muito estreita de citoplasma, dificilmente visível ao microscópio óptico. No microscópio eletrônico (Fig. 4.4), poucas organelas citoplasmáticas podem ser vistas, a não ser um pequeno número de mitocôndrias, ribossomos isolados, escassos perfis de retículo endoplasmático e ocasionais lisossomos: essas características indicam baixa taxa metabólica e fenótipo quiescente. Entretanto, essas células se tornam móveis quando entram em contato com superfícies sólidas e podem passar entre células endoteliais para sair ou reentrar no sistema vascular. Elas migram extensamente dentro dos vários tecidos, incluindo epitélios (Fig. 4.5).

Os maiores linfócitos incluem células T e B que estão funcionalmente ativadas ou proliferando após estimulação por antígeno e células NK. Eles contêm um núcleo que é, pelo menos em parte, eucromático, um citoplasma basofílico, que pode aparecer granuloso, e numerosos aglomerados de polirribossomos, compatíveis com síntese ativa de proteína. A aparência ultraestrutural dessas células varia de acordo com a sua classe e é descrita a seguir.

Células B

As células B e as células plasmáticas que delas se desenvolvem sintetizam e secretam anticorpos que são capazes de reconhecer e neutralizar especificamente macromoléculas estranhas (não próprias, *non-self*) (antígenos) e podem preparar várias células não linfocíticas (p. ex., neutrófilos, macrófagos e células dendríticas) para fagocitar patógenos. As células B se diferenciam a partir de células-tronco hematopoéticas na medula óssea. Após a deleção das células autorreativas, os linfócitos B selecionados deixam a medula óssea e migram para locais linfoides periféricos (p. ex., linfonodos). Aqui, após estimulação por antígeno, eles sofrem proliferação e seleção adicionais, formando centros germinativos nos tecidos linfoides. Em seguida, algumas células B se diferenciam em grandes células plasmáticas basofílicas (ricas em RNA), seja dentro ou fora dos tecidos linfoides. As células plasmáticas produzem anticorpos no seu extenso retículo endoplasmático rugoso (Fig. 4.6) e os secretam para dentro dos tecidos adjacentes. Elas possuem um complexo de Golgi proeminente que se corando palidamente, adjacente a um núcleo excentricamente situado, tipicamente com blocos periféricos de heterocromatina condensada assemelhando-se aos números de um relógio (núcleo em mostrador de relógio) (Fig. 4.12). Outras células B de centro germinativo desenvolvem-se para células de memória de vida longa capazes de responder aos seus antígenos específicos, não apenas com produção mais rápida e mais alta de anticorpos, mas também com afinidade aumentada, em comparação com a resposta primária.

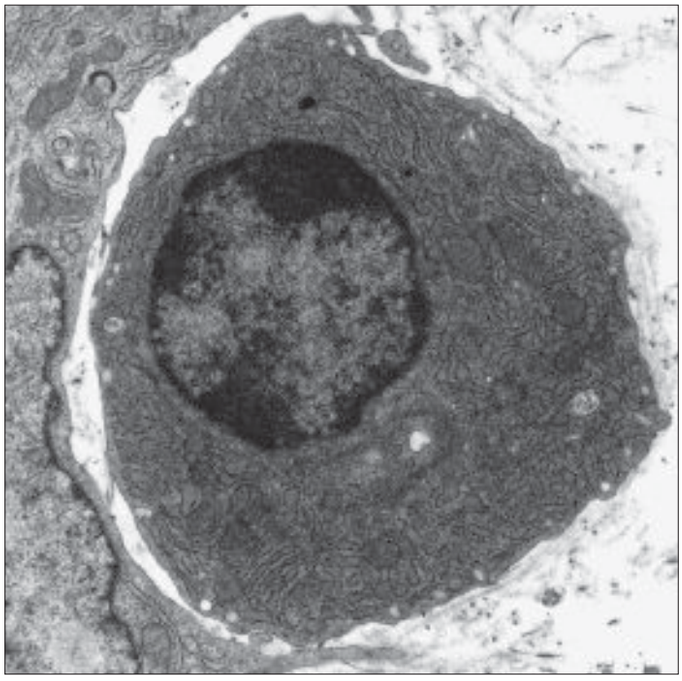


Fig. 4.6 Célula B madura (célula plasmática) no tecido conjuntivo humano. O abundante retículo endoplasmático rugoso é típico de uma célula que está sintetizando ativamente proteína, nesse caso imunoglobulina. A célula à esquerda é um fibroblasto.

Os anticorpos são imunoglobulinas agrupadas em cinco classes, de acordo com a sua cadeia pesada polipeptídica. A imunoglobulina G (IgG) forma a maior parte dos anticorpos circulantes. Imunoglobulina M (IgM) é normalmente sintetizada cedo nas respostas imunes. A imunoglobulina A (IgA) está presente no leite da mama, lágrima, saliva e outras secreções do trato alimentar, acoplada a uma peça secretória (uma proteína de 70 kDa) que é sintetizada pelas células epiteliais e protege a imunoglobulina de degradação proteolítica; assim, contribui para a imunidade da mucosa. Deficiência de IgA é relativamente comum, particularmente em alguns grupos étnicos (revisto em Woof e Kerr, 2006). A imunoglobulina E (IgE) é um anticorpo que se liga aos receptores nas superfícies dos mastócitos, eosinófilos e basófilos do sangue; ela é encontrada apenas em baixas concentrações na circulação. A imunoglobulina D (IgD) é encontrada junto com a IgM como uma importante imunoglobulina ligada à membrana em células B maduras, imunocompetentes mas virgens (antes da exposição a antígeno), atuando como o receptor celular para antígeno.

Quando anticorpos circulantes se ligam a antígenos, eles formam complexos imunes. Se presentes em quantidades anormais, estes podem causar dano patológico ao sistema vascular e outros tecidos, seja interferindo mecanicamente com a permeabilidade da lamina basal (p. ex., alguns tipos de glomerulonefrite), seja causando ativação local do sistema complemento, o que gera mediadores inflamatórios (p. ex., C5a), atacando membranas celulares e causando doença vascular. Na gravidez, a IgG materna cruza a placenta e confere imunidade passiva ao feto. O leite materno contém imunoglobulinas secretórias (IgA) que ajudam a combater organismos bacterianos e virais no trato alimentar do bebê durante as primeiras semanas de vida pós-natal.

Células T

Há vários subconjuntos de linfócitos T (timoderivados), todos progênie de células-tronco hematopoéticas na medula óssea. Eles se desenvolvem e amadurecem no timo, e subsequentemente preenchem órgãos linfoides secundários periféricos, os quais constantemente deixam e nos quais reentram por meio da circulação. Como células recirculantes, sua função principal é a imunovigilância. Sua ativação e subsequente proliferação e maturação funcional estão sob o controle de células apresentadoras de antígeno. As células T empreendem ampla variedade de funções defensivas mediadas por células que não são diretamente dependentes de atividade de anticorpo e que constituem a base da imunidade celular. As respostas das células T focalizam-se na destruição de alvos celulares, como células infectadas por vírus, certas infecções bacterianas, fungos, algumas infecções por protozoários, células neoplásticas e as células de enxertos de outros indivíduos (aloenxertos) quando os antígenos teciduais do doador e receptor não são suficientemente semelhantes. Os alvos podem ser mortos diretamente por células T citotóxicas ou indiretamente por células acessórias (p. ex., macrófagos), as quais foram recrutadas e ativadas por células T auxiliares secretoras de citocinas. Um terceiro grupo, as células T reguladoras, atua para regular ou limitar respostas imunes.

Os grupos funcionais de células T são classificados de acordo com as moléculas que elas expressam nas suas superfícies. A maioria das células T auxiliares secretoras de citocinas expressa CD4, enquanto as células T citotóxicas são caracterizadas por CD8. As células T reguladoras coexpressam CD4 e CD25. O prefixo CD (conjunto de diferenciação) fornece uma nomenclatura padrão de todas as moléculas da superfície celular. Presentemente, mais de 330 antígenos CD diferentes foram designados: cada um representa uma molécula da superfície celular que pode ser identificada por anticorpos específicos. Detalhes adicionais da classificação estão além dos objetivos desta publicação e são apresentados em Male *et al*. (2006).

Estruturalmente, os linfócitos T apresentam diferentes aparências dependendo do seu tipo e estado de atividade. Quando em repouso, eles são pequenos linfócitos típicos e morfologicamente indistinguíveis dos linfócitos B. Quando estimulados, tornam-se células grandes (até 15 μm), moderadamente basofílicos, com núcleo parcialmente eucromático e numerosos ribossomos livres, retículo endoplasmático rugoso e liso, complexo de Golgi e algumas mitocôndrias no citoplasma. As células T citotóxicas contêm vacúolos densos semelhantes a lisossomos que funcionam na morte citotóxica.

Células T citotóxicas

Os linfócitos T citotóxicos (que expressam CD8 na sua superfície) são responsáveis pela morte citotóxica direta das células-alvo (p. ex., células infectadas com vírus): a necessidade de contato direto célula–célula assegura a especificidade da resposta. O reconhecimento de antígeno, apresentado como um fragmento peptídico em moléculas MHC classe I, dispara a liberação cálcio-dependente de grânulos líticos pela célula T. Esses grânulos semelhantes a lisossomos contêm perfurina, que forma um poro na membrana da célula-alvo. Eles também contêm diversas enzimas serina proteases (granzimas) que entram na célula-alvo através do poro de perfurina e induzem a morte celular programada do alvo (apoptose; pág. 24).

Células T auxiliares

As células T auxiliares (que expressam CD4) são caracterizadas pela secreção de citocinas. Duas populações principais foram identificadas, de acordo com a gama de citocinas produzidas. As células T auxiliares Th1 tipicamente secretam interleucina (IL)-2, fator de necrose tumoral (TNF)-alfa e interferon gama, enquanto as células Th2 produzem citocinas como IL-4, IL-5 e IL-13. Essas duas populações que expressam CD4 são chamadas de células T "auxiliares" porque um aspecto da sua função é estimular a proliferação e maturação de linfócitos B e linfócitos T citotóxicos (mediadas via citocinas como IL-4, IL-2 e interferon gama), assim habilitando e intensificando as respostas imunes mediadas por essas células. Além das células Th1 e Th2, outros subconjuntos de células T auxiliares foram descritos. Em especial, as células Th17 (que secretam a citocina IL-17) recentemente foram implicadas em doenças autoimunes.

Entretanto, as células T auxiliares também são importantes em dirigir a destruição de patógenos recrutando células acessórias (p. ex., macrófagos, neutrófilos, eosinófilos) para o local de infecção e ativando suas funções efetoras. Esse processo é firmemente coordenado. Por exemplo, as células T auxiliares Th1 secretam citocinas que não apenas atraem e ativam macrófagos, mas também fornecem ajuda às células B e guiam sua produção de imunoglobulinas para as subclasses que fixam complemento. Assim, esses anticorpos opsonizam o patógeno-alvo que pode então ser reconhecido, ingerido e destruído pelas células acessórias macrófagos que apresentam receptores para complemento e a região Fc de IgG. Essas células Th1 são às vezes chamadas células T de hipersensibilidade tipo retardado. Em contraste, as células Th2 secretam citocinas que induzem o desenvolvimento e ativação de eosinófilos, e também induzem as células B a mudarem suas imunoglobulinas para classes não fixadoras de complemento (p. ex., IgE). Patógenos como vermes parasitas podem ser recobertos com anticorpo IgE e, por isso, reconhecidos e destruídos pelas funções efetoras das células acessórias eosinófilas que apresentam receptores para a região Fc da IgE.

Se as atividades das células T auxiliares não forem funcionais, resulta um estado de imunodeficiência. Isso significa que organismos potencialmente patogênicos, que normalmente são mantidos sob controle pelo sistema imune, podem proliferar e causar doença franca, por exemplo, na síndrome de imunodeficiência adquirida (AIDS), na qual um vírus (HIV) especificamente infecta e mata (predominantemente) células T auxiliares, embora algumas células apresentadoras de antígeno também sejam mortas.

Células T reguladoras

Uma terceira população de células T, as células T "reguladoras" ou "Treg", foi recentemente identificada dentro da última década (revisto em O'Garra e Vieira, 2004). Essas células $CD4^+$, $CD25^+$ têm uma função imunomoduladora e são capazes de amortecer as funções efetoras das células T citotóxicas e auxiliares. As células T reguladoras são produzidas no timo, e são um importante mecanismo adicional para manutenção da autotolerância. A função Treg é antígeno-específica e depende de contato direto célula–célula. Moléculas secretadas ou induzidas pelas células Treg, como interleucina (IL)-10 ou fator de crescimento de transformação (TGF) β, também

podem desempenhar um papel importante em mediar efeitos supressores de Treg sobre o sistema imune. Células T reguladoras semelhantes podem ser induzidas na periferia e ser importantes na indução de tolerância oral a antígenos ingeridos bem como na tolerância a moléculas tecido-específicas que não são expressas no timo.

Células matadoras naturais (NK)

As células matadoras naturais (NK) têm similaridades funcionais com as células T citotóxicas. Entretanto, faltam-lhes outras características típicas de linfócitos, e elas não expressam receptores antígeno-específicos. Normalmente formam apenas uma pequena porcentagem de todas as células semelhantes a linfócitos, e são usualmente incluídas na categoria dos grandes linfócitos granulares. Quando maduras, as células NK têm citoplasma brandamente basofílico. Ultraestruturalmente, seu citoplasma contém ribossomos, retículo endoplasmático rugoso e vesículas densas, limitadas por membrana, com 200-500 μm de diâmetro com centro cristalino. Estas contêm a proteína perfurina (citolisina), que é capaz de inserir furos na membrana plasmática das células-alvo, e granzimas (proteases de serina), que desencadeiam a morte subsequente das células-alvo por apoptose. As células NK são ativadas para matar células-alvo por vários fatores. Elas podem reconhecer e matar células-alvo cobertas de anticorpo por um mecanismo chamado de citotoxicidade citomediada dependente de anticorpo (CCDA). Elas também têm receptores que inibem a atividade destrutiva das NK quando eles reconhecem MHC classe I em células normais. Quando as células NK detectam a perda ou a regulação para baixo de antígenos MHC classe I em certas células infectadas por vírus e algumas células tumorais, elas ativam mecanismos indutores de apoptose que as capacitam a atacar essas células anormais, ainda que inespecificamente. Para leitura adicional, ver Vivier *et al*., 2008.

Plaquetas

As plaquetas sanguíneas, também conhecidas como trombócitos, são pequenos discos (2-4 μm de diâmetro) irregulares ou ovais presentes em grande número (200.000-400.000/μl) no sangue. Em amostras de sangue recentemente colhidas, elas facilmente aderem umas às outras e a todas as superfícies disponíveis, a não ser que o sangue seja tratado com citrato ou outras substâncias que reduzem a disponibilidade de íons cálcio. As plaquetas são fragmentos celulares anucleados, derivados dos megacariócitos na medula óssea. Elas são rodeadas por uma membrana plasmática com grossa capa de glicoproteína que é responsável pelas propriedades de adesão. Uma banda de 10 microtúbulos situa-se em torno do perímetro da plaqueta, embaixo da membrana plasmática: os microtúbulos são associados com filamentos de actina, miosina e outras proteínas relacionadas com contração celular. O citoplasma também contém mitocôndrias, glicogênio, escasso retículo endoplasmático liso, invaginações tubulares da membrana plasmática e três tipos principais de vesícula limitada por membrana, designados grânulos alfa, delta e lambda.

Os grânulos alfa são os maiores e têm diâmetros de até 500 nm. Eles contêm fator de crescimento derivado das plaquetas (PDGF), fibrinogênio e outras substâncias. Os grânulos delta são menores (até 300 nm) e contêm 5-hidroxitriptamina (serotonina) que foi endocitosada do plasma sanguíneo. Os grânulos lambda são os menores (até 250 nm) e contêm enzimas lisossômicas.

As plaquetas desempenham um papel importante na hemostasia. Quando um vaso sanguíneo é danificado, as plaquetas se tornam ativadas, evertem suas invaginações de membrana para formar lamelípodos e filópodos, e se agregam ao local da lesão, tamponando a ferida. Elas aderem umas às outras (aglutinação) e a outros tecidos. A adesão é uma função da espessa capa da plaqueta e é promovida pela liberação de ADP e íons cálcio a partir das plaquetas em resposta à lesão vascular. O conteúdo dos grânulos alfa liberados, junto com fatores liberados dos tecidos lesados, inicia uma sequência complexa de reações químicas no plasma sanguíneo, a qual leva à precipitação de filamentos de fibrina insolúveis em uma malha tridimensional, o coágulo de fibrina (Fig. 4.1). Mais plaquetas se fixam ao coágulo, inserindo extensões das suas superfícies, filópodos, profundamente nos espaços entre os filamentos de fibrina, aos quais eles aderem fortemente. As plaquetas em seguida se contraem (retração do coágulo) por interações actina–miosina dentro do seu citoplasma, e isso concentra o coágulo de fibrina e puxa para aproximar as paredes do vaso sanguíneo, o que limita qualquer vazamento adicional de sangue. Depois do reparo da parede vascular, que pode ser promovido pela atividade mitogênica do PDGF, o coágulo é dissolvido por enzimas como a plasmina. A plasmina é formada por ativadores do plasminogênio no plasma, provavelmente assistidos por enzimas lisossômicas derivadas dos grânulos lambda das plaquetas. As plaquetas tipicamente circulam por 10 dias antes de serem removidas, principalmente por macrófagos esplênicos.

TECIDOS LINFOIDES

Os linfócitos estão localizados em muitos locais do corpo, mais obviamente em locais estratégicos que estão em risco de infecção, por exemplo, a orofaringe. As principais áreas de concentração de linfócitos são classificadas como órgãos linfoides primários ou secundários, conforme estejam envolvidas na geração *de novo* de linfócitos (órgãos linfoides primários, p. ex., medula óssea, timo) ou sejam o local da ativação de linfócitos maduros e iniciação de uma resposta imune (órgãos linfoides secundários, p. ex., linfonodos, baço).

Todos os linfócitos se originam de células-tronco hematopoéticas na medula óssea. A linha dos linfócitos B se desenvolve através de uma série de estádios de diferenciação dentro da medula óssea. As células B recém-formadas então saem através da circulação e migram para locais periféricos. Em contraste, o desenvolvimento dos linfócitos T exige o timo; as células-tronco derivadas da medula óssea têm portanto de migrar pela circulação sanguínea para o timo. Depois da sua diferenciação e maturação para células T imunocompetentes que sobreviveram aos processos de seleção tímicos (1-3%), elas reentram na circulação e são transportadas para locais periféricos, onde se juntam ao fundo geral de linfócitos virgens (*naïve* — ingênuos) que recirculam através dos órgãos linfoides secundários pelos sistemas da circulação sanguínea e linfática.

Os órgãos linfoides secundários ou periféricos são os locais especializados onde linfócitos B e T e células apresentadoras de antígeno se reúnem para iniciar respostas imunes a antígenos estranhos. Esses tecidos secundários incluem linfonodos, baço e tecido linfoide associado com superfícies epiteliais (tecido linfoide associado com mucosa, TLAM/*MALT*), por exemplo, tonsilas palatinas e nasofaríngeas, placas de Peyer no intestino delgado, nódulos linfoides nos sistemas respiratório e urogenital, pele e conjuntiva do olho. A microestrutura dos linfonodos e do TLAM geral é descrita adiante. Detalhes de todos os demais tecidos e órgãos linfoides encontram-se incluídos nas descrições da anatomia regional apropriada.

Os linfócitos entram nos órgãos linfoides secundários a partir do sangue, usualmente por migração através das paredes de capilares ou vênulas (vênulas de endotélio alto, VEA/*HEV*) e saem pelo sistema linfático. No baço, a entrada e a saída dos linfócitos é pela zona marginal e pela drenagem venosa, respectivamente. As células apresentadoras de antígeno (células dendríticas) entram pelos linfáticos trazendo com elas antígenos de locais infectados periféricos. Em todos os tecidos secundários existem áreas específicas onde estão concentradas células B ou T. Depois de ativação, os linfócitos funcionalmente competentes migram para outros locais do corpo onde combatem a infecção original.

LINFONODOS

Os linfonodos (Fig. 4.7) são centros encapsulados de apresentação de antígeno e ativação, diferenciação e proliferação de linfócitos. Eles geram células B e T maduras preparadas para antígeno e filtram partículas, inclusive micróbios, da linfa pela ação de numerosos macrófagos fagocíticos. Um corpo adulto jovem normal contém até 450 linfonodos, dos quais 60-70 são encontrados na cabeça e pescoço, 100 no tórax e até 250 no abdome e pelve. Linfonodos são particularmente numerosos no pescoço, mediastino, parede abdominal posterior, mesentérios abdominais, pelve e regiões proximais dos membros (linfonodos axilares e inguinais). De longe, o maior número está situado próximo das vísceras, especialmente nos mesentérios.

Microestrutura

Os linfonodos (Fig. 4.8) são pequenos corpos ovais ou em forma de rim, com 0,1-2,5 cm de comprimento, situados ao longo do trajeto dos vasos linfáticos. Cada um tem usualmente ligeira indentação em um lado, o hilo, através da qual vasos sanguíneos entram e saem, e o vaso linfático eferente sai. Diversos vasos linfáticos aferentes entram na cápsula em torno da periferia. Os linfonodos possuem córtex altamente celular e a medula que contém uma rede de diminutos canais linfáticos (seios) através dos quais a linfa é filtrada a partir dos linfáticos aferentes, de modo a ser coletada no hilo pelo linfático eferente. O córtex está ausente do hilo, onde a medula atinge a superfície.

A cápsula é composta principalmente de fibras colágenas, fibras de elastina (especialmente nas camadas mais profundas) e alguns fibroblastos. A partir da cápsula, trabéculas de tecido conjuntivo denso se estendem radialmente para o interior do linfonodo. Elas são contínuas com uma rede de fibrilas finas de colágeno tipo III (reticulina) que sustenta o tecido linfoide. No hilo, tecido fibroso denso pode se estender para a medula, rodeando o vaso linfático eferente.

Os finos feixes de reticulina se ramificam e interconectam para formar uma malha muito densa no córtex: há menos fibras nos centros germinativos dos folículos (ver adiante). Elas fornecem fixação para várias células, na

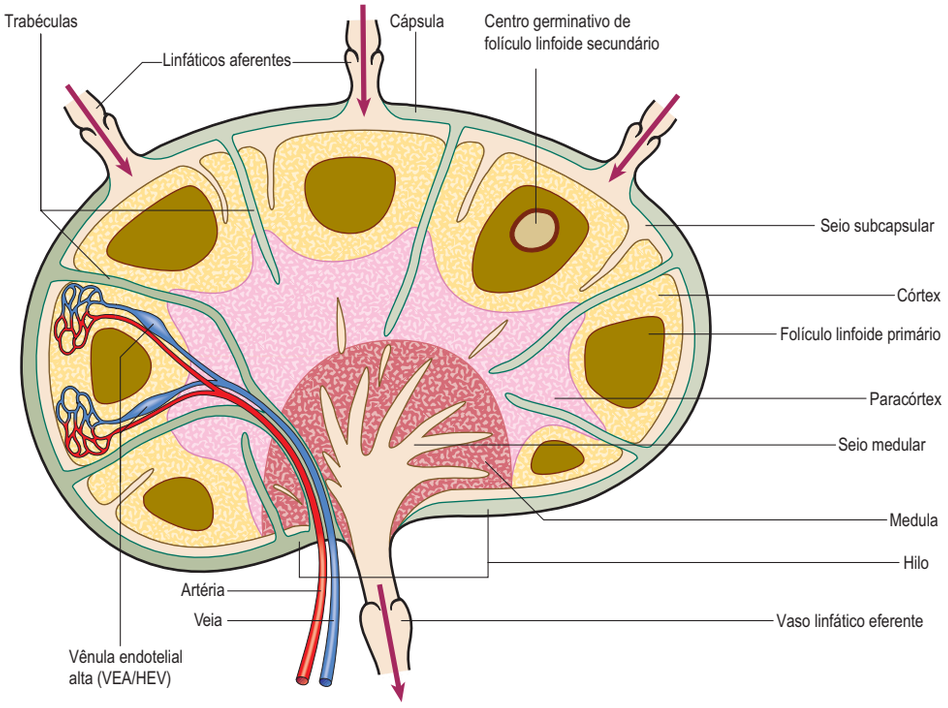


Fig. 4.7 Estrutura de um linfonodo.

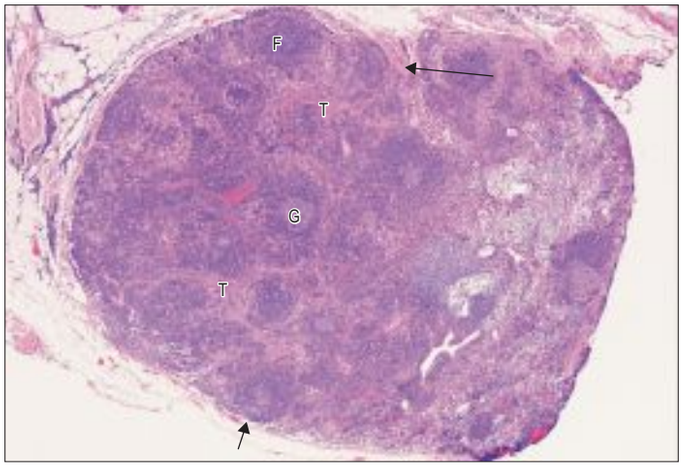


Fig. 4.8 Linfonodo (humano) secionado principalmente através de tecido cortical, mostrando folículos linfoides (F), alguns centros germinativos (G) e trabéculas de tecido conjuntivo (T). Também são mostrados o seio subcapsular (seta curta) e o hilo (seta longa) com vasos sanguíneos.

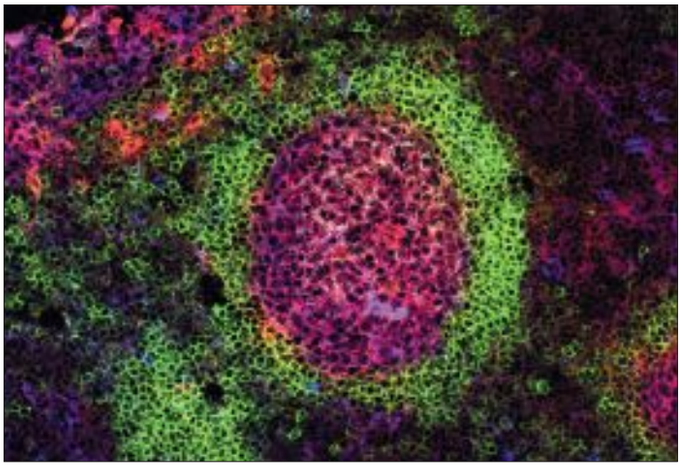


Fig. 4.9 Centro germinativo em um folículo linfoide de tonsila humana, imunomarcado para mostrar células B CD38^{+} no centro germinativo (vermelho), células B virgens IgD-positivas (verde) na zona do manto e células positivas para receptor à transferrina (CD71^{+}) de várias linhagens (azul). (Por cortesia da Dra. Cécile Chalouni, Ludwig Institute for Cancer Research, Yale University School of Medicine, USA.)

sua maioria células dendríticas, macrófagos e linfócitos. A reticulina e a matriz de proteoglicano associada são produzidas por fibroblastos, alguns dos quais associados com a rede de fibras.

Suprimento linfático e vascular

Os linfonodos são permeados por canais através dos quais a linfa passa, em percolação, depois da sua entrada a partir dos vasos aferentes. Macrófagos revestem os canais ou migram ao longo da reticulina que os cruza, e assim a linfa é exposta às suas atividades fagocíticas, bem como aos linfócitos B e T que jazem dentro das várias regiões de um linfonodo. Vasos linfáticos aferentes entram em muitos pontos na periferia, ramificam-se para formar um plexo intracapsular denso e a seguir se abrem para dentro do seio subcapsular, uma cavidade que é periférica a todo o córtex exceto no hilo (Fig. 4.7). Numerosos seios corticais radiais levam do seio subcapsular à medula, onde coalescem sob a forma de maiores seios medulares. Estes últimos se tornam confluentes no hilo com o vaso eferente que drena o linfonodo. Todos esses espaços são revestidos por endotélio contínuo e atravessados por finas fibras reticulares, as quais dão suporte aos macrófagos sinusais.

Artérias e veias que servem aos linfonodos passam através do hilo, dando ramos retos que atravessam a medula, enviando ramos menores ao fazerem isso. No córtex, artérias formam arcadas densas de arteríolas em numerosas alças anastomosadas, eventualmente retornando a vênulas e veias altamente ramificadas. Capilares são especialmente profusos em torno dos folículos, os quais contêm menos vasos. VEA pós-capilares são abundantes nas zonas paracorticais. Elas formam um local importante de extravasamento de linfócitos transportados pelo sangue para dentro do tecido linfoide, aparentemente por migração através de junções íntimas endoteliais lábeis. A densidade dos leitos capilares aumenta grandemente quando os linfócitos se multiplicam em resposta à estimulação antigênica. As veias deixam um linfonodo através das trabéculas principais e cápsula, e as drenam e ao tecido conjuntivo circundante.

Células e zonas celulares dos linfonodos

Embora a maioria das células em um linfonodo sejam linfócitos B e T, sua distribuição não é homogênea. No córtex, as células estão densamente agrupadas, e na área cortical externa formam folículos ou nódulos linfoides (Fig. 4.8), os quais são preenchidos principalmente por células B e células dendríticas foliculares (CDF) especializadas (Fig. 4.15). O número, o grau de isolamento e as características de coloração dos folículos variam conforme o seu estado de estimulação antigênica. Um folículo primário é uniformemente preenchido por pequenos linfócitos quiescentes, enquanto um folículo secundário tem um centro germinativo (Fig. 4.9) que é composto principalmente de células B antígeno-estimuladas, as quais são

maiores, coram-se mais profundamente e se dividem mais rapidamente do que aquelas na sua periferia.

O papel do centro germinativo é fornecer um microambiente que permita a maturação da afinidade da resposta da célula B de tal modo que, à medida que a resposta imune progride, a afinidade ou força com a qual os anticorpos se ligam ao seu antígeno também aumenta. Há várias zonas no centro germinativo onde isso tem possibilidade de acontecer. Na "zona escura", as células B (centroblastos) sofrem proliferação rápida que é associada com hipermutação das suas moléculas de anticorpo. Elas então se movem para a zona clara (como centrócitos), onde podem interagir com as CDF que transportam antígeno não processado intacto na sua superfície. Os centrócitos competem pela ligação ao antígeno; aqueles cujo anticorpo tem a mais alta afinidade sobrevivem e o resto morre. Células T também estão presentes, ajudando a sobrevida das células B e induzindo a troca de classe. Os macrófagos no centro germinativo fagocitam linfócitos apoptóticos (p. ex., as células B que morrem como parte do processo de maturação da afinidade) e, consequentemente, o citoplasma dos macrófagos se torna cheio de lipídio e detritos nucleares engolfados.

A zona do manto (Fig. 4.9) é produzida à medida que as células circundantes são marginalizadas pelo centro germinativo em crescimento rápido. Ela é preenchida por células semelhantes àquelas encontradas nos folículos primários, principalmente células B quiescentes com núcleo heterocromático condensado e pouco citoplasma (daí a coloração profundamente basofílica dessa região em preparações de rotina; Fig. 4.10), algumas células T auxiliares, CDFs e macrófagos. Depois de numerosas divisões mitóticas, as células B selecionadas dão origem a pequenos linfócitos, alguns dos quais se tornam células B de memória e deixam o linfonodo para juntar-se ao fundo recirculante, enquanto outras amadurecem como células plasmáticas secretoras de anticorpo, na medula do linfonodo ou nos tecidos periféricos.

O córtex profundo ou paracórtex situa-se entre os folículos corticais e a medula, e é preenchido principalmente por células T, as quais não estão organizadas em folículos. Estão presentes subconjuntos de células T CD4 e CD8. O paracórtex também contém células dendríticas interdigitadas. Essas células dendríticas incluem células de Langerhans a partir da pele e outros epitélios escamosos que migraram como células veladas pelos linfáticos aferentes para dentro dos linfonodos drenantes (Fig. 4.14). Seu papel é apresentar antígeno processado às células T. A região se expande grandemente nas respostas imunes dominadas por células T, quando suas células são estimuladas a proliferar e a se dispersar para locais periféricos.

Na medula, os linfócitos estão muito menos densamente agregados, formando cordões medulares irregulares ramificados entre os quais a rede de reticulina é facilmente vista. Outras células incluem macrófagos, os quais são mais numerosos na medula do que no córtex, células plasmáticas e alguns granulócitos.

TECIDO LINFOIDE ASSOCIADO À MUCOSA (TLAM)

Existe grande quantidade de tecido linfoide não encapsulado nas paredes dos tratos digestivo, respiratório, reprodutor e urinário e na pele: coletivamente chama-se tecido linfoide associado à mucosa (TLAM). Algumas autoridades distinguem entre tecidos linfoides associados com diferentes sistemas de órgãos do corpo. Embora possa haver diferenças funcionais entre eles, relacionadas aos diferentes desafios antigênicos encontrados, isso não é evidente na sua microestrutura. Anatomicamente, as principais subclasses são o tecido linfoide associado com o tubo digestivo (TLATG/*GALT*) e o tecido linfoide associado com brônquio (TLAB/*BALT*).

Em todo o corpo, o TLAM inclui uma população extremamente grande de linfócitos, principalmente em virtude do tamanho do trato alimentar. As células linfoides estão localizadas na lâmina própria e na submucosa sob forma de folículos ou nódulos individualizados. Células mais dispersas, derivadas desses folículos, são encontradas em toda a lâmina própria e na base do epitélio (Figs. 4.5 e 4.10). O TLAM inclui massas linfoides macroscopicamente visíveis, em especial no anel linfoide perifaríngeo (de Waldeyer) de tecido tonsilar (palatino, nasofaríngeo, tubário e lingual), e nas placas de Peyer do intestino delgado (Cap. 66), as quais são descritas em outro local. A maioria do TLAM consiste em agregados microscópicos de tecido linfoide e não possui cápsula fibrosa. As populações de linfócitos são sustentadas mecanicamente por uma fina rede de fibras de colágeno fino tipo III (reticulina) e fibroblastos associados, como eles jazem nos linfonodos.

Em comum com os linfonodos, o TLAM fornece centros para ativação e proliferação de linfócitos B e T nos seus folículos e zonas parafoliculares, respectivamente. A função das células nessas zonas, incluindo células apresentadoras de antígeno (células dendríticas foliculares e células dendríticas interdigitadas) e macrófagos, bem como células T e B, é similar àquela encontrada nos linfonodos. A estreita proximidade dos linfócitos dentro do TLAM a uma superfície mucosa facilita o seu acesso a patógenos. A população de linfócitos no TLAM não é fixa: linfócitos migram para dentro do TLAM através das suas VEA e saem principalmente pelos seus linfáticos eferentes, os quais drenam líquido intersticial como linfa. O TLAM não possui vasos linfáticos aferentes. A migração a partir do TLAM segue um caminho diferente do trajeto periférico principal de recirculação. Depois da ativação por antígeno, os linfócitos viajam pelos linfonodos regionais para se dispersar difusamente ao longo das superfícies mucosas para prover imunidade protetora de células T e B.

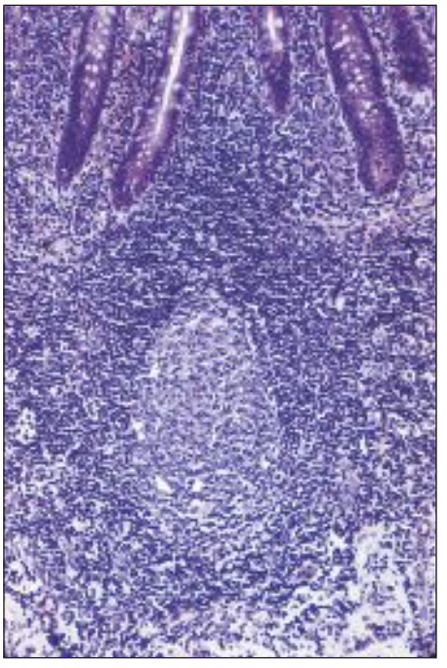


Fig. 4.10 Centro germinativo em folículo de tecido linfoide associado à mucosa (TLAM) na mucosa e submucosa do apêndice. As bases das glândulas tubulares do epitélio mucoso são vistas no campo superior.

Epitélio associado aos folículos

O epitélio que cobre o tecido linfoide associado com a mucosa, que varia em tipo de acordo com a sua localização, não é usual por possuir células que estão envolvidas em colher amostras de antígenos e passá-las para os tecidos subjacentes. A principal função dos linfócitos B no TLAM é produzir IgA para secreção dentro da luz dos tratos que eles revestem. Eles são expostos aos antígenos presentes na luz porque o epitélio colhe amostras e transfere esses antígenos para células apresentadoras de antígeno nos tecidos subjacentes. Clones apropriados de células T e B nos tecidos linfoides locais são a seguir ativados e amplificados antes da sua saída pelos linfáticos. No intestino delgado e grosso, essas células epiteliais especializadas possuem microvilos curtos característicos na sua superfície luminal e são conhecidas como células micropregueadas (M). Nas tonsilas palatinas, elas incluem células epiteliais escamosas reticuladas modificadas estratificadas.

Assim, muitos dos linfócitos que migram entre células nas regiões basais dos epitélios (Fig. 4.5) são células T citotóxicas efetoras e auxiliares que já foram selecionadas em nódulos linfoides e estão empenhadas em respostas imunes. Células semelhantes, e células B IgA-produtoras ativadas e células plasmáticas, também estão dispersas por toda a extensão da lâmina própria da mucosa.

HEMATOPOESE

Pós-natalmente, células sanguíneas são formadas principalmente na medula óssea. Outros tecidos, particularmente baço e fígado, podem desenvolver atividade hematopoética outra vez, se a produção a partir da medula for inadequada.

MEDULA ÓSSEA

A medula óssea é um tecido pulposo mole que é encontrado nas cavidades medulares de todos os ossos (Fig. 4.11) e mesmo nos maiores canais haversianos do osso lamelar. Ela difere em composição em diferentes ossos e em diferentes idades, e ocorre em duas formas, medula amarela e medula vermelha. Na idade avançada, a medula dos ossos cranianos sofre degeneração e é denominada medula gelatinosa.

Medula amarela

A medula amarela consiste em um arcabouço de tecido conjuntivo que sustenta numerosos vasos sanguíneos e células, a maioria das quais são

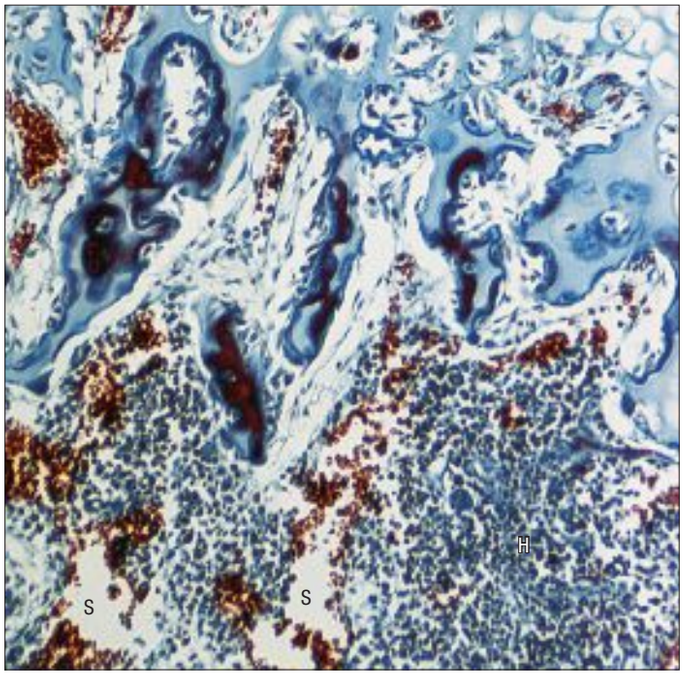


Fig. 4.11 Tecido hematopoético (H) na cavidade medular de um osso longo fetal sofrendo ossificação endocondral (em cima). Ilhas de células hematopoéticas nucleadas densamente repletas de diferentes linhagens estão separadas por grandes sinusoides vasculares (S), os quais estão cheios de eritrócitos maduros na circulação geral.

adipócitos. Uma pequena população de células típicas de medula vermelha persiste e pode ser reativada quando a demanda de glóbulos sanguíneos se tornar suficientemente grande.

Medula vermelha

A medula vermelha é encontrada em todo o esqueleto, no feto e durante os primeiros anos de vida. Na altura do quinto ano, a medula vermelha, que representa tecido ativamente hematopoético, é gradualmente substituída nos ossos longos por medula amarela. A substituição começa mais cedo e geralmente é mais avançada nos ossos mais distais. Pelos 20-25 anos de idade, a medula vermelha persiste apenas nas vértebras, esterno, costelas, clavículas, escápulas, pelve, ossos cranianos e extremidades proximais do fêmur e úmero.

A medula óssea vermelha consiste em uma rede de tecido conjuntivo frouxo, o estroma, que dá suporte a coleções de células hematopoéticas (cordões ou ilhas hematopoéticas) e um rico suprimento vascular no qual grandes sinusoides de paredes finas constituem a principal característica (Fig. 4.11). O suprimento vascular é derivado da artéria nutrícia do osso, que se ramifica na medula óssea e termina em arteríolas de paredes finas das quais se originam os sinusoides. Estes, por sua vez, drenam para veias desproporcionalmente grandes. Vasos linfáticos estão ausentes da medula óssea. O estroma contém uma quantidade variável de gordura, dependendo da idade, local e estado hematológico do corpo, e pequenas placas de tecido linfoide também estão presentes. A medula, assim, consiste em compartimentos vascular e extravascular, ambos inclusos dentro de um arcabouço ósseo do qual estão separados por uma camada fina de células endosteais (pág. 91).

Estroma

O estroma é composto de uma rede delicada de finas fibras de colágeno tipo III (reticulina) secretadas por células semelhantes a fibroblastos, altamente ramificadas, especializadas (células reticulares), derivadas do mesênquima embrionário. Quando a hematopoese cessa, como ocorre na maioria dos ossos dos membros na vida adulta, essas células (ou células estreitamente relacionadas) se tornam distendidas com gotículas de lipídio e enchem a medula com tecido gorduroso amarelo (medula amarela). Se houver, mais tarde, demanda de hematopoese, as células estromais estreladas reaparecem. O estroma também contém numerosos macrófagos afixados a fibras da matriz acelular. Essas células fagocitam ativamente detritos celulares criados pelo desenvolvimento hematopoético, especialmente os núcleos expelidos de eritroblastos, restos de megacariócitos e células que não passaram no processo de seleção de linfócitos B. As células estromais desempenham um papel importante no controle da diferenciação, proliferação e maturação das células hematopoéticas.

Os sinusoides da medula são revestidos por uma camada única de células endoteliais, sustentadas por reticulina nas suas superfícies basais. Embora as células endoteliais sejam interconectadas por junções íntimas, seu citoplasma é extremamente fino em certos locais, e a lâmina basal subjacente é descontínua. A passagem de células sanguíneas recém-formadas a partir do compartimento hematopoético para dentro da corrente sanguínea parece ocorrer através de um processo interativo com o endotélio, produzindo aberturas temporárias (grandes fenestras) no seu citoplasma atenuado.

Tecido hematopoético

Os cordões e ilhas de células hematogênicas consistem em aglomerados de células sanguíneas imaturas em vários estádios de desenvolvimento; diversas linhagens celulares diferentes estão tipicamente representadas em cada grupo focal. Um ou mais macrófagos jaz no centro de cada grupo desses de células. Esses macrófagos se engajam em funções fagocíticas, são importantes para transferir ferro para eritroblastos em desenvolvimento, para síntese de hemoglobina, e podem desempenhar um papel, com outras células estromais, em regular a taxa de proliferação e maturação celulares das células hematopoéticas vizinhas.

LINHAGENS CELULARES

Células-tronco hematopoéticas

Dentro da medula adulta há um número muito pequeno (0,05% de células hematopoéticas) de células-tronco pluripotentes autorrenováveis, as quais são capazes de dar origem a todos os tipos de células sanguíneas, inclusive linfócitos (Fig. 4.12). Embora não possam ser identificadas morfologicamente na medula, elas podem ser reconhecidas em aspirados pela expressão de proteínas marcadoras específicas da superfície celular (p. ex., CD34). Considera-se que as células-tronco hematopoéticas ocupam nichos ambientais específicos na medula, associados com o endósteo do osso trabecular ou com o endotélio sinusoidal, e que o seu microambiente é importante na homeostasia, o equilíbrio entre autorrenovação e diferenciação. Células-tronco também podem ser encontradas (em concentrações mais baixas) no sangue periférico, particularmente após tratamento com citocinas apropriadas.

Progressivamente mais células progenitoras dedicadas de linhagem restrita se desenvolvem a partir desses ancestrais (Laiosa *et al.*, 2006, para uma revisão recente) para produzir os vários tipos de células encontrados no sangue periférico. As células progenitoras dedicadas são muitas vezes chamadas de unidades formadoras de colônias (CFU) da linhagem, por exemplo, células CFU-GM dão origem, após proliferação, a granulócitos neutrófilos, monócitos e certas células dendríticas, enquanto CFU-E produzem apenas eritrócitos. Cada tipo de célula sofre um período de maturação na medula, muitas vezes acompanhado por várias alterações estruturais, antes da liberação na circulação geral. Em algumas linhagens, por exemplo, na série eritroide, os estádios finais de maturação têm lugar na circulação, enquanto na linhagem monocítica elas ocorrem depois que as células deixaram a circulação e entraram nos tecidos periféricos onde se diferenciam em macrófagos e algumas células dendríticas.

Gerar um conjunto completo de células sanguíneas a partir de uma única célula pluripotente pode levar alguns meses. As células progenitoras mais avançadas formam células maduras das suas linhagens particulares mais rapidamente. Entretanto, como elas não são autorrenováveis, os enxertos dessas células mais avançadas eventualmente falham porque as células que eles produzem morrem em última análise. Isso é de considerável importância em terapia de substituição da medula óssea. A presença de células-tronco pluripotentes na medula doadora é essencial para o sucesso: só 5% do número normal é necessário para repovoar a medula. Subsequentemente à terapia de substituição, os linfócitos T se reconstituem mais lentamente que as outras linhagens hematopoéticas, refletindo a redução progressiva no tamanho do timo com a idade (involução crônica).

Linfócitos

Os linfócitos são um grupo heterogêneo de células que podem compartilhar uma célula progenitora linfoide ancestral comum, distinta da célula progenitora mieloide que dá origem a todos os tipos de células descritos anteriormente. A primeira célula progenitora identificável é o linfoblasto, que se divide várias vezes para formar os prolinfócitos: ambas as células são caracterizadas por alta proporção núcleo-citoplasmática. As células B sofrem diferenciação para o seu subconjunto de linhagem específico, inteiramente dentro da medula óssea, e migram para tecidos linfoides periféricos ou secundários, como células B virgens (*naïve*), prontas para responder a antígeno. Entretanto, as células necessitam do microambiente tímico especializado para responder a antígeno. Durante a vida fetal, o começo da vida pós-natal e subsequentemente em níveis mais baixos durante toda a vida, células progenitoras migram para o timo, onde sofrem um processo de

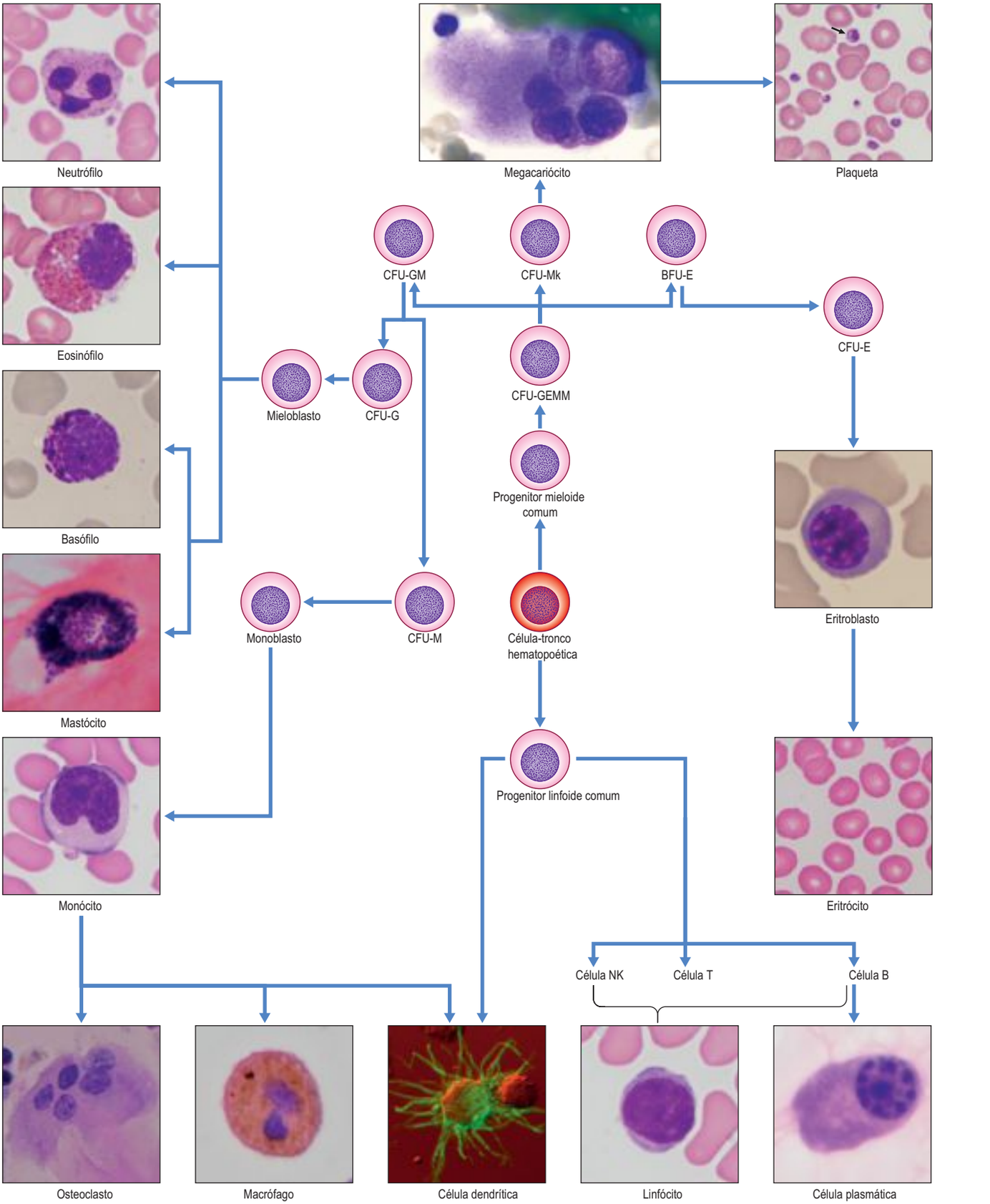


Fig. 4.12 Origens e relações de linhagem das células do sistema imune hematopoeticamente derivadas. As células maduras e os progenitores selecionados (todos humanos) estão ilustrados (amplificações variam). A célula dendrítica foi cultivada do sangue periférico, imunomarcada para mostrar HLA-DR e fotografada usando óptica Nomarski (por cortesia da Dra. Cécile Chalouni, Ludwig Institute for Cancer Research, Yale University School of Medicine, USA). O megacariócito e o eritroblasto são de um esfregaço de medula óssea, corado com MGG; as células restantes ilustradas são de esfregaços de sangue periférico (coloração de Wright), cortes de tecido conjuntivo (célula plasmática, mastócito), osso (osteoclasto) e alvéolo pulmonar (macrófago). As plaquetas (uma assinalada com seta) são fragmentos subcelulares de megacariócitos da medula óssea. Observar que os pequenos linfócitos circulantes não podem ser ainda mais especificamente classificados com métodos de coloração de rotina. Para explicação adicional da estrutura celular e propriedades tintoriais, ver o texto.

diferenciação e seleção como células T, antes de saírem para preencher tecidos linfoides secundários.

Desenvolvimento das células B

As células B começam o seu desenvolvimento na região subosteal da medula óssea e se movem centripetamente à medida que a diferenciação progride. Seu desenvolvimento acarreta o rearranjo de genes de imunoglobulinas para criar um receptor único para antígeno em cada célula B e a expressão progressiva de moléculas nas superfícies celular e intracelulares necessárias para a função de linfócitos B maduros. As células autorreativas que encontram seu próprio antígeno dentro da medula óssea são eliminadas. Globalmente, uns 25% das células B completam com sucesso esses processos de desenvolvimento e seleção: aquelas que falham morrem por apoptose e são removidas por macrófagos. As células estromais da medula óssea (fibroblastos, células adiposas e macrófagos) expressam moléculas da superfície celular e citocinas secretadas que controlam o desenvolvimento dos linfócitos B. Os linfócitos B virgens maduros saem pelos seios centrais. Eles expressam receptores a antígeno (imunoglobulina) das classes IgM e IgD. Troca de classe para IgG, A e E ocorre na periferia após ativação por antígeno em resposta a sinais de células T auxiliares.

Desenvolvimento das células T (timócitos)

As células T se desenvolvem dentro do timo a partir de progenitores derivados da medula óssea transportados pelo sangue que entram no timo por VEAs na junção corticomedular. Elas primeiro migram para a região externa (subcapsular) do córtex tímico e, a seguir, como na medula óssea, movem-se progressivamente para dentro na direção da medula à medida que o desenvolvimento continua. O desenvolvimento das células T envolve rearranjos de genes nos *loci* do receptor de célula T (TcR) para criar receptores exclusivos para antígeno em cada célula, juntamente com a expressão progressiva de moléculas requeridas para a função de células T maduras. A seleção do repertório de receptor é ainda mais rigorosa para células T do que para células B, em virtude da maneira pela qual as células T maduras reconhecem antígenos ligados a células apresentados em conjunção com proteínas específicas do complexo principal de histocompatibilidade (MHC) expressas nas superfícies das células. Assim, células T CD8 (citotóxicas) maduras reconhecem o antígeno na forma de peptídeos curtos complexados com as moléculas MHC classe I polimórficas, enquanto as células T CD4 (auxiliares/reguladoras) reconhecem os peptídeos no contexto de moléculas MHC classe II. Uma vez que o TcR reconhece o peptídeo e a molécula MHC, a célula T só reconhecerá peptídeos ligados ao seu próprio (*self*) tipo de MHC: elas não "verão" peptídeos em combinação com moléculas MHC alelicamente diferentes (isto é, aquelas de outros indivíduos). Isso é chamado de restrição, pelo MHC, do reconhecimento das células T. A seleção de células T no timo deve assegurar a sobrevida das células T que são capazes de responder apenas a antígenos estranhos, ligados à sua própria (*self*) classe de moléculas MHC. As células que são incapazes de se ligar a moléculas MHC próprias ou que se ligam a antígenos próprios são eliminadas por morte celular apoptótica: estima-se que até 95% dos progenitores de células T sofram apoptose dessa maneira. As células que expressam TcR apropriado e possuem propriedades eficazes de ligação restrita pelo MHC sobrevivem para se tornar células T maduras, virgens, que deixam o timo para preencher a periferia.

As células estromais tímicas desempenham papel crucial no desenvolvimento e seleção das células T. As células epiteliais tímicas no córtex expressam as moléculas MHC classes I e II, e são únicas na sua capacidade de selecionar células T que reconhecem MHC próprio (seleção positiva). A deleção de células autoantigenorreativas (seleção negativa) é principalmente controlada por células dendríticas tímicas localizadas na junção corticomedular e na medula, embora o epitélio também seja capaz de executar essa função. Os timócitos apoptóticos são removidos por macrófagos tímicos. O papel do epitélio tímico na diferenciação timocitária é complexo e envolve contato célula–célula, bem como a secreção de mediadores solúveis como citocinas, quimiocinas, peptídeos neuroativos (p. ex., somatostatina) e hormônios tímicos (p. ex., timulina). Os fibroblastos e a matriz extracelular tímicos também desempenham um papel.

Eritrócitos

Os eritrócitos e granulócitos pertencem à linhagem mieloide. As células progenitoras eritroides mais iniciais identificáveis são capazes de rápidas explosões de divisão celular para formar numerosas células filhas; assim, receberam o nome de unidades formadoras de explosão da linha eritroide (BFU-E). Elas dão origem à CFU, que, com a sua progênie imediata, são sensíveis ao hormônio eritropoetina. Esse hormônio, produzido no rim, induz diferenciação adicional ao longo da linha eritroide.

A primeira célula facilmente identificável da série eritroide é o proeritroblasto, uma grande célula (cerca de 20 μm) com grande núcleo eucromático e citoplasma moderadamente basofílico. Ele também responde à eritropoetina. O proeritroblasto contém pequena quantidade de ferritina e apresenta alguma proteína espectrina na sua membrana plasmática. Os proeritroblastos proliferam para produzir menores eritroblastos basofílicos (12-16 μm), ricos em ribossomos, nos quais começa a síntese de RNA para a hemoglobina. O citoplasma se torna parcialmente, em seguida uniformemente, eosinofílico (o eritroblasto policromático e o eritroblasto ortocromático, respectivamente). Essas células têm apenas 8-10 μm de diâmetro e contêm muito pouco RNA citoplasmático. O núcleo se torna picnótico (denso, corando-se escuro, retraído) e é finalmente expelido da célula, deixando um reticulócito anucleado que entra em um sinusoide. Seu padrão reticular de coloração, visível usando colorações especiais, resulta do RNA citoplasmático residual que usualmente é perdido dentro de 24 horas da entrada na circulação sanguínea periférica. O número de reticulócitos no sangue periférico é, portanto, um bom indicador da taxa de produção de eritrócitos. O processo inteiro da eritropoese leva 5-9 dias.

Granulócitos

A formação dos granulócitos envolve importantes transformações na morfologia nuclear e no conteúdo citoplasmático, mais bem conhecidas em relação ao neutrófilo. Inicialmente, células progenitoras mieloides se transformam em grandes mieloblastos (10-20 μm), semelhantes, em tamanho e aparência geral, a proeritroblastos. Essas células proliferativas possuem grande núcleo eucromático e não têm grânulos citoplasmáticos. Elas se diferenciam para promielócitos ligeiramente maiores, nos quais o primeiro grupo de proteínas específicas é sintetizado no retículo endoplasmático rugoso e no aparelho de Golgi. As proteínas são armazenadas em grandes grânulos (0,3 μm) primários (inespecíficos), os quais são grandes lisossomos que contêm fosfatase ácida. Grânulos secundários menores (específicos) são formados no mielócito, que é menor, o qual é o último estádio proliferativo. O núcleo é tipicamente achatado ou ligeiramente indentado em um lado nos mielócitos.

No estádio seguinte, metamielócito, o tamanho celular (10-15 μm) diminui, o núcleo se torna heterocromático e em forma de ferradura, e a síntese de proteína quase para. Quando o neutrófilo é liberado, o núcleo se torna primeiro intensamente indentado (a forma jovem ou em bastão) e subsequentemente segmentado em até seis lobos, característicos do neutrófilo maduro. O processo inteiro usualmente leva sete dias para ser completado, dos quais três dias são gastos em proliferação e quatro dias em maturação. Os neutrófilos podem então ser armazenados na medula por mais quatro dias, dependendo da demanda, antes da sua liberação final para dentro da circulação.

Os eosinófilos e basófilos passam por uma sequência semelhante, mas seus núcleos não se tornam tão irregulares quanto o do neutrófilo. Admite-se que essas células se originem de unidades formadoras de colônias distintas, as quais são separadas da CFU-GM.

Monócitos

Os monócitos são formados na medula óssea. Monócitos e neutrófilos parecem ser células estreitamente relacionadas: juntamente com algumas das células dendríticas apresentadoras de antígeno, eles se originam de um progenitor compartilhado, a unidade formadora de colônias para granulócitos e macrófagos (CFU-GM). Diferentes fatores estimuladores de colônias (CSF) atuam sobre o progenitor comum para dirigir seu caminho subsequente de diferenciação. Os progenitores dos monócitos passam por um estádio de monoblasto proliferativo (14 μm) e então formam promonócitos em diferenciação, os quais são células ligeiramente menores nas quais começa a produção de pequenos lisossomos. Depois de divisões adicionais, os monócitos (até 20 μm) são liberados para dentro da circulação geral, a qual eles preenchem como macrófagos, enquanto outros podem dar origem a certas células, inclusive células de Langerhans.

Plaquetas

As plaquetas se originam de uma maneira única pela emissão de milhares de fragmentos citoplasmáticos a partir das extremidades dos processos de megacariócitos na medula óssea. A primeira célula detectável dessa linhagem é o altamente basofílico megacarioblasto (15-50 μm), seguido por um estádio de promegacariócito (20-80 μm), no qual começa a síntese de grânulos. Finalmente, aparece o megacariócito completamente diferenciado, uma célula gigante (35-160 μm) com núcleo grande, denso, poliploide, multilobado. Uma vez iniciada a diferenciação a partir da CFU-Meg, o DNA se replica sem divisão citoplasmática (endorreduplicação), e os cromossomos são retidos dentro de um único núcleo poliploide que pode reter até 256n cromossomos (onde n é o complemento haploide presente nos gametas). As características da linhagem e os transtornos dos megacariócitos encontram-se revistos em Sun *et al.* (2006).

O citoplasma contém finos grânulos basofílicos e se torna repartido em proplaquetas por invaginações da membrana plasmática. Estas são vistas ultraestruturalmente como uma rede de perfis tubulares que coalescem para formar ilhas citoplasmáticas de 3-4 μm de diâmetro. As plaquetas individu-

ais são lançadas na circulação a partir de um longo processo estreito de citoplasma megacariocítico que é protraído através de uma abertura no endotélio do sinusoide.

FAGÓCITOS E CÉLULAS APRESENTADORAS DE ANTÍGENO

Os macrófagos e neutrófilos (ver anteriormente) são fagócitos especializados. Certas células dendríticas (Fig. 4.12), por exemplo, células de Langerhans da pele e outros epitélios escamosos estratificados, são células apresentadoras de antígeno (CAPs) "profissionais": elas capturam material estranho por endocitose e macropinocitose, e são capazes, de uma maneira exclusiva, de ativar eficientemente linfócitos T virgens, bem como maduros. Os macrófagos também são capazes de processar e apresentar antígeno aos linfócitos, mas são menos efetivos que as células dendríticas. Além disso, eles desempenham um papel importante no ramo efetor da resposta imune, removendo o agente infeccioso por fagocitose. O terceiro tipo principal de célula envolvido em apresentação de antígeno e ativação das células T é o linfócito B, particularmente eficiente em capturar antígeno que se liga à sua imunoglobulina de superfície (ver anteriormente). As células dendríticas foliculares dos linfonodos, do TLAM e do baço são capazes de apresentar antígeno não processado aos linfócitos B, mas não são CAPs clássicas porque não são capazes de apresentar antígeno às células T auxiliares.

As CAPs endocitosam antígeno digerem-no intracelularmente, principalmente até fragmentos peptídicos, e apresentam os fragmentos nas suas superfícies, geralmente em conjunção com moléculas MHC classe II. (Moléculas classe II são normalmente encontradas apenas em CAPs, embora muitas outras células sejam capazes de expressar moléculas classe II em situações inflamatórias.) O reconhecimento de antígeno estranho é controlado por uma variedade de receptores da superfície celular da APC: receptores a Fc e complemento medeiam a captação de material opsonizado, enquanto receptores de reconhecimento de padrão do sistema imune inato (por exemplo, receptores *toll-like* e receptores removedores) reconhecem diretamente moléculas derivadas de patógenos.

MACRÓFAGOS

O sistema fagocitário mononuclear consiste nos monócitos do sangue, dos quais os outros tipos são derivados, e vários macrófagos dos tecidos, alguns dos quais têm nomes específicos conforme os tecidos. Certas células dendríticas são às vezes incluídas no sistema fagocitário mononuclear: embora elas compartilhem um ancestral de linhagem comum, parecem formar um ramo individualizado da árvore da família. A maioria dos monócitos e macrófagos expressa moléculas MHC classe II.

Os macrófagos são muito variáveis em tamanho (geralmente 15-25 μm) e são encontrados em muitos tecidos do corpo, onde constituem uma família heterogênea de células (revisto em Gordon e Taylor, 2005). Eles são células migrantes em todos os tecidos conjuntivos gerais, os macrófagos alveolares no pulmão, células de Kupffer nos sinusoides do fígado, na medula óssea e em todos os tecidos linfoides. Os macrófagos muitas vezes se agregam ao tecido conjuntivo subseroso da pleura e peritônio, onde são visíveis como pontos leitosos perto de pequenos troncos linfáticos. Eles se aglomeram em torno das terminações das pequenas arteríolas (penicilares) no baço e são distribuídos, mais difusamente, por todos os cordões esplênicos.

Os osteoclastos (até 100 μm) no osso são estreitamente relacionados aos macrófagos. Entretanto, são células sinciciais derivadas da fusão de até 30 monócitos progenitores no tecido ósseo, onde se diferenciam adicionalmente. Admite-se que a micróglia do sistema nervoso central (SNC) seja de origem monocítica: ela migra para dentro do SNC durante o seu desenvolvimento. Ela difere dos macrófagos porque normalmente forma-se de células quiescentes nas quais a expressão de MHC classe II está regulada para baixo, exibindo pouca atividade fagocítica.

Os macrófagos variam em estrutura dependendo da sua localização no corpo. Todos possuem citoplasma moderadamente basofílico contendo algum retículo endoplasmático rugoso e liso, complexo de Golgi ativo e grande núcleo eucromático e um pouco irregular. Esses aspectos são compatíveis com um metabolismo ativo: a síntese de enzimas lisossômicas continua nas células maduras. Todos os macrófagos têm superfícies irregulares com filópodos protrusos e contêm número variável de vesículas endocitóticas, vacúolos e lisossomos maiores. Alguns macrófagos são altamente móveis, enquanto outros tendem a permanecer afixados e sedentários, por exemplo, nos seios hepáticos e linfoides. Dentro dos tecidos conjuntivos, os macrófagos podem se fundir para formar grandes sincícios (células gigantes) em torno de partículas que são grandes demais para serem fagocitadas ou quando estimulados pela presença de organismos infecciosos, por exemplo, *Mycobacterium tuberculosis*.

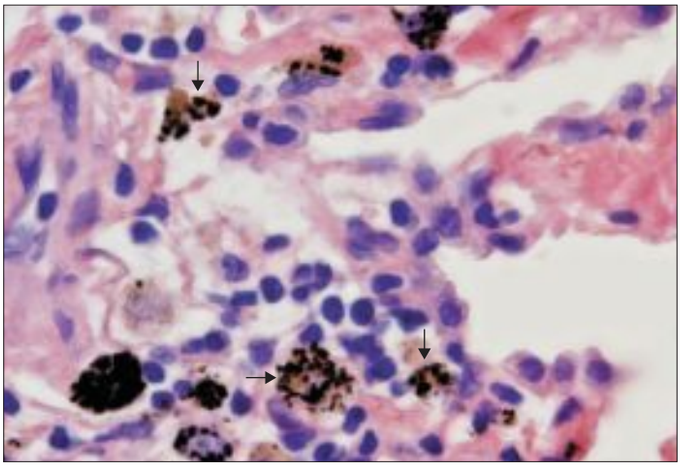


Fig. 4.13 Macrófagos alveolares (células de poeira, setas) contendo partículas de carbono ingeridas, nos alvéolos e septos interalveolares do pulmão humano.

Quando monócitos transportados pelo sangue entram nos tecidos através das paredes de capilares e vênulas, eles podem sofrer um número limitado de ciclos de mitose como macrófagos teciduais, antes de morrer e ser substituídos a partir da medula óssea, tipicamente depois de várias semanas. Há alguma evidência de que os macrófagos alveolares do pulmão são capazes de sofrer muito mais mitoses que os demais macrófagos.

Fagocitose

A captação de material particulado e de microrganismos é realizada por macrófagos em muitos tecidos e órgãos. Quando presentes em tecido conjuntivo geral, eles ingerem e matam microrganismos invasores e removem detrito que foi produzido como consequência de dano tecidual. Eles reconhecem, engolfam e rapidamente ingerem células apoptóticas em todas as situações: o mecanismo de captação da célula apoptótica não ativa o fagócito para apresentação de antígeno, e assim o processo é imunologicamente silencioso. No pulmão, macrófagos alveolares constantemente patrulham as superfícies respiratórias, para as quais eles migram a partir do tecido conjuntivo pulmonar (Fig. 4.13). Eles engolfam partículas inaladas incluindo bactérias, surfactante e detritos, e muitos entram na expectoração (daí seus nomes alternativos, células de poeira ou, na doença cardíaca, células de insuficiência cardíaca, as quais estão cheias de eritrócitos extravasados). Eles executam semelhantes funções de varredores nas cavidades pleural e peritonial. Nos linfonodos, os macrófagos revestem as paredes dos seios e removem material particulado da linfa à medida que ela faz percolação através deles. No baço e fígado, os macrófagos estão envolvidos em remoção de partículas e na detecção e destruição de eritrócitos envelhecidos ou danificados. Eles começam a degradação da hemoglobina para reciclar o ferro e os aminoácidos.

Os macrófagos apresentam receptores de superfície para as porções Fc dos anticorpos e para o componente C3 do complemento. A atividade fagocítica é grandemente aumentada quando o alvo é recoberto de anticorpo (opsonizado) ou complemento, ou ambos. Uma vez tenha ocorrido fagocitose, o vacúolo que apresenta a partícula ingerida se funde com vesículas endossômicas que contêm uma ampla variedade de enzimas lisossômicas, incluindo muitas hidrolases, e sistemas oxidativos capazes de rápida ação bactericida. Essas atividades são muito aumentadas quando os macrófagos são estimulados (macrófagos ativados) por citocinas, por exemplo, interferon (IFN)-γ, as quais são secretadas por outras células do sistema imune, especialmente linfócitos T.

A ligação estreita mediada por anticorpo pode iniciar a liberação de enzimas lisossômicas sobre a superfície dos alvos celulares aos quais os macrófagos se ligam. Esse processo de citotoxicidade é também usado por outras células, incluindo neutrófilos e eosinófilos, particularmente se os alvos forem demasiado grandes para serem fagocitados (p. ex., parasitas vermes nematoides).

Atividades secretórias

Os macrófagos ativados podem sintetizar e secretar várias substâncias bioativas, por exemplo, IL-1, que estimula a proliferação e maturação de outros linfócitos, amplificando grandemente a reação do sistema imune a antígenos estranhos. Eles também sintetizam fator de necrose tumoral (TNF)-α, o qual é capaz de matar pequeno número de células neoplásticas. O TNF-α

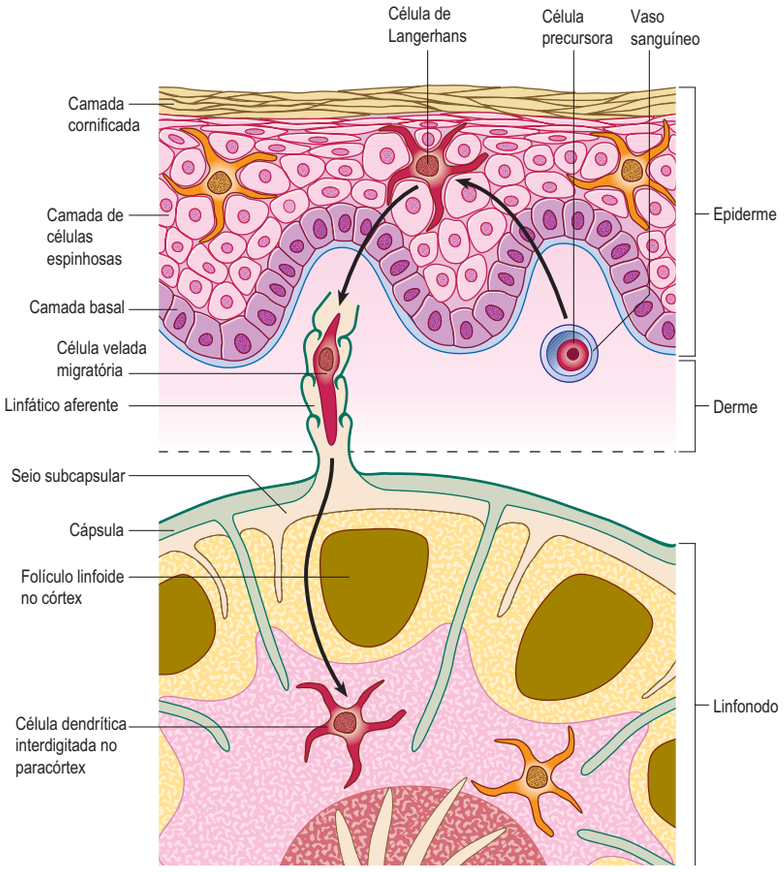


Fig. 4.14 Células dendríticas na pele e tecidos linfoides. Suas vias migratórias são: a partir de precursores transportados pelo sangue, derivados da medula, para células dendríticas imaturas (células de Langerhans) na pele e, a seguir, para células veladas migratórias nos vasos linfáticos aferentes e células dendríticas interdigitadas nos linfonodos. Um exemplo de cada célula na sequência (seta) é apresentado em vermelho.

deprime as atividades anabólicas de muitas células do corpo e pode ser um fator importante mediando a caquexia (emaciação) que tipicamente acompanha os cânceres mais avançados. Outros produtos dos macrófagos incluem ativador do plasminogênio, que promove remoção de coágulo, várias enzimas lisossômicas, diversos fatores do complemento e coagulação, e lisozima (uma proteína antibacteriana). Na patogênese, essas substâncias podem ser liberadas inapropriadamente e danificar tecidos sadios, por exemplo, na artrite reumatoide e em várias outras condições inflamatórias.

CÉLULAS DENDRÍTICAS

Há dois tipos distintos de célula dendrítica: células dendríticas mieloides (também conhecidas como células dendríticas convencionais) e células dendríticas plasmocitoides. Ambos os grupos de células são derivados de células-tronco hematopoéticas. Até recentemente pensava-se que as células dendríticas plasmocitoides eram derivadas das células precursoras linfoides, enquanto as células dendríticas mieloides eram derivadas da célula progenitora mieloide. Entretanto, agora é evidente que essas células podem ser derivadas de qualquer das linhagens, possivelmente de uma célula-tronco comum, indicando considerável plasticidade nos seus caminhos de desenvolvimento. Ambas as células estão envolvidas em apresentação de antígeno, embora tenham papéis funcionais algo diferentes em controlar os sistemas imunes adaptativo e inato. As células dendríticas mieloides são células apresentadoras de antígeno (CAP) profissionais, as quais são capazes de processar e apresentar antígeno aos linfócitos T, inclusive células T virgens. Elas estão presentes como células dendríticas imaturas na epiderme da pele (Fig. 4.14) e outros epitélios escamosos estratificados, por exemplo, a mucosa oral (células de Langerhans), e na derme e na maioria dos outros tecidos (células dendríticas intersticiais), onde se ocupam com imunovigilância. As células dendríticas imaturas têm uma função de capturar antígeno. Elas respondem a sinais quimiotáticos, por exemplo, defensinas liberadas pelas células epiteliais no intestino delgado, e expressam receptores de reconhecimento de padrão (p. ex., receptores *toll-like*) na sua superfície. A ligação de moléculas bacterianas (p. ex., carboidrato ou DNA) a esses receptores estimula as células dendríticas a migrarem pelos linfáticos para tecidos linfoides secundários vizinhos, onde amadurecem e adquirem uma função de apresentação de antígeno. As células dendríticas maduras são conhecidas como células veladas quando nos linfáticos aferentes e seios subcapsulares dos linfonodos, e como células dendríticas interdigitadas quando estão dentro do tecido linfoide propriamente dito. Sua função dentro do tecido linfoide secundário é apresentar o seu antígeno processado aos linfócitos T e, assim, iniciar e estimular a resposta imune. Para uma revisão da pesquisa recente sobre a função das células dendríticas, ver Colonna *et al.* (2006).

Células de Langerhans

As células de Langerhans (Fig. 4.14) são um dos mais bem estudados tipos de célula dendrítica imatura (revisto em Berger *et al.*, 2006). Elas estão presentes em toda a epiderme da pele, onde foram descritas pela primeira vez, mas são mais claramente identificáveis no *stratum spinosum* (Cap. 7). Têm núcleo irregular e citoplasma claro, e características vesículas membranosas alongadas (grânulos de Birbeck). As células de Langerhans endocitam e processam antígenos, sofrendo um processo de maturação, desde células captoras de antígeno para células apresentadoras de antígeno que expressam altos níveis de moléculas MHC classes I e II, moléculas coestimuladoras e moléculas de adesão. Elas migram para os linfonodos para ativar os linfócitos T.

Células dendríticas interdigitadas

As células dendríticas imaturas são encontradas em todo o corpo, incluindo o sangue periférico, e funcionam no processamento de antígeno e imunovigilância. As células dendríticas maduras estão presentes em áreas ricas em células T do tecido linfoide secundário (áreas paracorticais dos linfonodos, áreas interfoliculares do TLAM, bainhas periarteriolares da polpa branca esplênica), onde estão envolvidas na apresentação aos linfócitos T de antígenos associados com moléculas MHC classe I (células T CD8) ou MHC classe II (células T CD4). Células T virgens só podem responder a antígeno apresentado por células dendríticas. As células T são estimuladas não somente pelo reconhecimento com complexo antígeno-MHC pelo TcR, mas também pela interação com moléculas coestimuladoras expressas pelas células dendríticas e por citocinas secretadas pelas células. Essas citocinas não apenas ajudam a ativar a célula T, mas também podem dirigir a natureza da resposta de células T (p. ex., Th1 ou Th2). As células T apropriadas são ativadas para proliferar, e são preparadas para desempenhar suas funções

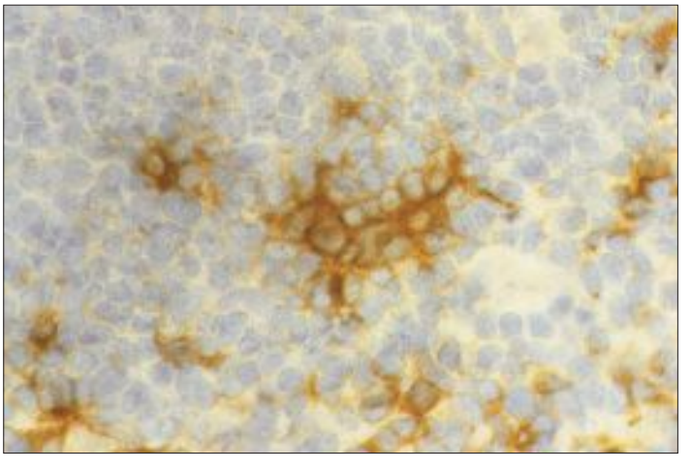


Fig. 4.15 Células dendríticas foliculares (castanho) em um centro germinativo da tonsila palatina humana (marcada com imunoperoxidase). (Por cortesia da Dra. Marta Perry, UMDS, London.)

imunológicas. Uma vez preparadas, as células T são capazes de ser estimuladas por qualquer CAP, incluindo macrófagos e células B.

Células dendríticas foliculares

As células dendríticas foliculares, CDFs (Fig. 4.15), são uma população não migratória de células encontradas nos folículos dos tecidos linfoides secundários, onde atraem células B e interagem com elas. Diversamente de outras células dendríticas, as CDFs não são de origem hematopoética, mas provavelmente derivadas das células estromais dos tecidos linfoides. Elas são incapazes de endocitar e processar antígeno, e faltam-lhes moléculas MHC classe II. Entretanto, receptores a Fc e a complemento CD21 e CD35 nas CDFs permitem às células ligar complexos imunes à sua superfície para apresentação subsequente, como antígeno não processado, às células B do centro germinativo. As interações entre células B, células T auxiliares CD4 e CDFs nos centros germinativos são importantes na seleção de células B de alta afinidade e sua maturação para células plasmáticas ou linfócitos B de memória.

REFERÊNCIAS

Berger CL, Vasquez JG, Shofner J, Mariwalla K, Edelson RL 2006 Langerhans cells: mediators of immunity and tolerance. Int J Biochem Cell Biol 38: 1632–6.

Colonna M, Pulendran B, Iwasaki A 2006 Dendritic cells at the host–pathogen interface. Nature Immunol 7: 117–20.

Cunningham-Rundles C, Ponda PP 2005 Molecular defects in T- and B-cell primary immunodeficiency diseases. Nature Rev Immunol 5: 880–92.

Gordon S, Taylor PR 2005 Monocyte and macrophage heterogeneity. Nat Rev Immunol 5: 953–64.

Janeway C, Walport M, Travers P 2004 Immunobiology: The Immune System in Health and Disease, 5th edn. New York: Garland Publishing.
Ênfase nos princípios de unificação da estrutura e função do sistema imunológico na saúde e na doença.

Kocabas CN, Yavuz AS, Lipsky PE, Metcalfe DD, Akin C 2005 Analysis of the lineage relationship between mast cells and basophile using the c-kit D816V mutation as a biologic signature. J Allergy Clin Immunol 115: 1155–61.

Laiosa CV, Stadtfelt M, Graf T 2006 Determinants of lymphoid–myeloid lineage diversification. Ann Rev Immunol 24: 705–738.

Liu Y-J 2001 Dendritic cell subsets and lineages, and their functions in innate and adaptive immunity. Cell 106: 259–62.
Revisão das pesquisas atuais e reavaliação da linhagem e das relações funcionais entre os diferentes tipos de células dendríticas.

Male D, Brostoff J, Roth DB, Roitt I 2006 Immunology, 7th edn. London: Mosby.
Estabelecimento dos princípios científicos de imunologia clínica, integrada com a histologia, patologia e exemplos clínicos.

O'Garra A, Vieira P 2004 Regulatory T cells and mechanisms of immune system control. Nat Med 10: 801–805.

Sun L, Hwang WYK, Aw SE 2006 Biological characteristics of megakaryocytes: specific lineage commitment and associated disorders. Int J Biochem Cell Biol 38: 1821–6.

VIvier E, Tomasello E, Baratin M, Walzer T, Ugolini S 2008 Functions of natural killer cells. Nature Immunol 9:503–10.

Woof JM, Kerr MA 2006 The function of immunoglobulin A in immunity. J Path 208: 270–82.

Anatomia funcional do sistema musculoesquelético

CAPÍTULO 5

O sistema esquelético consiste nos tecidos conjuntivos de suporte especializados do esqueleto ósseo e nos tecidos associados das articulações, incluindo as cartilagens. A cartilagem é o tecido precursor fetal no desenvolvimento de muitos ossos; ela também dá suporte a estruturas não esqueléticas, como na orelha, laringe e árvore traqueobrônquica. Os ossos proporcionam um arcabouço rígido que protege e sustenta a maioria dos tecidos moles do corpo e atuam como um sistema de vigas e alavancas, as quais, através da ação dos músculos esqueléticos inseridos, permitem movimento do corpo. Os ossos do esqueleto são conectados uns aos outros através de articulações que, conforme sua estrutura, permitem variados graus de movimento. Algumas articulações são estabilizadas por conexões de tecido fibroso entre as superfícies articuladas, enquanto outras são estabilizadas por ligamentos resistentes, porém flexíveis. Os músculos esqueléticos são fixados ao osso por fortes tendões flexíveis, mas inextensíveis, que se inserem no tecido ósseo. A montagem inteira forma o sistema musculoesquelético; todas as suas células são membros relacionados da família dos tecidos conjuntivos e derivadas de células-tronco mesenquimais.

CARTILAGEM

Durante o começo da vida fetal, o esqueleto humano é predominantemente cartilaginoso, mas subsequentemente é em grande parte substituído por osso. Em adultos, a cartilagem persiste nas superfícies das articulações sinoviais, nas paredes da laringe e epiglote, traqueia, brônquios, nariz e orelhas externas. A substituição por osso durante o desenvolvimento é um processo complexo: as células nas placas de crescimento cartilaginosas — que estão situadas entre as epífises e as diáfises em ossificação dos ossos longos (e em outros locais) — continuam a proliferar, aumentando o comprimento dos ossos envolvidos até que eventualmente se ossificam, quando cessa o crescimento.

MICROESTRUTURA DA CARTILAGEM

A cartilagem é um tipo de tecido conjuntivo para suportar carga. Ela tem baixa taxa metabólica e o seu suprimento vascular é limitado à sua superfície ou a grandes canais na cartilagem. Ela tem uma capacidade de crescimento intersticial e aposicional continuado e muitas vezes rápido, e alta resistência a tensão, compressão e esforço tangencial, com alguma resiliência e elasticidade. A cartilagem é coberta por pericôndrio fibroso, exceto nas suas junções com osso e nas superfícies sinoviais, as quais são lubrificadas por líquido sinovial nutriente secretado.

As células da cartilagem são os condroblastos e os condrócitos. Como nos tecidos conjuntivos em geral, a matriz extracelular é um componente dominante e dá ao tecido suas características particulares. A matriz extracelular da cartilagem varia na aparência, composição e natureza das suas fibras, nos diferentes tipos de cartilagem — cartilagem hialina, fibrocartilagem branca e cartilagem elástica amarela. Cartilagem densamente celular, com finos septos de matriz entre as células, é típica de cartilagem embrionária inicial. A cartilagem hialina é a forma prototípica, mas ela varia mais, em composição e propriedades, de acordo com a idade e a localização, do que a cartilagem elástica ou a fibrocartilagem. A cartilagem hialina pode se tornar calcificada como parte do processo normal do desenvolvimento ósseo ou como alteração degenerativa relacionada à idade.

As células da cartilagem ocupam pequenas lacunas na matriz que elas secretam. As células jovens (condroblastos) são menores, muitas vezes achatadas e irregulares em contorno, e apresentam muitos processos na superfície, os quais se encaixam em recessos complementares na matriz. Condroblastos recém-gerados retêm muitas vezes contatos intercelulares, inclusive junções de espaço. Estas são perdidas quando as células filhas são separadas pela síntese de nova matriz. À medida que as células da cartilagem amadurecem, elas perdem a capacidade de se dividir e se tornam metabolicamente menos ativas. Alguns autores reservam o nome condrócitos para essas células, mas esse termo comumente é empregado, como aqui, para denotar todas as células cartilaginosas inclusas na matriz. Os condrócitos maduros aumentam com a idade e se tornam mais arredondados. A ultraestrutura dos condrócitos é típica de células que são ativas em fabricar e secretar proteínas. O núcleo é redondo ou oval, eucromático, e possui um ou mais nucléolos. O citoplasma é preenchido de retículo endoplasmático rugoso, vesículas de transporte e complexos de Golgi, e contém muitas mitocôndrias e frequentes lisossomos, juntamente com numerosos grânulos de glicogênio, filamentos intermediários (vimentina) e grânulos de pigmento. Quando essas células amadurecem para o estádio relativamente inativo de condrócito, o núcleo se torna heterocromático, o nucléolo menor, e a maquinaria sintetizadora de proteína muito reduzida: as células também podem acumular grandes gotículas lipídicas.

A cartilagem é muitas vezes descrita como totalmente avascular. A maioria das células da cartilagem está usualmente distante dos vasos de troca, os quais são principalmente pericondriais, e assim as substâncias nutrientes e metabólitos se difundem ao longo de gradientes de concentração através da matriz entre a rede capilar pericondrial e os condrócitos. Essa limitação é refletida no fato de que a maioria do tecido cartilaginoso vivo é restrito a alguns milímetros de espessura. As células da cartilagem situadas mais longe do que isso de um vaso nutriente não sobrevivem, e sua matriz circundante tipicamente se torna calcificada. Nas cartilagens maiores e durante o crescimento rápido de algumas cartilagens fetais, canais vasculares na cartilagem penetram o tecido a intervalos, fornecendo uma fonte adicional de nutrientes. Em alguns casos esses canais são estruturas temporárias, mas outros persistem durante toda a vida.

Matriz extracelular

A matriz extracelular é composta de fibras colágenas e, em alguns casos, elásticas, inclusas em uma substância fundamental altamente hidratada mas rígida (Fig. 5.1). Os componentes são exclusivos da cartilagem e a dotam de propriedades mecânicas incomuns. A substância fundamental é um gel firme, rico em carboidratos e predominantemente ácido. A química da substância fundamental é complexa. Ela consiste principalmente em água e sais dissolvidos, retidos em uma malha de longas moléculas de proteoglicanos entrelaçada juntamente com vários outros constituintes menores, principalmente proteínas e glicoproteínas.

Colágeno

O colágeno forma até 50% do peso seco da cartilagem. Ele é quimicamente distinto do colágeno na maioria dos outros tecidos, e é classificado como colágeno tipo II. Essa variedade só é encontrada em outro local no notocórdio, no núcleo pulposo do disco intervertebral, no corpo vítreo do olho e no estroma primário da córnea. Suas subunidades de tropocolágeno são compostas de triplas hélices de polipeptídeos idênticos (três cadeias α-1). O colágeno nas camadas externas do pericôndrio e grande parte do colágeno na fibrocartilagem branca constituem o tecido conjuntivo geral tipo 1.

A maioria das fibras colágenas da cartilagem é relativamente curta e fina (principalmente 10-20 nm de diâmetro), com um bandeamento transversal característico (periodicidade de 65 nm). Elas são entremeadas para criar uma malha tridimensional ligada por projeções laterais dos proteoglicanos associadas com suas superfícies. Proteoglicanos e outras moléculas orgânicas ligam as fibras colágenas com a substância fundamental interfibrilar e com os condrócitos. A quantidade, o tamanho e a orientação das fibras colágenas variam em diferentes tipos de cartilagem e com a maturidade e a posição dentro da massa de cartilagem. Na cartilagem articular, as fibras próximas das superfícies das células são particularmente estreitas (4-6 nm de diâmetro) e se assemelham às fibras de colágeno tipo II no tecido não cartilaginoso, isto é, o corpo vítreo do olho. A cartilagem contém pequenas quantidades de outras classes exclusivas da cartilagem, incluindo tipos IX, X e XI.

Proteoglicanos e glicosaminoglicanos (GAGs)

Os proteoglicanos são semelhantes em descrição geral àqueles do tecido conjuntivo, embora com aspectos peculiares à cartilagem. Condroitin

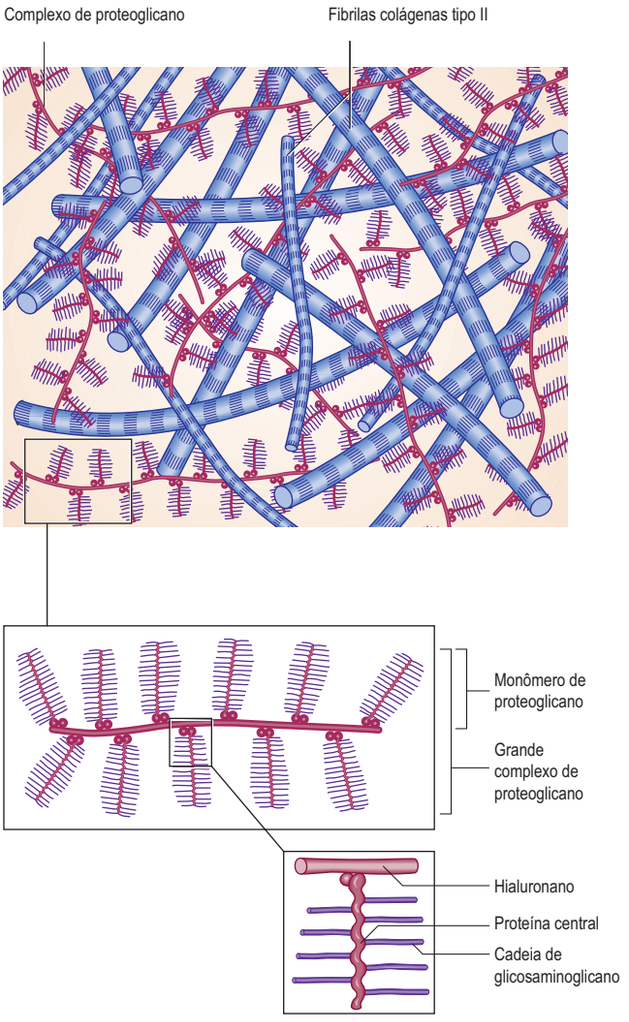


Fig. 5.1 Organização estrutural fina da matriz da cartilagem hialina. Estão representados grandes complexos de proteoglicanos e fibras de colágeno tipo II (bandeamento transversal e de diâmetros diferentes). Complexos de proteoglicanos se fundem com a superfície dessas fibras por meio das suas cadeias laterais monoméricas e as ligam juntas. O arranjo dos glicosaminoglicanos e da proteína central do monômero de proteoglicano está ilustrado na expansão.

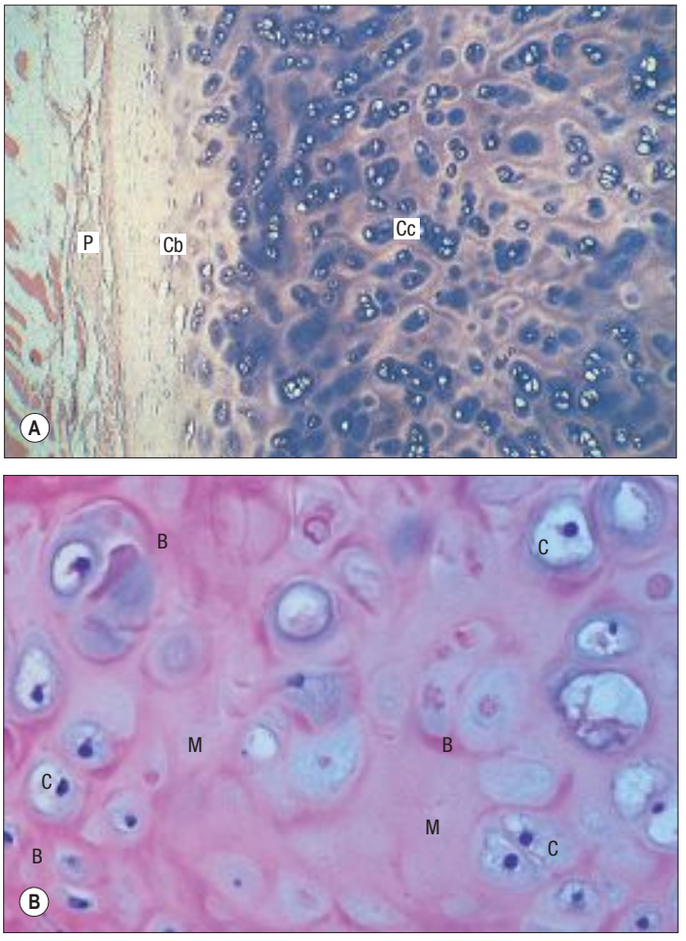


Fig. 5.2 Cortes através de cartilagem hialina. **A,** Vista com pequeno aumento de costela humana, mostrando pericôndrio (P, esquerda), condroblastos jovens (Cb) inclusos em matriz interterritorial corada palidamente e condrócitos maturos (Cc) inclusos na matriz interterritorial basofílica (centro e direita). **B,** Amplificação mais alta de cartilagem hialina na parede brônquica humana, mostrando grupos isogênicos de condrócitos (C). Observar as zonas basofílicas coradas mais densamente (B) (ricas em proteoglicanos ácidos) em torno dos aglomerados de células, com matriz mais antiga, corando-se mais palidamente (M) entre os aglomerados.

sulfato e ceratan sulfato desempenham papéis importantes nas propriedades de retenção de água da cartilagem.

Síntese da matriz

Os condrócitos sintetizam e secretam todos os principais componentes da matriz. O colágeno é sintetizado dentro do retículo endoplasmático rugoso, da mesma maneira que nos fibroblastos, exceto que são fabricadas cadeias de procolágeno tipo II em vez de tipo I. Estas são montadas em hélices tríplices, e algum carboidrato é adicionado nesse estádio. Depois do transporte para o aparelho de Golgi, onde ocorre glicosilação adicional, eles são secretados sob a forma de moléculas de procolágeno para o espaço extracelular. Aqui, peptídeos de registro terminal são clivados das suas extremidades, assim formando moléculas de tropocolágeno, e tem lugar a montagem final em fibras de colágeno. Proteínas centrais dos complexos proteoglicanos são também sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso, e começa a adição de cadeias de GAGs. O processo é completado no complexo de Golgi. Hialuronan, que não possui um centro proteico, é sintetizado por enzimas na superfície do condrócito; ele não é modificado pós-tradução e é exocitado diretamente para dentro da matriz sem passar pelo retículo endoplasmático.

Cartilagem hialina

A cartilagem hialina tem aparência vítrea homogênea, opalescente azulada. Ela tem uma consistência firme e alguma elasticidade. As cartilagens costais, nasais, algumas laríngeas, traqueobrônquicas, todas as temporárias (do desenvolvimento) e a maioria das articulares são hialinas. A cartilagem aritenoide muda de hialina na sua base para cartilagem elástica no seu ápice. Tamanho, forma e arranjo das células, fibras e composição em proteoglicanos variam em diferentes locais e com a idade. Os condrócitos são achatados junto do pericôndrio e arredondados ou angulosos mais profundamente no tecido. Eles são muitas vezes agrupados em pares, às vezes mais, formando ninhos de células (grupos de células isogênicas) que são células filhas de um condroblasto progenitor comum: as células em aposição têm contorno reto. A matriz é tipicamente basofílica (Fig. 5.2) e metacromática, particularmente na cápsula lacunar, onde a matriz territorial recentemente formada limita a lacuna de um condrócito. A matriz interterritorial que se cora mais palidamente entre os grupos de células foi sintetizada há mais tempo. Fibras colágenas finas estão dispostas em uma rede semelhante a uma cesta (Fig. 5.3), mas muitas vezes estão ausentes em uma zona estreita imediatamente circundante à lacuna. Um grupo de células isogênicas, juntamente com a matriz pericelular que as encerra, é às vezes chamado de côndron.

Depois da adolescência, as cartilagens hialinas são propensas à calcificação, especialmente em locais costais e laríngeos. Na cartilagem costal, a matriz tende à estriação fibrosa, especialmente na idade avançada, quando a celularidade diminui. O processo xifoide e as cartilagens de nariz, laringe e traqueia (exceto as cartilagens elásticas da epiglote e corniculadas) assemelham-se à cartilagem costal em microestrutura. A capacidade regenerativa da cartilagem hialina é precária.

Cartilagem hialina articular

A cartilagem hialina articular cobre as superfícies articulares nas articulações sinoviais (Fig. 5.4). Ela provê uma superfície resistente extremamente lisa, banhada por líquido sinovial, que permite movimento quase sem atrito. Sua elasticidade, juntamente com a de outras estruturas articulares, dissipa esforços e dá à articulação toda alguma flexibilidade, particularmente perto dos extremos dos movimentos. Cartilagem articular é particularmente eficaz como amortecedor de choques, e resiste às grandes forças compressivas geradas pela transmissão de peso, especialmente durante movimento.

Cartilagem articular não se ossifica. Ela varia de 1-7 mm em espessura e é moldada na forma do osso subjacente, na verdade muitas vezes acentuando e modificando a geometria de superfície do osso. Ela é mais

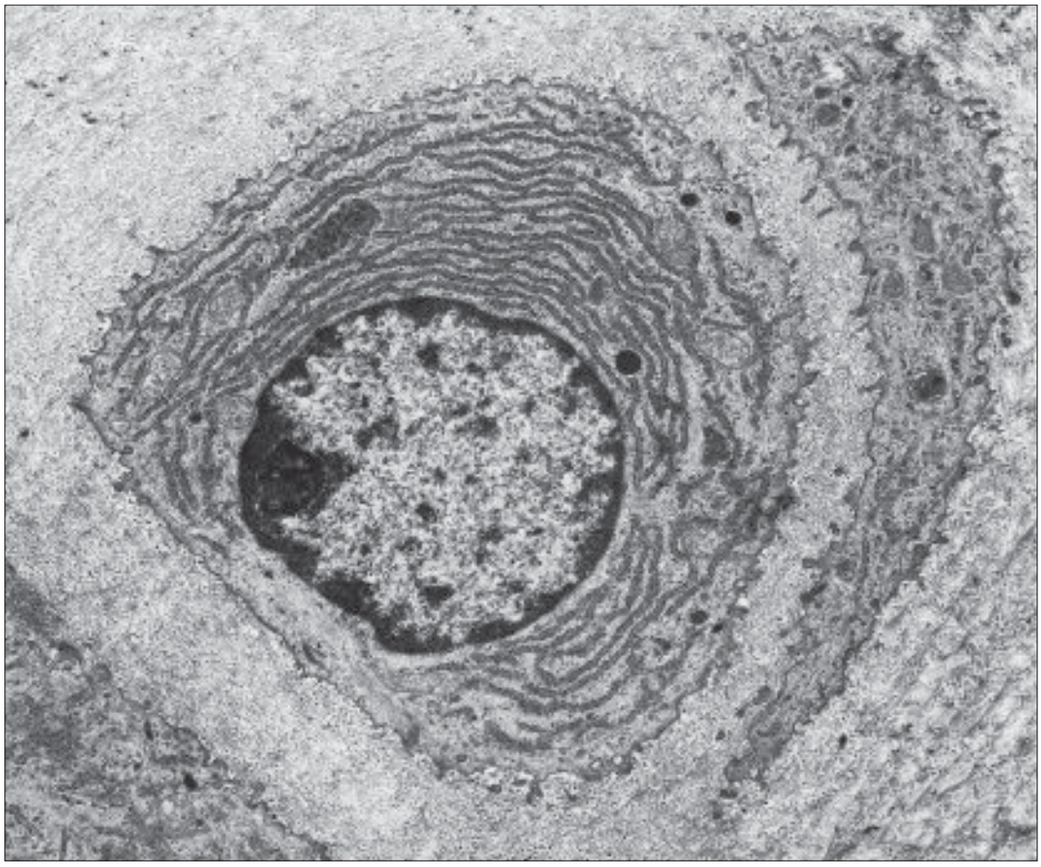


Fig. 5.3 Micrografia eletrônica de condroblastos na cartilagem condilar femoral de coelho. A célula central possui núcleo eucromático ativo com nucléolo proeminente, e o seu citoplasma contém cisternas concêntricas de retículo endoplasmático rugoso, mitocôndrias esparsas, lisossomos e agregados de glicogênio. A membrana plasmática apresenta numerosos filopódios curtos que se projetam para dentro da matriz circundante. Esta última mostra uma delicada trama de fibrilas colágenas dentro de material interfibrilar finalmente granular. Não está presente lacuna pericelular; a matriz separa o condroblasto central do citoplasma de dois condroblastos adjacentes (esquerda e perfil em crescente). (Preparação por cortesia de Susan Smith, Department of Anatomy, GKT School of Medicine, London.)

espessa centralmente sobre as superfícies ósseas convexas, e o inverso é verdade sobre as superfícies côncavas. Sua espessura diminui da maturidade para a idade avançada. A superfície da cartilagem articular não possui pericôndrio; membrana sinovial superpõe-se e, então, se funde com sua estrutura circunferencialmente (Fig. 5.32).

A cartilagem articular adulta mostra um zoneamento estrutural com a profundidade cada vez maior da superfície. O arranjo das fibras colágenas foi variadamente descrito como plexiforme, helicoidal ou na forma de arcadas seriadas que radiam da zona mais profunda para a superfície, onde elas seguem um trajeto tangencial antes de retornarem radialmente. Se a superfície de uma cartilagem articular for perfurada por agulha, uma linha dividindo longitudinalmente permanece depois da retirada. Em qualquer articulação dada, os padrões das linhas de separação são constantes e distintivos, e obedecem às direções predominantes dos feixes colágenos nas zonas tangenciais da cartilagem. Esses padrões podem revelar trajetórias de tensão estabelecida na cartilagem circundante durante movimento articular.

A zona 1 é a camada superficial ou tangencial. A superfície articular livre é uma camada fina, sem células, de 3 μm de espessura, que contém finas fibrilas colágenas tipo II cobertas superficialmente por cobertura de proteína. As células são pequenas, ovais ou alongadas e paralelas à superfície, relativamente inativas e rodeadas por fibras tangenciais finas. As fibras colágenas mais profundas dentro dessa zona são regularmente tangenciais; seus diâmetros e densidade aumentam com a profundidade. A zona 2 é a camada transicional ou intermediária. As células são maiores, mais redondas e isoladas ou em grupos isogênicos. A maioria são condrócitos ativos típicos, rodeados por fibras colágenas oblíquas. Ainda mais profundamente, na camada radiada (zona 3), as células são grandes, redondas e muitas vezes dispostas em colunas verticais, com fibras colágenas radiais intervenientes. Tal como em outros lugares, as células, quer isoladamente quer em grupos, são encapsuladas em matriz pericelular, que possui fibrilas finas e contém fibronectina e colágeno tipos II, IX e XI. A camada mais profunda ou calcificada (zona 4) situa-se adjacente ao osso subcondral (lâmina óssea hipocondral) da epífise. As superfícies adjacentes mostram cristas finas, sulcos e interdigitações recíprocos, os quais, com a confluência dos seus arranjos fibrosos, resistem aos esforços tangenciais produzidos pelas alterações posturais e ação muscular. A junção entre as zonas 3 e 4 é chamada de marca de maré. Com a idade, a cartilagem articular se afina e degenera por avanço da zona de maré e pela substituição da cartilagem calcificada por osso.

As concentrações de GAGs variam de acordo com o local e, em particular, com a idade. A proporção de ceratan sulfato aumenta linearmente com a profundidade, principalmente na matriz mais antiga entre os ninhos de células, enquanto condroitina sulfato está concentrada em torno das lacunas. As taxas de giro de GAGs na cartilagem são mais rápidas que as do colágeno, e os GAGs menores, mais solúveis, giram mais rapidamente. O tempo de giro dos proteoglicanos é estimado em aproximadamente cinco anos na cartilagem articular humana adulta.

A sequência de características estruturais descrita é também típica das placas cartilaginosas de crescimento (pág. 95). Durante crescimento epifisário radial, a extensão da ossificação endocondral para dentro da cartilagem calcificada sobrejacente começa com o desenvolvimento de grupos isogênicos seguido pelo aparecimento de células hipertróficas dispostas em colunas verticais. Isso cessa na maturidade, mas as zonas persistem por toda a vida. O mesmo mecanismo terminal também ocorre nos ossos que não possuem epífises.

As células da cartilagem articular são capazes de divisão, mas mitoses são raras exceto em ossos jovens, e o dano não é reparado no adulto. Células superficiais são perdidas progressivamente das superfícies articulares jovens normais, e elas são substituídas por células a partir das camadas mais profundas. Isso provavelmente resulta na redução progressiva da celularidade da cartilagem com o avanço da idade, particularmente nas camadas superficiais.

As cartilagens articulares derivam nutrientes por difusão a partir de vasos da membrana sinovial, líquido sinovial e vasos hipocondrais de uma cavidade medular adjacente, alguns capilares dos quais penetram e ocasionalmente atravessam a cartilagem calcificada. As contribuições a partir dessas fontes são incertas e podem mudar com a idade. Pequenas moléculas atravessam livremente a cartilagem articular, com coeficientes de difusão de cerca da metade daquele em solução aquosa. Moléculas maiores têm coeficientes de difusão inversamente relacionados ao seu tamanho molecular. A permeabilidade da cartilagem a grandes moléculas é grandemente afetada por variações nos seus GAGs, e portanto conteúdo de água, por exemplo, um triplo aumento multiplica o coeficiente de difusão por uma centena.

Fibrocartilagem

Fibrocartilagem é tecido fibroso branco denso, fasciculado, opaco. Ela contém fibroblastos e pequenos grupos interfasciculares de condrócitos. As células são ovoides e rodeadas por matriz concentricamente estriada (Fig. 5.5). Quando presente em quantidade, como nos discos intervertebrais, a fibrocartilagem tem grande resistência à tração e apreciável elasticidade. Em quantidades menores, como nos discos articulares, os lábios glenoidal e acetabular, o revestimento cartilaginoso dos sulcos ósseos para tendões e algumas cartilagens articulares, ela proporciona força, elasticidade e resistência para repetida pressão e atrito. É resistente a alteração degenerativa.

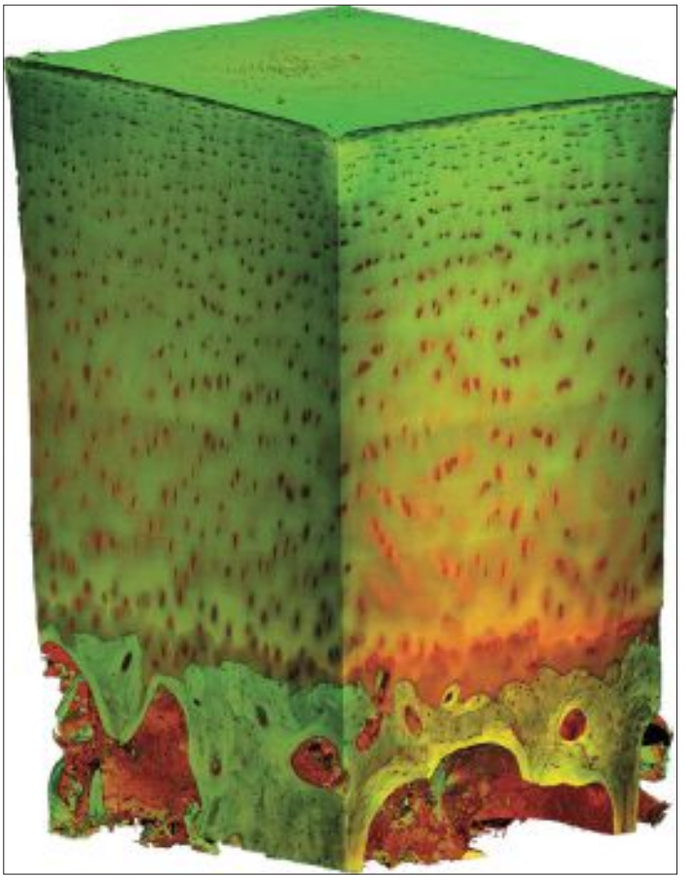


Fig. 5.4 Cartilagem articular da região anterior do côndilo femoral lateral de mulher jovem. São mostrados superfície articular (em cima), cartilagem articular e osso subcondral (embaixo). Observar as alterações em tamanho e distribuição espacial dos condrócitos articulares por toda a espessura da cartilagem. Imageamento de fluorescência volumétrico em 3-D de tecido corado em série, corado com eosina-Y e laranja de acridina. (Apresentado por cortesia do Professor Robert L Sah, Drs Won C Bae, Kyle D Jadin, Benjamin L Wong, Kelvin W. Li e Barbara L. Schumacher, Department of Bioengineering and Whitaker Institute of Biomedical Engineering, University of Califórnia, San Diego.)

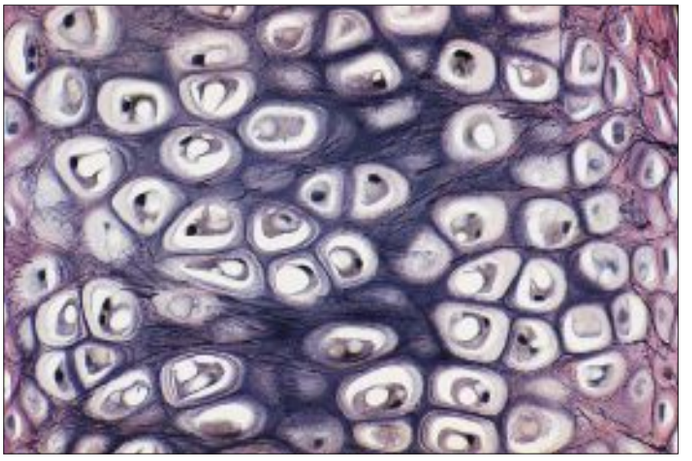


Fig. 5.6 Cartilagem elástica, corada para demonstrar fibras de elastina (azul-preto). Condroblastos e condrócitos maiores estão inclusos na matriz, que também contém fibras de colágeno tipo II.

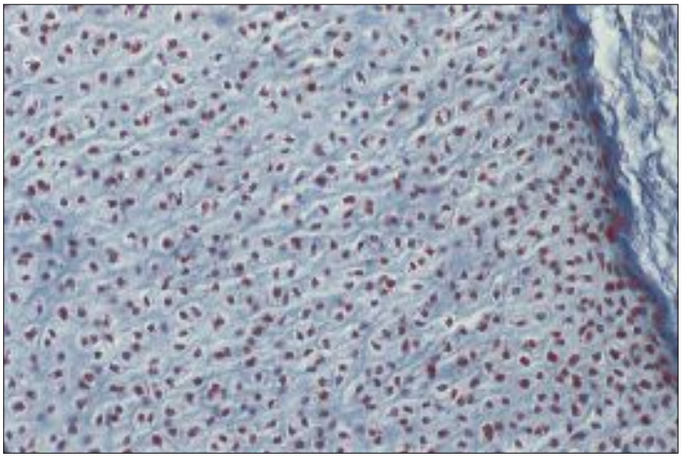


Fig. 5.7 Cartilagem fetal altamente celular, falange humana. As células são pequenas e quase uniformes em distribuição. Coloração tricrômicra Mallory.

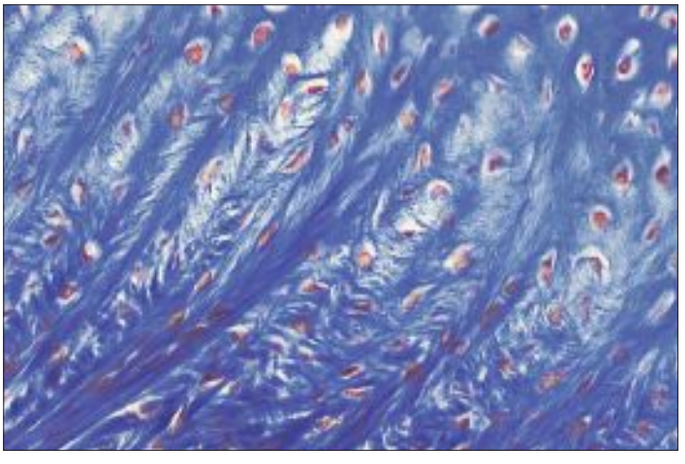


Fig. 5.5 Fibrocartilagem branca em disco intervertebral fetal adiantado (humano). Os condroblastos estão situados entre fibras grosseiras de colágeno tipo I (azul) derivado do anel fibroso. Tricrômico de Mallory.

A fibrocartilagem é diferente de outros tipos de cartilagem porque contém considerável quantidade de colágeno tipo I (tecido conjuntivo geral) que é sintetizado pelos fibroblastos na sua matriz. Ela é talvez mais bem vista como uma mistura dos dois tipos de tecido, por exemplo, onde um ligamento ou tecido tendinoso se insere em cartilagem hialina, em vez de como um tipo separado de cartilagem. Entretanto, a fibrocartilagem nas articulações muitas vezes não possui colágeno tipo II absolutamente e, assim, possivelmente representa uma classe distinta de tecido conjuntivo.

As superfícies articulares de ossos que ossificam em membranas mesenquimais (p. ex., escama do temporal, mandíbula e clavícula) são cobertas por fibrocartilagem branca. As camadas profundas, adjacentes ao osso hipocondral, assemelham-se a regiões calcificadas da zona radial da cartilagem articular hialina. A zona superficial contém feixes paralelos densos de grossas fibras colágenas, entremeadas com fibroblastos típicos de tecido conjuntivo denso e pouca substância fundamental. Feixes de fibras em camadas adjacentes se alternam em direção, como na córnea. Uma zona transicional de feixes irregulares de colágeno grosseiro e fibroblastos ativos separa as camadas superficial e profunda. Os fibroblastos provavelmente estão envolvidos na elaboração de proteoglicanos e colágeno, e também podem constituir uma zona germinativa para cartilagem mais profunda. Os diâmetros e tipos de fibras podem diferir em diferentes locais de acordo com a carga funcional.

Cartilagem elástica

A cartilagem elástica ocorre na orelha externa, cartilagens corniculadas, epiglote e ápices das aritenoides. Ela contém condrócitos típicos, mas sua matriz é cheia de fibras elásticas amarelas, exceto em torno das lacunas (onde se assemelha à matriz hialina típica com fibrilas finas de colágeno tipo II — Fig. 5.6). Suas fibras elásticas são irregularmente configuradas e não mostram estriação periódica. A maioria dos locais nos quais ocorre cartilagem elástica tem funções de vibração, como a produção de ondas sonoras na laringe ou a coleta e transmissão de ondas sonoras na orelha. A cartilagem elástica é resistente à degeneração; ela é capaz de se regenerar em grau limitado após lesão traumática, por exemplo, a reparação deformada de uma "orelha em couve-flor".

DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DA CARTILAGEM

A cartilagem é usualmente formada em mesênquima embrionário. As células mesenquimais proliferam e se tornam apertadamente aglomera-

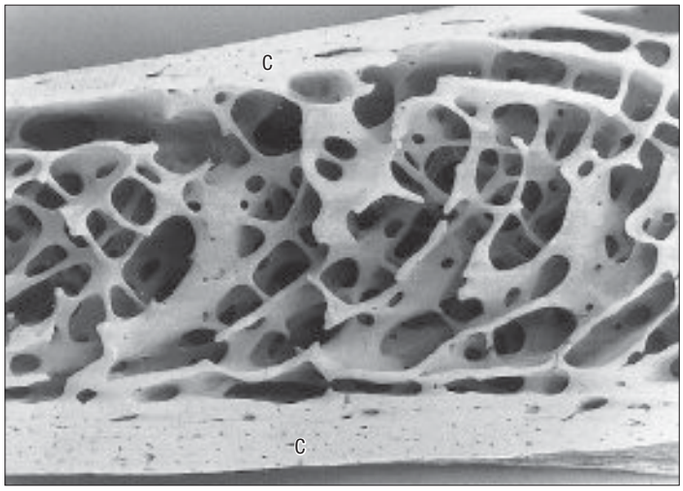


Fig. 5.8 Corte vertical 2 cm abaixo do bordo anterossuperior da crista ilíaca (mulher, 42 anos). O osso esponjoso consiste em placas curvas e vigas que se intersecionam. Canais de ósteons (haversianos) dificilmente podem ser vistos nos dois córtices (C) com esse aumento.

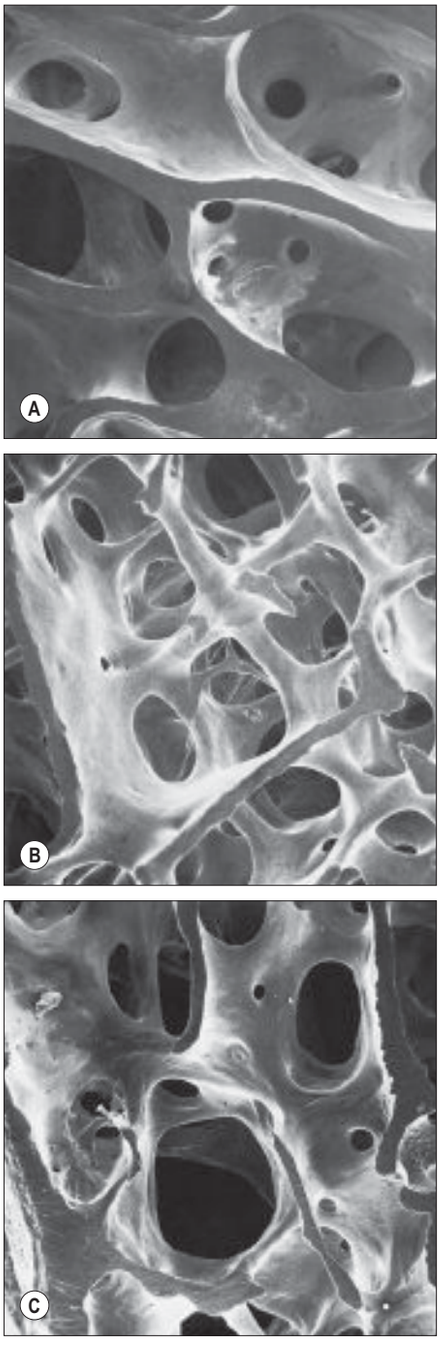


Fig. 5.9 Osso trabecular em diferentes locais na parte proximal do mesmo fêmur humano. Todos os campos são na mesma escala. **A,** Parte subcapital do colo; **B,** Trocanter maior; **C,** Margem da superfície articular da cabeça. Observar a ampla variação em espessura, orientação e espaçamento das trabéculas. (Fotografias originais de Whitehouse WJ, Dyson ED 1974 Scanning electron microscope studies of trabecular bone in the proximal end of the human femur. J Anat 118:417–424, com permissão de Blackwell Publishing.)

das: a forma da sua condensação antecipa a da futura cartilagem. Elas também se tornam arredondadas, com núcleos proeminentes ovais ou redondos e baixa proporção citoplasma:núcleo. Células adjacentes são ligadas por junções comunicantes. Cada célula vizinha secreta um halo basofílico de matriz, composta de delicada rede de finos filamentos de colágeno tipo II, colágeno tipo IX e proteína central de proteoglicano de cartilagem, isto é, ela se diferencia para um condroblasto (Fig. 5.7). Em alguns locais, secreção continuada de matriz separa as células, produzindo cartilagem hialina típica. Em outros locais, muitas células se tornam fibroblastos: síntese de colágeno predomina e atividade condroblástica aparece apenas em grupos isolados ou fileiras de células que se tornam rodeadas por feixes densos de fibras colágenas para formar fibrocartilagem branca. Em ainda outros locais, a matriz da cartilagem celular inicial é permeada primeiro por fibras anastomosadas de oxitalano e mais tarde por fibras de elastina. Em todos os casos, a cartilagem em desenvolvimento é rodeada por mesênquima condensado que se diferencia para um pericôndrio bilaminar. As células da camada externa se tornam fibroblastos e secretam uma matriz colagenosa densa revestida externamente por mesênquima vascular. As células da camada interna contêm condroblastos ou pré-condroblastos diferenciados, mas principalmente em repouso.

A cartilagem cresce por mecanismos intersticiais e aposicionais. Crescimento intersticial é o resultado da mitose continuada dos condroblastos iniciais em toda a massa tecidual, e é óbvio apenas em cartilagem jovem, onde a plasticidade da matriz permite expansão continuada. Quando um condroblasto se divide, seus descendentes temporariamente ocupam a mesma lacuna. Eles logo são separados por um fino septo de matriz secretada, o qual se espessa e separa ainda mais as células filhas. Divisão continuada produz grupos isogênicos. Crescimento aposicional é o resultado da proliferação continuada das células que formam a camada interna, condrogênica, do pericôndrio. Condroblastos recém-formados secretam matriz em torno de si próprios, criando lacunas superficiais embaixo do pericôndrio. Esse processo continuado acrescenta superfície adicional, enquanto as células apreendidas participam do crescimento intersticial. Admite-se que a aposição é mais prevalente em cartilagens maduras, mas o crescimento intersticial tem de persistir por longos períodos nas cartilagens epifisárias. Relativamente pouco se sabe acerca dos fatores que determinam a forma global de uma cartilagem.

OSSO

O osso e as vigas e alavancas que ele forma são perfeitamente adaptados para resistir a esforço com adequada resiliência, suportar o corpo e prover alavancagem para movimento. Ele é um tecido conjuntivo mineralizado altamente vascular: a grande maioria das suas células está inclusa em uma matriz extracelular composta de materiais orgânicos (cerca de 40% do peso seco no osso maturo) e sais inorgânicos ricos em cálcio e fosfato.

ANATOMIA MACROSCÓPICA DO OSSO

Macroscopicamente, o osso vivo é branco. Sua textura é densa como marfim (osso compacto) ou semelhante a favo dotado de grandes cavidades (osso trabecular ou esponjoso), no qual o elemento ósseo é reduzido a uma trama de barras e placas (trabéculas — Figs. 5.8 e 5.9). Osso compacto é usualmente limitado aos córtices dos ossos maduros (osso cortical) e é de grande importância em prover sua resistência. Sua espessura e arquitetura variam nos diferentes ossos, de acordo com sua forma global, posição e papéis funcionais. O córtex mais o canal medular oco dos ossos longos permitem a combinação de resistência com baixo peso. O osso esponjoso usualmente é interno, dando resistência adicional aos córtices e contendo a medula óssea. O osso forma um reservatório de cálcio (99% do cálcio corporal estão no esqueleto ósseo) e fosfato metabólicos que está sob controle hormonal e de citocinas.

As proporções de osso compacto para esponjoso variam grandemente. Nos ossos longos, a diáfise consiste em um cilindro grosso de osso compacto com algumas trabéculas e espículas na sua superfície interna. Ele encerra um grande canal medular ou cavidade da medula que se comunica livremente com os espaços intratrabeculares das extremidades ósseas expandidas. Em outros ossos, especialmente ossos chatos como as costelas, o interior é uniformemente esponjoso, e osso compacto forma a superfície. As cavidades usualmente são cheias de medula, seja hematopoética vermelha, seja adiposa amarela, de acordo com a idade e o local. Entretanto, em alguns ossos do crânio, notadamente o processo mastoide do osso temporal e os seios paranasais da maxila, esfenoide e etmoide, muitas das cavidades internas são cheias de ar, isto é, são pneumáticas.

Os ossos variam não apenas na sua forma principal, mas também em detalhes menores da superfície ou marcas secundárias, que aparecem principalmente na vida pós-natal. A maioria dos ossos apresenta características como elevações e depressões (fossas), áreas lisas e cristas rugosas. Numerosos nomes são usados para descrever essas características secundárias. Algumas superfícies articulares são chamadas de fossas (p. ex., a fossa glenoidal); depressões longas são sulcos (p. ex., o sulco bicipital do úmero); um entalhe é uma incisura; um espaço real é um hiato. Uma grande projeção é chamada de processo ou, se alongada e delgada ou pontuda, de espinha. Um processo recurvado é um hámulo ou corno (p. ex., os hâmulos pterigóideos do osso esfenoide e os cornos do hioide). Uma projeção arredondada é uma tuberosidade ou tubérculo, e ocasionalmente um trocanter. Elevações longas são cristas ou linhas, se forem menos desenvolvidas; as cristas são mais largas e apresentam margens limites ou lábios. Um epicôndilo é uma projeção próxima a um côndilo, e é usualmente um local onde o tendão comum de um grupo muscular superficial ou o ligamento colateral da articulação adjacente é fixado. Os termos protuberância, proeminência, eminência e toro são menos frequentemente aplicados a certas projeções ósseas. As extremidades proximais expandidas de muitos ossos são muitas vezes chamadas de "cabeça" (p. ex., úmero, fêmur, rádio). Um buraco no osso é um forame, e se torna um canal quando alongado. Buracos grandes podem ser chamados de aberturas ou, se cobertos em grande parte por tecido conjuntivo, fenestras. Fendas nos ossos ou entre eles são fissuras. Uma lâmina é uma placa fina; lâminas maiores podem ser chamadas de escamas (p. ex., a escama temporal). Grandes áreas em muitos ossos são desprovidas de características e muitas vezes mais lisas do que superfícies articulares, das quais elas diferem porque são perfuradas por muitos forames vasculares visíveis. Essa textura ocorre onde o músculo é diretamente fixado no osso, e pequenos vasos sanguíneos passam através dos forames a partir do osso para o músculo e talvez vice-versa. Áreas cobertas apenas por periósteo são semelhantes, mas os vasos são menos numerosos.

Os tendões geralmente são inseridos em superfícies ósseas rugosas. Em toda parte onde qualquer agregação de colágeno em um músculo alcança osso, irregularidades de superfície correspondem em forma e extensão ao padrão dessas "fibras tendíneas". Essas marcas são quase sempre elevadas acima da superfície geral, como se a ossificação avançasse adentro dos feixes colágenos a partir do osso periósticos. O modo como essas marcas secundárias são induzidas é incerto, mas elas podem resultar da incorporação continuada de novas fibras colágenas para dentro do osso, talvez necessária para pequeno ajuste funcional. A evidência sugere que a sua proeminência pode ser relacionada à força dos músculos envolvidos, e elas aumentam com o avançar dos anos, como se a tração dos músculos e ligamentos exercesse um efeito cumulativo sobre uma área limitada. Marcas na superfície delineiam a forma das estruturas afixadas de tecido conjuntivo, quer estas sejam um tendão óbvio, tendão ou septo intramuscular, aponeurose ou fibras tendíneas mediando o que de outro modo é uma inserção muscular direta. Essas marcas podem ser facetas, cristas, nódulos, áreas rugosas ou misturas complexas: elas proporcionam indicações precisas das junções do osso com os músculos, tendões, ligamentos ou cápsulas articulares.

Quando um músculo é aparentemente fixado de modo direto ao osso, suas fibras não aderem, elas próprias, diretamente ao periósteo ou osso. O caminho de transmissão da tensão, do músculo se contraindo ao osso, é através do tecido conjuntivo que encapsula (epimísio) e penetra (perimísio e endomísio) todos os músculos. Essas duas formas de fixação dos músculos, que estão nos extremos de uma gama de misturas, diferem na densidade de fibras colágenas entre o músculo e o osso. Onde o colágeno é visivelmente concentrado, aparecem marcas na superfície óssea. Em contraste, a multidão de ligações microscópicas de tecido conjuntivo da inserção direta que ocorre em uma área maior não marca visivelmente o osso, e assim ele parece liso à visão desarmada e ao toque.

Os ossos apresentam superfícies articulares nas articulações sinoviais com seus vizinhos: se pequenas, elas são chamadas facetas ou fóveas, superfícies maiores em forma de saliências são côndilos, e uma tróclea é sulcada como uma polia. As superfícies articulares são lisas e adaptadas na forma ao movimento de articulações particulares. Em vida elas são cobertas por cartilagem articular; são lisas, em parte porque não possuem os forames vasculares típicos da maioria das demais superfícies ósseas. Tendões grandes, por exemplo, os do adutor magno e subescapular, são fixados a facetas que não têm os contornos regulares de superfícies articulares, mas se assemelham a elas em textura porque são pouco vascularizadas. Essas facetas, algumas vezes, são deprimidas, mas podem salientar grandes elevações, por exemplo, os tubérculos umerais.

MICROESTRUTURA DO OSSO

O osso contém uma matriz extracelular mineralizada, células especializadas incluindo osteoblastos, osteócitos e osteoclastos, e componentes do periósteo, endósteo e medula. Esses componentes serão descritos em detalhe a seguir, primeiro individualmente e depois em termos da sua organização global.

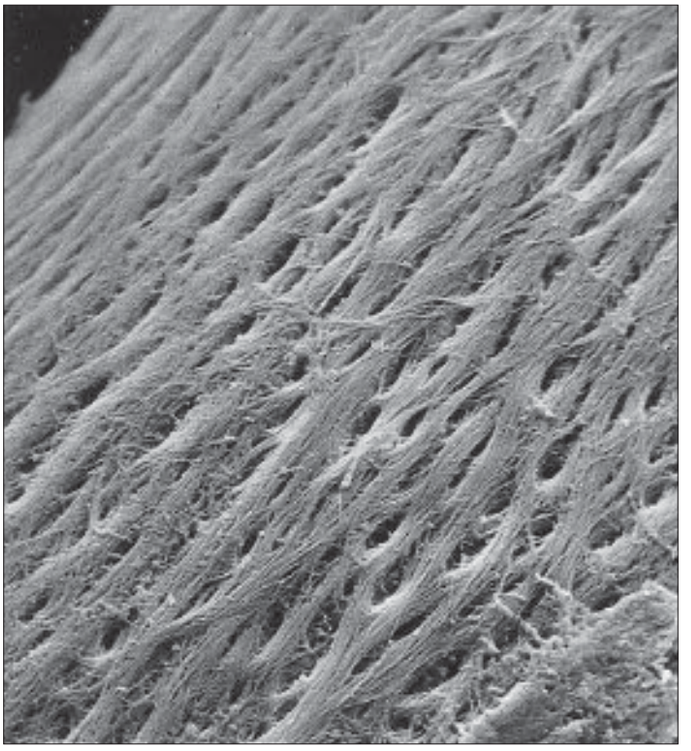


Fig. 5.10 Micrografia eletrônica de varredura de fibras colágenas na superfície do osso trabecular humano. Observar fibras ramificadas (mulher, dois meses, sexta costela).

Matriz óssea

Matriz óssea é o material extracelular mineralizado do osso; como os tecidos conjuntivos gerais, ela consiste em uma substância fundamental na qual numerosas fibras colágenas estão inclusas, usualmente ordenadas em arranjos ramificados paralelos (Fig. 5.10). No osso maduro, a matriz está moderadamente hidratada e 10-20% da sua massa é água. Do seu peso seco, 60-70% são constituídos de sais minerais inorgânicos (principalmente hidróxidos de cálcio e fosfato microcristalinos), hidroxiapatita (ver adiante), aproximadamente 30% é colágeno e o resto é proteína não colágena e carboidrato, principalmente conjugada como glicoproteínas. As proporções desses componentes variam com idade, localização e estado metabólico.

Colágeno

O colágeno que é encontrado no osso assemelha-se estreitamente ao de muitos outros tecidos conjuntivos e é principalmente do tipo I: há quantidades-traço de tipo V que se admite regularem a fibrilogênese. Entretanto, sua estrutura molecular é diferente daquela do colágeno no tecido conjuntivo geral: ela exibe ligações cruzadas covalentes internas, e os espaçamentos transversais dentro das suas fibrilas são um pouco maiores. As ligações cruzadas o tornam mais fortes e quimicamente mais inertes, e os espaços internos proveem o espaço para deposição de minerais. Admite-se que até dois terços do conteúdo mineral do osso estejam localizados dentro das fibrilas colágenas. A formação de cristais provavelmente é iniciada nas zonas de espaço, as quais são intervalos entre as extremidades das subunidades de tropocolágeno.

O colágeno contribui grandemente para a resistência do osso, embora o seu papel preciso na mecânica óssea ainda esteja por ser esclarecido. Tanto quanto contribuindo para as resistências à tração, compressão e tangencial do osso, o pequeno grau de elasticidade mostrado pelo colágeno confere uma medida de resiliência ao tecido e ajuda a resistir à fratura quando o osso é carregado mecanicamente.

As fibras colágenas são sintetizadas pelos osteoblastos, polimerizam-se a partir de tropocolágeno extracelularmente e se tornam progressivamente mais ligadas cruzadamente à medida que amadurecem. No osso primário, elas formam uma malha entrelaçada complexa de osso trançado não lamelar ou em feixe, o qual na maioria dos locais é quase inteiramente substituído por arranjos laminares regulares de fibras colágenas aproximadamente paralelas (osso lamelar). Redes colágenas parcialmente mineralizadas podem ser vistas dentro do osteoide nas superfícies externa e

interna do osso e nos revestimentos endósticos dos canais vasculares. Fibras colágenas a partir do periósteo são incorporadas no osso cortical (fibras extrínsecas) e ancoram essa camada fibrocelular na sua superfície. Fibras colágenas terminais de tendões e ligamentos são incorporadas profundamente dentro da matriz do osso cortical. Elas podem ser interrompidas por novos ósteons durante mudança (modelação) e giro (remodelação) corticais e permanecem como ilhas de lamelas intersticiais ou mesmo trabéculas.

Componentes orgânicos não colágenos

Pequena quantidade de várias macromoléculas complexas está fixada às fibras colágenas e cristais ósseos circundantes. Elas são secretadas pelos osteoblastos e osteócitos jovens, e incluem osteonectina, osteocalcina, os proteoglicanos ósseos biglicano e decorina, as sialoproteínas ósseas osteopontina e trombospondina, muitos fatores de crescimento, incluindo fator de crescimento de transformação β (TGF-β), proteases e inibidores de proteases, muitas vezes em forma latente. As funções de algumas dessas moléculas são descritas com os osteoblastos (ver adiante).

Minerais ósseos

Os minerais ósseos são os constituintes inorgânicos da matriz óssea. Eles conferem a dureza e grande parte da rigidez do osso, e são a principal razão pela qual o osso é facilmente visto em radiografias (o osso tem de ser 50% mineralizado para ser visível em radiografias produzidas com uma unidade padrão de raios X). As substâncias minerais do osso são na sua maioria acidossolúveis. Se elas forem removidas, usando quelantes de cálcio como citratos ou ácido etileno diamino tetracético (EDTA), o osso retém sua forma mas se torna altamente flexível.

A parte mineral dos ossos maduros é composta principalmente de cristais constituídos de uma substância chamada, de modo geral, de hidroxiapatita (mas com um importante conteúdo de carbonato e uma relação Ca/P mais baixa que a hidroxiapatita pura [$Ca_{10}(PO_4)_6$ $(OH)_2$], juntamente com pequena quantidade de fosfato de cálcio. Os cristais ósseos são pequenos, mas possuem uma área maior de superfície. Eles tomam a forma de finas placas ou estruturas semelhantes a folhas e variam em tamanho até 150 nm de comprimento × 80 nm de largura × 5 nm de espessura, embora a maioria tenha metade desse tamanho. Muitas vezes estão aglomerados estreitamente juntos, com seus eixos longos aproximadamente paralelos aos eixos das fibrilas colágenas. Os espaços estreitos entre os cristais contêm água e macromoléculas orgânicas associadas.

Os principais íons que constituem a parte mineral do osso incluem cálcio, fosfato, hidroxila e carbonato. Íons menos numerosos são citrato, magnésio, sódio, potássio, fluoreto, cloreto, ferro, zinco, cobre, alumínio, chumbo, estrôncio, silício e boro, muitos dos quais estão presentes apenas em quantidades vestigiais. Íons fluoreto são capazes de substituir íons hidroxila, e carbonato pode substituir grupos hidroxila ou fosfato. Cátions grupo IIA (p. ex., rádio, estrôncio e chumbo) facilmente substituem o cálcio e por essa razão são conhecidos como cátions osteotrópicos. Como eles podem ser radioativos ou quimicamente tóxicos, sua presença no osso, onde podem estar junto da medula óssea hematopoética, pode causar doença e aparências características em radiografias.

A concentração de mineral nos ósteons jovens é baixa, mas aumenta com a idade: ela é a mais alta de todas nas lamelas mais antigas, mais periféricas. A distribuição de mineral é uniforme nos ósteons estabelecidos, altamente mineralizados. A mineralização normalmente atinge 70-80% em três semanas. Osso trançado imaturo se mineraliza mais rapidamente e pode ser identificado em relação ao osso lamelar adjacente pelo seu grau mais alto de mineralização. Os ósteons podem mostrar uma ou mais linhas de parada altamente mineralizadas dentro das suas paredes.

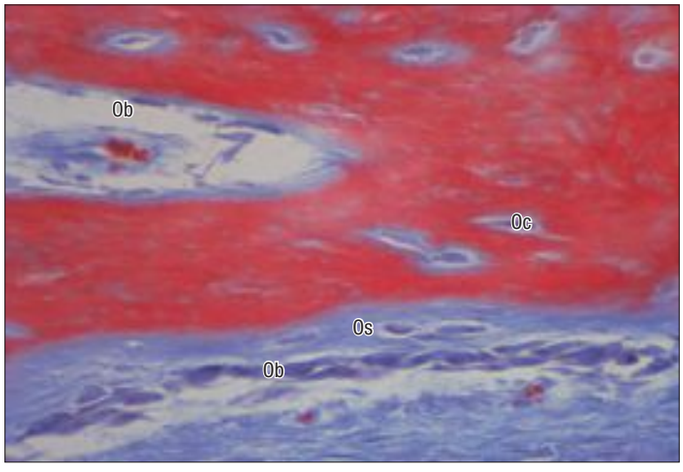


Fig. 5.11 Osteoblastos (Ob) cobrindo as superfícies livres do osso em desenvolvimento e mão fetal humana. Profunda à camada de osteoblastos no campo inferior está uma camada de matriz osteoide (Os, azul-claro) que ainda está por ser mineralizada. Osteócitos (Oc) são mostrados dentro de lacunas na matriz mineralizada (vermelho).

Osteoblastos

Os osteoblastos são derivados de células (tronco) osteoprogenitoras de origem mesenquimal, as quais estão presentes na medula óssea e outros tecidos conjuntivos. Elas proliferam e se diferenciam, estimuladas por proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs), para osteoblastos antes da formação de osso. Os osteoblastos são células mononucleares basofílicas aproximadamente cuboides com 15-30 μm de diâmetro. Ultraestruturalmente, possuem características típicas de células secretoras de proteína. São encontrados nas superfícies formadoras de osso, do osso em crescimento ou remodelação, onde constituem uma camada de cobertura (Fig. 5.11). Em ossos adultos relativamente quiescentes, parecem estar presentes principalmente em superfícies endósticas em vez de periósticas, mas também ocorrem na profundidade dentro do osso compacto onde ósteons estão sendo remodelados. Eles são responsáveis pela síntese, deposição e mineralização da matriz óssea, a qual eles secretam. Uma vez inclusos na matriz, tornam-se osteócitos.

Os osteoblastos contêm feixes proeminentes de actina, miosina e outras proteínas citoesqueléticas que são associadas com a manutenção da forma, fixação e motilidade celulares. Suas membranas plasmáticas exibem muitas extensões, algumas das quais fazem contato com osteoblastos vizinhos e osteócitos inclusos em junções de espaço intercelulares. Esse arranjo facilita a coordenação das atividades de grupos de células,por exemplo, na formação de grandes domínios de fibras colágenas paralelas.

Os osteoblastos sintetizam e secretam matriz orgânica, isto é, colágeno tipo I, pequenas quantidades de colágeno tipo V e numerosas outras macromoléculas envolvidas na formação e reabsorção de osso. Síntese de colágeno ocorre no retículo endoplasmático rugoso e aparelho de Golgi, e colágeno tipo I é secretado como monômeros que se armam no procolágeno de tripla hélice extracelularmente. Outros produtos glicoproteínas incluem osteocalcina, que é necessária para a mineralização óssea, liga hidroxiapatita e cálcio, e é usada como um marcador da formação de novo osso; osteonectina, uma glicoproteína fosforilada que se liga fortemente à hidroxiapatita e colágeno — ela pode desempenhar um papel na iniciação da cristalização da hidroxiapatita e ser um fator de adesão celular; RANKL, o ligante da superfície celular para RANK (receptor para ativação do fator nuclear capa B), que é um receptor de progenitor de osteoclastos (ver adiante); osteoprotegerina (um falso ligante solúvel de alta afinidade para RANKL), que restringe a diferenciação de osteoclastos; os proteoglicanos ósseos biglicano e decorina, que ligam TGF-β; sialoproteínas ósseas, osteopontina e trombospondina, que medeiam a adesão dos osteoclastos a superfícies ósseas por meio da ligação a integrinas dos osteoclastos; proteases e fatores de crescimento latentes, incluindo BMPs. TGF-β é secretado pelos osteoblastos, bem como osteoclastos: ele é ativado nas condições ácidas da zona de bordo pregueado do osteoclasto e pode ser um fator de acoplamento para estimular a formação de novo osso em locais de reabsorção.

O líquido extracelular é supersaturado no que se refere aos fosfatos básicos de cálcio; todavia, a mineralização não é um fenômeno disseminado. Os osteoblastos desempenham um papel importante na mineralização do osteoide, a matriz orgânica não mineralizada. Eles secretam osteocalcina, que liga cálcio fracamente, mas em níveis suficientes, para concentrar o íon localmente. Eles também contêm vesículas limitadas por membrana, de 0,1-0,2 μm de diâmetro, que contêm fosfatase alcalina (a qual pode clivar íons fosfato de várias moléculas para elevar as concentrações localmente) e pirofosfatase (que degrada pirofosfato inibitório no líquido extracelular). As vesículas brotam das superfícies celulares dos osteoblastos para dentro do osteoide recém-formado e são os locais de iniciação da formação de cristais de hidroxiapatita no osso em neoformação (ver adiante). Cristais são então liberados dentro da matriz osteoide por um mecanismo desconhecido. Alguma fosfatase alcalina atinge a circulação sanguínea, onde ela pode ser detectada nas condições de formação ou giro rápido de osso.

Os osteoblastos desempenham um papel-chave na regulação hormonal da reabsorção óssea, uma vez que expressam receptores para o hormônio paratireoidiano (PTH), 1,25-di-hidroxi vitamina D3 e outros promotores de reabsorção óssea. Durante a reabsorção óssea, os osteoblastos promovem diferenciação de osteoclastos por meio da expressão, ativada por PTH, de RANKL da superfície celular, o qual se liga a RANK nos osteoclastos imaturos, estabelece contato célula–célula e desencadeia diferenciação de osteoclasto dependente de contato. Na presença do PTH, os osteoblastos também regulam para baixo a secreção de osteoprotegerina, um falso ligante solúvel com afinidade mais alta por RANKL. Em condições favorecendo deposição de osso, osteoprotegerina secretada blo-

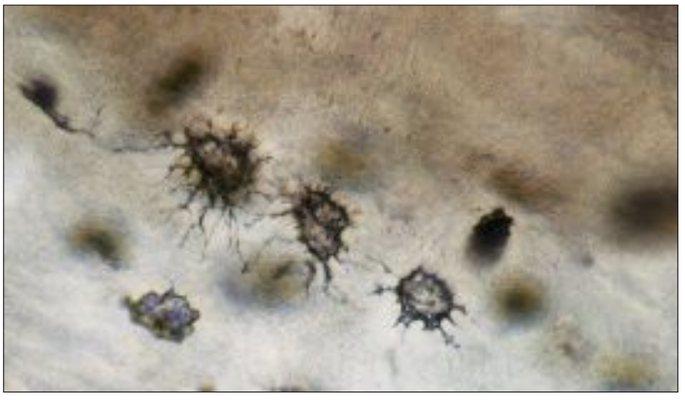


Fig. 5.12 Lacunas de osteócitos mostradas com alta amplificação em corte polido seco de osso lamelar. Os territórios de três osteócitos são mostrados. Seus dendritos ramificados fazem contato com aqueles das células vizinhas através dos canalículos vistos aqui dentro da matriz óssea. Várias outras lacunas de osteócitos estão presentes fora do plano focal nesse corte e tangenciais ao eixo do ósteon.

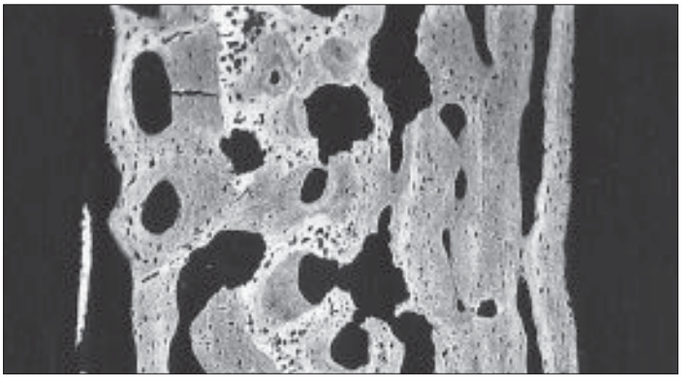


Fig. 5.13 Osso parietal humano (recém-nascido masculino) mostrando osso osteônico primário (cinzento) e osso trançado (branco) contendo muitas lacunas de osteócitos conectadas (preto). Reabsorção interna do osso produziu grandes espaços escuros irregulares (trabeculação).

queia ligação de RANKL a RANK e restringe o número de osteoclastos (para revisão recente, ver Blair *et al.*, 2007.)

As células que revestem o osso são células epitelioides achatadas encontradas sobre as superfícies do osso adulto que não está sofrendo deposição ou reabsorção ativa e são geralmente consideradas como sendo osteoblastos quiescentes ou células osteoprogenitoras. Elas formam a fronteira externa do tecido medular na superfície endóstica das cavidades medulares, estão presentes sobre a superfície endóstica e revestem o sistema de canais vasculares dentro dos ósteons.

Osteócitos

Os osteócitos constituem o principal tipo celular do osso maduro, e estão dispersos dentro da sua matriz, interconectados por numerosos processos dendríticos para formar uma rede celular complexa (Fig. 5.12). Eles são derivados de osteoblastos e estão inclusos dentro da sua matriz, mas, diferentemente dos condrócitos, não se dividem. O crescimento ósseo é aposicional: novas camadas são acrescentadas sobre superfícies preexistentes e, assim, de novo diferentemente dos condrócitos, os osteócitos inclusos nas lacunas não secretam nova matriz. A rigidez da matriz óssea mineralizada impede expansão interna, o que significa que crescimento intersticial, que é característico da maioria dos tecidos, não ocorre no osso. Os osteócitos retêm contatos uns com os outros e com células nas superfícies do osso (osteoblastos e células que revestem o osso) durante toda a sua duração de vida.

Os osteócitos maduros, relativamente inativos, possuem corpo celular elipsoide com o eixo mais longo (25 μm) paralelo à lamela óssea circundante. A margem bastante estreita de citoplasma é fracamente basofílica, contém relativamente poucas organelas e circunda um núcleo oval. Os osteócitos no osso trançado são maiores e de forma mais irregular (Fig. 5.13).

Numerosos e finos processos dendríticos emergem do corpo celular de cada osteócito e se ramificam várias vezes. Eles contêm feixes de microfilamentos e algum retículo endoplasmático liso. Nas suas extremidades distais, fazem contato com os processos de células adjacentes, isto é, outros osteócitos, e, nas superfícies, osteoblastos e células de revestimento ósseo. Eles formam junções comunicantes com essas células, o que significa que elas estão em continuidade elétrica e metabólica.

Matriz óssea rodeia os corpos e processos celulares. Parece haver um espaço variável cheio de líquido extracelular entre cada osteócito e sua parede de inclusão. Cada corpo celular jaz em uma lacuna a partir da qual muitos canais estreitos, ramificados, se estendem. Esses canais ou canalículos têm 0,5-0,25 μm de largura e contêm os processos dendríticos dos osteócitos: eles proporcionam um caminho para a difusão de nutrientes, gases e produtos de eliminação entre os osteócitos e os vasos sanguíneos. Os canalículos não se estendem usualmente através e além da linha de reversão que circunda um ósteon e, assim, não se comunicam com sistemas vizinhos. As paredes das lacunas podem ser revestidas com uma camada variável (0,2-2 μm) de matriz orgânica desmineralizada.

Em osso bem vascularizado, os osteócitos são células de vida longa que mantêm ativamente a matriz óssea. A duração média de vida de um osteócito varia com a atividade metabólica do osso e a probabilidade de que ele seja remodelado, mas é medida em anos. Os osteócitos velhos podem retrair seus processos dos canalículos; quando elas morrem, suas lacunas e canalículos podem se tornar obstruídos com detritos celulares e minerais, o que dificulta a difusão através do osso. Osteócitos mortos ocorrem comumente no osso intersticial e nas regiões internas do osso trabecular que escapam à remodelação de superfície e são particularmente observáveis pela segunda e terceira décadas. Ossos que experimentam pouco giro, por exemplo, os ossículos auditivos, tendem mais a conter osteócitos idosos e baixa viabilidade dos osteócitos.

Os osteócitos desempenham um papel essencial na manutenção do osso; sua morte leva à reabsorção da matriz por atividade dos osteoclastos. Eles permanecem responsivos ao hormônio paratireoidiano e $1,25(OH)_2$ vitamina D_3, e é possível que estejam envolvidos em trocas minerais em superfícies ósseas adjacentes. Os próprios osteócitos muitas vezes são mineralizados.

Osteoclastos

Os osteoclastos são grandes células polimórficas (40 μm ou mais) contendo até 20 núcleos ovais estreitamente agregados. Eles residem em contato estreito com a superfície óssea em baias de reabsorção (lacunas de Howship). Seu citoplasma contém numerosas mitocôndrias e vacúolos, muitos dos quais são lisossomos que contêm fosfatase ácida. O retículo endoplasmático rugoso é relativamente esparso dado o tamanho da célula, mas o complexo de Golgi é extenso. O citoplasma também contém numerosas vesículas de transporte revestidas e arranjos de microtúbulos envolvidos no transporte de vesículas entre as pilhas de Golgi e a membrana pregueada, que é a superfície celular altamente franzida dos osteoclastos ativos nos locais de reabsorção óssea. Uma zona bem definida de filamentos de actina e proteínas associadas ocorre embaixo da membrana pregueada em torno da circunferência da baia de reabsorção, em uma região chamada zona de vedação.

Funcionalmente, os osteoclastos são responsáveis pela remoção local de osso durante o crescimento ósseo e subsequente remodelação dos ósteons e da superfície óssea (Fig. 5.25). Eles causam desmineralização por liberação de prótons, o que cria um ambiente local ácido, e destruição da matriz orgânica pela liberação de enzimas lisossômicas (catepsina K) e não lisossômicas (p. ex., colagenase). Fatores que estimulam os osteoclastos a reabsorver osso incluem sinais derivados dos osteoblastos, citocinas de outras células (p. ex., macrófagos e linfócitos), fatores transportados pelo sangue — p. ex., hormônio paratireoidiano e $1,25(OH)_2$ vitamina D_3 (calcitriol). A calcitonina, produzida pelas células C do folículo tireoidiano, reduz a atividade osteoclástica.

Os osteoclastos se originam pela fusão de monócitos derivados da medula óssea e outro tecido hematopoético. Eles provavelmente compartilham um ancestral comum com os macrófagos dentro da linha de granulócitos–macrófagos (Fig. 4.12), mas se admite que subsequentemente seguem uma via distinta de diferenciação.

Ósteons

As propriedades mecânicas do osso, particularmente sua resistência e resiliência, são dependentes da composição geral da sua matriz. O osso trançado e o lamelar apresentam dois tipos bastante distintos de organização.

No osso trançado, ou de feixes, as fibras colágenas e cristais do osso estão dispostos irregularmente. Os diâmetros das fibras variam, de modo que fibras finas e grosseiras se entremeiam, produzindo a aparência de um material tecido. O osso trançado é típico de ossos fetais jovens, mas também é visto em adultos durante remodelação óssea excessivamente rápida e reparação de fraturas (Fig. 5.14). Ele é formado por osteoblastos

altamente ativos durante o desenvolvimento e é estimulado no adulto por fratura, fatores de crescimento ou prostaglandina E_2.

O osso lamelar constitui quase a totalidade de um esqueleto ósseo adulto (Figs. 5.15 e 5.16). O arranjo exato das lamelas varia de local para local, particularmente entre o osso cortical compacto e o osso trabecular no interior. Em muitos ossos, algumas lamelas formam camadas circunferenciais contínuas nas superfícies externa (perióstica) e interna (endóstica). Entretanto, de longe em sua maior proporção, as lamelas estão dispostas em cilindros concêntricos em torno de canais neurovasculares chamados canais haversianos, para formar as unidades básicas do tecido ósseo, que são os sistemas haversianos ou ósteons. Os ósteons usualmente jazem paralelos uns aos outros (Fig. 5.17) e, em ossos alongados como os do esqueleto apendicular, paralelos ao eixo longo do osso. Eles também podem espiralar, ramificar-se ou intercomunicar-se e alguns terminam de modo cego.

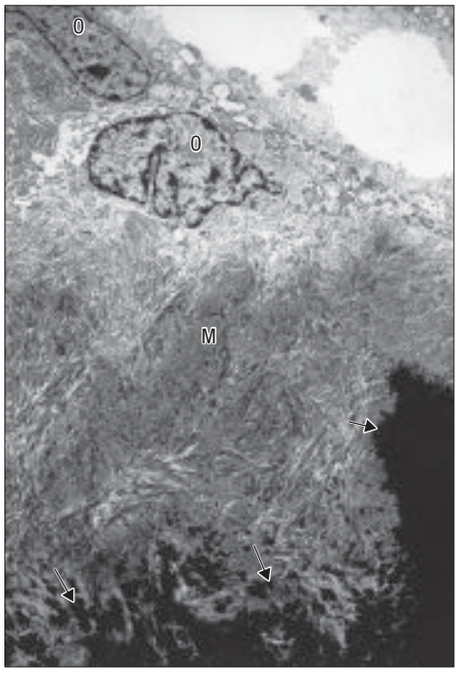


Fig. 5.14 Micrografia eletrônica de osso trançado de uma fratura não consolidada da tíbia distal humana. Dois osteoblastos (O) jazem sobre a superfície livre (em cima). Matriz osteoide colagenosa recém-sintetizada (M) é vista no campo do centro, com uma frente de mineralização (área eletrondensa) embaixo (setas).

Foi estimado que haja 21 milhões de ósteons no esqueleto adulto. Em corte transversal eles são redondos ou elipsoides, variando de 100-400 μm de diâmetro. Um ósteon de tamanho médio contém cerca de 30 lamelas, cada uma com aproximadamente 3 μm de espessura. Cada ósteon é permeado com os canalículos dos seus osteócitos residentes, e estes formam caminhos para difusão de nutrientes, gases etc. entre o sistema vascular e os osteócitos. O diâmetro máximo de um ósteon assegura que nenhum osteócito esteja a mais de 200 μm de um vaso sanguíneo, distância que pode ser um fator limitador da sobrevida celular. Os espaços entre os ósteons contêm lamelas intersticiais que são os restos fragmentários de ósteons e as lamelas circunferenciais parcialmente erodidas do osso mais antigo (ver adiante).

Os canais haversianos centrais dos ósteons variam em tamanho, com diâmetro médio de 50 μm; aqueles perto da cavidade medular são um pouco maiores. Cada canal contém um ou dois capilares revestidos por endotélio fenestrado e rodeados por uma lâmina basal que também encerra pericitos típicos. Eles usualmente contêm alguns axônios não mielinizados e ocasionais mielinizados. As superfícies ósseas dos canais osteônicos são perfuradas pelas aberturas dos canalículos dos osteócitos e revestidas por fibras colágenas.

Os canais haversianos se comunicam uns com os outros e direta ou indiretamente com a cavidade medular por meio de canais vasculares (nutridores) chamados canais de Volkmann, os quais correm oblíqua ou perpendicularmente aos eixos longos dos ósteons (Fig. 5.17). A maioria desses canais parece se ramificar e anastomosar, mas alguns se juntam a grandes conexões vasculares com vasos no periósteo e na cavidade medular.

Os ósteons são distinguidos dos seus vizinhos por uma linha de cemento que contém pouco ou nenhum colágeno e é fortemente basofílica porque tem alto conteúdo de glicoproteínas e proteoglicanos. As linhas de cemento marcam o limite da erosão óssea antes da formação de um novo ósteon, e por essa razão também são conhecidas como linhas de reversão. Canalículos ocasionalmente passam através das linhas de cemento, e assim oferecem um caminho de troca entre as lamelas ósseas intersticiais e canais vasculares

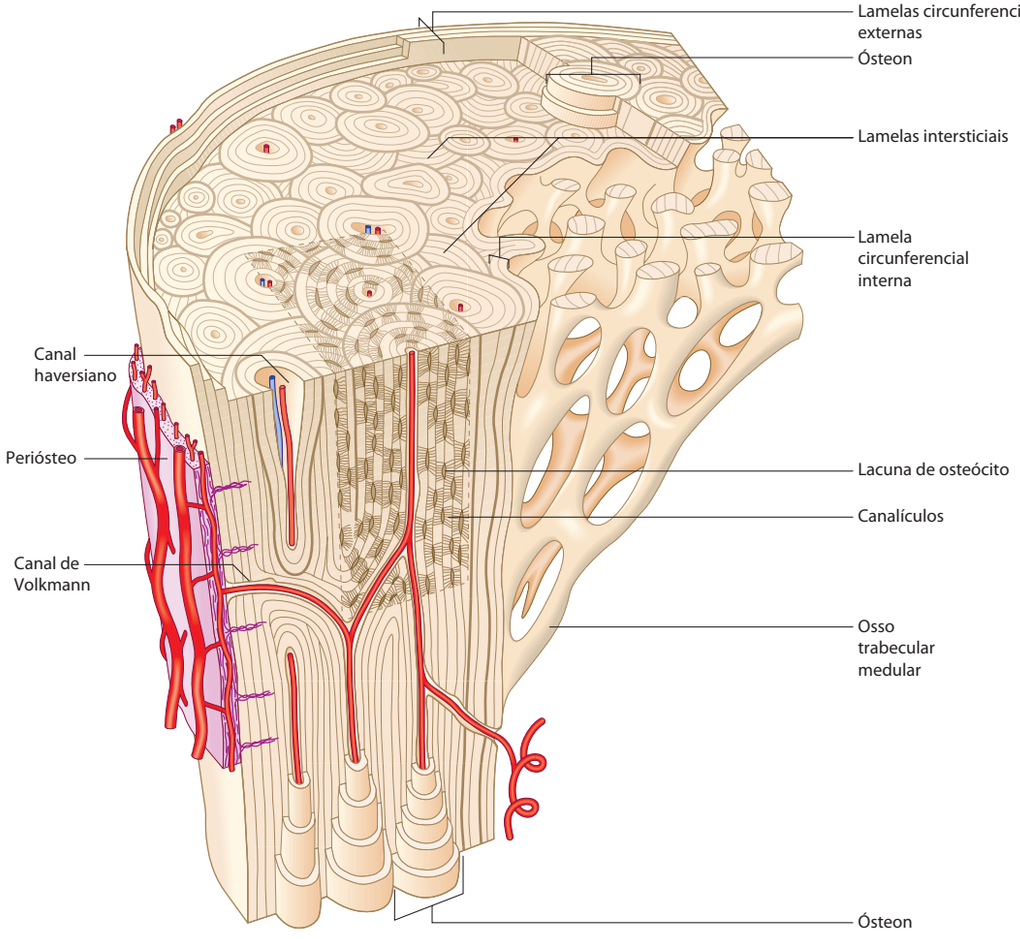


Fig. 5.15 Principais características da microestrutura do osso lamelar maduro. Áreas de osso compacto e trabecular (esponjoso) estão incluídas. Observar a construção geral dos ósteons, a distribuição das lacunas dos osteócitos, os canais haversianos e seu conteúdo, os espaços de reabsorção. Diferentes vistas da base estrutural da lamelação óssea.

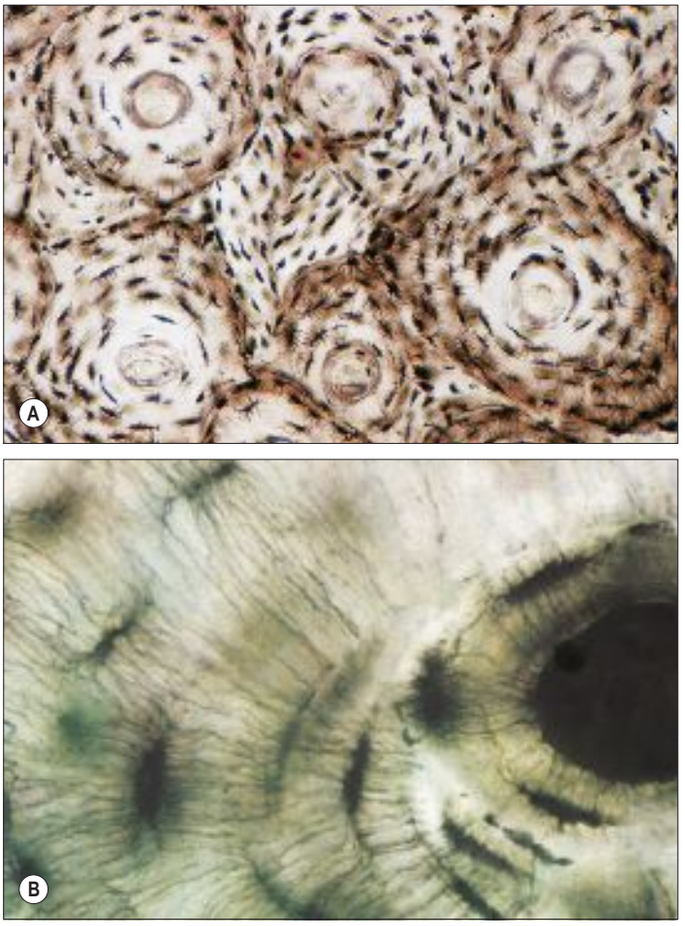


Fig. 5.16 A, Ósteons em corte transversal polido seco de osso. Lamelas concêntricas circundam o canal haversiano de cada ósteon completo; elas contêm as lacunas escuras dos osteócitos e os canalículos que são ocupados em vida pelos seus dendritos. Esses canalículos se interconectam com canalículos de osteócitos em lamelas adjacentes. Lamelas incompletas (intersticiais — p. ex., campo do centro) são os remanescentes de ósteons remodelados por erosão por osteoclastos. **B,** Vista com grande aumento dos osteócitos dentro das lamelas; um canal haversiano é visto à direita. (**B,** Fotografia por Sarah-Jane Smith.)

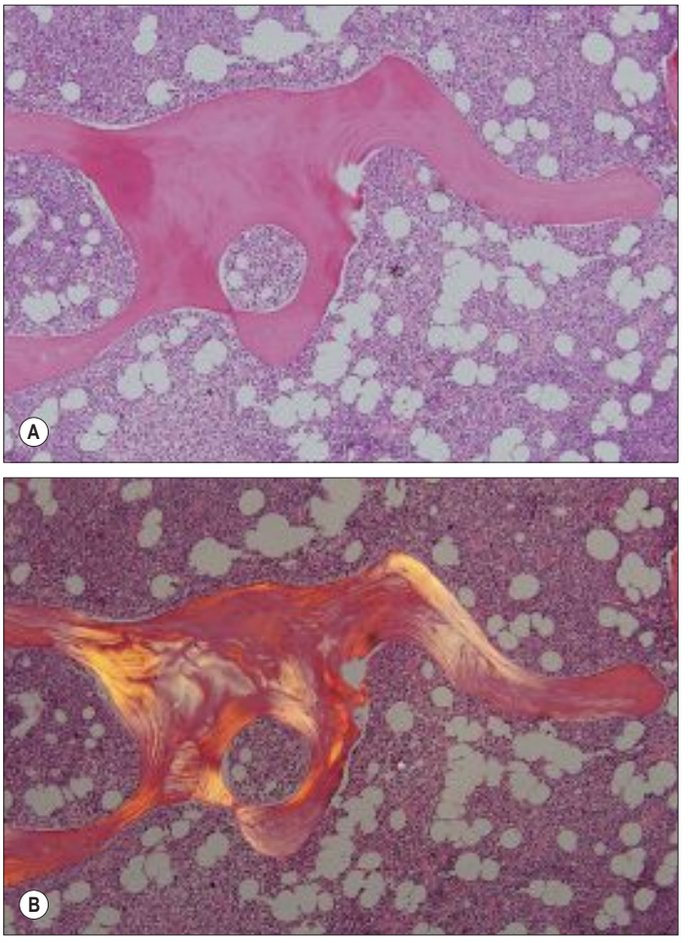


Fig. 5.18 Osso trabecular em amostra de medula óssea colhida da crista ilíaca posterior humana. **A,** Trabéculas irregulares de osso, rodeadas por tecido hematopoético e adiposo da medula óssea (coloração hematoxilina e eosina); **B,** O mesmo campo visto sob luz polarizada, demonstrando osso lamelar não osteônico com lamelas orientadas em diferentes direções e regiões. Osteócitos dificilmente são visíveis, inclusos na matriz sólida.

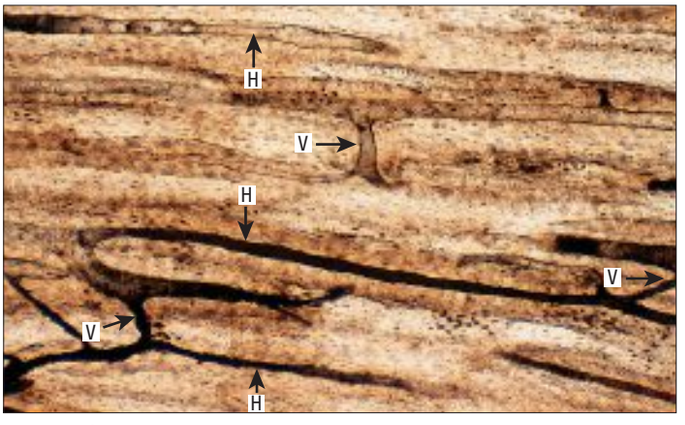


Fig. 5.17 Ósteons em corte longitudinal polido seco de osso. Os canais haversianos centrais (H: estruturas tubulares, predominantemente em escuro) mostram canais nutridores (V) transversais (de Volkmann) que formam pontes entre ósteons adjacentes e seus vasos sanguíneos.

dentro dos ósteons. As linhas basofílicas podem ocorrer na ausência de erosão: elas indicam onde o crescimento ósseo foi interrompido e em seguida retomado, e são chamadas de linhas de repouso.

Cada lamela consiste em uma lâmina de matriz mineralizada que contém fibras colágenas de orientação semelhante localmente, correndo em feixes ramificados de 2-3 μm de espessura e muitas vezes se estendendo pela largura completa de uma lamela. Essa construção tridimensional interconectada aumenta a resistência do osso. A orientação das fibras colágenas e cristais minerais associados difere em lamelas adjacentes: a diferença varia entre 0-90° e é claramente demonstrada por microscopia com luz polarizada. Uma agregação menos perfeita das fibrilas colágenas em feixes ocorre nos limites das lamelas, onde predominam orientações intermediárias e ao acaso. A direção principal das fibras colágenas dentro dos ósteons da diáfise dos ossos longos varia: as fibras são mais longitudinais nos locais que são sujeitos predominantemente a tensão e mais oblíquas em locais sujeitos principalmente a compressão. As lamelas periféricas dos ósteons contêm mais fibras transversas em qualquer local em uma diáfise.

Osso trabecular

A organização do osso trabecular (esponjoso) é basicamente lamelar, conforme mostrado mais claramente sob luz polarizada (Fig. 5.18). Ele assume a forma de placas curvas ramificadas e anastomosadas, tubos e barras de várias larguras e comprimentos que rodeiam cavidades medulares e são revestidas por tecido endóstico (Figs. 5.8 e 5.9). Sua espessura varia de 50-400 μm. Em geral, as lamelas ósseas estão orientadas paralelamente à superfície óssea adjacente, e a disposição das células e matriz é similar àquela encontrada no osso circunferencial e osteônico. Trabéculas espessas e regiões próximas a osso compacto podem conter ósteons pequenos, mas de qualquer forma vasos sanguíneos não jazem dentro do tecido ósseo, e os osteócitos, portanto, dependem da difusão canalicular a partir dos vasos medulares adjacentes. No osso jovem, cartilagem calcificada pode ocorrer nos centros das trabéculas, mas isso é geralmente substituído por osso durante remodelação subsequente.

Remodelação

A remodelação do interior de um osso depende do balanço entre reabsorção e deposição de osso, isto é, das atividades balanceadas de osteoclastos e osteoblastos. Os osteoclastos primeiro escavam um túnel cilíndrico por ação conjunta. Um "cone de corte" é formado por grupos de osteoclastos movendo-se a 50 μm/dia, seguidos por osteoblastos que enchem o espaço assim criado. Os osteoblastos depositam nova matriz osteoide concentricamente em torno de um vaso sanguíneo invadindo centralmente, começando na

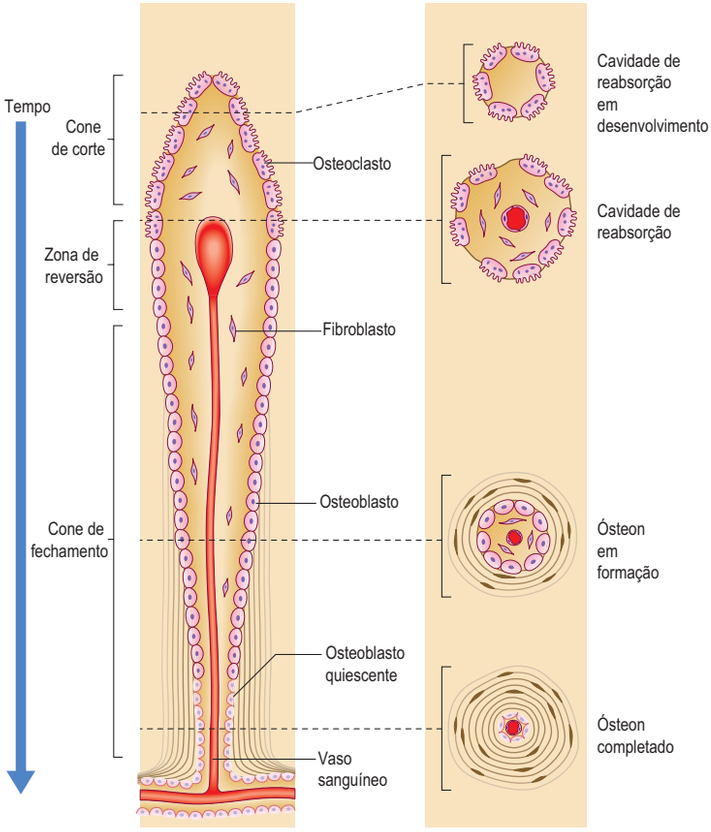


Fig. 5.19 Remodelação óssea. Cortes longitudinal e transversal de uma linha do tempo ilustrando a formação de um ósteon. Osteoclastos cortam um canal cilíndrico através do osso. Osteoblastos seguem-se, depositando osso sobre a superfície do canal até a matriz rodear o vaso sanguíneo central do ósteon recém-formado (cone de fechamento de um novo ósteon).

superfície periférica do túnel. Isso forma um "cone de fechamento" com 4.000 osteoblastos/mm^2. Segue-se a deposição de sucessivas lamelas concêntricas, à medida que grupamentos de osteoblastos ficam inclusos na matriz que eles secretam, são sucedidos por novos osteoblastos que cobrem a nova superfície assim criada e secretam a camada seguinte. Dessa maneira, as paredes das cavidades de reabsorção são revestidas com nova matriz lamelar, e os canais vasculares são progressivamente estreitados (Fig. 5.19). O padrão e a extensão da remodelação são ditados pelas cargas mecânicas aplicadas ao osso.

Uma linha de cemento basofílica hipermineralizada marca um local de reversão de reabsorção para deposição. A formação de ósteons não termina com o crescimento, mas continua variavelmente durante toda a vida. Restos de lamelas circunferenciais de ósteons antigos formam lamelas intersticiais entre os ósteons mais novos (Figs. 5.15 e 5.16A).

Foi estimado que aproximadamente 10% do esqueleto ósseo adulto é renovado a cada ano pelo processo de remodelação. O grau de remodelação varia com a idade, e o número de ósteons e fragmentos de ósteons têm sido por essa razão usado em tentativas de estimar a idade de material esquelético por ocasião da morte.

Periósteo, endósteo e medula óssea

A superfície externa do osso é coberta por uma camada fibrocolagenosa condensada, o periósteo. A superfície interna é revestida por um endósteo mais delgado, mais celular. Células osteoprogenitoras, osteoblastos, osteoclastos e outras células importantes na renovação e homeostasia do tecido ósseo residem nessas camadas.

A camada perióstica está presa ao osso subjacente por fibras colágenas extrínsecas, as fibras de Sharpey, que penetram fundo no tecido ósseo cortical externo. Ela está ausente nas superfícies articulares e nos pontos de inserção de tendões e ligamentos (ênteses — Fig. 5.46). O periósteo é altamente ativo durante o desenvolvimento fetal, quando gera osteoblastos para o crescimento aposicional de osso. Essas células formam uma camada, com duas a três células de profundidade, entre o periósteo fibroso e a matriz de novo osso trançado. As células osteoprogenitoras dentro do periósteo maduro são indistinguíveis morfologicamente de fibroblastos. O periósteo é importante no reparo de fraturas: onde ele está ausente, por exemplo, dentro da cápsula articular do colo femoral, as fraturas têm consolidação lenta.

No osso adulto em repouso, osteoblastos e células osteoprogenitoras quiescentes estão presentes, principalmente, nas superfícies endósticas, as quais atuam como o principal reservatório de células formadoras de osso novo para remodelação ou reparo. O endósteo oferece uma superfície de aproximadamente 7,5 m^2, considerada importante na homeostasia do cálcio. Ele é formado por células precursoras de osteoblastos achatadas e fibras reticulares (colágeno tipo III) e reveste todas as cavidades internas do osso, inclusive os canais haversianos. Ele é sobrejacente às lamelas circunferenciais endósticas e encerra a cavidade medular.

SUPRIMENTO NEUROVASCULAR DO OSSO

Suprimento vascular e drenagem linfática

A circulação óssea supre tecido ósseo, medula, pericôndrio, cartilagens epifisárias nos ossos jovens e, em parte, cartilagens articulares. O suprimento vascular de um osso longo depende de vários pontos de entrada que alimentam redes sinusoidais complexas e regionalmente variáveis dentro do osso. Os sinusoides drenam para canais venosos que saem através de todas as superfícies que não são cobertas por cartilagem articular. O fluxo de sangue através do osso cortical na diáfise dos ossos longos é principalmente centrífugo (Fig. 5.20).

Uma ou duas artérias nutrícias diafisárias principais entram na diáfise obliquamente através dos forames nutrícios que levam para os canais nutrícios. Seus locais de entrada e angulação são quase constantes e caracteristicamente dirigidos em direção oposta da epífise de crescimento dominante. Artérias nutrícias não se ramificam nos seus canais, mas se dividem em ramos ascendentes e descendentes, na cavidade medular, os quais se aproximam das epífises, dividindo-se repetidamente em ramos helicoidais menores próximo da superfície endóstica. Os vasos endósticos são vulneráveis durante operações que envolvem a passagem de implantes de metal para dentro do canal medular, por exemplo, a fixação intramedular de fraturas. Perto das epífises, eles recebem a junção dos ramos terminais de numerosas artérias metafisárias e epifisárias. As primeiras são ramos diretos de vasos sistêmicos vizinhos, as últimas vêm de arcadas vasculares periarticulares formadas sobre superfícies ósseas não articulares. Numerosos forames vasculares penetram os ossos próximo das suas extremidades, muitas vezes em locais bastante específicos; alguns são ocupados por artérias, mas a maioria contém veias de paredes finas. Dentro do osso, as artérias são atípicas por consistirem em endotélio com apenas uma camada delgada de tecido conjuntivo de suporte. O suprimento arterial epifisário e metafisário é mais rico que o suprimento diafisário.

As artérias medulares na diáfise emitem ramos centrípetos, os quais alimentam uma malha hexagonal de sinusoides medulares que drenam para um grande seio venoso central de paredes finas. Elas também possuem ramos corticais que passam através de canais endósticos para alimentar capilares fenestrados nos ósteons (sistemas haversianos). O seio central drena para veias que retraçam o caminho das artérias nutridoras, às vezes perfurando a diáfise em outros locais como veias emissárias independentes. Os capilares corticais acompanham o padrão dos canais haversianos e são principalmente longitudinais, com conexões oblíquas por meio dos canais de Volkmann (Fig. 5.17). Nas superfícies ósseas, capilares corticais fazem conexões capilares e venosas com plexos periósticos (Fig. 5.20). Estes últimos são formados por artérias a partir de músculos vizinhos que contribuem com arcadas vasculares com ligações longitudinais para o periósteo fibroso. A partir desse plexo externo, uma rede capilar permeia o periósteo mais profundo, osteogênico. Nas inserções musculares, plexos periósticos e musculares são confluentes, e os capilares corticais então drenam para dentro de vênulas interfasciculares.

Além do suprimento centrífugo do osso cortical, há um apreciável fluxo arterial centrípeto para zonas corticais externas a partir de vasos periósticos. As grandes artérias nutrícias das epífises formam muitas anastomoses intraosseas, com seus ramos passando na direção das superfícies articulares dentro dos espaços trabeculares do osso. Perto das cartilagens articulares, eles formam arcadas anastomóticas seriadas (p. ex., três ou quatro na cabeça do fêmur), as quais emitem alças arteriais finais. Estas, muitas vezes, perfuram o fino osso hipocondral para entrar, e às vezes atravessar, a zona calcificada da cartilagem articular, antes de retornar aos sinusoides venosos epifisários.

Nos ossos longos imaturos, o suprimento é semelhante, mas a epífise é uma zona vascular individualizada. Artérias epifisárias e metafisárias entram em ambos os lados da cartilagem de crescimento; há poucas (se alguma) anastomoses entre elas. As cartilagens de crescimento provavelmente recebem um suprimento a partir de ambas as fontes e de um colar anastomótico no periósteo adjacente. Ocasionalmente, canais na cartilagem são incorporados em uma placa de crescimento. O osso metafisário é nutrido por ramos terminais de artérias metafisárias e por artérias nutrícias principais da diáfise que formam brotos terminais com extremidade cega ou alças sinusoidais na zona de avanço da ossificação. O periósteo jovem é mais vascular, seus vasos se

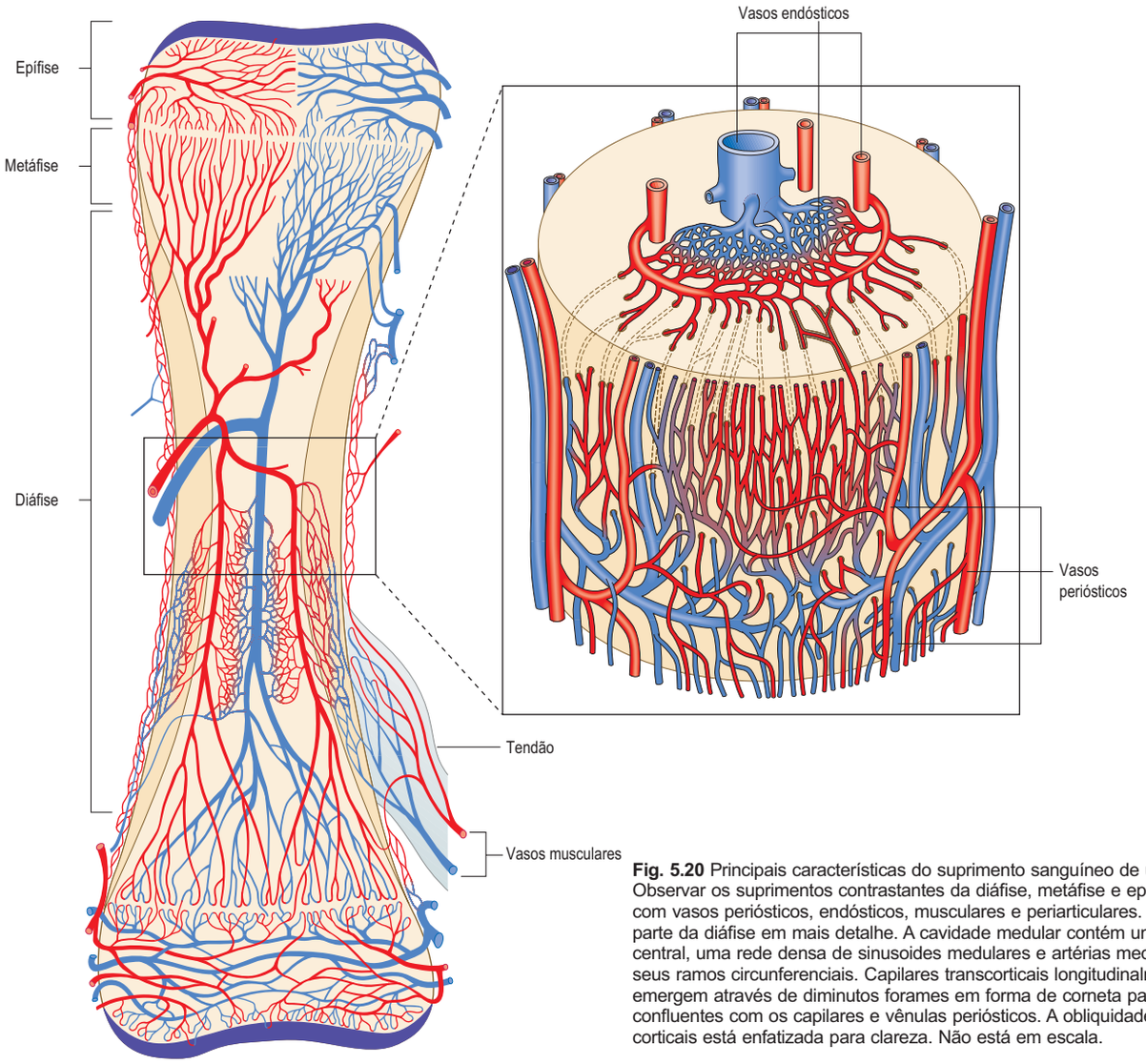


Fig. 5.20 Principais características do suprimento sanguíneo de um osso longo. Observar os suprimentos contrastantes da diáfise, metáfise e epífise, e suas conexões com vasos periósticos, endósticos, musculares e periarticulares. A expansão mostra parte da diáfise em mais detalhe. A cavidade medular contém um grande seio venoso central, uma rede densa de sinusoides medulares e artérias medulares longitudinais e seus ramos circunferenciais. Capilares transcorticais longitudinalmente oblíquos emergem através de diminutos forames em forma de corneta para se tornarem confluentes com os capilares e vênulas periósticos. A obliquidade dos capilares corticais está enfatizada para clareza. Não está em escala.

comunicam mais livremente com os da diáfise do que as suas contrapartes adultas e eles emitem mais ramos metafisários.

Grandes ossos irregulares, por exemplo, a escápula e o ilíaco, recebem um suprimento periósticos. Além disso, eles muitas vezes têm grandes artérias nutrícias que penetram diretamente dentro do seu osso esponjoso: os dois sistemas se anastomosam livremente. Os ossos curtos recebem numerosos vasos delicados, que suprem o seu osso compacto e esponjoso e cavidades medulares a partir do periósteo. As artérias entram nas vértebras junto das bases dos seus processos transversos. Cada cavidade medular vertebral drena para duas grandes veias basivertebrais que convergem para um forame na superfície posterior do corpo vertebral. Os ossos cranianos mais chatos são supridos por numerosos vasos periósticos ou mucoperiósticos. Grandes veias de paredes finas correm tortuosamente no osso esponjoso. Vasos linfáticos acompanham os plexos periósticos, mas não foram convincentemente demonstrados no osso.

Inervação

Os nervos são mais numerosos nas extremidades articulares dos ossos longos, nas vértebras, nos maiores ossos chatos e no periósteo. Finos axônios mielinizados e não mielinizados acompanham vasos nutrícios para dentro do osso e a medula, e situam-se nos espaços perivasculares dos canais haversianos. O osso tem uma inervação autonômica e sensitiva complexa; osteoblastos possuem receptores para vários neuropeptídeos que são encontrados nos nervos que suprem ossos, por exemplo, neuropeptídeo Y, peptídeo relacionado ao gene da calcitonina, peptídeo intestinal vasoativo e substância P.

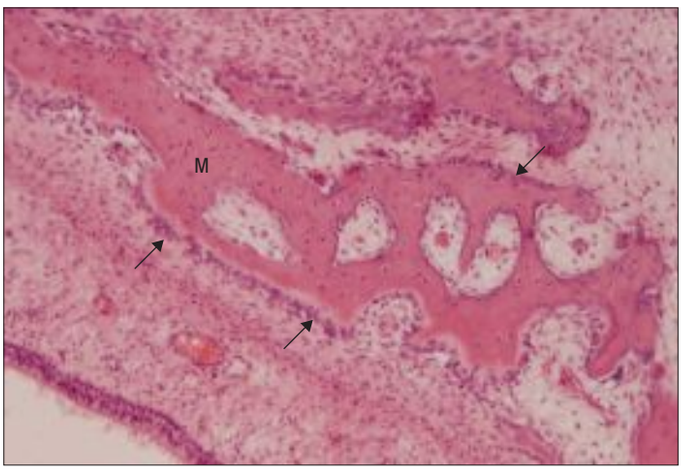


Fig. 5.21 Ossificação intramembranosa formando os ossos nasais de um feto humano de sete meses. Ilhas de osso (matriz rosa sólida [M]), encerrando osteócitos) aumentam através da deposição de nova matriz pelos osteoblastos (setas). Subsequentemente elas se fundem e são remodeladas por osteoclastos para formar osso lamelar maduro.

DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO OSSO

A maioria dos ossos é formada por um processo de ossificação endocondral, no qual gabaritos (modelos) preformados de cartilagem definem suas formas e posições iniciais, e a cartilagem é substituída por osso em uma sequência ordenada. Ossos como aqueles na abóbada craniana são depositados dentro de uma membrana mesenquimal fibrocelular por um processo conhecido como ossificação intramembranosa.

Ossificação intramembranosa

A ossificação intramembranosa é a formação direta de osso (osso de membrana) dentro de folhas altamente vasculares ou "membranas" de mesênquima primitivo condensado (Fig. 5.21). Nos centros de ossificação, células-tronco mesenquimais se diferenciam em células osteoprogenitoras que proliferam em torno dos ramos de uma rede capilar, formando camadas incompletas de osteoblastos em contato com a matriz óssea primitiva. As células são polarizadas porque secretam uma fina malha de fibras colágenas e substância fundamental, osteoide, a partir da superfície que dá face para longe dos vasos sanguíneos. Os cristais mais iniciais aparecem em associação com vesículas de matriz extracelular produzidas pelos osteoblastos; a formação de cristais subsequentemente se estende para as fibrilas colágenas na matriz circundante, produzindo um labirinto inicial de osso trançado, a esponjosa primária. À medida que camadas de matriz calcificada são adicionadas a essas trabéculas iniciais, os osteoblastos inclusos pela matriz vêm a residir dentro de lacunas primitivas. Novos osteócitos retêm contato intercelular por meio dos seus finos processos citoplasmáticos (dendritos) e, à medida que estes se alongam, a matriz se condensa em torno deles para formar canalículos.

À medida que a secreção de matriz, calcificação e encerramento de osteoblastos continua, as trabéculas se espessam e os espaços vasculares intervenientes se tornam mais estreitos. Onde o osso permanece trabecular, o processo se retarda e os espaços entre as trabéculas se tornam ocupados por tecido hematopoético. Onde está se formando osso compacto, as trabéculas continuam a se espessar, e os espaços vasculares continuam a se estreitar. Nesse ínterim, as fibras colágenas da matriz, secretadas sobre as paredes dos espaços se estreitando entre as trabéculas, se tornam organizadas em feixes paralelos, longitudinais ou espirais, e as células que elas encerram ocupam fileiras sequenciais concêntricas. Essas massas irregulares interconectadas de osso compacto possuem cada uma um canal central e são chamadas de ósteons primários (sistemas haversianos primários). Eles, mais tarde, são erodidos, juntamente com o osso trançado interveniente, e substituídos por gerações de ósteons maduros (secundários).

Enquanto essas transformações estão ocorrendo, mesênquima se condensa na superfície externa para formar um periósteo fibrovascular. Osso é depositado cada vez mais por novos osteoblastos que se diferenciam de células osteoprogenitoras nas camadas mais profundas do periósteo. A modelagem do osso em crescimento é realizada a taxas variadas de reabsorção e deposição em diferentes lugares.

Ossificação endocondral

O modelo de cartilagem hialina que se forma durante a embriogênese é um gabarito em miniatura do osso (osso de cartilagem) que subsequentemente se desenvolverá. Ela se torna rodeada por um mesênquima condensado, vascular ou pericôndrio, que se assemelha à "membrana" mesenquimal na qual ocorre a ossificação intramembranosa. Suas camadas mais profundas contêm células osteoprogenitoras.

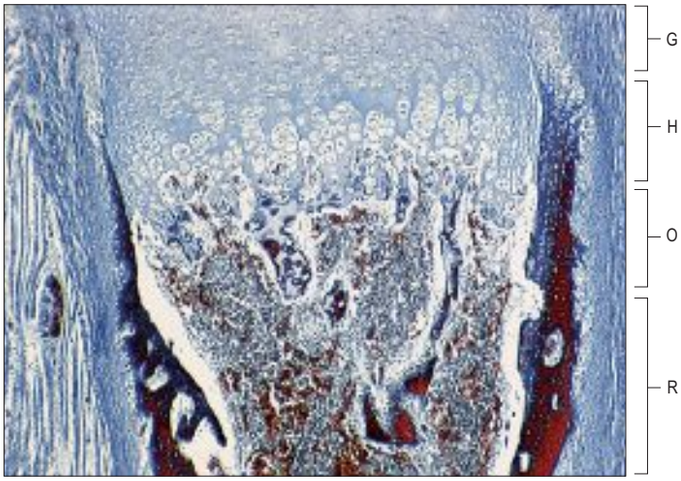


Fig. 5.23 A sequência de eventos celulares na ossificação endocondral. Essa micrografia com baixo aumento mostra o centro primário de ossificação em osso fetal humano. Ver **Figura 5.26** para mais detalhes. C, zona de crescimento; H, zona hipertrófica, O, zona de ossificação; R, zona de remodelação.

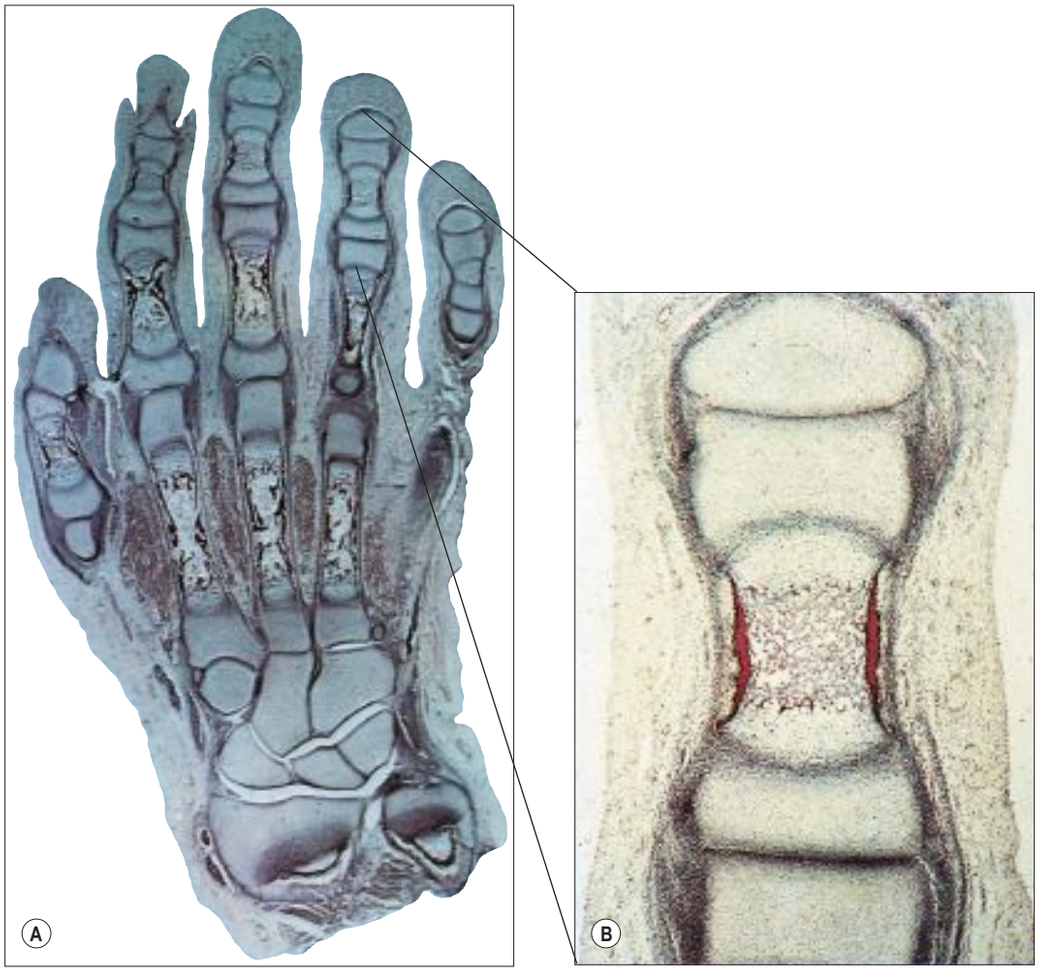


Fig. 5.22 A, Corte de mão fetal humana mostrando modelos cartilaginosos dos ossos carpais e os centros primários de ossificação, que exibem estádios variados de maturidade, nos metacarpais e falanges. Observar que nenhum dos elementos carpais mostra qualquer evidência de ossificação. **B,** Vista com maior aumento de um centro de ossificação primário inicial. As células da cartilagem na diáfise se hipertrofiaram e essa região está rodeada por delicado tubo ou colar de osso subperiósticos (vermelho). (Fotografia por Kevin Fitzpatrick em nome de GKT School of Medicine, London.)

O primeiro aparecimento de um centro primário de ossificação (Fig. 5.22) ocorre quando condroblastos profundos no centro da diáfise primitiva aumentam grandemente e seu citoplasma se torna vacuolado e acumula glicogênio. Sua matriz interveniente é comprimida em finos septos, muitas vezes perfurados. As células degeneram e podem morrer, deixando lacunas aumentadas e às vezes confluentes (aréolas primárias) cujas paredes finas se tornam calcificadas durante os estádios finais (Fig. 5.23). Colágeno tipo X é produzido na zona hipertrófica da cartilagem. Vesículas de matriz originadas de condrócitos na zona de proliferação são mais evidentes nas regiões intercolunares, onde elas parecem iniciar a formação de cristais. Ao mesmo tempo, células na camada profunda do pericôndrio em torno do centro do modelo de cartilagem se diferenciam em osteoblastos e formam uma camada periférica de osso. Inicialmente, esse colar periósteo, formado por ossificação intramembranosa dentro do pericôndrio, é um tubo de parede fina que encerra e sustenta a diáfise central (Figs. 5.22 e 5.23). À medida que aumenta em diâmetro, ele também se estende na direção dos extremos da diáfise.

O colar periósteo que é sobrejacente às paredes cartilaginosas calcificadas das lacunas dos condrócitos degenerados é invadido, a partir das camadas profundas do periósteo (antes pericôndrio), por botões osteogênicos. Estes são brotamentos capilares de extremidade cega acompanhados por células osteoprogenitoras e osteoclastos. Estes últimos escavam o osso recém-formado para alcançar a cartilagem calcificada adjacente, onde continuam a erodir as paredes das lacunas dos condrócitos primários (Figs. 5.24 e 5.25). Esse processo leva à sua fusão em espaços comunicantes maiores e irregulares, as aréolas secundárias, que se enchem com tecido medular embrionário (mesênquima vascular, osteoblastos e osteoclastos, células hematopoéticas e estromais da medula etc.). Os osteoblastos se fixam às delicadas paredes residuais da cartilagem calcificada e depositam osteoide, que rapidamente se torna confluente, formando um revestimento contínuo de osso. Camadas adicionais são acrescentadas, encerrando osteócitos jovens em lacunas, e estreitando os espaços perivasculares. A deposição de osso na cartilagem calcificada mais central cessa à medida que a formação de osso subperiósteo continua.

A erosão osteoclástica das espículas ósseas iniciais então cria uma cavidade medular primitiva na qual apenas algumas trabéculas, compostas de osso com cernes centrais de cartilagem calcificada (Fig. 5.24), permanecem para

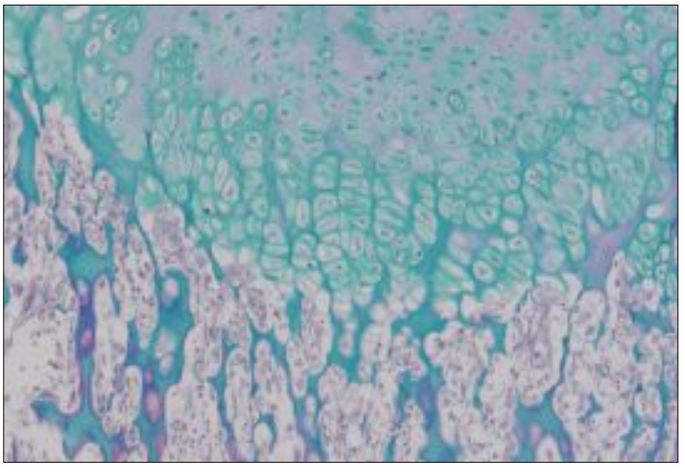


Fig. 5.24 Corte que mostra hipertrofia e formação de paliçada das células cartilaginosas à medida que se aproxima da frente de ossificação (mineralização) de um centro primário inicial de ossificação (embaixo). As lacunas são aumentadas e as partições da matriz são reduzidas em largura, exibindo densidade de coloração aumentada após calcificação da cartilagem. Corte corado com azul de Alcian e PAS de fêmur fetal humano.

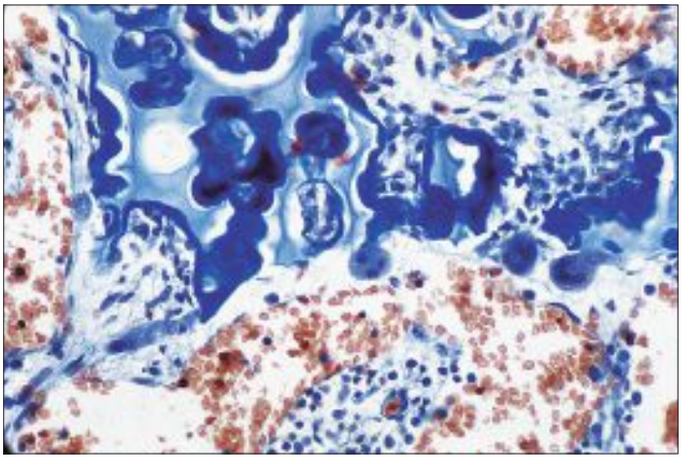


Fig. 5.25 Ossificação endocondral em osso fetal humano. Espículas de resto de cartilagem (azul-claro) servem como superfícies para deposição de osteoide (azul-escuro), mostrado na metade superior do campo. Osso trançado mineralizado está corado em vermelho. Três grandes osteoclastos multinucleados são vistos no centro à direita, erodindo ainda mais a cartilagem e remodelando o osso em desenvolvimento. Sinusoides sanguíneos e tecido hematopoético (embaixo) enchem os espaços entre as áreas de ossificação. Preparação com tricrômico de Azan/Heidenhain.

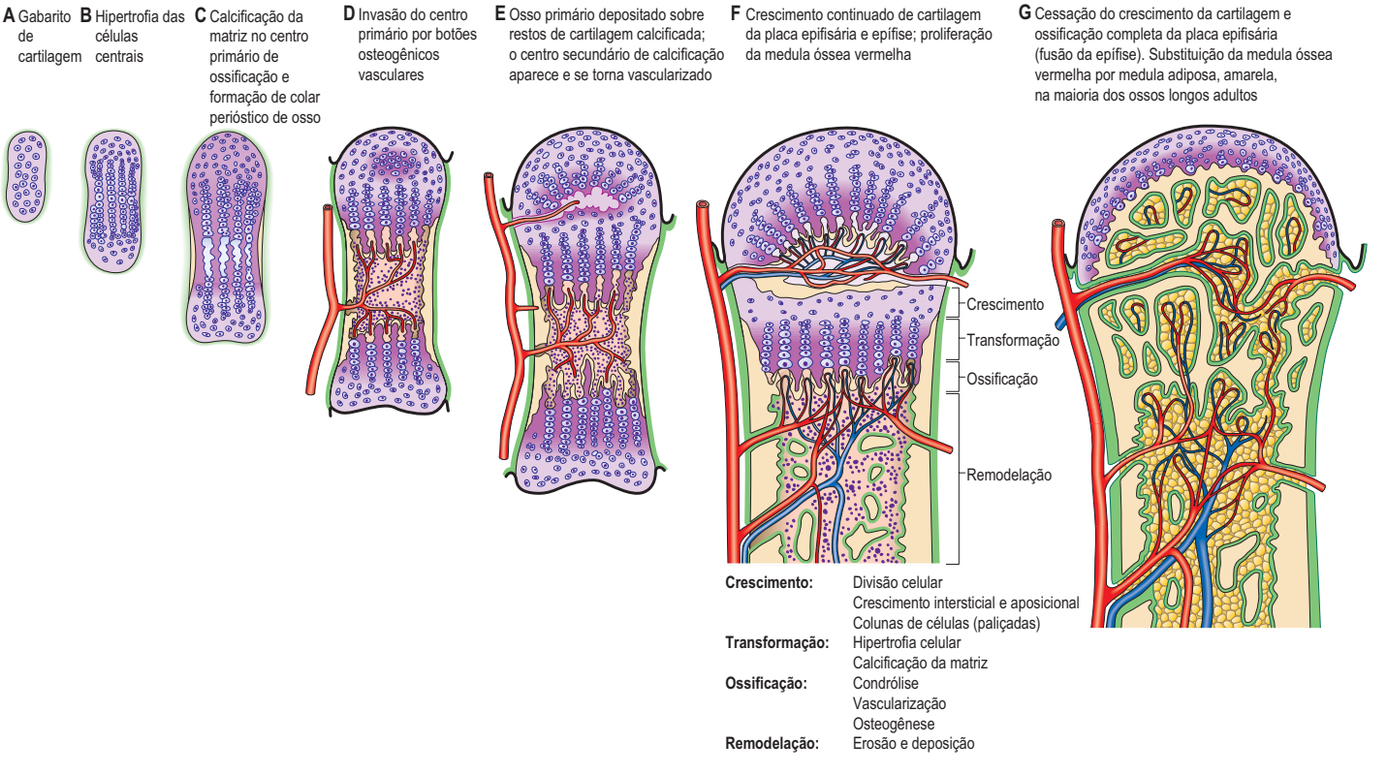


Fig. 5.26 Estádios da ossificação endocondral em um osso longo.

sustentar os tecidos medulares em desenvolvimento. Essas trabéculas logo são remodeladas e substituídas por osso mais maduro ou por medula. Nesse ínterim, novas regiões cartilaginosas adjacentes sofrem transformações semelhantes. Uma vez que elas são mais avançadas centralmente, e as epífises permanecem cartilaginosas, as zonas intermediárias exibem uma sequência espaçotemporal de transformações quando vistas em corte longitudinal (Fig. 5.26F). Essa região de transformação dinâmica de cartilagem em osso persiste até o crescimento longitudinal do osso cessar.

A expansão da extremidade cartilaginosa (usualmente uma epífise) mantém o ritmo com o crescimento do resto do osso, por crescimento aposicional e intersticial. A zona de crescimento se expande em todas as dimensões. O crescimento em espessura de osso longo em desenvolvimento é causado por ocasionais mitoses transversais nos seus condrócitos e por crescimento aposicional como resultado da deposição de matriz pelas células do colar ou anel pericondrial a esse nível. A futura placa de crescimento, portanto, se expande em sincronia com a diáfise e a adjacente futura epífise. Uma zona de condrócitos relativamente quiescentes (a zona de repouso) situa-se no lado da placa mais próximo da epífise. Uma zona de células ativamente mitóticas dá face para a diáfise do osso: as divisões mais frequentes no eixo longo do osso logo criam numerosas colunas longitudinais (paliçadas) de condrócitos em forma de disco, cada um em uma lacuna achatada (Fig. 5.26). Proliferação e formação de colunas ocorrem nessa zona de crescimento de cartilagem (a zona proliferativa), e a sua expansão intersticial longitudinal continuada fornece o modo básico de alongamento de um osso.

As colunas de células mostram maturidade crescente na direção do centro da diáfise, uma vez que seus condrócitos aumentam de tamanho e acumulam glicogênio. Na zona hipertrófica, o metabolismo energético é deprimido ao nível da frente de mineralização (Fig. 5.24). As lacunas agora estão separadas por paredes transversas e longitudinais, e as últimas são impregnadas com cristais de apatita (a zona de cartilagem calcificada). As partições calcificadas entram na zona de formação de osso e são invadidas por mesênquima vascular contendo osteoblastos, osteoclastos etc. As partições, especialmente as transversais, são a seguir parcialmente erodidas enquanto deposição de osteoide, formação de osso e encerramento de osteócitos ocorrem nas superfícies das paredes longitudinais. Lise das partições calcificadas é mediada por ação dos osteoclastos (condroclastos), ajudados por células associadas com os botões terminais de sinusoides vasculares que ocupam cada arcabouço trabecular colunar incompleto com que entram em estreito contato.

A divisão celular contínua na zona de crescimento aumenta os extremos epifisários das colunas de células, e o osso cresce em comprimento à medida que essa sequência de transformações prossegue afastando-se do centro diafisário. O osso também cresce em diâmetro à medida que deposição adicional de osso subperióstico ocorre perto das epífises, e sua cavidade medular aumenta transversal e longitudinalmente. Erosão e remodelação internas do tecido ósseo recém-formado continuam.

O crescimento continua dessa maneira durante muitos meses ou anos em diferentes ossos, mas eventualmente um ou mais centros secundários de ossificação usualmente aparecem nas extremidades cartilaginosas. Esses centros epifisários (ou os extremos de ossos que não têm epífises) a princípio não exibem colunas de células. Em vez disso, grupos de células isogênicas se hipertrofiam, com calcificação da matriz, e são a seguir invadidos por mesênquima vascular osteogênico, às vezes a partir de canais na cartilagem. Osso é formado sobre cartilagem calcificada, como descrito. À medida que uma epífise aumenta, sua periferia cartilaginosa também forma uma zona de proliferação na qual colunas de células estão organizadas radialmente; hipertrofia, calcificação, erosão e ossificação ocorrem a profundidades cada vez maiores da superfície. A epífise óssea inicial é assim circundada por uma cartilagem de crescimento superficial, e a placa de crescimento adjacente à metáfise logo se torna a região mais ativa.

À medida que um osso atinge a maturidade, processos de ossificação epifisária e metafisária gradualmente se apõem à placa de crescimento a partir de cada lado, eventualmente se encontrando quando ocorre a fusão óssea da epífise e cessa o crescimento longitudinal do osso. Os eventos que têm lugar durante a fusão são, em traços amplos, os seguintes. À medida que o crescimento cessa, a placa cartilaginosa se torna quiescente e gradualmente se afina, a proliferação, a formação de paliçada e a hipertrofia dos condrócitos param, e as células formam curtas massas cônicas irregulares. Calcificação em focos é acompanhada por reabsorção da cartilagem calcificada e algum osso metafisário adjacente, para formar canais de reabsorção que são invadidos por mesênquima vascular. Alguns brotos endoteliais perfuram a fina placa de cartilagem, e os vasos metafisários e epifisários se unem. A ossificação em torno desses vasos se alastra para as zonas intervenientes e resulta em fusão da epífise e metáfise.

Esse osso é visível em radiografias como uma linha epifisária radiodensa (um termo que também é usado para descrever o nível do colar ou anel pericondrial em torno da cartilagem de crescimento dos ossos imaturos ou a superfície de junção entre epífise e metáfise em um osso maduro). Em epífises menores, que se unem mais cedo, usualmente há uma área excêntrica de fusão inicial e adelgaçamento da placa cartilaginosa residual. Os locais originais de fusão são subsequentemente reabsorvidos e substituídos por osso novo. Tecido medular se estende para dentro da placa cartilaginosa inteira até que a união esteja completa e nenhuma "cicatriz" epifisária persista. Nas epífises maiores, que se unem mais tarde, processos semelhantes também envolvem múltiplas perfurações nas placas de crescimento, e ilhas de osso epifisário muitas vezes persistem como cicatrizes epifisárias. Cartilagem calcificada revestida por osso forma a cicatriz epifisária e também é encontrada embaixo da cartilagem articular. Ela foi chamada de osso metaplástico, um termo também aplicado a locais de fixação de tendões, ligamentos e outros tecidos conjuntivos densos ao osso.

As superfícies cartilaginosas das epífises que formam articulações sinoviais permanecem não ossificadas, mas a sequência típica de zonas cartilaginosas persiste nelas durante toda a vida. Uma sequência de desenvolvimento similar ocorre nas sincondroses, exceto que as taxas proliferativas dos condrócitos e a substituição de cartilagem por osso são semelhantes, embora não idênticas, em cada lado da sincondrose.

Crescimento e manutenção pós-natais

Modelagem, que significa mudanças na forma geral, ocorre em todos os ossos em crescimento. O processo foi estudado principalmente em ossos cranianos e longos com extremidades expandidas. Um osso como o parietal se espessa e expande durante o crescimento, mas diminui em curvatura. O acréscimo continua nas suas margens pela proliferação de células osteoprogenitoras nas suturas, e osso periósticó é principalmente adicionado externamente e erodido internamente, mas não a taxas uniformes o tempo todo. A taxa de formação aumenta com a distância radial do centro de ossificação (nesse caso, a futura eminência parietal), e formação também pode ocorrer endocranialmente, bem como ectocranialmente, mudando a curvatura do osso. À medida que os ossos do crânio se espessam e crescem nas suturas, as posições relativas dos centros de ossificação originais mudam em três dimensões quando a abóbada craniana se expande com o crescimento do encéfalo. O desenvolvimento da díploe (trabéculas de osso esponjoso) e espaço medular internamente produz placas corticais externa e interna.

Os ossos longos se alongam principalmente por extensão da ossificação endocondral para zonas calcificadas de cartilagens de crescimento adjacentes, as quais são continuamente repostas pelo crescimento intersticial longitudinal das suas zonas proliferativas, com adições menores por crescimento radial epifisário. Simultaneamente, aumentos diametrais das cartilagens de crescimento e diáfises ocorrem por deposição subperiósticа contínua e erosão endóstica. Entretanto, em muitos ossos o crescimento ocorre a taxas diferentes, e é mesmo invertido, em diferentes lugares. Um osso que é inicialmente tubular pode se tornar triangular em seção, por exemplo, a tíbia. Similarmente, os contornos cinturados das metáfises são preservados por taxas diferenciais de erosão periósticа e deposição endóstica, uma vez que osso metafisário se torna diafisário em posição. A junção entre um campo de reabsorção e outro de deposição na superfície de um osso durante o seu crescimento é chamada de linha de reversão de superfície. A posição relativa dessa linha pode permanecer estável durante longos períodos de deriva cortical.

Osso lamelar se forma a taxas variáveis que refletem a reposição lenta dos ósteons durante toda a vida adulta. Um canal de reabsorção (cone de corte) tipicamente tem 2 mm de comprimento e leva 1-3 meses para se formar; um ósteon novo (cone de fechamento) se forma em período semelhante (Fig. 5.19). Remodelação interna supre continuamente os novos ósteons com reservas de cálcio lábil e oferece uma arquitetura óssea maleável que é responsiva aos padrões evolutivos de esforço. A unidade de remodelação em osso esponjoso, equivalente ao ósteon secundário do osso compacto, é a unidade estrutural óssea: ela tem espessura média de 40-70 μm e comprimento médio de 100 μm, mas pode ser mais extensa e irregular em forma.

O desenvolvimento e a manutenção normais do osso requerem ingestão e absorção adequadas de cálcio, fósforo, vitaminas A, C e D, e um equilíbrio entre hormônio do crescimento (GH, somatotropina), hormônios tireoidianos, estrogênios e androgênios. Vários outros fatores, incluindo diferentes prostaglandinas e glicocorticoides, também podem desempenhar papéis importantes na manutenção e reposição do osso. Deficiência prolongada de cálcio causa perda de mineral ósseo através de perda de tecido ósseo (osteoporose) e consequente fragilidade óssea. A vitamina D influencia o transporte intestinal de cálcio e fosfato, e por essa razão afeta os níveis circulantes de cálcio. Em adultos, deficiência prolongada (com ou sem baixa ingestão) produz ossos que contêm regiões de osteoide não calcificado, deformável (osteomalácia). Durante o crescimento, deficiências semelhantes levam à perturbação grave das cartilagens de crescimento e da ossificação, por exemplo, reduções da organização colunar regular nas placas de crescimento, e à falta de calcificação da cartilagem ainda que os condrócitos proliferem. As placas de crescimento também podem se tornar mais grossas e menos regulares que o normal, conforme exemplificado no raquitismo clássico ou na osteomalácia juvenil. No raquitismo, as trabéculas de cartilagem não calcificadas ou pobremente calcificadas são apenas parcialmente erodidas: os osteoblastos secretam camadas de osteoide, mas estas deixam de se ossificar na região metafisária e por fim a gravidade deforma esses ossos amolecidos.

Vitamina C é essencial para a síntese adequada de colágeno e proteoglicanos da matriz nos tecidos conjuntivos. Quando há deficiência de vitamina

C, as placas de crescimento se tornam finas, a ossificação quase para e trabéculas metafisárias e osso cortical são reduzidos em espessura. Isso causa fragilidade e consolidação retardada de fraturas. Vitamina A é necessária para crescimento normal e para um equilíbrio correto da deposição e remoção de osso. Deficiência retarda o crescimento, como resultado da falta de erosão interna e remodelação, particularmente na base do crânio. Forames são estreitados, às vezes causando atrofia de pressão dos nervos contidos, e a cavidade craniana e o canal medular podem deixar de se expandir com o sistema nervoso central, o que prejudica a função nervosa. Em contraposição, vitamina A em excesso estimula a erosão vascular das cartilagens de crescimento, as quais se tornam finas ou são totalmente perdidas, e o crescimento longitudinal cessa. Ácido retinoico, um derivado da vitamina A, está envolvido na formação do padrão dos brotos dos membros (Cap. 51) e na diferenciação dos osteoblastos.

Funções endócrinas equilibradas também são essenciais à maturação óssea normal, e perturbações nesse equilíbrio podem ter efeitos profundos. Além do seu papel no metabolismo do cálcio, excesso de hormônio paratireoidiano (hiperparatireoidismo primário) estimula erosões osteoclásticas descontroladas do osso, particularmente subperiosticamente e mais tarde endosticamente (osteíte fibrosa cística). Hormônio do crescimento é necessário para a proliferação intersticial normal nas cartilagens de crescimento e, portanto, para o aumento de estatura. O término do crescimento normal está imperfeitamente compreendido, mas pode envolver uma queda na produção de hormônio ou na sensibilidade dos condroblastos a fatores de crescimento semelhantes à insulina regulada pelo GH. A redução da produção de GH no jovem leva à quiescência e adelgaçamento das placas de crescimento e, por isso, ao nanismo hipofisário. Em contraposição, hipersecreção continuada no imaturo leva ao gigantismo, e no adulto resulta em espessamento de ossos por deposição subperióstica; mandíbula, mãos e pés são os mais afetados, uma condição conhecida como acromegalia.

Embora o crescimento longitudinal continuado dos ossos dependa de níveis adequados de GH, a remodelação eficaz para alcançar uma forma madura também requer a ação dos hormônios tireoidianos. Ademais, crescimento e maturidade esquelética são estreitamente relacionados às atividades endócrinas dos ovários, testículos e córtices suprarrenais. Altos níveis de estrogênios aumentam a deposição de osso endóstico e trabecular; em contraposição, osteoporose em mulheres pós-menopausa reflete função ovariana reduzida. Flutuações na velocidade de crescimento e na cronologia da maturação esquelética são uma função dos níveis circulantes de androgênios suprarrenais e testiculares. No hipogonadismo, a fusão da placa de crescimento é retardada e, por essa razão, os membros se alongam excessivamente; em contraposição, no hipergonadismo, a fusão prematura das epífises resulta em estatura diminuída.

Embora os fatores morfogenéticos que determinam a forma de um osso ainda não tenham sido completamente definidos, admite-se que respostas à carga desempenhem um papel importante. Reabsorção óssea ocorre tipicamente quando esforços gravitacionais ou outros esforços mecânicos são reduzidos, como no repouso no leito ou em condições de gravidade zero no espaço. Osso submetido a pressão constante também tende a ser reabsorvido, uma resposta que serve de base para muitos tratamentos ortodônticos, uma vez que os dentes podem migrar lentamente através do osso alveolar pela aplicação de pressão constante lateral ou medial. Reciprocamente, com tensão constante, o osso é depositado; por exemplo, os ossos no membro superior utilizado para segurar a raquete dos tenistas são mais robustos que no membro contralateral.

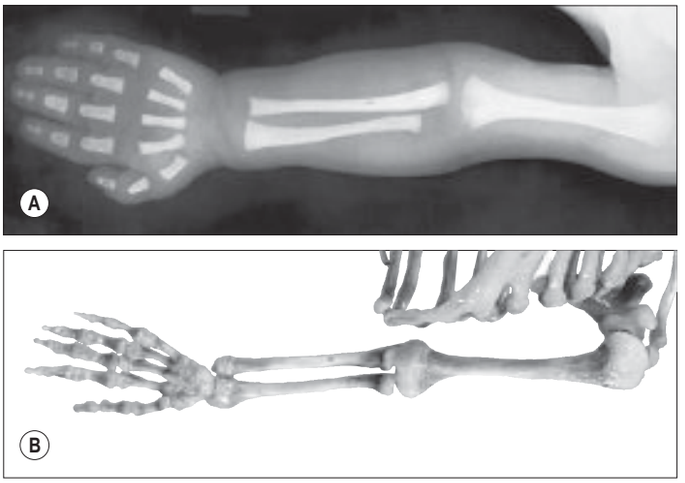


Fig. 5.27 A, Radiografia de um membro superior neonatal. A ossificação a partir dos centros primários está bem avançada em todos os ossos do membro exceto os carpais, que ainda são inteiramente cartilaginosos. Os espaços pelos quais os elementos individuais parecem ser separados são preenchidos por cartilagem hialina radiotransparente, na qual ossificação epifisária ou carpal subsequentemente ocorrerá. Observar os contornos dilatados, diáfise média estreita e metáfises relativamente expandidas dos ossos longos, e as proporções dos segmentos do membro, em particular a mão relativamente grande, que são características dessa idade. **B,** Os ossos e cartilagens de um braço esquerdo neonatal. Comparar as áreas radiotransparentes na radiografia (**A**) com as epífises cartilaginosas preservadas nessa peça. (Parte B preparada por Michael C.E. Hutchinson; fotografado por Kevin Fitzpatrick em nome de GKT School of Medicine, London.)

Crescimento de ossos individuais

Centros de ossificação aparecem durante um longo período no curso do crescimento ósseo, muitos na vida embrionária, alguns na vida pré-natal e outros bem dentro do período de crescimento pós-natal. Os centros de ossificação inicialmente são microscópicos, mas logo se tornam macroscópicos, o que significa que o seu crescimento pode então ser acompanhado por técnicas radiológicas e outras técnicas de imaginologia.

Alguns ossos, incluindo os ossos carpais, tarsais, lacrimais, nasais e zigomáticos, conchas nasais inferiores e ossículos auditivos, ossificam a partir de um único centro que pode aparecer entre a oitava semana intrauterina e o décimo ano, uma ampla sequência para estudar o crescimento ou estimar a idade. A maioria dos ossos ossifica a partir de vários centros, um dos quais aparece no centro do futuro osso na vida embrionária adiantada ou fetal inicial (sétima semana ao quarto mês). A ossificação progride do centro para as extremidades, as quais ainda são cartilaginosas ao nascimento (Fig. 5.27). Essas regiões terminais ossificam a partir de centros separados, os quais algumas vezes são múltiplos, e aparecem entre o nascimento e a adolescência avançada: eles são, portanto, secundários ao centro primário mais inicial a partir do qual grande parte do osso ossifica. Esse é o padrão nos ossos longos, bem como em alguns ossos mais curtos, como os metacarpais e metatarsais, e nas costelas e clavículas.

Ao nascimento, um osso como a tíbia está tipicamente ossificado em toda a sua diáfise a partir de um centro primário que aparece na sétima semana intrauterina, enquanto suas epífises cartilaginosas ossificam a partir de centros secundários. À medida que as epífises aumentam, quase toda a cartilagem é substituída por osso, exceto uma camada especializada de cartilagem hialina articular, que persiste na superfície articular, e uma zona mais espessa entre a diáfise e a epífise. A persistência dessa placa ou disco epifisário (placa de crescimento ou cartilagem de crescimento) permite aumento no comprimento ósseo até que as dimensões usuais sejam atingidas, época na qual a placa epifisária ossificou. O osso então atingiu a maturidade. A coalescência da epífise e da diáfise é a fusão, a amalgamação de unidades ósseas separadas em uma.

Muitos ossos longos têm epífises nas extremidades proximal e distal. Metacarpais, metatarsais e falanges têm apenas uma epífise. Costelas típicas têm epífises para a cabeça e tubérculo articular e uma para a área não articular. As cartilagens costais representam a cartilagem hialina não ossificada da costela em desenvolvimento e por essa razão não exibem epífises. Ossificação epifisária é às vezes complexa, por exemplo, a extremidade proximal do úmero é inteiramente cartilaginosa ao nascer e subsequentemente desenvolve três centros durante a infância que coalescem em uma massa única antes de se fundirem com a diáfise; só um desses centros forma uma superfície articular, e os outros formam os tubérculos maior e menor, que dão fixações musculares. Epífises compostas semelhantes ocorrem na extremidade distal do úmero e no fêmur, costelas e vértebras.

Muitos ossos cranianos ossificam a partir de múltiplos centros. Os ossos esfenoide, temporal e occipital são quase certamente compósitos de múltiplos elementos na sua história evolucionária. Alguns mostram evidência de fusão entre ossos de membrana e cartilagem que se unem durante o crescimento.

Se a velocidade de crescimento fosse uniforme, os centros de ossificação apareceriam em uma estrita ordem descendente de tamanho ósseo. Entretanto, velocidades díspares de ossificação ocorrem em diferentes locais e não parecem relacionadas ao tamanho ósseo. O aparecimento dos centros primários para ossos de tamanhos tão diferentes quanto as falanges e os fêmures é separado, no máximo, por uma semana de vida embrionária. Aqueles para ossos carpais e tarsais mostram alguma correlação entre tamanho e ordem de ossificação, do maior (calcâneo no quinto mês fetal) ao menor (pisiforme no nono ao décimo segundo ano pós-natal). Em ossos individuais, a sucessão dos centros é relacionada ao volume de osso que cada centro produz. As maiores epífises, por exemplo, as extremidades adjacentes do fêmur e da tíbia, são as mais precoces a começarem a ossificar (imediatamente antes ou depois do nascimento, e de interesse médico-legal). Nas placas epifisárias, a velocidade de crescimento é inicialmente igual em ambas as extremidades dos ossos que possuem duas epífises. Entretanto, observações experimentais em outras espécies revelaram que uma geralmente cresce mais rapidamente que a outra depois do nascimento. Uma vez que a extremidade que cresce mais depressa também usualmente se funde mais tarde com a diáfise, sua contribuição para o comprimento é maior. Embora velocidade mais rápida não tenha sido medida diretamente em ossos humanos, fusão mais tarde foi documentada radiologicamente.

A extremidade mais ativa de um osso longo de membro é muitas vezes chamada de extremidade de crescimento, mas isso é uma denominação

errada. A velocidade de aumento na estatura, que é rápida na lactância e novamente na puberdade, demonstra que as velocidades de crescimento nas epífises variam. O estirão na puberdade, ou ligeiramente antes, diminui à medida que as epífises se fundem nos anos pós-adolescentes e tem sido assunto de muito estudo.

As cartilagens de crescimento não crescem uniformemente em todos os pontos, o que presumivelmente se responsabiliza por transformações como a alteração no ângulo entre a diáfise umeral e o seu colo. As junções entre epífise e diáfise nas placas de crescimento não são uniformemente planas em qualquer das duas superfícies. Superfícies ósseas usualmente se tornam reciprocamente curvas por crescimento diferencial, e a epífise forma uma cavidade rasa sobre a extremidade convexa da diáfise, com cartilagem interposta, um arranjo que pode resistir a forças tangenciais nessa região relativamente fraca. A reciprocidade das superfícies ósseas é aumentada por pequenos nódulos e cristas, como pode ser visto quando as superfícies são desnudadas de cartilagem. Essas adaptações enfatizam a formação de muitos ossos imaturos a partir de vários elementos mantidos juntos pelas cartilagens epifisárias. A maioria dos ossos humanos exibe essas junções complexas, nas quais osso é unido a osso através de cartilagem durante todos os ativos anos da infância e adolescência.

As forças nas cartilagens de crescimento são em grande parte compressivas, mas com um elemento tangencial. Pode ocorrer interferência com o crescimento epifisário como resultado de trauma, porém mais frequentemente se segue a doença: as alterações resultantes nos padrões trabeculares do osso são visíveis radiograficamente sob a forma de linhas transversais densas de parada do crescimento (linhas de Harris do crescimento). Várias dessas linhas podem aparecer nos ossos dos membros de crianças comprometidas por doenças sucessivas.

Variação no desenvolvimento esquelético ocorre entre os indivíduos, sexos e possivelmente também raças. Varia a cronologia, em vez da sequência de eventos, e as mulheres precedem os homens em todos os grupos estudados: diferenças que são talvez insignificantes antes do nascimento podem ser tão grandes quanto dois anos na adolescência.

ARTICULAÇÕES

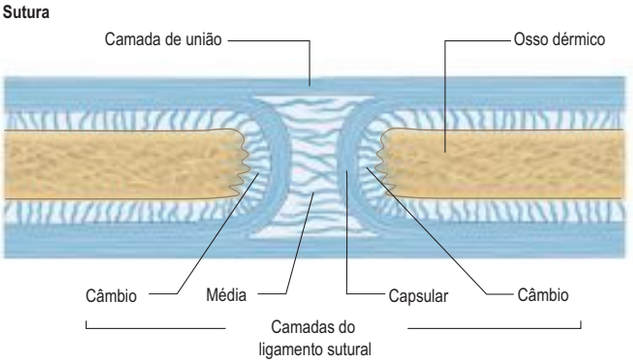
As articulações são as regiões do esqueleto onde dois ou mais ossos se encontram e se articulam. Essas junções são sustentadas por uma variedade de estruturas de tecidos moles, e suas funções principais são facilitar o crescimento ou transmitir forças entre os ossos, desse modo possibilitando que ocorra movimento ou transferência de peso. As classificações mais simples das articulações relacionam-se à amplitude de movimento possível ou à natureza dos tecidos moles intervenientes: não há uma classificação única satisfatória. Movimento livre ocorre nas articulações sinoviais, enquanto movimento restrito ocorre nas articulações que são às vezes chamadas sinartroses. Estas últimas são comumente subdivididas em articulações fibrosas e cartilaginosas, de acordo com o tipo principal de tecido conjuntivo interveniente. O que se segue são descrições das características gerais de cada tipo de articulação. Características que são específicas de articulações individuais são discutidas nos capítulos topográficos relevantes.

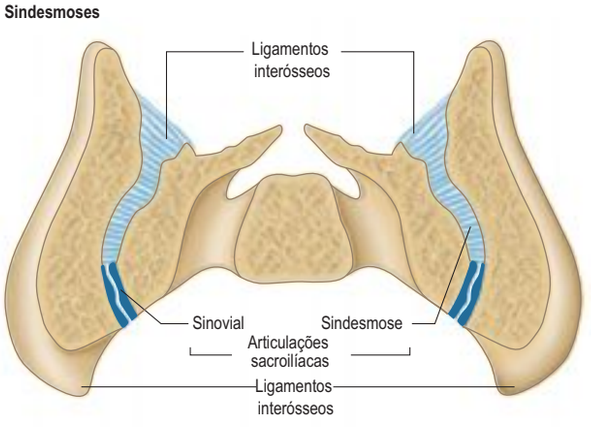
ARTICULAÇÕES FIBROSAS

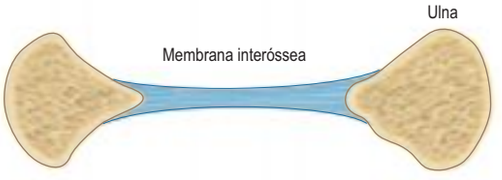
As articulações fibrosas não possuem cartilagem interveniente entre os dois ossos, a articulação portanto é fixa e o movimento é muito restrito. Os três tipos mais definíveis de articulação fibrosa são suturas, gonfoses e sindesmoses (Fig. 5.28).

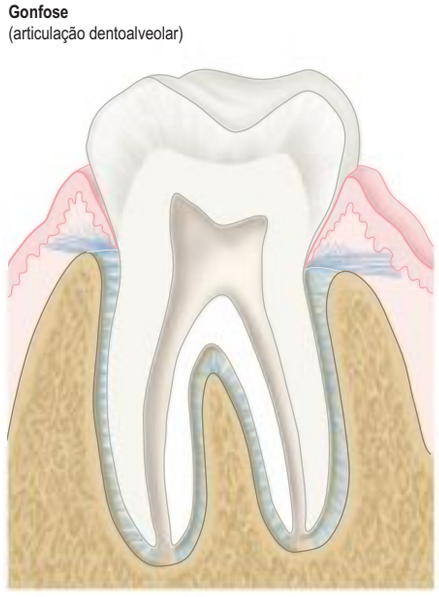
Sutura

As suturas são restritas ao crânio (ver Cap. 26 para descrições de suturas individuais). Em uma sutura, os dois ossos são separados por uma camada de tecido conjuntivo derivado da membrana. A face sutural de cada osso é coberta por uma camada de células osteogênicas (camada do câmbio) que tem a sobreposição de uma lamela capsular de tecido fibroso contínua com









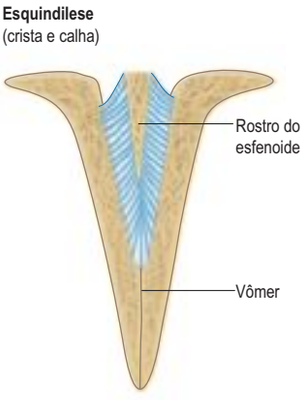


Fig. 5.28 Exemplos das principais variedades de articulações fibrosas, cada uma mostrada em corte.

o periósteo nas superfícies endo e ectocraniana. A área entre as coberturas capsulares contém tecido conjuntivo fibroso e diminui com a idade, de tal modo que as superfícies osteogênicas entram em aposição. Ao completamento do crescimento, muitas suturas sofrem sinostose e são obliteradas. Sinostose ocorre normalmente à medida que o crânio envelhece: ela pode começar aos 20 anos e continua na idade avançada. Uma esquindilese é uma sutura especializada na qual um osso com crista se encaixa em uma calha em um elemento vizinho, por exemplo, onde a fenda entre as asas do vômer recebe o rostro do esfenoide.

Gonfose

Uma gonfose é uma junção de cavilha e soquete entre um dente e seu alvéolo, onde os dois componentes são mantidos em contato íntimo pelo colágeno do periodonto conectando o cemento dentário ao osso alveolar. Estritamente falando, uma gonfose não é uma articulação entre duas estruturas esqueléticas.

Sindesmose

Uma sindesmose é uma conexão verdadeiramente fibrosa entre ossos. Ela pode ser representada por um ligamento interósseo (articulação tibiofibular distal), um cordão fibroso mais delgado ou uma membrana aponeurótica mais densa (parte posterior da articulação sacroilíaca).

ARTICULAÇÕES CARTILAGINOSAS

As articulações cartilaginosas podem ser classificadas como primárias (sincondrose) ou secundárias (sínfise), dependendo da natureza da cartilagem interveniente. Embora a distinção entre articulações fibrosas e cartilaginosas seja usualmente clara, algum grau de mistura pode ocorrer, no qual uma articulação predominantemente fibrosa contém ilhas ocasionais de cartilagem ou uma articulação predominantemente cartilaginosa contém densos feixes alinhados de colágeno. Essas articulações tendem a ser menos rígidas do que as articulações fibrosas, e algumas permitem movimento, ainda que de amplitude restrita (Figs. 5.29 e 5.30).

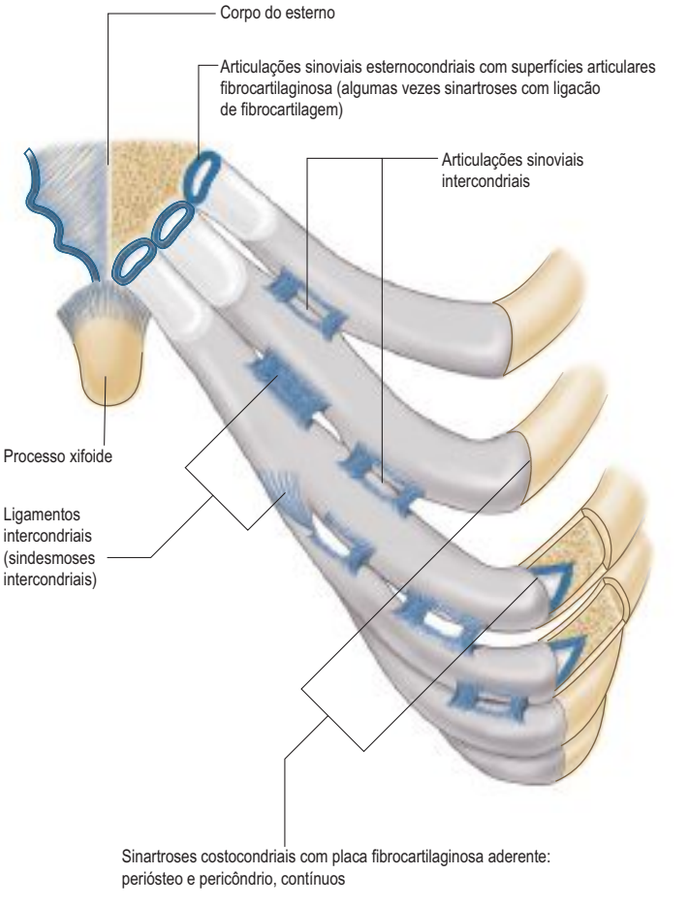
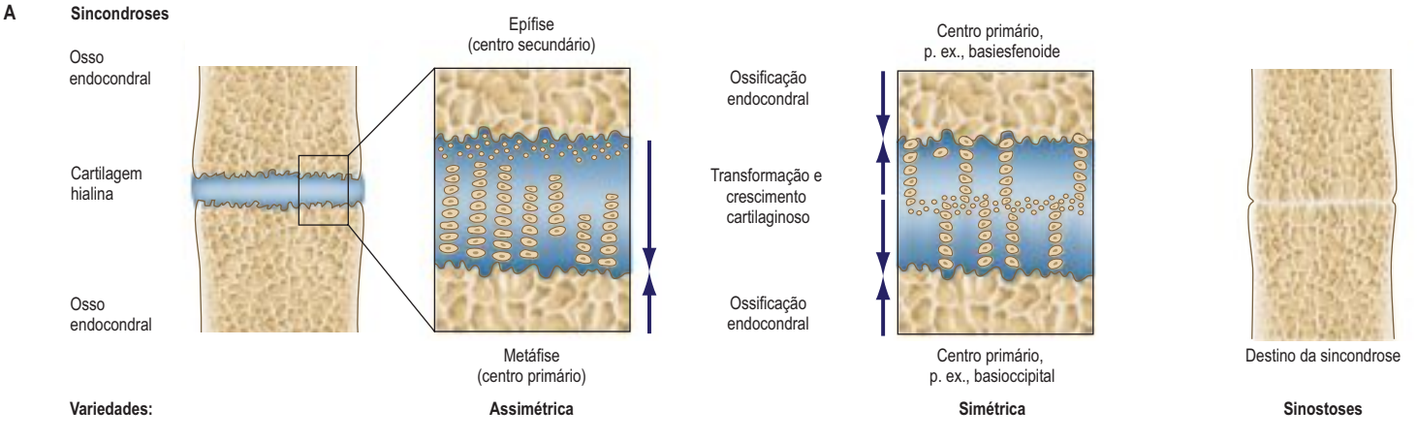


Fig. 5.30 Funções intercondriais e ossocondriais: ver o texto relativo a outras localizações. Periósteo e pericôndrio gerais omitidos.



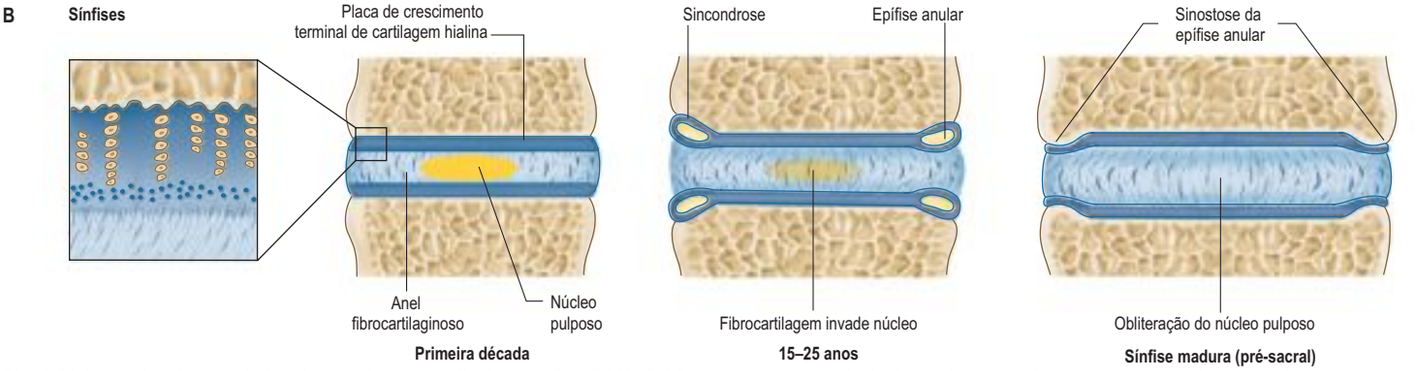


Fig. 5.29 Exemplos de variedades de articulações cartilaginosas (Fig. 5.30). **A,** Vista em corte dos principais tecidos envolvidos, arquitetura mais detalhada e principais padrões de crescimento das sincondroses simétricas e assimétricas. Graus menores de assimetria ocorrem em algumas localizações. Sinostose é o destino normal de quase todas as sincondroses quando o crescimento endocondral cessou. **B,** Sínfises intervertebrais (pré-sacrais), mostradas em corte, demonstrando alterações relacionadas à idade. Sinostose parcial ou completa é o destino normal das sínfises sacral e coccígea.

Articulações cartilaginosas primárias

Articulações cartilaginosas primárias ou sincondroses ocorrem onde centros de ossificação avançando são separados por uma área de cartilagem hialina (não articular). Elas estão presentes em todos os ossos pós-cranianos que se formam a partir de mais de um centro de ossificação. Uma vez que a cartilagem hialina retém a capacidade de ossificar com a idade, as sincondroses tendem a se sinostosar quando o crescimento está completo. As articulações cartilaginosas primárias são quase exclusivamente associadas com placas de crescimento (ver anteriormente): a anatomia detalhada das articulações específicas encontra-se descrita no capítulo topográfico apropriado. A localização e o crescimento da sincondrose esfeno-occipital é discutida no Capítulo 26.

Articulações cartilaginosas secundárias

As articulações cartilaginosas secundárias ou sínfises são principalmente definidas pela presença de um coxim ou disco interveniente de fibrocartilagem interposto entre as cartilagens hialinas articulares que cobrem as extremidades de dois ossos. O coxim ou disco varia de alguns milímetros a mais de um centímetro de largura, e a região inteira é geralmente unida por fortes tecidos conjuntivos densos firmemente aderentes. Ligamentos colagenosos se estendem a partir dos periósteos dos ossos que se articulam, cruzando a sínfise, e se fundem com os pericôndrios hialinos e fibrocartilaginosos: eles não formam uma cápsula completa e contêm plexos de terminais nervosos aferentes, os quais também penetram a periferia da fibrocartilagem. A resistência combinada dos ligamentos, cartilagem hialina e fibrocartilagem excede aquela dos ossos associados e é destinada a suportar uma variedade de esforços (compressão, tensão, tangencial e torção). A amplitude de movimento em uma sínfise é limitada pela natureza física da articulação e também pelas restrições impostas por outros ossos associados com o complexo. Rupturas são usualmente o resultado de esforços súbitos maciços que ocorrem quando o corpo está em postura inapropriada.

Todas as sínfises ocorrem na linha mediana (mandibular, manubrioesternal, púbica e intervertebrais). Todas, exceto a sínfise mandibular, ocorrem no esqueleto pós-cranial e resistem a formar sinostose. A sínfise mandibular (*symphysis menti*) é histologicamente diferente das outras sínfises; no entanto, o uso generalizado desse termo descritivo assegura que ela permaneça, ainda que provavelmente de modo inapropriado, dentro dessa categoria.

O conceito de que as sincondroses são temporárias e ocupadas com o crescimento, enquanto as sínfises são permanentes e ocupadas com o movimento, constitui um excesso de simplificação e é apenas parcialmente correto. Ambos os tipos de articulação são ocupados com a resistência e a capacidade de suportar e transmitir esforços consideráveis, ambos são locais em que ocorre crescimento e ambos contribuem direta ou indiretamente para os padrões totais de movimento das partes envolvidas. A resistência e as propriedades mecânicas das articulações cartilaginosas são reconhecidas; talvez menos atenção seja prestada ao fato de que a rigidez das sincondroses também aumenta a eficiência dos movimentos positivos nas sindesmoses, sínfises e particularmente nas articulações sinoviais correlacionadas. Os movimentos que ocorrem em uma sínfise não são simples extrapolações baseadas nas propriedades mecânicas de um coxim ou disco fibrocartilaginoso. Por exemplo, o movimento de uma vértebra em relação às suas vizinhas é uma soma tridimensional dos eventos que ocorrem em todas as articulações intervertebrais (sindesmoses, articulações sinoviais, sínfises) relevantes, cada uma das quais é submetida a um conjunto particular de esforços.

O papel proeminente das sincondroses no crescimento esquelético é amplamente reconhecido, enquanto o crescimento das sínfises recebeu menos atenção. O crescimento sinfisário pode, por questão de conveniência, ser considerado sob dois aspectos inter-relacionados: crescimento intrínseco do disco fibrocartilaginoso e crescimento das placas cartilaginosas hialinas para dentro das quais progride a ossificação endocondral.

ARTICULAÇÕES SINOVIAIS

As articulações sinoviais são diferenciadas bastante facilmente de articulações fibrosas e cartilaginosas (Fig. 5.31). Embora os ossos envolvidos sejam ligados por uma cápsula fibrosa (a qual usualmente possui espessamentos ligamentares intrínsecos) e muitas vezes por ligamentos acessórios internos ou externos, as superfícies ósseas articuladas geralmente não estão em continuidade direta. Elas são cobertas por cartilagem articular hialina de variável espessura e topologia precisa; o contato é estritamente limitado entre essas superfícies cartilaginosas, as quais têm um coeficiente de atrito muito baixo, facilitando o livre movimento. O movimento suave das superfícies articulares opostas é ajudado pelo líquido sinovial viscoso, o qual atua como um lubrificante, mas também se ocupa com a manutenção celular nas cartilagens articulares. A produção de líquido sinovial exige a presença de membrana sinovial, que é uma das características definidoras do tipo de articulação.

Superfícies articulares

As superfícies articulares são predominantemente formadas por uma especialização da cartilagem hialina, refletindo sua pré-formação como partes de modelos cartilaginosos na vida embrionária. Excepcionalmente, superfícies das articulações esternoclaviculares, acromioclaviculares e temporomandibulares são cobertas por tecido fibroso denso que contém grupos isolados de condrócitos e pouca matriz circunjacente — talvez um legado da sua formação por ossificação intramembranosa. A cartilagem articular tem superfície lubrificada, de baixo atrito, resistente a desgaste, a qual é ligeiramente compressível e elástica, e é assim idealmente construída para movimento fácil. Ela também é capaz de resistir e distribuir grandes forças de compressão e tangenciais geradas pelo movimento, transferências de peso do corpo e contrações musculares.

A espessura da cartilagem articular pode alcançar 5-7 mm nas maiores articulações de indivíduos jovens, mas pode ser reduzida a 1-2 mm no idoso. Cartilagens jovens são tipicamente brancas, lisas, brilhantes e compressíveis, enquanto cartilagens envelhecendo são mais delgadas, menos celulares, mais firmes e mais frágeis, com superfície menos regular e opacidade amarelada.

As cartilagens articulares são moldadas ao osso (Fig. 5.4), e variações na espessura muitas vezes acentuam a forma da superfície óssea subjacente. Tipicamente, as superfícies convexas são mais espessas centralmente, adelgaçando-se perifericamente, e as superfícies côncavas são o contrário. A configuração precisa, o grau de congruência em várias posições e as disposições da cápsula e ligamentos circundantes estão relacionados aos tipos e amplitudes de movimento permitidos em uma articulação. A cartilagem articular não tem nervos ou vasos sanguíneos penetrando (exceto ocasionais alças vasculares).

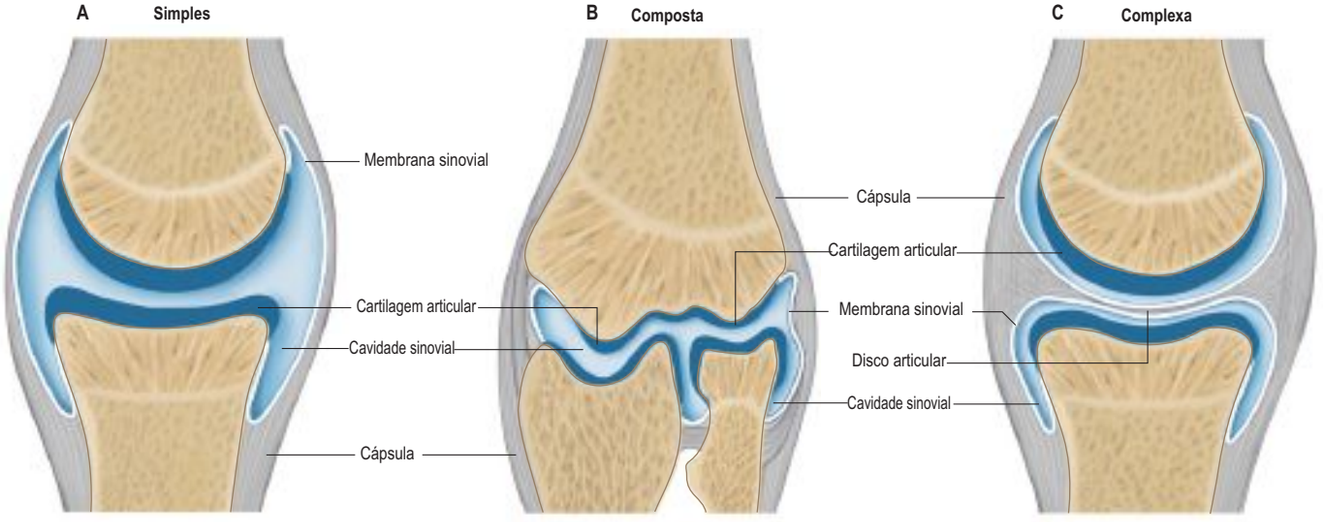


Fig. 5.31 Articulações sinoviais, algumas características estruturais principais e um tipo elementar de classificação: articulações **A,** simples; **B,** compostas; **C,** complexas. Para clareza, as superfícies articulares estão artificialmente separadas. A e C são puramente diagramáticas e não relacionadas a articulações particulares. B, no entanto, é uma representação simplificada de algumas características de uma articulação do cotovelo; os contornos complicados devidos ao olécrano, fossas coronoide e radial e perfis dos corpos adiposos articulares foram omitidos para clareza.

Sua nutrição e manutenção, portanto, dependem grandemente da difusão a partir de um plexo vascular periférico na membrana sinovial (*circulus vasculosus articuli*), vasos sanguíneos nos espaços medulares adjacentes e líquido sinovial: a importância relativa dessas contribuições é incerta.

A zona da cartilagem articular junto da cavidade articular é principalmente uma camada de fibras colágenas dispostas em vários planos com pequenos condrócitos ovais situados profundamente a ela na matriz. A microscopia eletrônica de transmissão de preparações coradas com metal pesado mostra uma capa de superfície eletrondensa interrompida de um material particulado ou filamentoso, geralmente com 0,03-0,1 μm de espessura, cobrindo a cartilagem. Líquido sinovial e detritos membranosos, produto de necrose condrocítica, podem contribuir para essa capa de superfície, que é de natureza transitória; a superfície articular estável, permanente, é delimitada pelas fibras colágenas mais superficiais. A "*lamina splendens*", uma estrutura que aparece como uma linha brilhante na superfície livre da cartilagem articular quando cortes oblíquos são examinados por microscopia de contraste de fase, é um artefato originado na fronteira entre regiões de diferente índice de refração: ela não é uma camada de superfície anatomicamente distinta. As zonas mais profundas da cartilagem articular contêm um retículo tridimensional, altamente complexo, de fibrilas interconectadas, as quais têm significados funcionais óbvios.

Com o avançar da idade, ondulações das superfícies articulares aprofundam-se e desenvolvem diminutas projeções esfarrapadas, talvez como consequência do desgaste. Essas alterações são extremamente lentas em articulações jovens: erosão ocorre em articulações patologicamente "secas" e onde a viscosidade do líquido sinovial é alterada. Mitose não é observada em condrócitos articulares adultos.

Cápsula fibrosa

Uma cápsula fibrosa encerra completamente uma articulação exceto onde ela é interrompida por protrusões sinoviais (ver descrições das articulações individuais para detalhes específicos). Ela é composta de feixes entrelaçados de fibras paralelas de colágeno branco e é inserida continuamente em torno das extremidades dos ossos que se articulam. Em ossos pequenos essa inserção é usualmente junto da periferia das superfícies articulares, mas nos ossos longos ela varia consideravelmente, e uma parte ou toda a fixação pode estar a uma distância importante da superfície articular. A cápsula é perfurada por vasos e nervos, e pode conter aberturas através das quais a membrana sinovial faz protrusão sob a forma de bolsas. Ela é revestida por uma membrana sinovial que também cobre todas as superfícies não articulares (superfícies ósseas não articulares, tendões e ligamentos) que residem parcial ou inteiramente dentro da cápsula fibrosa, por exemplo, no ombro e no joelho. Quando um tendão é fixado dentro de uma articulação, uma extensão da membrana sinovial usualmente o acompanha além da cápsula. Alguns tendões extracapsulares são separados da cápsula por uma bolsa sinovial contínua com o interior da articulação. Essas protrusões são caminhos potenciais para disseminação de infecção para dentro das articulações.

Uma cápsula fibrosa usualmente exibe espessamentos locais de feixes paralelos de fibras colágenas, chamados de ligamentos capsulares (intrínsecos), os quais recebem nomes conforme suas fixações. Algumas cápsulas são reforçadas ou substituídas por tendões de músculos vizinhos ou expansões deles. Os ligamentos acessórios são separados das cápsulas e podem ser extracapsulares ou intracapsulares em posição.

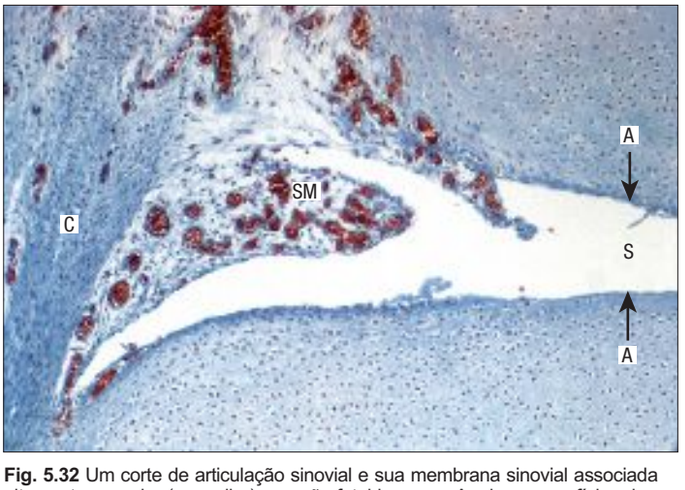


Fig. 5.32 Um corte de articulação sinovial e sua membrana sinovial associada altamente vascular (vermelho) em mão fetal humana. As duas superfícies de cartilagem articular (A, seta) são separadas à direita por uma camada de líquido sinovial (S) secretado pela membrana sinovial (SM) que se estende por uma curta distância para dentro do espaço articular a partir da cápsula (C).

Todos os ligamentos, embora cedendo pouco à tensão, são flexíveis. Eles são ligeiramente elásticos e protegidos de tensão excessiva pela contração reflexa dos músculos apropriados. Eles ficam retesados no limite normal de um movimento particular, mas não resistem às ações normais, uma vez que são destinados a sustar movimentos excessivos ou anormais.

Membrana sinovial

Membrana sinovial reveste as cápsulas fibrosas e cobre superfícies ósseas expostas, ligamentos intracapsulares, bolsas e bainhas tendíneas (Fig. 5.32). Ela não cobre discos ou meniscos intra-articulares, e para nas margens das cartilagens articulares em uma zona transicional que ocupa os poucos milímetros periféricos da cartilagem. A membrana sinovial secreta e absorve um líquido que lubrifica o movimento entre as superfícies articuladas.

Rósea, lisa e brilhante, a superfície interna sinovial exibe alguns pequenos vilos sinoviais que aumentam em tamanho e número com a idade. Dobras e franjas de membrana também podem se projetar para dentro de uma cavidade articular; algumas são suficientemente constantes para receberem nome, por exemplo, as pregas alares e o ligamento mucoso do joelho. Vilos sinoviais são mais numerosos próximo de margens articulares e sobre as superfícies das pregas e franjas, e se tornam proeminentes em alguns estados patológicos.

Acumulações de tecido adiposo (corpos adiposos articulares) ocorrem na membrana sinovial em muitas articulações. Esses corpos, dobras e franjas são amortecedores flexíveis, elásticos e deformáveis que ocupam os espaços e irregularidades potenciais em articulações que não são inteiramente preenchidas por líquido sinovial. Durante movimento eles se acomodam à forma e volume em mutação das irregularidades, também aumentam a área sinovial e podem promover a distribuição de lubrificante sobre as superfícies articulares (cf. discos e meniscos intra-articulares).

A membrana sinovial é composta de uma íntima celular repousando sobre uma camada subintimal fibrovascular (tecido subsinovial). A íntima consiste em células sinoviais pleomórficas inclusas em uma matriz extracelular granular, amorfa, sem fibras. Há considerável variação regional na morfologia e números de células. As células sinoviais humanas geralmente são elípticas e possuem numerosos processos citoplasmáticos. Pelo menos duas populações morfologicamente distintas, células sinoviais tipo A e tipo B, são responsáveis por sintetizar alguns dos componentes do líquido sinovial.

As células tipo A são semelhantes a macrófagos, caracterizadas por ondulações da superfície ou lamelípodos, invaginações da membrana plasmática e vesículas pinocitóticas associadas, aparelho de Golgi proeminente, mas pouco retículo endoplasmático rugoso. As células sinoviais tipo B, que predominam, assemelham-se a fibroblastos e possuem abundante retículo endoplasmático rugoso, mas menos vacúolos e vesículas, e têm membrana plasmática menos ondulada. Admite-se que uma parte do ácido hialurônico e glicoproteínas do líquido sinovial sejam sintetizados pelas células sinoviais tipo B, enquanto o componente líquido é um transudato dos capilares sinoviais. As células sinoviais tipo A sintetizam e liberam enzimas líticas e fagocitam detritos articulares: o dano potencial aos tecidos articulares é limitado pela secreção de inibidores de enzimas pelas células sinoviais tipo B. As células sinoviais não se dividem ativamente em membranas sinoviais normais, mas sua taxa de divisão aumenta drasticamente em resposta a trauma agudo e hemartrose. Nessas condições, as células sinoviais tipo B se dividem *in situ*, enquanto a população de células tipo A é aumentada por imigração de precursores derivados da medula óssea.

As células sinoviais de articulações humanas normais formam uma camada entrelaçada, descontínua, de uma a três células e 20-40 μm de profundidade, entre a subíntima e a cavidade articular. Elas não são separadas da subíntima por uma lâmina basal, e são distinguidas das células subintimais apenas porque se associam para formar uma camada superficial. Em muitas localizações, mas particularmente sobre tecido subintimal frouxo, comumente são encontradas áreas que são livres de células sinoviais. Sobre tecido subintimal fibroso, as células sinoviais podem ser achatadas e estreitamente agregadas, formando folhas epitelioides. As células vizinhas são muitas vezes separadas por espaços distintos, mas seus processos podem se interdigitar onde eles jazem mais perto entre si.

A subíntima é muitas vezes composta de tecido conjuntivo frouxo, irregular, mas também contém lamelas organizadas de fibras de colágeno e elastina jazendo paralelas à superfície da membrana, entremeadas com ocasionais fibroblastos, macrófagos, mastócitos e células adiposas. O componente elástico pode evitar a formação de dobras redundantes durante movimento articular. As células adiposas subintimais formam lóbulos compactos rodeados por septos interlobulares fibroelásticos altamente vasculares que proporcionam firmeza, deformabilidade e recuo elástico. A subíntima se funde com a membrana sinovial onde ela cobre a cápsula adjacente, ligamento ou tendão intracapsulares.

Líquido sinovial

O líquido sinovial ocupa articulações sinoviais, bolsas e bainhas de tendões. Nas articulações sinoviais, ele é transparente ou amarelo pálido, viscoso,

ligeiramente alcalino em repouso (o pH baixa durante atividade) e contém pequena população mista de células e partículas amorfas metacromáticas. O volume de líquido é baixo: usualmente menos de 0,5 ml pode ser aspirado de uma grande articulação como o joelho.

A composição do líquido sinovial é compatível com o fato de ele ser principalmente um dialisado do plasma sanguíneo. Ele contém proteína (aproximadamente 0,9 mg/100 ml) derivada do sangue. Também contém ácido hialurônico, que é considerado um determinante importante das propriedades viscoelásticas e tixotrópicas (dependentes da taxa de fluxo) do líquido sinovial. Uma pequena proporção (aproximadamente 2%) da proteína sinovial difere da proteína plasmática e provavelmente é produzida pelas células sinoviais tipo B, e uma proporção muito pequena (aproximadamente 0,5%) da proteína sinovial parece ser uma glicoproteína lubrificante especializada. O líquido sinovial contém algumas células (aproximadamente 60 por ml em articulações humanas em repouso), incluindo monócitos, linfócitos, macrófagos, células intimais sinoviais e leucócitos polimorfonucleares: contagens mais altas são encontradas em indivíduos jovens. Presume-se que as partículas metacromáticas amorfas e fragmentos de células e tecido fibroso encontrados no líquido sinovial sejam produzidos pelo uso e desgaste.

Meniscos, discos e corpos adiposos intra-articulares

Um disco ou menisco articular ocorre entre superfícies articulares onde a congruência é baixa. Ele consiste em fibrocartilagem, na qual usualmente predomina o elemento fibroso, e não é coberto por membrana sinovial. O termo menisco deve ser reservado para discos incompletos, como aqueles na articulação do joelho, e ocasionalmente na articulação acromioclavicular. Discos completos, como aqueles nas articulações esternoclavicular e radioulnar distal, estendem-se através de uma articulação sinovial, dividindo-a estruturalmente em duas cavidades sinoviais; muitas vezes eles têm pequenas perfurações. O disco na articulação temporomandibular pode ser completo ou incompleto.

A parte principal de um disco é relativamente acelular, mas a superfície pode ser coberta por um estrato incompleto de células chatas, contínuo na periferia com a membrana sinovial adjacente. Os discos são usualmente conectados à sua cápsula fibrosa por tecido conjuntivo vascularizado, de modo que eles se tornam invadidos por vasos e nervos simpáticos aferentes e vasomotores. Às vezes, a união entre disco e cápsula é mais estreita e mais forte, como ocorre nas articulações do joelho e temporomandibular.

A função das cartilagens intra-articulares é incerta. Deduções foram feitas a partir de dados estruturais ou filogenéticos, ajudadas por analogias mecânicas; as sugestões incluem amortecimento de choques, melhora da adaptação entre superfícies, facilitação de movimentos combinados, restrição da translação em articulações como o joelho, distribuição do peso sobre maiores áreas de superfície, proteção das margens articulares, facilitação de movimentos de rolagem e dispersão de lubrificante. O disco temporomandibular atraiu particular atenção em virtude dos seus excepcionais, talvez únicos, desenho e propriedades biomecânicas (Cap. 31).

As funções dos lábios e corpos adiposos, dois outros tipos bastante comuns de estrutura intra-articular, também são incertas. Um lábio é um rebordo anular fibrocartilaginoso, usualmente de seção triangular, afixado a uma margem articular (p. ex., fossa glenoidal e acetábulo). Ele aprofunda o soquete e aumenta a área de contato entre superfícies articuladas, e pode atuar como um dispersor de lubrificante. Similarmente aos meniscos, os lábios podem reduzir o espaço sinovial a dimensões capilares, assim limitando o arrasto, mas, diferentemente dos meniscos, os lábios não são comprimidos entre superfícies articulares. Pequenos lábios fibrosos (margens de tecido conjuntivo) foram descritos ao longo das margens ventral ou dorsal das articulações zigapofisárias em níveis lombares, do mesmo modo que meniscoides fibroadiposos em forma de menisco nos polos superior ou inferior das mesmas articulações. Os corpos adiposos são moles e mudam de forma para encher recessos nas articulações que variam em dimensão de acordo com a posição da articulação.

Suprimento neurovascular

Suprimento vascular e drenagem linfática

As articulações recebem sangue dos plexos arteriais periarticulares cujos numerosos ramos perfuram as cápsulas fibrosas para formar plexos vasculares subsinoviais. Alguns vasos sinoviais terminam junto das margens articulares em uma franja anastomótica, o *circulus articularis vasculosus*. Um plexo linfático na subíntima sinovial drena ao longo de vasos sanguíneos para os linfonodos profundos regionais.

Inervação

Uma articulação móvel é inervada por ramos articulares dos nervos que suprem os músculos que atuam sobre a articulação e que também suprem a pele que cobre a articulação (lei de Hilton). Embora haja superposição entre os territórios de diferentes nervos, cada nervo inerva uma parte específica da cápsula. A região retesada pela contração muscular é usualmente inervada por nervos que suprem os antagonistas. Por exemplo, estirar a porção da cápsula da articulação do quadril suprida pelo nervo obturador durante abdução provoca contração reflexa dos adutores que é usualmente suficiente para evitar lesão.

Axônios mielinizados nos nervos articulares inervam terminações de Ruffini, corpúsculos articulares lamelados e estruturas semelhantes a órgãos tendíneos de Golgi. As terminações de Ruffini respondem a estiramento e se adaptam lentamente, enquanto os corpúsculos lamelados respondem a movimento rápido e vibração, e se adaptam rapidamente; ambos os tipos de receptor registram a velocidade e a direção do movimento. Os órgãos tendíneos de Golgi, inervados pelos maiores axônios mielinizados (10-15 μm de diâmetro), são lentos para se adaptar; eles medeiam sentido de posição e são ocupados na estereognosia, isto é, no reconhecimento da forma de objetos que estão sendo segurados. Terminações simples são numerosas nas fixações das cápsulas e ligamentos, e são consideradas como sendo os terminais de axônios nociceptivos não mielinizados e finamente mielinizados.

Muitos axônios simpáticos pós-ganglionares não mielinizados terminam perto de músculo liso vascular e são presumivelmente vasomotores ou vasossensitivos. Admite-se que as terminações nervosas na membrana sinovial supram vasos sanguíneos exclusivamente, do que se infere que a membrana sinovial é relativamente insensível à dor.

Classificação

As articulações sinoviais podem ser classificadas (Fig. 5.33) de acordo com sua forma. Embora isso tenha algum valor prático, deve ser lembrado que elas são meramente variações, às vezes extremas, de duas formas básicas. As superfícies articulares nunca são verdadeiramente planas ou esferas completas, cilindros, cones ou elipsoides. Elas são mais bem descritas como partes de uma única superfície ovoide ou uma construção complexa de mais de uma dessas superfícies.

Articulações planas

As articulações planas são aposições de superfícies quase chatas, por exemplo, articulações intermetatarsais e algumas articulações intercarpais. Ligeira curvatura, embora usual, é muitas vezes desprezada, e os movimentos são considerados translações puras ou deslizamento entre ossos, embora, em dinâmica precisa, mesmo leves curvaturas não possam ser ignoradas.

Articulações de dobradiça

Essas articulações assemelham-se a dobradiças porque o movimento é em grande parte restrito a um plano, o que significa que elas são uniaxiais, por exemplo, articulações interfalângicas e umeroulnar. Entretanto, as superfícies dessas dobradiças biológicas diferem de cilindros mecânicos regulares porque os seus perfis não são arcos, mas variavelmente espirais, o que significa que o movimento não ocorre verdadeiramente em torno de um único eixo. As articulações de dobradiça possuem fortes ligamentos colaterais.

Articulações de pivô

Essas são articulações uniaxiais nas quais um pivô ósseo em um anel osteoligamentar permite rotação somente em torno do eixo do pivô. Os pivôs podem rodar em anéis, por exemplo, a cabeça do rádio roda dentro do ligamento anular e incisura radial ulnar ou os anéis podem rotar em torno de pivôs, por exemplo, o atlas roda em torno do dente do áxis.

Articulações bicondilares

As articulações bicondilares são predominantemente uniaxiais, com o movimento principal em um plano, mas com rotação limitada em torno de um segundo eixo ortogonal ao primeiro. As articulações bicondilares são assim denominadas por serem formadas de dois côndilos ("nós") convexos que se articulam com superfícies côncavas ou planas (às vezes inapropriadamente também chamadas de côndilos). Os côndilos podem residir dentro de uma cápsula fibrosa comum, por exemplo, o joelho, ou em cápsulas separadas que necessariamente cooperam em todos os movimentos como um par condilar, por exemplo, articulações temporomandibulares.

Articulações elipsoides

As articulações elipsoides são biaxiais e consistem em uma superfície convexa oval aposta a uma concavidade elíptica, por exemplo, articulações radiocarpais e metacarpofalângicas. Os movimentos primários ocorrem em torno de dois eixos ortogonais, por exemplo, flexão–extensão, abdução–adução, que podem ser combinados sob a forma de circundução. Rotação em torno do terceiro eixo é em grande parte evitada pela forma articular geral.

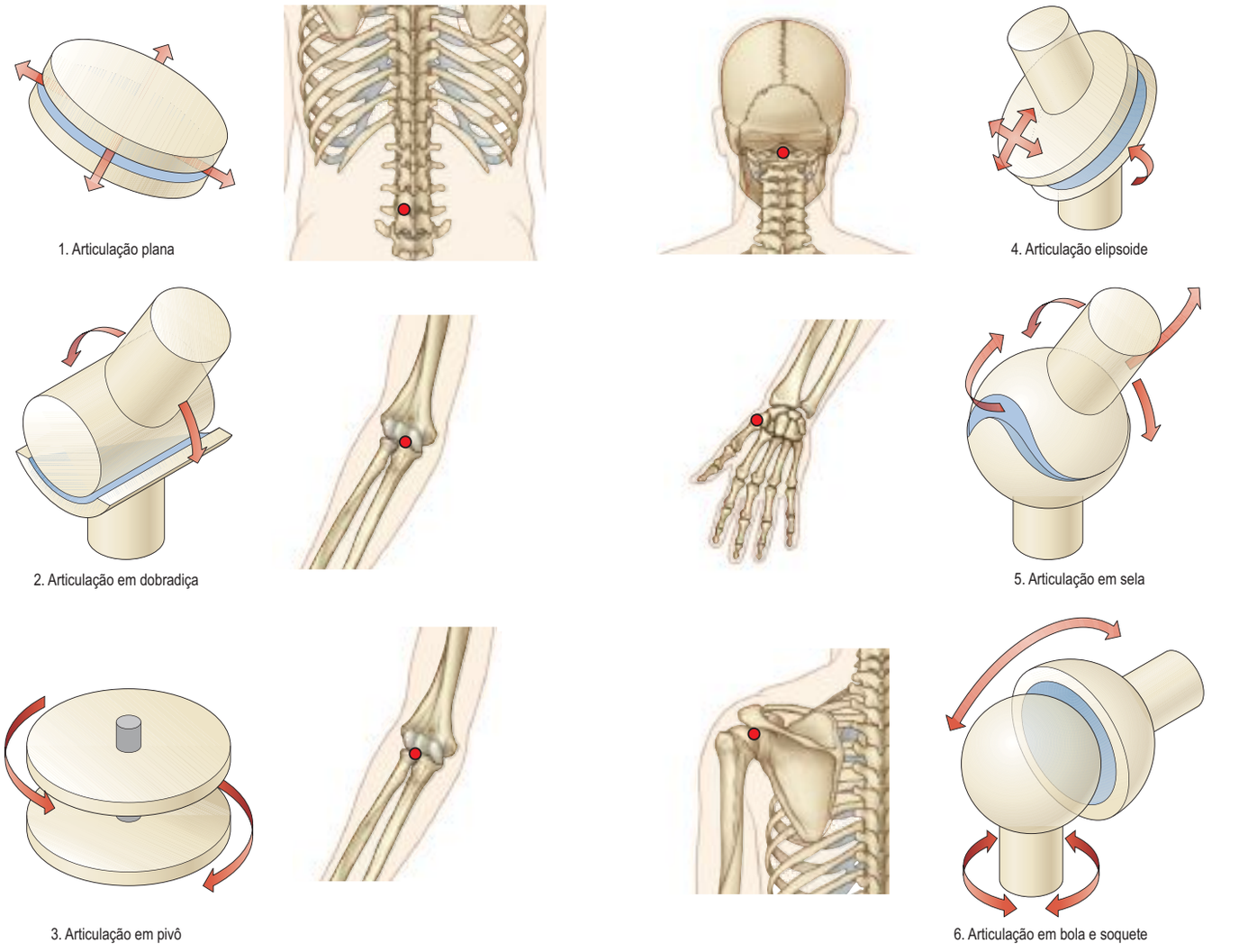


Fig. 5.33 Tipos de articulação sinovial, com exemplos selecionados.

Articulações em sela

As articulações em sela são biaxiais e possuem superfícies concavoconvexas. Cada uma é maximamente convexa em uma direção particular e maximamente côncava perpendicularmente a essa direção. A convexidade da superfície maior é aposta à concavidade da superfície menor e vice-versa. Os movimentos primários ocorrem em dois planos ortogonais, mas a forma articular causa rotação axial do osso que está se movendo. Essa rotação acoplada nunca é independente, e é funcionalmente importante no posicionamento habitual e na limitação de movimento. A articulação em sela mais familiar é a articulação carpometacarpal do polegar; outros exemplos incluem as articulações do tornozelo e calcaneocubóidea.

Articulação de bola e soquete

Essas articulações são multiaxiais e formadas pela recepção de uma "cabeça" globoide dentro de uma cavidade oposta, por exemplo, as articulações do quadril e do ombro. Suas superfícies, embora se assemelhando a partes de esferas, não são estritamente esféricas, mas ligeiramente ovoides e, consequentemente, a congruência não é perfeita na maioria das posições. De fato, ela ocorre somente em uma posição, ao término do movimento mais comum.

Fatores que influenciam o movimento

Os movimentos nas articulações sinoviais dependem de vários fatores que incluem complexidade e número de superfícies que se articulam, e número e posição dos principais eixos de movimento.

Complexidade de forma

A maioria das articulações sinoviais tem duas superfícies e são articulações simples, por exemplo, as articulações glenoumeral e interfalângicas. Em algumas, uma superfície é inteiramente convexa e maior em uma área do que na sua superfície côncava oposta e, ocasionalmente, ambas as superfícies são concavoconvexas. Uma articulação com mais de duas superfícies articulares é chamada de articulação composta, por exemplo, o joelho e o cotovelo. Em todas as articulações compostas, os territórios articulados permanecem distintos. Uma articulação sinovial que contenha um disco ou menisco intra-articular é chamada de articulação complexa, por exemplo, a articulação tibiofemoral do joelho, as articulações esternoclavicular e temporomandibular (Fig. 5.31).

Graus de liberdade

O movimento articular pode ser descrito por rotação e translação em torno de três eixos ortogonais. Existem três rotações possíveis (axial, abdução–adução, flexão–extensão) e três translações possíveis (proximodistal, mediolateral, anteroposterior). Cada uma é um grau de liberdade. Na maioria das articulações, as translações são desprezíveis e não necessitam de consideração (Fig. 5.34). Algumas articulações possuem pequeno movimento translatório puro, mas a maioria do movimento articular é por rotação.

Quando o movimento é praticamente limitado à rotação em torno de um eixo, por exemplo, o cotovelo, a articulação é chamada uniaxial e tem um grau de liberdade. Se movimentos independentes puderem ocorrer em torno de dois eixos, por exemplo, o joelho (flexão–extensão e rotação axial), a articulação é biaxial e tem dois graus de liberdade. Como há três eixos de rotação independentes, as articulações podem ter até três graus de liberdade. Essa classificação aparentemente simples é complicada pela complexidade da estrutura articular e tem consequentes efeitos sobre o movimento. Mesmo apesar de uma articulação de "bola e soquete" verdadeira poder rodar em torno de muitos eixos escolhidos, isto é, apesar de ser multiaxial, para cada posição há um máximo de três planos ortogonais, o que significa que ela pode ter, no máximo, três graus de liberdade.

Em uma articulação de dobradiça uniaxial com um único grau de liberdade, seria predito um único eixo imutável de rotação. Entretanto, como as formas das superfícies articulares são complexas, há um raio variável de curvatura (Fig. 5.35) e, consequentemente, o eixo de rotação variará à medida que progredir o movimento na articulação. Quando a variação é pequena, por exemplo, no cotovelo, muitas vezes é apropriado descrever uma posição média do eixo. Em outras, por exemplo, o joelho, a situação é mais complexa.

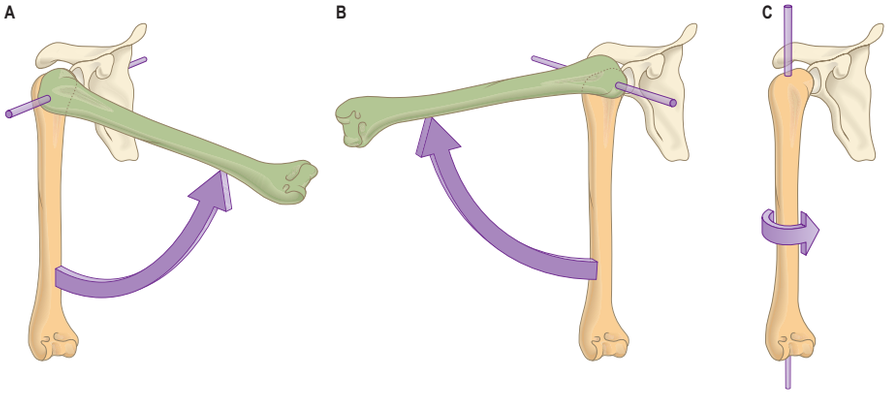


Fig. 5.34 A articulação do ombro é multiaxial e possui três graus de liberdade. **A–C** mostram os três eixos mutuamente perpendiculares em torno dos quais ocorrem os movimentos principais de flexão–extensão (**A**), abdução–adução (**B**) e rotação medial e lateral (**C**). Observar que esses eixos são referidos ao plano da escápula e não aos planos coronal e sagital do corpo ereto. Embora uma infinita variedade de movimentos adicionais possa ocorrer nessa articulação, por exemplo, movimentos envolvendo planos intermediários ou combinações, eles sempre podem ser resolvidos matematicamente em componentes relacionados aos três eixos ilustrados.

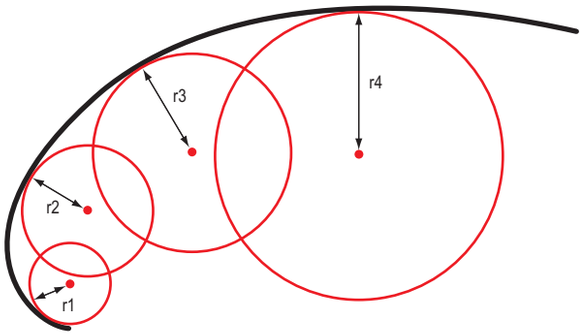


Fig. 5.35 Perfil de um corte através de superfície ovoide mostrando que ele pode ser considerado como uma série de segmentos de círculos de raio em mutação. O raio de curvatura das superfícies articulares muitas vezes muda de uma localização para outra.

Raramente os movimentos são simples. Muitas vezes, o movimento em uma direção é ligado ao movimento em outra, de maneira obrigatória. Há duas variedades de rotação: conjunta (acoplada), que é um acompanhamento integrante e inevitável do movimento principal, e adjunta, que pode ocorrer independentemente, e acompanhar ou não o movimento principal.

Movimentos e mecanismos articulares

As superfícies articulares se movem por translação (deslizamento) e angulação (rotação), usualmente em combinação, para produzir movimentos macroscópicos na articulação. Onde o movimento é leve, as superfícies recíprocas são de tamanho semelhante; onde ele é amplo, o osso habitualmente mais móvel tem a maior superfície articular.

Translação

Translação é o movimento mais simples e envolve deslizamento ou escorregamento sem apreciável angulação. Embora frequentemente combinada com outros movimentos, ela muitas vezes é considerada o único movimento permitido em algumas articulações carpais e tarsais. Entretanto, a cinerradiografia revela que considerável angulação ocorre durante movimentos dos pequenos ossos carpais e tarsais.

Angulação

Angulação significa uma alteração em ângulo entre os eixos topográficos dos ossos articulados, por exemplo, flexão e extensão, abdução e adução. A angulação pode ser subdividida como se segue.

Flexão

Flexão é um termo largamente usado, mas difícil de definir. Significa muitas vezes aproximação de duas superfícies ventrais em torno de um eixo transverso. Entretanto, o polegar é quase perpendicular aos dedos: sua superfície "dorsal" dá face lateralmente de tal modo que flexão e extensão nas suas articulações ocorrem em torno de eixos anteroposteriores. No ombro, a flexão é referida a um eixo oblíquo através do centro da cabeça umeral no plano do corpo da escápula, o braço se movendo anteromedialmente para a frente e, portanto, mais próximo da face ventral do tronco. No quadril, que tem um eixo transverso, a flexão traz a superfície morfologicamente dorsal (mas topograficamente ventral) da coxa para a face ventral do tronco. A descrição da flexão na articulação do tornozelo é complicada pelo fato de que o pé é assentado em ângulo reto com a perna. Elevação diminui esse ângulo e é usualmente chamada flexão: como ela é a aproximação de duas superfícies dorsais, poderia igualmente ser chamada de extensão. A flexão também foi definida como a postura fetal, significando que a elevação do pé é flexão, uma interpretação substanciada pelos reflexos de afastamento nos quais a elevação é sempre associada com flexão no joelho e quadril. Definições baseadas em considerações morfológicas e fisiológicas são, assim, contraditórias: para evitar confusão, dorsiflexão e flexão plantar são os termos usados para descrever movimentos no tornozelo.

Abdução e adução

Abdução e adução ocorrem em torno de eixos anteroposteriores, exceto nas articulações primeira carpometacarpal e do ombro. Os termos geralmente implicam angulação lateral ou medial, exceto nos dedos, onde planos arbitrários são escolhidos (linhas medianas do dedo médio da mão e segundo dedo do pé) porque estes são menos móveis a esse respeito. Abdução do polegar ocorre em torno de um eixo transverso e afastando-se da palma. Similarmente, a abdução do úmero sobre a escápula ocorre no plano escapular em torno de um eixo oblíquo perpendicularmente a ela.

Rotação axial

Rotação axial é um termo amplamente usado, mas muitas vezes imprecisamente. Seu sentido restrito denota movimento em torno de alguma noção de eixo "longitudinal" que pode mesmo ser em um osso separado, por exemplo, o dente da segunda vértebra cervical, sobre o qual o atlas roda. Um eixo pode ser aproximadamente o centro da diáfise de um osso longo, por exemplo, na rotação umeral medial e lateral (Fig. 5.34). Pode ser em ângulo com o eixo topográfico de um osso, por exemplo, no movimento do rádio sobre a ulna na pronação e supinação, quando o eixo une o centro da cabeça radial à base do processo estiloide ulnar, ou na rotação femoral medial e lateral, quando o eixo une o centro da cabeça femoral a um (discutido) ponto no fêmur distal. Nesses exemplos, as rotações podem ser movimentos adjuntos independentes, constituindo um grau de liberdade, ou rotações conjuntas (acopladas), as quais sempre acompanham algum outro movimento principal como consequência da geometria articular. O movimento conjunto obrigatório (acoplado) é frequentemente combinado com um grau de movimento adjunto voluntário, o último ditando que a proporção do movimento ocorre acima do componente obrigatório mínimo.

Circundução

A circundução combina sucessivamente flexão, abdução, extensão e adução, e ocorre quando a extremidade distal de um osso longo circunscreve a base de um cone que tem seu ápice na articulação em questão, por exemplo, articulações do ombro e do quadril.

DESENVOLVIMENTO DAS ARTICULAÇÕES

O desenvolvimento das articulações é descrito no contexto do desenvolvimento dos membros no Capítulo 51.

MÚSCULO

A maioria das células possui elementos citoesqueléticos que são capazes de se alongar ou encurtar e, assim, capacitar a célula a mudar sua forma. Essa capacidade é importante em uma variedade de funções celulares, por exemplo, locomoção, fagocitose, mitose e extensão de processos. Proteínas chamadas motores moleculares (Cap. 1) são capazes de efetuar mudanças de comprimento muito mais rapidamente do que sistemas que são dependentes de mecanismos de polimerização–despolimerização (actina, tubulina), usando energia a partir da hidrólise de adenosina 5′-trifosfato (ATP). Desses sistemas dependentes de ATP, um dos mais generalizados é baseado na interação de actina e miosina.

Nas células musculares, os filamentos de actina e miosina e suas proteínas associadas são tão abundantes que quase enchem o interior da célula. Além disso, eles se alinham predominantemente em uma direção, de modo que as interações ao nível molecular são traduzidas por contração linear da célula

inteira. A capacidade dessas células especializadas de mudar sua forma tornou-se sua propriedade mais importante. Montagens de células musculares contráteis, os músculos, são máquinas para converter energia química em trabalho mecânico. As forças geradas movem membros, enchem os pulmões, bombeiam sangue, abrem e fecham tubos etc. No homem, o tecido muscular constitui 40-50% da massa corporal.

CLASSIFICAÇÃO DOS MÚSCULOS

As células (fibras) musculares são também conhecidas como miócitos (os prefixos mio- e sarco- são frequentemente usados para denominar estruturas associadas com músculo). Elas se diferenciam segundo uma de três vias principais para formar músculo esquelético, cardíaco ou liso. O músculo esquelético e o cardíaco podem ser chamados de músculo estriado porque os seus filamentos de miosina e actina são organizados em elementos regulares, repetidos, que conferem às células uma delicada aparência estriada transversalmente, quando vistas ao microscópio. O músculo liso, em contraste, não possui esses elementos repetidos e, assim, não tem estriações.

Outras células contráteis, incluindo miofibroblastos e células mioepiteliais, são diferentes em caráter e origem embriológica. Elas contêm proteínas contráteis semelhantes às do músculo liso e são encontradas isoladamente ou em pequenos grupos.

Músculo estriado

Músculo esquelético

O músculo esquelético forma a maior parte do tecido muscular do corpo e consiste em feixes paralelos de longas fibras multinucleadas. Esse tipo de músculo é capaz de contrações poderosas (cerca de 100 watts por quilo) em virtude da organização regular das suas proteínas contráteis. Entretanto, o preço pago por essa organização é uma amplitude contrátil limitada: sempre que uma amplitude maior de movimento é necessária, ela é obtida através da amplificação provida pelos sistemas de alavancas do esqueleto ao qual o músculo está fixado (daí o nome músculo esquelético) (ver adiante).

O músculo esquelético é inervado por nervos motores somáticos. Ele é às vezes chamado de músculo voluntário porque os movimentos dos quais participa são muitas vezes iniciados sob controle consciente. Entretanto, esse é um termo equivocado: o músculo esquelético está envolvido em muitos movimentos, como respirar, piscar, deglutir, e nas ações dos músculos do períneo e da orelha média, que são usual ou exclusivamente dirigidos em nível inconsciente.

Músculo cardíaco

Músculo cardíaco é encontrado apenas no coração e nas paredes das grandes veias onde elas entram no coração. Ele consiste em uma rede ramificada de células individuais ligadas elétrica e mecanicamente para funcionar como uma unidade. Em comparação com o músculo esquelético, o músculo cardíaco é muito menos potente (3-5 watts por quilo), mas muito mais resistente à fadiga. Ele é provido com um suprimento contínuo de energia por numerosos vasos sanguíneos em torno das fibras e abundantes mitocôndrias dentro delas. O músculo cardíaco difere estrutural e funcionalmente do músculo esquelético em alguns aspectos importantes. Ele é, por exemplo, intrinsecamente capaz de contração rítmica, com frequência e força não obstante responsivas a controle hormonal e nervoso autonômico.

O músculo cardíaco é considerado em detalhe no Capítulo 6.

Músculo liso

O músculo liso é encontrado em todos os sistemas do corpo, nas paredes das vísceras, incluindo a maioria dos tratos gastrointestinal, respiratório, urinário e reprodutor, na túnica média dos vasos sanguíneos, na derme (como os músculos eretores dos pelos), nos músculos intrínsecos do olho e na camada muscular do escroto. Em alguns lugares, fascículos de músculo liso são associados com aqueles de músculo esquelético, por exemplo, os esfíncteres do ânus e da bexiga urinária, os músculos tarsais das pálpebras superior e inferior, o músculo suspensor do duodeno, uma zona transicional no esôfago e fáscias e ligamentos na face pélvica do diafragma pélvico.

O músculo liso contém actina e miosina, mas elas não estão organizadas em unidades repetidas, e a sua aparência microscópica, portanto, é não estriada (lisa). As células alongadas são menores que as do músculo estriado e se afilam nas extremidades. Elas são capazes de contrações lentas mas sustentadas e, embora esse tipo de músculo seja menos poderoso do que o músculo estriado, a quantidade de encurtamento pode ser muito maior. Esses atributos funcionais são bem ilustrados pelo seu papel nas paredes de tubos e sacos, onde sua ação regula o tamanho da luz encerrada e, em alguns casos, o consequente movimento do conteúdo luminal.

Uma célula muscular lisa pode ser excitada de várias maneiras, mais comumente por uma fibra nervosa autonômica, um neuro-hormônio transportado pelo sangue ou condução a partir de uma célula muscular lisa vizinha. Uma vez que nenhum desses caminhos está sob controle consciente, o músculo liso é às vezes dito músculo involuntário.

O músculo liso é considerado em detalhe no Capítulo 6.

MÚSCULO ESQUELÉTICO

Forma e arquitetura da fibra

É possível classificar os músculos com base na sua forma geral e na orientação predominante das suas fibras em relação à direção de tração (Fig. 5.36). Os músculos com fibras que são predominantemente paralelas à linha de tração variam em forma de chatos, curtos e quadriláteros (p. ex., tiroióideo) a longos e em fita (p. ex., esternoióideo, sartório). Nesses músculos, as fibras individuais podem percorrer o comprimento inteiro do músculo ou segmentos mais curtos, quando há interseções tendíneas transversais a intervalos (p. ex., reto do abdome). Em um músculo fusiforme, as fibras podem ser paralelas no "ventre", mas convergir para um tendão em ambas as extremidades. Quando as fibras são oblíquas à linha de tração, os músculos podem ser triangulares (p. ex., temporal, adutor longo) ou peniformes (semelhantes a penas) em sua construção. Os últimos variam em complexidade de unipenados (p. ex., flexor longo do polegar) e bipenados (p. ex., reto femoral, interósseos dorsais) a multipenados (p. ex., deltoide). As fibras podem passar obliquamente entre aponeuroses profunda e superficial, em um tipo de forma "unipenada" (p. ex., sóleo) ou as fibras musculares podem começar das paredes de compartimentos osteofasciais e convergir obliquamente para um tendão central, de maneira circumpenada (p. ex., tibial anterior). Os músculos podem exibir um arranjo espiralado ou torcido (p. e x., fibras esternocostais do peitoral maior e latíssimo do dorso, que sofrem uma torção de 180° entre suas fixações medial e lateral) ou podem espiralar em torno de um osso (p. ex., supinador, que se enrola obliquamente em torno da diáfise radial proximal), ou podem conter dois ou mais planos de fibras dispostas em diferentes direções, um tipo de espiral às vezes denominado cruciforme (esternocleidomastóideo, masseter e adutor magno são todos parcialmente espirais e cruciformes). Muitos músculos exibem mais de um desses tipos principais de disposição e apresentam variações regionais que correspondem a ações contrastantes, em alguns casos independentes.

Nomenclatura dos músculos

Os nomes dados aos músculos individuais são usualmente descritivos, baseados na sua forma, tamanho, número de cabeças ou ventres, posição, profundidade, fixações ou ações. Os significados de alguns dos termos usados estão apresentados na Tabela 5.1.

Esses termos são muitas vezes usados em combinação, por exemplo, flexor longo dos dedos, latíssimo do dorso (o mais largo do dorso). Os papéis funcionais significados pelos nomes devem ser interpretados com cautela: os nomes dados a músculos individuais ou grupos de músculos são muitas vezes excessivamente simplificados, e os termos que denotam ação podem enfatizar apenas uma dentre várias ações usuais. Ademais, um dado músculo pode desempenhar papéis diferentes em vários movimentos, e esses papéis podem mudar se os movimentos forem auxiliados ou sofrerem oposição da gravidade.

Microestrutura do músculo esquelético

As unidades celulares do músculo esquelético são enormes fibras musculares multinucleadas (Figs. 5.37 e 5.38) que se desenvolvem por fusão de mioblastos individuais (ver adiante). As fibras musculares individuais são longas estruturas cilíndricas que tendem a ser constantes em tamanho dentro de um dado músculo, mas em diferentes músculos podem variar de 10-100 μm de diâmetro e de milímetros a muitos centímetros em comprimento. O citoplasma de cada fibra, o sarcoplasma, é rodeado por uma membrana plasmática muitas vezes chamada de sarcolema. A maquinaria contrátil é concentrada em miofibrilas, longas estruturas estreitas (1-2 μm de diâmetro) que se estendem pelo comprimento da fibra e formam a maior parte do sarcoplasma. Numerosos núcleos ovais moderadamente eucromáticos usualmente ocupam uma fina margem transparente do sarcoplasma entre as miofibrilas e o sarcolema, e são especialmente numerosos na região da junção neuromuscular (Fig. 3.37). Um corte transverso de uma fibra muscular pode revelar apenas um ou dois núcleos, mas pode haver várias centenas ao longo do comprimento de uma fibra inteira. Células satélites miogênicas jazem entre o sarcolema e a lâmina basal circundante (ver adiante).

As miofibrilas são agregadas demasiado apertadamente para serem visíveis pela microscopia óptica de rotina (ver adiante). De maior importância são as estriações transversas, produzidas pelo alinhamento através da fibra de elementos repetidos, os sarcômeros, dentro de miofibrilas vizinhas. Essas estriações transversais são usualmente evidentes em cortes histológicos convencionalmente corados, mas podem ser demonstradas mais efetivamente usando-se colorações especiais. Elas são ainda mais notáveis sob luz polarizada, quando aparecem como um padrão de bandas escuras e claras alternadas. As faixas mais escuras, anisotrópicas ou bandas A, são birrefringentes e rodam fortemente o plano da luz polarizada. As faixas mais claras, isotrópicas ou bandas I, rodam o plano da luz polarizada em grau desprezível. Em corte transversal, os perfis das fibras são usualmente poligonais (Figs. 5.38 e 5.40). O sarcoplasma muitas vezes tem aparência pontilhada porque as miofibrilas secionadas transversalmente são resolvidas como pontos. Sua densidade de agregação varia. Em alguns músculos, por exemplo, os músculos extrínsecos da laringe, as fibras musculares tendem a

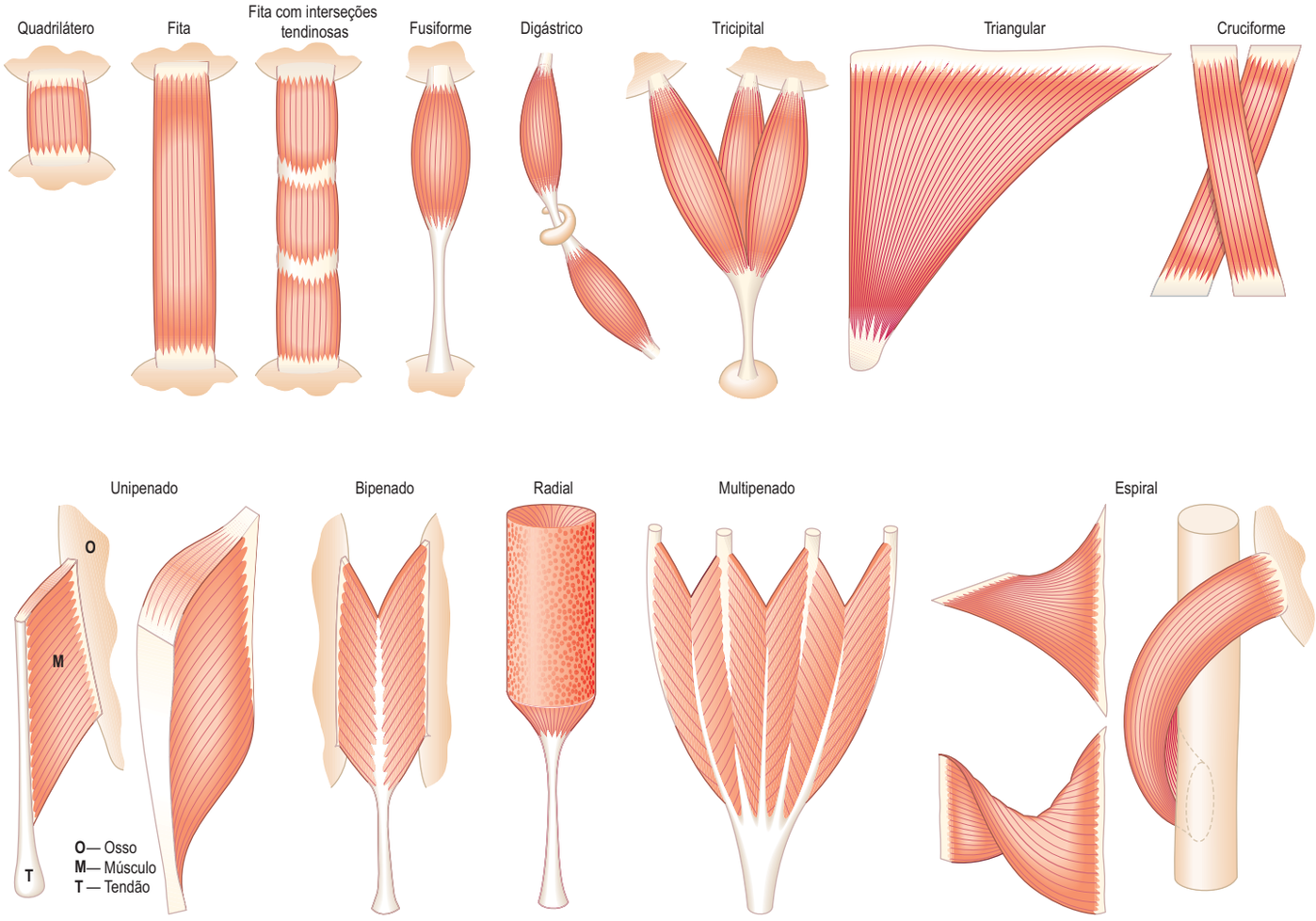


Fig. 5.36 "Tipos" morfológicos de músculo baseados na sua forma e arquitetura fascicular gerais.

Tabela 5.1 Termos usados na denominação dos músculos

Forma	**Número de cabeças ou ventres**	**Posição**
Deltoide (triangular)	Bíceps (duas cabeças)	Anterior, posterior, medial, lateral, superior, inferior, supra, infra
Quadrado	Tríceps (três cabeças)	Interósseo (entre ossos)
Romboide (losango)	Quadríceps (quatro cabeças)	Dorsal (do dorso)
Redondo	Digástrico (dois ventres)	Abdominal
Grácil (delgado)		Peitoral
Reto		Braquial
Lumbrical		Femoral (da coxa)
		Da boca
		Do olho
Tamanho	**Profundidade**	**Ação**
Maior, menor, longo	Superficial	Extensor, flexor
Curto	Profundo	Abdutor, adutor
Latíssimo (o mais largo)	Externo	Levantador, abaixador
Longuíssimo (o mais longo)	Interno	Supinador, pronador
		Constritor, dilatador
	Fixação	
	Esternocleidomastóideo (do esterno e clavícula ao processo mastoide)	
	Coracobraquial (do processo coracoide ao braço)	

não ser apertadamente agregadas, enquanto em outros, por exemplo, o grupo de músculos que fecham a mandíbula, as fibras são estreitamente agregadas e têm perfis arredondados.

Em geral, as fibras do músculo esquelético são grandes (há algumas exceções, p. ex., os músculos intrínsecos da laringe). Isso significa que micrografias eletrônicas, a não ser que de muito baixo aumento, raramente mostram mais que uma parte do interior de uma fibra. Miofibrilas, estruturas cilíndricas com cerca de 1 μm de diâmetro (Fig. 5.37), são o aspecto ultraestrutural dominante dessas micrografias. Em cortes longitudinais, elas aparecem como fitas e são interrompidas a intervalos regulares por linhas transversais finas, muito densamente coradas, que correspondem a discos na estrutura-mãe cilíndrica. Estas são as linhas Z ou, mais corretamente, discos Z (*Zwischenscheiben* = discos de intervalo) que dividem a miofibrila em uma série linear de unidades contráteis repetitivas, os sarcômeros, cada um dos quais tipicamente tem 2,2 μm de comprimento no músculo em repouso. Com maior aumento, vê-se que os sarcômeros consistem em dois tipos de filamento, grosso e fino, organizados em arranjos regulares (Figs. 5.38 e 5.40). Os filamentos grossos, que têm aproximadamente 15 nm de diâmetro, são compostos principalmente de miosina. Os filamentos finos, cujo diâmetro é de 8 nm, são compostos principalmente de actina. Os arranjos de filamentos grossos e finos formam

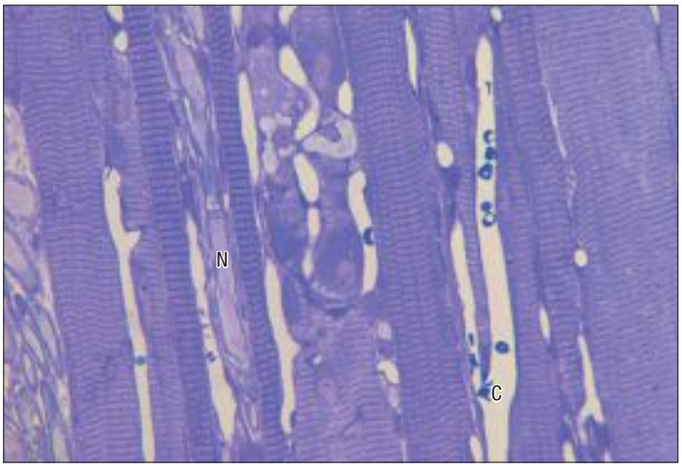


Fig. 5.37 Fibras musculares esqueléticas de reto lateral humano em corte longitudinal, mostrando estriações transversas que representam a organização sarcomérica dos filamentos de actina e miosina. A variação no diâmetro das fibras é típica dos músculos extraoculares. Capilares (C) e nervos (N) situam-se entre as fibras, orientados principalmente em paralelo e assim são também cortados longitudinalmente. Corte de resina corado com azul de toluidina. (Provido por cortesia do Department of Optometry and Visual Science, City University, London.)

uma estrutura parcialmente superposta na qual a densidade eletrônica (como visto no microscópio eletrônico) varia de acordo com a quantidade de proteína presente. Uma banda A consiste nos filamentos grossos, junto com extensões de filamentos finos que interdigitam os filamentos grossos em cada extremidade e se superpõem a eles (Figs. 5.40 e 5.41). A região mais clara central da banda A, que não é penetrada pelos filamentos finos, é chamada de zona H (*Helle* = luz). Nos seus centros, os filamentos grossos são ligados juntos transversalmente por material que constitui a linha M (*Mittelscheibe* = meio [do] disco), que é visível na maioria dos músculos. A banda I consiste nas porções adjacentes de dois sarcômeros vizinhos nos quais os filamentos finos não são superpostos por filamentos grossos. Os filamentos finos de sarcômeros adjacentes são ancorados no disco Z, o qual bissecciona a banda I. Um terceiro tipo de filamento é composto da proteína elástica titina.

O alto grau de organização dos arranjos de filamentos é igualmente evidente em micrografias eletrônicas de cortes transversais (Figs. 5.41 e 5.42). Os filamentos grossos de miosina formam uma trama hexagonal. Nas regiões onde eles se superpõem aos filamentos finos, cada filamento de miosina é rodeado por seis filamentos de actina nos pontos trigonais da trama. Na banda I, o padrão dos filamentos finos muda de hexagonal para quadrado quando os filamentos se aproximam do disco Z, onde eles são incorporados em uma estrutura de trama quadrada.

A aparência estriada das miofibrilas individuais é função da alternação regular dos arranjos de filamentos grossos e finos. O tamanho das miofibrilas as coloca no limite da resolução da microscopia óptica: estriações transversas só são visíveis naquele nível em virtude do alinhamento no registro das bandas em miofibrilas adjacentes através da largura da fibra muscular inteira. Em material relaxado corado adequadamente, as bandas A, I e H são bastante distintas, enquanto os discos Z, que são um aspecto tão proeminente das micrografias eletrônicas, são finos e muito menos conspícuos no microscópio óptico, e as linhas M não podem ser visualizadas.

Proteínas do músculo

Miosina, a proteína do filamento grosso, constitui 60% da proteína miofibrilar total e é a mais abundante proteína contrátil. Os filamentos grossos do músculo esquelético e cardíaco têm 1,5 μm de comprimento. Sua composição de montagens de cadeias pesadas e leves de miosina é descrita no Capítulo 1. Os outros componentes da miosina, as proteínas reguladoras tropomiosina e troponina, desempenham um papel importante no controle da contração. A actina é a proteína contrátil mais abundante a seguir e constitui 20% da proteína miofibrilar total. Na sua forma filamentosa, F-actina, ela é a principal proteína dos filamentos finos. Diversas miopatias congênitas resultam de mutações genéticas nos componentes do conjunto do filamento fino (revisto em Clarkson *et al.*, 2004). O terceiro tipo de filamento sarcomérico longo conecta os filamentos grossos ao disco Z e é formado pela proteína gigante, titina, que tem massa molecular de milhões. Moléculas isoladas de titina abrangem o meio sarcômero entre as linhas M e os discos Z, nos quais elas estão inseridas. Elas têm uma porção presa na banda A, onde estão fixadas aos filamentos grossos até a linha M, e uma porção elástica na banda I. As propriedades elásticas da titina dotam a fibra muscular relaxada de resistência passiva ao estiramento e recuo elástico.

Várias proteínas que não são contráteis nem reguladoras são responsáveis pela integridade estrutural das miofibrilas, particularmente seu arranjo interno

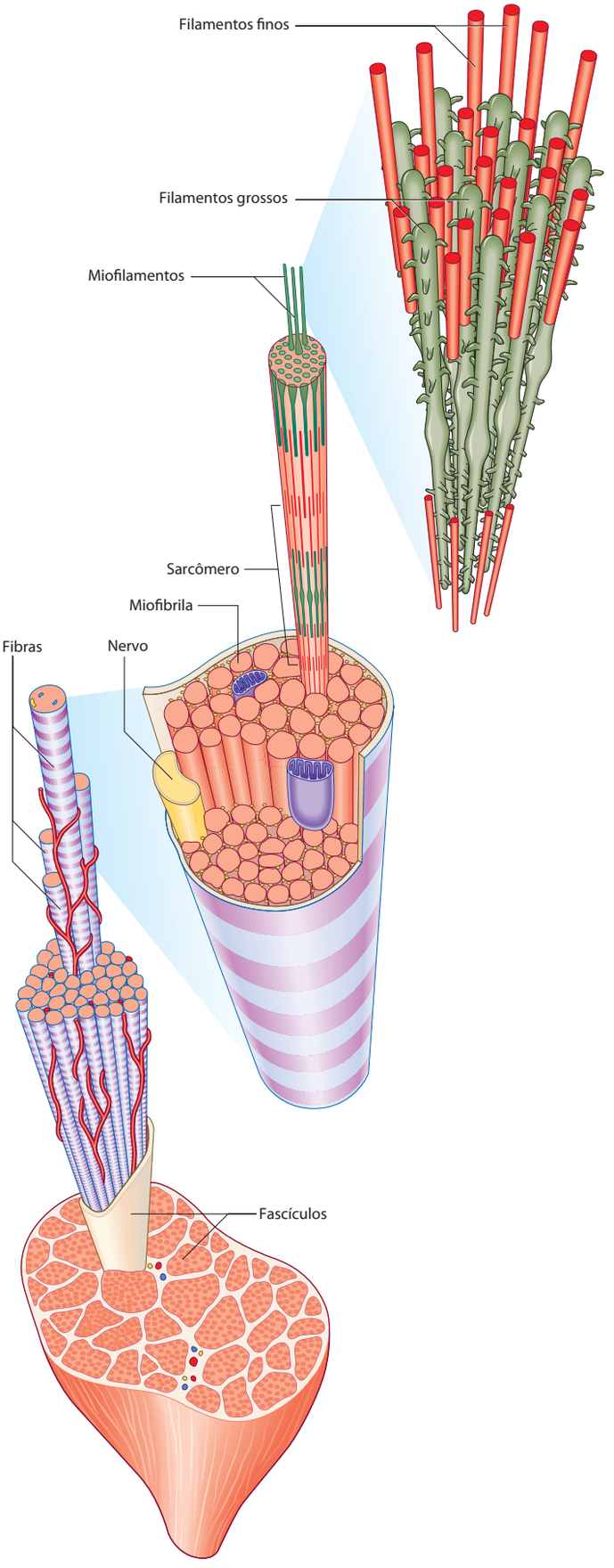


Fig. 5.38 Níveis de organização dentro de um músculo esquelético, de músculo integral a fascículos, fibras isoladas, miofibrilas e miofilamentos.

regular. Um componente do disco Z, α-actinina, é uma molécula em forma de bastão que ancora as extremidades *mais* dos filamentos de actina a partir dos sarcômeros adjacentes ao disco Z. A nebulina insere-se no disco Z, associada com os filamentos finos, e regula os comprimentos dos filamentos de actina. Uma proteína filamentar intermediária característica do músculo, a

desmina, circunda as miofibrilas no disco Z e, com a molécula ligadora plectrina, forma uma malha que conecta miofibrilas juntas dentro da fibra muscular e ao sarcolema. A miomesina prende filamentos de miosina no seu arranjo em trama regular na região da linha M. A distrofina é limitada à periferia da fibra muscular, junto da face citoplasmática do sarcolema. Ela se liga à actina intracelularmente e é também associada com um grande complexo oligomérico de glicoproteínas, o complexo distroglicano/sarcoglicano, que abrange a membrana e se liga especificamente com a merosina, a isoforma α2 da laminina da lâmina basal do músculo. Isso estabiliza a fibra muscular e transmite forças geradas internamente, com a contração, para a matriz extracelular.

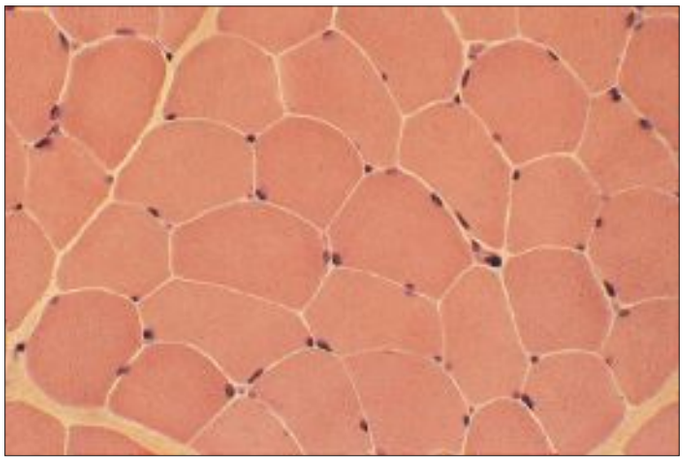


Fig. 5.39 Corte transversal em criostato de músculo esquelético humano adulto. Observar a agregação estreita das fibras e a localização periférica dos núcleos corados em escuro. (Fotografia pelo professor Stanley Salmons, de um espécime fornecido por cortesia de TIM Helliwell, Department of Pathology, University of Liverpool.)

A distrofina é o produto do gene afetado na distrofia muscular de Duchenne, uma doença fatal que se desenvolve quando a mutação do gene leva à ausência da proteína. Uma forma mais branda da doença, a distrofia muscular de Becker, é associada com tamanho e/ou abundância reduzidos de distrofina. As portadoras mulheres (heterozigotas para o gene mutante) da distrofia muscular de Duchenne também podem ter sintomas brandos de fraqueza muscular. Com cerca de 2.500 kb, o gene é um dos maiores já descobertos, o que pode se responsabilizar pela alta taxa de mutação de distrofia muscular de Duchenne (aproximadamente 35% dos casos são novas mutações). Outras distrofias musculares podem envolver deficiências em proteínas funcionalmente associadas com a distrofina, como o complexo distroglicano/sarcoglicano ou α2 laminina. O envolvimento, na distrofia muscular, de defeitos no complexo de adesão da distrofina é revisto em Batchelor e Winder (2006).

Outras estruturas sarcoplasmáticas

Embora as miofibrilas sejam o aspecto ultraestrutural dominante do músculo esquelético, as fibras contêm outras organelas essenciais à função celular, como ribossomos, aparelho de Golgi e mitocôndrias. A maioria delas está localizada em torno dos núcleos, entre as miofibrilas e o sarcolema, e, em menor extensão, entre as miofibrilas. Mitocôndrias, gotículas lipídicas e glicogênio fornecem o suporte metabólico necessitado pelo músculo ativo. As mitocôndrias são alongadas e suas cristas são estreitamente aproximadas. O número de mitocôndrias em uma fibra muscular adulta não é fixo, mas pode aumentar ou diminuir bastante prontamente em resposta a alterações sustentadas na atividade. Gotículas lipídicas esféricas, aproximadamente com 0,25 μm de diâmetro, estão distribuídas uniformemente por todo o sarcoplasma

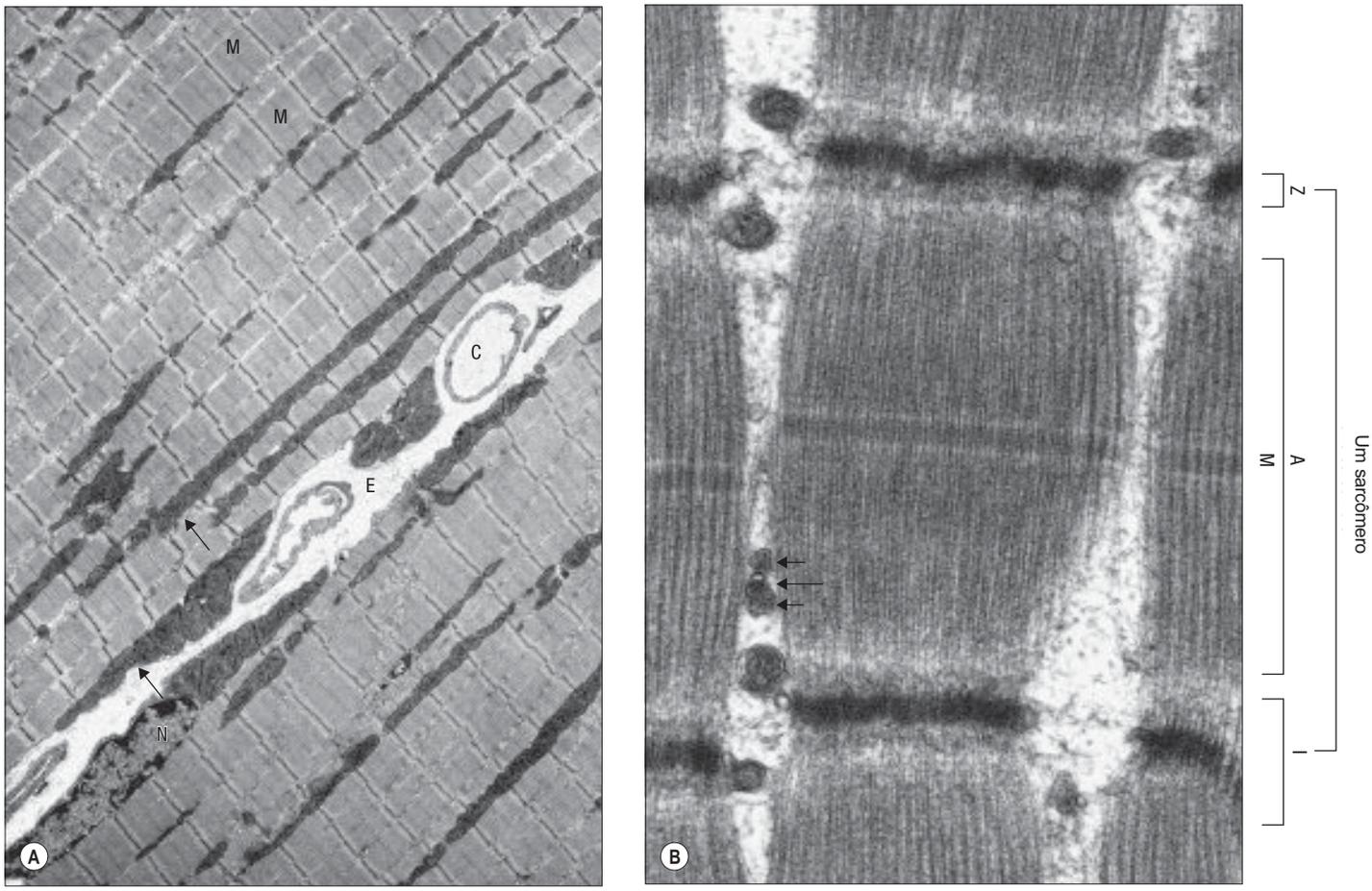


Fig. 5.40 O aspecto em microscopia eletrônica do músculo esquelético em corte longitudinal. **A,** Vista com pequeno aumento de partes de duas fibras musculares adjacentes, separadas por endomísio (E), contendo capilares (C) e um núcleo perifericamente situado (N) na fibra à direita. Mitocôndrias (setas) estão situadas perifericamente e entre as miofibrilas (M). Miofibrilas preenchem o citoplasma, com seus sarcômeros (unidades contráteis) em registro, conforme visto pelo alinhamento dos discos Z (linhas escuras transversais) através de cada fibra muscular. **B,** Um sarcômero dentro de uma miofibrila e partes de dois outros. (Um sarcômero é a distância entre discos Z adjacentes.) Também são vistas a banda A, bissecionada pela linha M, e a banda I, que aqui está quase obliterada no estado contraído (**Fig. 5.41**). Uma tríade é visível entre as miofibrilas, compreendida por um túbulo T (seta longa) e duas cisternas terminais do retículo sarcoplasmático (setas curtas). (Parte A provida por cortesia do Professor Hans Hoppeler, Institute of Anatomy, University of Bern,Switzerland.)

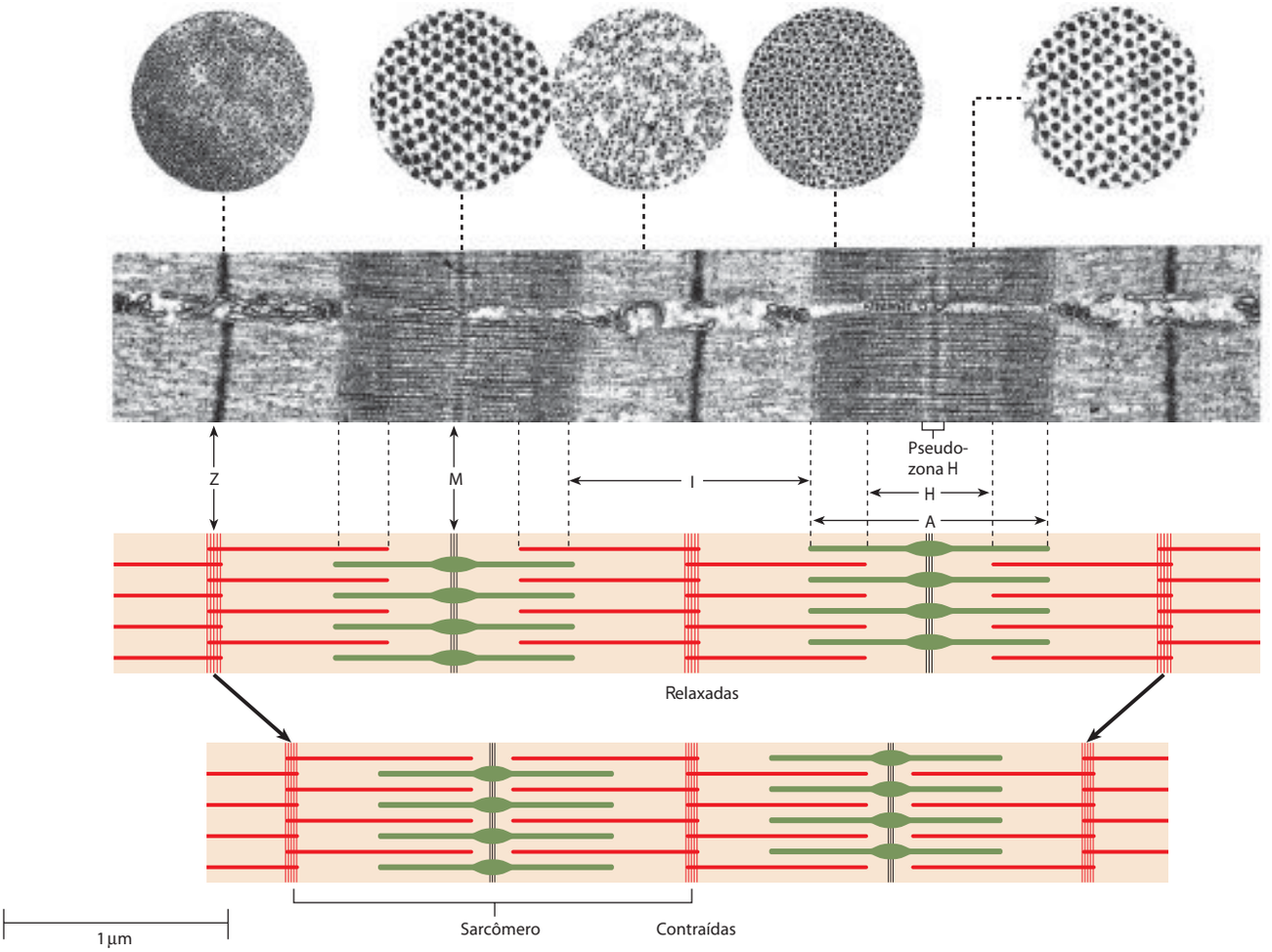


Fig. 5.41 Estruturas do sarcômero. Os desenhos embaixo da micrografia eletrônica (de duas miofibrilas cortadas longitudinalmente e com seus eixos longos orientados transversalmente) indicam os arranjos correspondentes dos filamentos grossos e finos. São mostrados os estados relaxado e contraído, para ilustrar as alterações que ocorrem durante encurtamento. Os detalhes no topo mostram a aparência ultraestrutural de cortes transversais através da miofibrila nos níveis mostrados. Observar que a geometria de empacotamento dos filamentos finos muda de um arranjo quadrado no disco Z para um arranjo hexagonal quando eles interdigitam com filamentos grossos na banda A. (Fotografias pela Professora Brenda Russell, Department of Physiology and Biophysics, University of Illinois at Chicago.)

entre as miofibrilas. Elas representam uma rica fonte de energia que só pode ser utilizada por vias metabólicas oxidativas: são portanto mais comuns em fibras que têm alto conteúdo mitocondrial e bom suprimento sanguíneo capilar. Pequenos aglomerados de grânulos de glicogênio estão dispersos entre as miofibrilas e entre os filamentos finos. Em breves rajadas de atividade eles fornecem uma fonte importante de energia anaeróbica que não é dependente de fluxo sanguíneo para a fibra muscular.

Invaginações tubulares do sarcolema penetram entre as miofibrilas em um plano transverso no limite de cada banda A (Fig. 5.40). As luzes desses túbulos transversos (túbulos T) estão assim em continuidade com o espaço extracelular. Nas extremidades da fibra muscular, onde a força é transmitida às estruturas de tecido conjuntivo adjacentes, o sarcolema é dobrado em numerosas projeções digitiformes que reforçam a região juncional, aumentando a área de fixação.

O retículo sarcoplasmático (RS) é uma forma especializada de retículo endoplasmático liso, e forma um plexo de cisternas com membranas anastomosadas que enche grande parte do espaço entre as miofibrilas (Fig. 5.43). As cisternas se expandem em sacos maiores, retículo sarcoplasmático juncional ou cisternas terminais, onde elas entram em contato estreito com os túbulos T, formando estruturas chamadas tríades (Figs. 5.40 e 5.43). As membranas do RS contêm bombas de cálcio–ATPase que transportam íons cálcio para dentro das cisternas terminais, onde os íons são ligados à calsequestrina, uma proteína com alta afinidade pelo cálcio, em grânulos de armazenamento densos. Dessa maneira, o cálcio pode ser acumulado e retido nas cisternas terminais em uma concentração muito mais alta que em outros locais no sarcoplasma. Canais de liberação de Ca^{2+} (receptores da rianodina) estão concentrados principalmente nas cisternas terminais e formam metade dos "pés" ou "pilares" juncionais que unem o RS e os túbulos T nas tríades. A outra metade dos pés juncionais é o receptor nos túbulos T que constitui o sensor de voltagem.

Tecidos conjuntivos do músculo

O endomísio é uma rede delicada de tecido conjuntivo que rodeia as fibras musculares e forma o seu ambiente externo imediato. Ele é o local da troca metabólica entre músculo e sangue, e contém capilares e feixes de pequenas fibras nervosas. Fluxos iônicos associados com a excitação elétrica das fibras musculares têm lugar através da sua matriz de proteoglicano. O endomísio é contínuo com septos mais substanciais de tecido conjuntivo que constituem o perimísio. Este último embainha grupos de fibras musculares para formar feixes paralelos ou fascículos, transmite maiores vasos sanguíneos e nervos, e acomoda fusos neuromusculares. Os septos perimisiais são, eles próprios, as extensões, para dentro, de uma bainha colagenosa, o epimísio, que forma parte da fáscia que reveste grupos musculares inteiros.

O epimísio consiste principalmente em colágeno tipo I, o perimísio contém colágeno tipos I e III, e o endomísio contém colágeno tipos III e IV. Colágeno IV é associado particularmente com a lâmina basal que reveste cada fibra muscular.

As bainhas epimisial, perimisial e endomisial coalescem onde os músculos se conectam com estruturas adjacentes em tendões, aponeuroses e fáscias (ver adiante): isso dá às fixações grande resistência, uma vez que as forças de tração são distribuídas na forma de esforços tangenciais, aos quais mais facilmente é oposta resistência. Esse princípio também é visto nas extremidades das fibras musculares, que se dividem em processos digitiformes separados por inserções de fibras colágenas tendinosas. Embora não haja fixações desmossômicas nessas junções miotendíneas, há outras especializações que ajudam na transmissão de força do interior da fibra para a matriz extracelular. Filamentos de actina dos sarcômeros adjacentes, que normalmente se inseririam em um disco Z nesse ponto, em vez disso penetram uma matriz filamentosa densa subsarcolêmica que fornece fixação para a membrana plasmática. Essa matriz é semelhante em caráter à face citoplasmática de uma junção do tipo aderente. A estrutura como um todo é homóloga dos discos intercalados do músculo cardíaco. Na superfície extracelular do sarcolema juncional, integrinas proveem contato com a lâmina basal, a qual por sua vez adere estreitamente a fibras colágenas e reticulares (colágeno tipo III) do tendão ou outra estrutura de tecido conjuntivo adjacente.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Na maioria dos músculos, a artéria fonte principal entra pela superfície profunda, frequentemente em estreita associação com a veia e o nervo principais, os quais juntos formam um hilo neurovascular. Os vasos subsequentemente

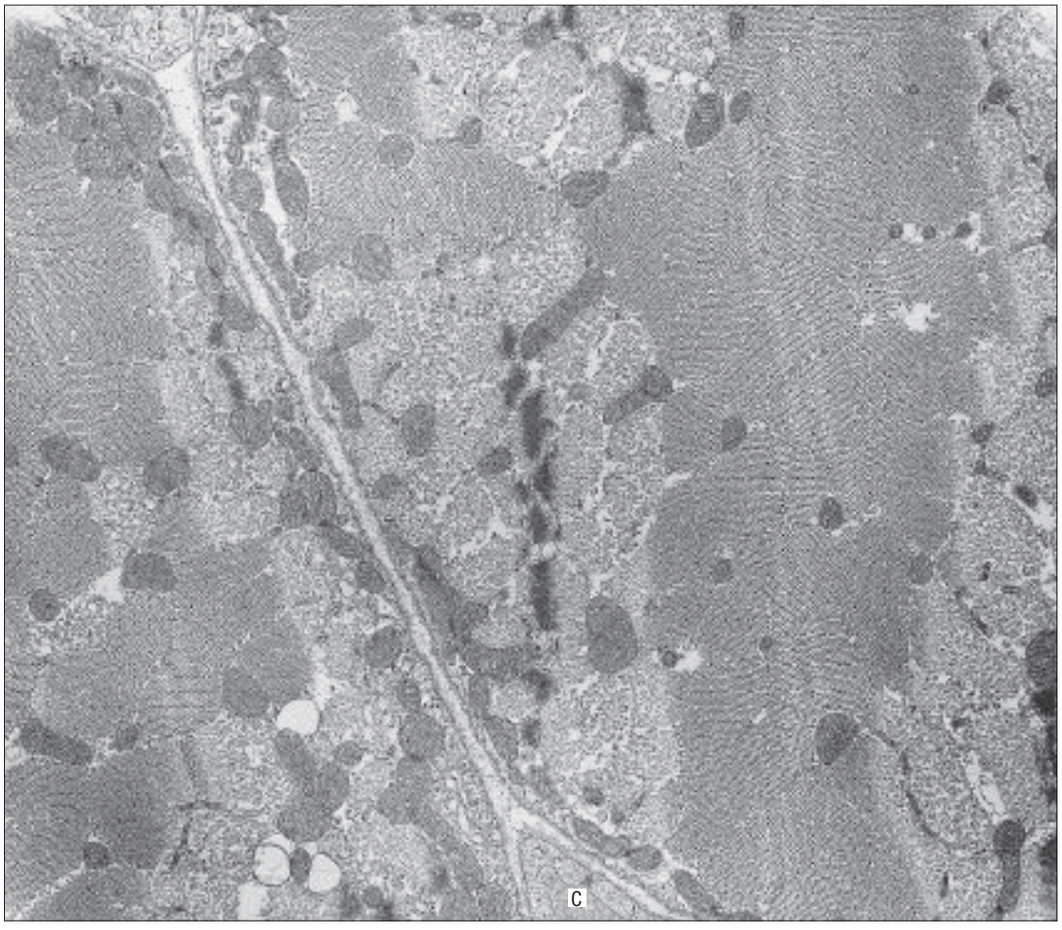


Fig. 5.42 Micrografia eletrônica de músculo esquelético em corte transversal, mostrando partes de duas fibras musculares. Parte de um capilar (C) é vista em corte transversal no espaço endomisial. A variação na aparência das miofibrilas encontra-se explicada na **Fig. 5.41.** (Fotografia pela Professora Brenda Russell, Department of Physiology and Biophysics, University of Illinois at Chicago.)

correm e se ramificam dentro do arcabouço de tecido conjuntivo do músculo. As menores artérias e arteríolas se ramificam nos septos perimisiais e emitem capilares que correm no endomísio: embora os menores vasos estejam situados principalmente paralelos às fibras musculares, eles também se ramificam e anastomosam em torno das fibras, formando uma malha alongada.

Mathes e Nahai (1981) classificaram a anatomia vascular macroscópica dos músculos em cinco tipos de acordo com o número e a dominância relativa dos pedículos vasculares que entram no músculo (Fig. 5.44). Essa classificação tem importante relevância cirúrgica para determinar que músculos sobreviverão e serão úteis para procedimentos de transferência de tecido pediculado ou livre usando técnicas de cirurgia plástica e reconstrutora. Os músculos tipo I possuem pedículo vascular único que supre o ventre muscular, por exemplo, tensor da fáscia lata (suprido pelo ramo ascendente da artéria femoral circunflexa lateral) e gastrocnêmio (suprido pela artéria sural). Os músculos tipos II são servidos por pedículo vascular dominante único e vários pedículos menores, e podem ser sustentados com um pedículo secundário, bem como o dominante, por exemplo, grácil (suprido pela artéria femoral circunflexa medial no pedículo dominante). Os músculos tipo III são supridos por dois pedículos dominantes separados, cada um de uma artéria fonte diferente, por exemplo, reto do abdome (suprido pelas artérias epigástricas superior e inferior) e glúteo máximo (suprido pelas artérias glúteas superior e inferior). Os músculos tipo IV possuem múltiplos pequenos pedículos, os quais, isoladamente, não são capazes de suportar o músculo inteiro, por exemplo, sartório e tibial anterior: cerca de 30% sobrevivem à redução sobre um pedículo vascular isolado. Os músculos tipo V têm pedículo vascular dominante e múltiplos pedículos segmentares, por exemplo, latíssimo do dorso (suprido pela artéria toracodorsal como pedículo principal e perfurantes toracolombares a partir das seis artérias intercostais inferiores e as artérias lombares como o suprimento segmentar) e peitoral maior (suprido pelo ramo peitoral do eixo toracoacromial como pedículo dominante e perfurantes anteriores dos vasos torácicos internos como suprimento segmentar).

Em cortes transversais de músculo, o número de perfis capilares encontrados adjacentes às fibras usualmente varia de zero a três. Fibras que são envolvidas em atividades sustentadas, como a postura, são servidas por uma rede capilar mais densa do que as fibras que são recrutadas apenas infrequentemente. É comum os músculos receberem seu suprimento arterial por mais de uma via. As artérias acessórias penetram o músculo em outros lugares que não o hilo e se ramificam da mesma maneira que a artéria principal, formando territórios vasculares. As fronteiras de territórios adjacentes são abrangidas por vasos anastomóticos, às vezes de calibre constante, porém mais comumente através de artérias de calibre reduzido ou arteríolas que são chamadas *choke vessels* (vasos abafadores) (Cap. 6). Essas arcadas ligam os territórios em uma rede contínua.

As veias se ramificam de maneira semelhante, formando territórios venosos que correspondem estreitamente aos territórios arteriais. Nas zonas onde os territórios arteriais são ligados por *choke vessels*, os territórios venosos são ligados por veias que se anastomosam, nesse caso sem mudança de calibre. Em cada lado dessas pontes venosas, as válvulas nos territórios adjacentes dirigem o fluxo em direções opostas para os seus respectivos pedículos, mas as próprias veias conectoras não possuem válvulas e, por essa razão, permitem fluxo em qualquer direção.

Em virtude do potencial de movimento relativo dentro dos grupos musculares, os vasos tendem a não cruzar entre os músculos, mas a radiar até eles a partir de locais mais estáveis ou cruzar em pontos de fusão. Onde um músculo é subjacente à pele, os vasos passam em ponte entre os dois. Eles podem ser vasos primariamente cutâneos, isto é, eles suprem a pele diretamente, mas contribuem com pequenos ramos para o músculo ao passarem através dele ou podem ser os ramos terminais de vasos intramusculares que deixam o músculo para suplementar o suprimento sanguíneo cutâneo. Estes últimos são menos frequentes onde o músculo é móvel sob a fáscia profunda. A correspondência entre os territórios vasculares na pele e nos tecidos subjacentes deu origem ao conceito de angiossomos, os quais são blocos compósitos de tecido supridos por artérias distribuidoras que têm nome e drenados pelas suas veias acompanhantes (Cap. 6).

A pressão exercida sobre as veias intramusculares dotadas de válvulas durante a contração muscular funciona como uma "bomba muscular" que promove retorno venoso ao coração. Em alguns casos, esse papel parece ser amplificado por veias que passam através do músculo depois de se originarem em outros locais em tecidos superficiais ou profundos (Cap. 79). A extensão na qual o leito capilar muscular é perfundido pode ser variada de acordo com

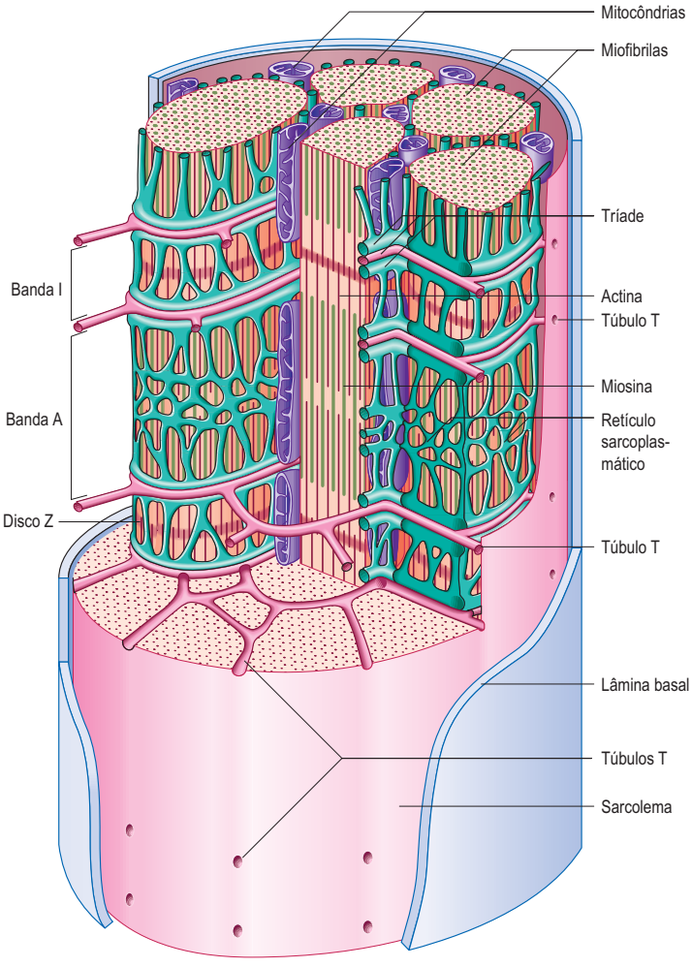


Fig. 5.43 Reconstrução tridimensional de uma fibra muscular esquelética de mamífero, mostrando em particular a organização dos túbulos transversos e retículo sarcoplasmático. Mitocôndrias situam-se entre as miofibrilas. Observar que os túbulos transversos são encontrados ao nível das junções A/I, onde eles formam tríades com as cisternas terminais do retículo sarcoplasmático.

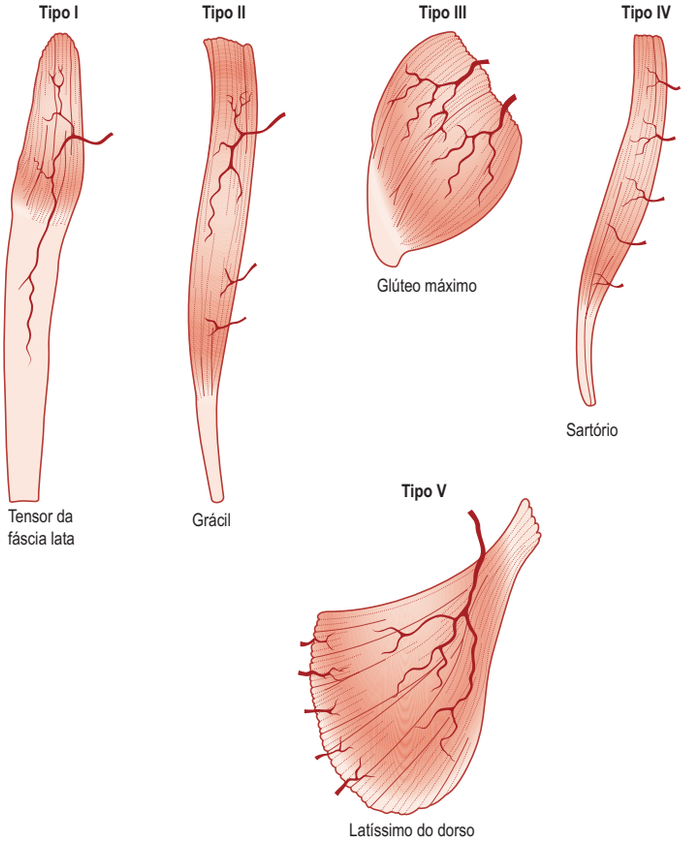


Fig. 5.44 Classificação dos músculos de acordo com o seu suprimento sanguíneo. (Com permissão de Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

a demanda funcional. Anastomoses arteriovenosas, através das quais o sangue pode ser retornado diretamente ao sistema venoso sem atravessar os capilares, proveem uma via regulada alternativa.

A drenagem linfática dos músculos começa sob a forma de capilares linfáticos nas bainhas epimisial e perimisial, mas não endomisial. Eles convergem para formar vasos linfáticos maiores que acompanham as veias e drenam para os linfonodos regionais.

Inervação

Todo músculo esquelético é suprido por um ou mais nervos. Nos membros, face e pescoço há usualmente um único nervo, embora seus axônios possam ser derivados de neurônios localizados em diversos segmentos da medula espinal e seus gânglios associados. Músculos como os da parede abdominal, que se originam de vários segmentos embrionários, são supridos por mais de um nervo. Na maioria dos casos, o nervo viaja com os vasos sanguíneos principais dentro de um feixe neurovascular, aproxima-se do músculo perto da sua fixação menos móvel e entra na superfície profunda em uma posição que é mais ou menos constante para cada músculo.

Os nervos que suprem músculos são frequentemente denominados "nervos motores", mas eles contêm ao mesmo tempo componentes motores e sensitivos. O componente motor é composto principalmente de grandes axônios eferentes α mielinizados, que suprem as fibras musculares, suplementados por pequenas fibras eferentes γ finamente mielinizadas, ou fibras fusomotoras, que inervam as fibras musculares intrafusais dos fusos neuromusculares, e finas eferentes autonômicas não mielinizadas (fibras C), que inervam o músculo liso vascular. O componente sensitivo consiste em grandes aferentes mielinizadas IA e menores, grupo II, dos fusos neuromusculares, grandes aferentes IB mielinizadas dos órgãos tendíneos de Golgi e axônios mielinizados finos e não mielinizados que transmitem dor e outras sensações a partir de terminais livres nas bainhas de tecido conjuntivo do músculo.

Dentro do músculo, os nervos viajam através dos septos epimisiais e perimisiais antes de entrar no fino tecido endomisial em torno das fibras musculares. Axônios α motores ramificam-se repetidamente antes de perderem suas bainhas de mielina e terminarem em uma zona estreita na direção do centro do ventre do músculo conhecida como ponto motor. Clinicamente, esse é o lugar em um músculo a partir do qual é mais fácil provocar uma contração com eletrodos de estimulação. Músculos longos geralmente possuem duas ou mais bandas terminais ou motoras porque muitas fibras musculares não correm pela extensão inteira de um músculo anatômico. O ramo terminal de um axônio motor α faz contato com uma fibra muscular em uma sinapse especializada, a junção neuromuscular (Fig. 3.37). Ele emite vários ramos curtos, tortuosos, cada um terminando em uma área elíptica, a placa motora. A área discoide subjacente de sarcolema, a placa sola ou aparelho subneural, é lançada em profundas dobras sinápticas. Esse tipo individualizado de junção neuromuscular é um exemplo de terminação *en plaque* (em placa) e é encontrada em fibras musculares que são capazes de propagar potenciais de ação. Um tipo diferente de terminação é encontrado em fibras musculares tônicas lentas, as quais não têm essa capacidade, por exemplo, nos músculos oculares extrínsecos, onde as fibras tônicas lentas formam um componente menor do músculo anatômico. Nesse caso, a propagação da excitação é assumida pelos terminais nervosos, que se ramificam por uma distância alongada para formar várias junções neuromusculares (terminações *en grappe*, em cacho). Algumas fibras musculares desse tipo recebem os ramos terminais de mais de um neurônio motor. Os terminais dos eferentes γ que inervam as fibras musculares intrafusais do fuso neuromuscular também apresentam uma variedade de formas.

Os ramos terminais dos neurônios motores α estão normalmente em uma relação "um para um" com suas fibras musculares: uma fibra muscular recebe apenas um ramo e qualquer ramo inerva apenas uma fibra muscular. Quando um neurônio motor é excitado, um potencial de ação é propagado ao longo do axônio e todos os seus ramos para todas as fibras musculares que ele supre. O neurônio motor e as fibras musculares que ele inerva podem, portanto, ser vistos como uma unidade funcional, a unidade motora: o arranjo se responsabiliza pela contração mais ou menos simultânea de certo número de fibras dentro do músculo. O tamanho de uma unidade motora varia consideravelmente. Em músculos usados para tarefas de precisão, por exemplo, músculos extraoculares, interósseos e laríngeos intrínsecos, cada neurônio motor inerva talvez 10 fibras musculares, enquanto em um grande músculo de membro

um neurônio motor pode inervar várias centenas de fibras musculares. Dentro de um músculo, as fibras pertencentes a uma unidade motora são distribuídas por amplo território, sem consideração a fronteiras fasciculares, e entremeiam-se com as fibras de outras unidades motoras. As unidades motoras se tornam maiores em casos de dano nervoso porque as fibras desnervadas induzem brotamento colateral ou terminal dos axônios restantes. Cada novo ramo pode reinervar uma fibra, assim aumentando o território do seu neurônio motor progenitor.

Contração muscular: fisiologia básica

A chegada de um potencial de ação na placa motora de uma junção neuromuscular faz a acetilcolina (ACh) ser liberada das vesículas de armazenamento para dentro da fenda sináptica altamente pregueada de 30-50 nm que separa a terminação nervosa do sarcolema (Fig. 3.37). A ACh é rapidamente ligada por moléculas receptoras localizadas nas dobras juncionais, desencadeando aumento quase instantâneo na permeabilidade e, portanto, na condutância da membrana pós-sináptica. Isso gera uma despolarização local (o potencial de placa motora), que inicia um potencial de ação no sarcolema circundante. A atividade do neurotransmissor é rapidamente terminada pela enzima acetilcolinesterase (AChE), que está ligada à lâmina basal nas dobras juncionais sarcolêmicas. O sarcolema é uma membrana excitável, e os potenciais de ação gerados na junção neuromuscular se propagam rapidamente sobre a superfície inteira da fibra muscular.

Os potenciais de ação são conduzidos radialmente para o interior da fibra pelos túbulos T, extensões do sarcolema (ver anteriormente), assegurando que todas as partes da fibra muscular sejam ativadas rápida e quase sincronicamente. O acoplamento excitação–contração é o processo pelo qual um potencial de ação dispara a liberação de cálcio das cisternas terminais do retículo sarcoplasmático para dentro do citosol. Isso ativa um interruptor sensível ao cálcio nos filamentos finos (ver adiante) e assim inicia a contração. Ao término da excitação, a membrana T tubular se repolariza, cessa a liberação de cálcio, íons cálcio são ativamente transportados de volta para as reservas de calsequestrina no retículo sarcoplasmático pelas bombas de cálcio–ATPase e o músculo relaxa.

Os comprimentos dos filamentos grosso e fino não mudam durante a contração muscular. O sarcômero se encurta pelo deslizamento dos filamentos grosso e fino um em relação ao outro, o que puxa os discos Z para o meio de cada sarcômero (Fig. 5.41). À medida que a superposição aumenta, as bandas I e H se estreitam quase até a extinção, enquanto a largura das bandas A permanece constante. O deslizamento dos filamentos depende de fazer e romper laços (ciclagem das pontes cruzadas) entre as regiões da cabeça da miosina e dos filamentos de actina. As cabeças de miosina "andam" ou "remam" ao longo dos filamentos de actina usando uma série de curtos golpes de força, cada uma resultando em um movimento relativo de 5-10 nm. Os locais de ligação dos filamentos de actina para miosina só são revelados na presença de cálcio, o qual é liberado para dentro do sarcoplasma a partir do retículo sarcoplasmático, causando um reposicionamento do complexo troponina–tropomiosina sobre a actina (o interruptor sensível ao cálcio). A ligação e a liberação da cabeça de miosina são dependentes de energia (ligação de ATP é necessária para destacar as cabeças ligadas de miosina como parte do ciclo normal). Na ausência de ATP (como ocorre depois da morte), o estado ligado é mantido, sendo responsável pela rigidez muscular conhecida como *rigor mortis*.

A soma dos golpes de força da miosina leva a um encurtamento médio do sarcômero de até 1 μm: um músculo anatômico se encurta um centímetro ou mais, dependendo do músculo, porque cada músculo tem milhares de sarcômeros em série ao longo da sua extensão. Para detalhes adicionais das interações actina–miosina na contração muscular, ver Alberts *et al.* (2002) e Pollard e Earnshaw (2007) (ver Bibliografia de títulos selecionados para detalhes de publicações).

Contração lenta versus *contração rápida*

A passagem de um único potencial de ação através de uma unidade motora evoca uma contração em abalo na qual a força máxima é alcançada dentro de 25-100 ms, dependendo do tipo de unidade motora envolvido. Entretanto, o neurônio motor é capaz de aplicar um segundo impulso nervoso em menos tempo do que leva para as fibras musculares relaxarem. Quando isso acontece, as fibras musculares se contraem novamente, acumulando a tensão a um nível mais alto. Em virtude dessa somação mecânica, uma sequência de impulsos pode evocar uma força maior que um impulso isolado e, dentro de certos limites, quanto mais alta a frequência de impulsos, mais força é produzida ("recrutamento de frequência"). Uma estratégia alternativa é recrutar mais unidades motoras. Na prática, os dois mecanismos parecem operar em paralelo, mas sua importância relativa pode depender do tamanho e/ou função do músculo: em grandes músculos com muitas unidades motoras, o recrutamento de unidades motoras é provavelmente o mecanismo mais importante.

Com a exceção de raras fibras tônicas, os músculos esqueléticos são compostos inteiramente de fibras do tipo contração. Essas fibras podem conduzir potenciais de ação, mas elas diferem em outros aspectos. Algumas fibras obtêm sua energia muito eficientemente por oxidação aeróbica de substratos, particularmente gorduras e ácidos graxos. Elas possuem grande número de mitocôndrias, contém mioglobina, um pigmento transportador de oxigênio relacionado à hemoglobina, e são suportadas por uma rede bem desenvolvida de capilares que mantém suprimento constante de nutrientes de oxigênio e substratos. Essas fibras são bem adequadas a funções como manutenção postural, em que forças moderadas necessitam ser mantidas durante períodos prolongados. No outro extremo do espectro, algumas fibras têm poucas mitocôndrias, pouca mioglobina e uma rede capilar esparsa, armazenando energia sob a forma de grânulos de glicogênio citoplasmáticos. Suas necessidades imediatas de energia são satisfeitas em grande parte através de glicólise anaeróbica, uma via que fornece pronto acesso à energia mas é menos sustentável que o metabolismo oxidativo. Elas são capazes de surtos breves de atividade intensa que precisam ser separados por prolongados períodos quiescentes durante os quais o pH e as concentrações de fosfato intracelulares, perturbadas na fadiga, são restauradas aos valores normais, e as reservas de glicogênio e outras são repostas.

Diferentes tipos de fibra tendem a ser segregados em diferentes músculos em alguns animais: alguns músculos têm aparência conspicuamente vermelha, refletindo seu rico suprimento sanguíneo e alto conteúdo de mioglobina associado com metabolismo predominantemente aeróbico, enquanto outros têm aparência muito mais pálida, refletindo caráter mais anaeróbico. Essas variações em cor levaram à classificação inicial do músculo nos tipos vermelho e branco. Essa classificação foi em grande parte superada pela tipagem baseada na miosina e a presença de enzimas específicas relacionadas a doenças.

No homem, todos os músculos são mistos; fibras que são especializadas para condições de trabalho aeróbicas entremeiam-se com fibras de caráter mais anaeróbico ou metabólico intermediário. Os diferentes tipos de fibra não são facilmente distinguidos em preparações histológicas de rotina, mas são claros quando se usam técnicas especializadas de histoquímica enzimática. Com base nas diferenças metabólicas, as fibras individuais podem ser classificadas como fibras predominantemente oxidativas, de contração lenta (vermelhas), ou fibras glicolíticas, de contração rápida (brancas). Músculos compostos principalmente de fibras oxidativas, de contração lenta, correspondem aos músculos vermelhos das descrições clássicas. Os músculos que são predominantemente oxidativos no seu metabolismo se contraem e relaxam mais lentamente que os músculos que dependem de metabolismo glicolítico. Essa diferença na velocidade contrátil é devida em parte ao mecanismo de ativação (densidade de volume do sistema sarcotubular e proteínas do mecanismo "interruptor" sensível ao cálcio) e, em parte, a diferenças moleculares entre as cadeias pesadas de miosina desses tipos de músculo. Essas diferenças afetam a atividade de ATPase da cabeça de miosina, o que por sua vez altera a cinética da sua interação com a actina e, por isso, a velocidade da ciclagem das pontes cruzadas. Diferenças entre isoformas da miosina podem ser detectadas histoquimicamente: a histoquímica da ATPase continua a desempenhar um papel importante na tipagem diagnóstica (Tabela 5.2). Duas categorias principais foram descritas: fibras tipo I, que são de contração lenta, e tipo II, de contração rápida. Análises moleculares revelaram que as fibras tipo II podem ser ainda mais subdivididas de acordo com o seu conteúdo de isoformas de cadeias pesadas de miosina nos tipos IIA, IIB e IIX (Schiaffino e Reggiani, 1996). Há uma correlação entre categorias e metabolismo, e portanto com resistência à fadiga, tal que as fibras tipo I são geralmente oxidativas (oxidativas lentas) e resistentes à fadiga, as do tipo IIA são moderadamente oxidativas, glicolíticas (glicolíticas oxidativas rápidas) e resistentes à fadiga, e as IIB dependem grandemente de metabolismo glicolítico (glicolíticas rápidas) e, assim, são facilmente fatigadas.

Transformação do tipo de fibra

As proporções dos tipos de fibras em um músculo com nome podem variar entre indivíduos de diferentes idades ou capacidade atlética. O agrupamento dos tipos de fibras, no qual as fibras com propriedades semelhantes metabólicas e contráteis se agregam, aumenta após lesão nervosa e com a idade. Ele ocorre como resultado de episódios de reinervação, quando fibras desnervadas são "tomadas" por um neurônio motor brotando e suas propriedades do tipo são transformadas sob a direção do novo neurônio motor. Se os nervos para músculos brancos rápidos e vermelhos lentos forem cortados e anastomosados cruzadamente em animais de laboratório, de tal modo que cada músculo seja reinervado pelo nervo do outro, o músculo rápido se torna de contração mais lenta e o músculo lento de contração mais rápida (Buller *et al.*, 1960). Há evidência de que a transformação de tipos de fibras pode ser uma resposta aos padrões de tráfego de impulsos nos nervos que inervam os músculos. Se músculos rápidos forem estimulados continuamente durante várias semanas a 10 Hz, um padrão semelhante ao normalmente experimentado pelos músculos lentos, eles desenvolverão características contráteis lentas e adquirirão aparência vermelha e resistência à fadiga ainda maior que a dos músculos lentos.

A fase inicial de lentificação pode ser explicada pela ciclagem menos rápida de cálcio, resultado de redução na extensão do retículo sarcoplasmático e alterações na quantidade e tipo molecular das proteínas envolvidas no transporte e ligação de cálcio. Estimulação crônica também desencadeia a síntese

Tabela 5.2 Características fisiológicas, estruturais e bioquímicas dos principais tipos de fibras

Características	Tipos de fibras		
	Tipo I	*Tipo IIA*	*Tipo IIB*
Fisiológicas			
Função	Forças sustentadas, como na postura	Movimentos potentes, rápidos	
Limiar de descarga do neurônio motor	Baixo	Intermediário	Alto
Tamanho da unidade motora	Pequeno	Grande	Grande
Padrão de descarga	Tônica, baixa frequência	Fásica, alta frequência	
Velocidade máxima de encurtamento	Lenta	Rápida	Rápida
Velocidade de relaxamento	Lenta	Rápida	Rápida
Resistência à fadiga	Resistente à fadiga	Resistente à fadiga	Suscetível à fadiga
Produção de força	Baixa	Intermediária	Alta
Estruturais			
Densidade de capilares	Alta		Baixa
Volume mitocondrial	Alto	Intermediário	Baixo
Banda Z	Larga	Estreita	Estreita
Sistemas T e RS	Esparsos		Extensos
Bioquímicas			
Atividade de miosina ATPase	Baixa		Alta
Metabolismo oxidativo	Alto	Intermediário	Baixo
Glicólise anaeróbica	Baixa	Intermediária	Alta
ATPase de transporte de cálcio	Baixa		Alta

de isoformas de cadeias pesadas e leves de miosina do tipo do músculo lento: as alterações associadas na cinética das pontes cruzadas resultam em velocidade intrínseca mais baixa de encurtamento. O músculo se torna mais resistente à fadiga através de alterações nas vias metabólicas responsáveis pela geração de ATP e dependência reduzida da glicólise anaeróbica. Há mudança para vias oxidativas, particularmente as envolvidas na degradação de gordura e ácidos graxos, e aumento associado na densidade de capilares e na fração do volume intracelular ocupada pelas mitocôndrias. Se a estimulação for descontinuada, a sequência de eventos será revertida, e o músculo retoma, durante um período de semanas, todas as suas características originais. A reversibilidade da transformação é uma das várias linhas de evidência de que as alterações têm lugar dentro das fibras existentes, e não por um processo de degeneração e substituição.

Agora se sabe que muitas das alterações no perfil de proteínas de um músculo que são induzidas pela estimulação são o resultado de regulação transcricional. Por exemplo, a análise da espécie de RNA mensageiro que codifica isoformas de cadeias pesadas de miosina mostra que a expressão do mRNA de cadeia pesada de miosina rápida é regulada para baixo dentro de alguns dias do início da estimulação crônica, enquanto o mRNA de cadeia pesada de miosina lenta é regulado para cima. Embora a expressão de isoforma de miosina seja responsiva ao aumento do uso induzido por estimulação crônica, ela tende a ser estável sob condições fisiológicas, a não ser que estas envolvam afastamento sustentado do comportamento postural ou locomotor normal.

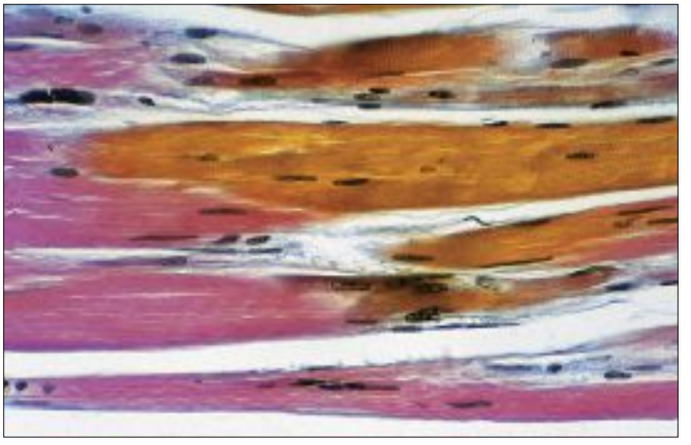


Fig. 5.45 Fixação de um tendão (laranja) ao músculo esquelético (rosa). O tecido conjuntivo denso regular do tendão consiste em feixes paralelos de fibras de colágeno tipo I que são orientadas no eixo longo do tendão e o músculo ao qual ele está fixado. Alguns núcleos alongados de fibroblastos são visíveis no tendão.

Fixações dos músculos esqueléticos

As forças desenvolvidas pelos músculos esqueléticos são transferidas aos ossos por estruturas de tecido conjuntivo: tendões, aponeuroses e fáscias.

Tendões

Os tendões (Fig. 5.45) tomam a forma de cordões ou fitas de seção transversa redonda ou oval e consistem em tecido conjuntivo denso, regular. Eles contêm fascículos de colágeno tipo I, orientados principalmente paralelamente ao eixo longo, mas são em certa extensão trançados. Os fascículos podem ser suficientemente conspícuos para dar aos tendões um aspecto estriado longitudinalmente à visão desarmada. Os tendões geralmente possuem superfícies lisas, embora os tendões grandes possam ter cristas longitudinais conferidas por fascículos grosseiros (p. ex., a face óssea do tendão angulado do obturador interno). O tecido conjuntivo frouxo entre os fascículos fornece um conduto para pequenos vasos e nervos, e se condensa sobre a superfície como uma bainha ou epitendão, o qual pode conter fibras de elastina e fibras de colágeno irregularmente dispostas. As fixações frouxas entre essa bainha e o tecido circundante apresentam pouca resistência aos movimentos do tendão, mas em situações nas quais é necessária maior liberdade de movimento um tendão é separado das estruturas adjacentes por uma bainha sinovial.

Os tendões são fortemente fixados aos ossos, tanto no periósteo quanto através de fascículos (fibras colágenas extrínsecas). As fixações tendinosas (ênteses ou junções osteotendíneas) foram classificadas em termos amplos como fibrocartilaginosas ou fibrosas. Nas ênteses fibrocartilaginosas, quatro zonas de tecido foram identificadas: tecido conjuntivo fibroso denso puro (contínuo e indistinguível do tendão), fibrocartilagem não calcificada, fibrocartilagem calcificada e osso (contínuo e indistinguível do resto do osso). Não há limites nítidos entre as zonas, e as proporções de cada componente variam entre as ênteses (Fig. 5.46A, B, D). Nas ênteses fibrosas, que são características das diáfises de ossos longos, o tendão está fixado ao osso por tecido conjuntivo fibroso denso, direta ou indiretamente por meio do periósteo (Fig. 5.46C). Foi sugerido que a maior área do esqueleto à qual muitas ênteses fibrosas (p. ex., pronador redondo, deltoide) são fixadas, em comparação com ênteses fibrocartilaginosas (p. ex., tendões do manguito rotador), é importante para dissipar esforço. (Para revisão das ênteses e do conceito do "órgão de entese", ver Benjamin *et al.*, 2006.)

Os tendões são ligeiramente elásticos e podem ser alongados em 6-10% do seu comprimento sem dano. A recuperação da energia de "carga" elástica armazenada nos tendões pode tornar o movimento mais econômico. Embora resistam à extensão, os tendões são flexíveis e podem, por essa razão, ser desviados em torno de superfícies ósseas ou defletidos embaixo de retináculos para redirigir o ângulo de tração. Como os tendões são compostos de colágeno e o seu suprimento vascular é esparso, eles se mostram brancos. Entretanto, seu suprimento sanguíneo não é desimportante: pequenas arteríolas a partir de tecido muscular adjacente passam longitudinalmente entre os fascículos, ramificando-se e anastomosando-se livremente, acompanhadas por veias acompanhantes e vasos linfáticos. Esse plexo longitudinal é aumentado por pequenos vasos a partir do tecido conjuntivo frouxo ou bainhas sinoviais adjacentes. Vasos raramente passam entre osso e tendão nas inserções ósseas,

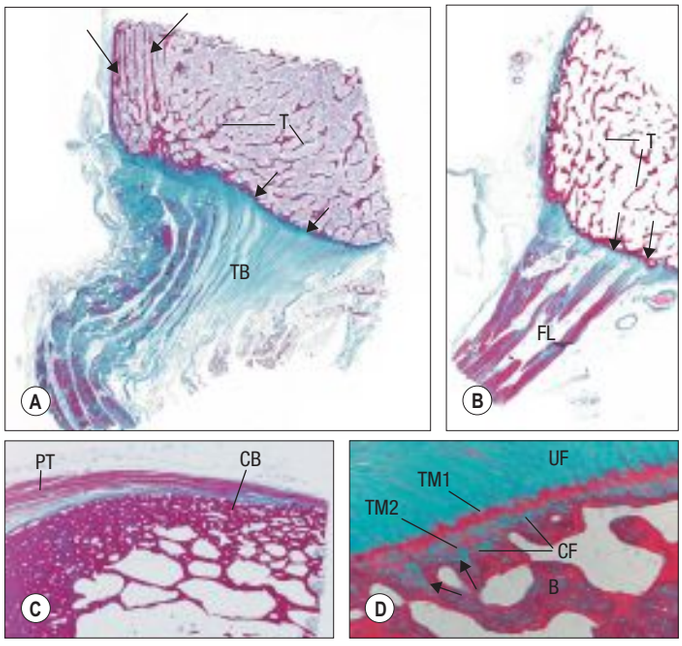


Fig. 5.46 Microestrutura do osso nas ênteses. **A, B,** A camada cortical do osso (setas curtas) é muito fina nos locais de fixação fibrocartilaginosa. Nesses exemplos mostrando a fixação dos tendões do tríceps braquial (TB) e do fibular longo (FL), ela é aproximadamente da mesma espessura das trabéculas subjacentes (T). Observar que, em **A,** as trabéculas superficiais (setas longas) estão alinhadas ao longo da direção de tração do tendão do tríceps. **C,** Em acentuado contraste, a camada de osso cortical (CB) no local da fixação fibrosa do pronador redondo (PT) no meio da diáfise do rádio é muito mais espessa. **D,** Vista com maior aumento da camada calcificada cortical de tecido em local de fixação fibrocartilaginosa (o tendão de Aquiles), que consiste em osso (B) e fibrocartilagem calcificada (CF). Nesse espécime, há duas marcas de maré, TM1 e TM2, associadas com a camada cortical de tecido calcificado. TM1 é adjacente à zona de fibrocartilagem não calcificada (UF) e marca a fronteira mecânica entre tecidos duros e moles. TM2 situa-se mais perto do osso e indica uma fase mais inicial de calcificação. Observar a relativa retidão das marcas de maré, mas a interface altamente irregular entre a fibrocartilagem calcificada e o osso (setas), que é importante na ancoragem do tendão ao osso. Cortes de osso cadavérico humano corados com tricrômico de Masson. (Fotografias providas por cortesia do professor Michael Benjamin a partir de cortes corados e cortados por S. Redman.)

e as superfícies juncionais são usualmente desprovidas de forames. Uma exceção notável é o tendão calcâneo (tendão de Aquiles), que recebe um suprimento sanguíneo através da junção osseotendinosa. Durante o desenvolvimento pós-natal, os tendões aumentam por crescimento intersticial, particularmente nas junções miotendinosas, onde há grande concentração de fibroblastos. O crescimento diminui ao longo do tendão, do músculo para as fixações ósseas. A espessura finalmente atingida por um tendão depende do tamanho e da força do músculo associado, mas parece ser influenciada por fatores adicionais como o grau de penação do músculo. A taxa metabólica dos tendões é muito baixa, mas aumenta durante infecção ou lesão. O reparo envolve proliferação inicial de fibroblastos seguida por deposição intersticial de novas fibras colágenas.

O suprimento nervoso aos tendões é em grande parte sensitivo, e não há evidência de qualquer capacidade de controle vasomotor. Órgãos tendíneos de Golgi, terminações especializadas que são sensíveis à força, são encontrados perto das junções miotendíneas; seus grandes axônios aferentes mielinizados correm dentro de ramos dos nervos musculares ou em pequenos ramos de nervos periféricos adjacentes.

Forma e função nos músculos esqueléticos

Direção de ação

Embora os músculos difiram na sua arquitetura interna, a força resultante é dirigida ao longo da linha do tendão: quaisquer forças transversais a essa direção têm de estar em equilíbrio (Figs. 5.36 e 5.47). Nos músculos em fita, o componente transverso é desprezível. Nos músculos fusiformes, bipenados e multipenados, simetria na disposição das fibras produz oposição balanceada entre componentes transversos, enquanto nos músculos assimétricos,

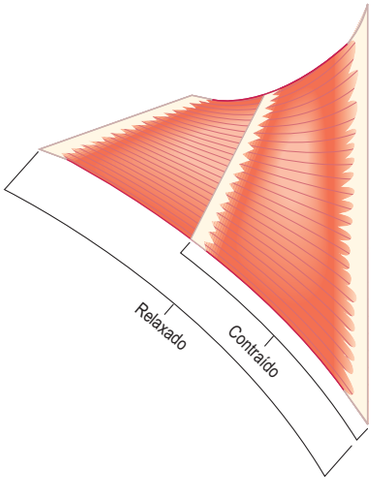


Fig. 5.47 A destorção que resulta da contração de um músculo disposto espiraladamente.

por exemplo, músculos unipenados, as fibras geram um componente lateral de força sem oposição que é equilibrado por pressão intramuscular.

Os músculos que incorporam uma torção na sua geometria desenrolam-se à medida que se contraem, de modo que tendem não somente a aproximar suas fixações, mas também a trazê-las para o mesmo plano. Os músculos que espiralam em torno de um osso tendem a reduzir a espiral com a contração, conferindo força rotacional.

Força e amplitude de contração

A força desenvolvida por um músculo ativo é a soma das forças tracionadoras exercidas por milhões de pontes cruzadas ao operarem assincronamente em repetidos ciclos de fixação e destaque. Essa força depende da quantidade de maquinaria contrátil que está montada em paralelo, e portanto da área de seção transversa do músculo. A expressão "maquinaria contrátil" foi escolhida deliberadamente aqui. Mecanicamente, pouco importa que os miofilamentos sejam montados em miofibrilas, as miofibrilas em fibras, e as fibras em fascículos (Fig. 5.38): a área total ocupada pelos arranjos miofilamentares determina a força. Se as fibras forem pequenas, a força será influenciada apenas na medida em que maior parte da área de seção transversa será ocupada por elementos não contráteis, como tecido conjuntivo endomisial. Se houver muitos fascículos pequenos, a quantidade de tecido conjuntivo perimisial na seção transversa aumentará.

A amplitude de contração gerada por um músculo ativo depende do movimento relativo que pode ter lugar entre os arranjos superpostos de filamentos grossos e finos em cada sarcômero. No músculo dos vertebrados, a construção do sarcômero estabelece um limite natural à quantidade de encurtamento que pode ter lugar: a diferença entre a superposição mínima e a máxima dos filamentos grossos e espessos representa um encurtamento de cerca de 30%. Como os sarcômeros estão arranjados em série, as fibras musculares encurtam pela mesma porcentagem. O movimento real que tem lugar nas extremidades das fibras dependerá do número de sarcômeros em série, isto é, será proporcional ao comprimento da fibra. Como ilustração, compararemos o comportamento de dois músculos, fixados em uma extremidade, ambos tendo fibras paralelas à linha de tração e a mesma área de seção transversa. Se um músculo tiver o dobro do comprimento do outro, a força desenvolvida por músculo será a mesma, mas o movimento máximo produzido nas extremidades livres será duas vezes maior com o músculo mais longo. Os músculos nos quais as fibras são predominantemente paralelas à linha de tração são muitas vezes longos e finos (semelhantes a uma fita): eles desenvolvem forças bastante baixas, mas são capazes de grande amplitude de contração. Quando é requerida maior força, a área de seção transversa precisa ser aumentada, como ocorre em uma construção peniforme (Fig. 5.48). Nesse caso, as fibras estão dispostas em ângulo com o eixo do tendão (o ângulo de penação). A amplitude de contração produzida por esse músculo será menor que a de um músculo em fita da mesma massa porque as fibras são curtas e uma fração menor do encurtamento tem lugar na direção do tendão. A força obliquamente dirigida pode ser resolvida vetorialmente em dois componentes, um atuando ao longo do eixo do tendão e o outro a 90° com ele. Nas formas simétricas (Fig. 5.48), a força transversa é equilibrada pelas fibras no lado oposto do tendão. O componente funcionalmente importante é o que atua ao longo do eixo do tendão. Como mostram os comprimentos dos vetores, menos força é disponível nessa direção do que a desenvolvida pelas próprias fibras. Na prática, essa perda não é muito grande: os ângulos de penação são usualmente menores que 30° e, assim, a força na direção do tendão pode ser 90% ou mais do que aquela nos fascículos (cos 30° = 0,87). A angulação de um conjunto de fibras reduz tanto a força quanto a amplitude de contração ao longo do eixo do tendão. Entretanto, essas consequências negativas são superadas pela vantagem de desenho conferida pela penação,

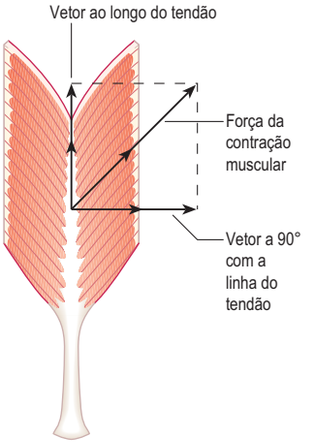


Fig. 5.48 Vetores de força em músculo peniforme idealizado. O aumento na área de seção transversa efetiva tornado possível que essa arquitetura supere a pequena redução no componente de força que atua na direção do tendão.

isto é, a oportunidade de estender a aponeurose tendinosa e assim aumentar a área disponível para a fixação das fibras musculares. Uma dada massa de músculo pode então ser distribuída como um grande número de fibras curtas, aumentando a área de seção transversa total e, portanto a força disponível. Em um músculo multipenado, a área de seção transversa efetiva é ainda maior, e as fibras tendem a ser mais curtas. O efeito de "câmbio" da penação em um músculo resulta, portanto, de uma troca interna de comprimento das fibras por área total das fibras: isso permite que forças muito maiores sejam desenvolvidas, mas à custa de uma amplitude reduzida de contração.

Embora os termos *power* (potência) e *strength* (força) sejam muitas vezes usados intercambiavelmente com *force* (força), eles não são sinônimos. *Power* (potência) é a taxa pela qual um músculo é capaz de realizar trabalho externo e é igual à força × velocidade. Uma vez que a força depende da área total de seção transversa das fibras, e a velocidade (a taxa de encurtamento) depende do seu comprimento, a potência é relacionada à massa total de um músculo. *Strength* (força) é usualmente medida em sujeitos intactos, em tarefas que exigem a participação de vários músculos, quando ela é tanto uma expressão da ativação e coordenação habilidosas desses músculos quanto uma medida das forças com que eles contribuem individualmente. Assim, é possível a força aumentar sem aumento concomitante nas capacidades verdadeiras de geração de força dos músculos envolvidos, especialmente durante as fases iniciais do treinamento.

Músculos e movimento

Historicamente, foram feitas tentativas para elucidar as ações dos músculos pela observação macroscópica. As fixações eram identificadas por dissecção, e a ação provável era deduzida da linha de tração. Com o uso da estimulação elétrica localizada, tornou-se possível estudar sistematicamente as ações de músculos selecionados no indivíduo vivo. Essa abordagem teve como pioneiro Duchenne de Boulogne-sur-Mer, em meados do século XIX. Esse conhecimento é necessariamente incompleto: um estudo de músculos isolados quer por dissecção, *postmortem* ou estimulação *in vivo*, não é capaz de revelar a maneira pela qual esses músculos se comportam nos movimentos voluntários, nos quais vários músculos participam de uma variedade de papéis sinergísticos e estabilizadores. Duchenne apreciou isso e suplementou a estimulação elétrica com observações clínicas sobre os pacientes com paralisia parcial, para fazer deduções mais precisas sobre a maneira pela qual os músculos atuavam juntos em um movimento normal. Palpação manual pode ser usada para detectar contração dos músculos durante a execução de um movimento, mas tende a ser restrita a músculos superficialmente situados, com o exame tendo lugar sob condições quase estáticas. O conhecimento moderno da ação muscular foi adquirido quase inteiramente pelo registro da atividade elétrica que acompanha a contração muscular, uma técnica conhecida como eletromiografia (EMG). Essa técnica pode ser usada para estudar ativação voluntária de músculos profundos, bem como superficiais, sob condições estáticas ou dinâmicas. Múltiplos canais de EMG podem ser usados para examinar a coordenação entre os diferentes músculos que participam de um movimento. Esses dados podem ser adicionalmente suplementados pelo monitoramento do ângulo articular e da força de reação do solo, e pelo registro do movimento com câmera ou um sistema de análise tridimensional do movimento.

Ações dos músculos

Convencionalmente, a ação de um músculo é definida como o movimento que ocorre quando ele se contrai. Entretanto, essa é uma definição operacional: tomar como equivalente "contração" a encurtamento e "relaxamento" a alongamento, é demasiado simples no contexto de músculos inteiros e movimentos reais. Um músculo aproxima suas fixações à contração dependendo do grau em qual ele foi ativado e das forças contra as quais ele teve de atuar. As últimas são geradas por numerosos fatores: gravidade e inércia, qualquer contato ou impacto externo, ativamente por músculos oponentes e passivamente pela resistência elástica e viscosa de todas as estruturas que sofrem extensão e deformação, algumas dentro do próprio músculo, outras em articulações, músculos inativos e tecidos moles. Dependendo das condições, um músculo ativo pode, portanto, manter seu comprimento original ou se encurtar ou alongar e, durante esse tempo, sua tensão pode aumentar, diminuir ou não se alterar. Movimentos que envolvem encurtamento de um músculo ativo são chamados concêntricos, por exemplo, contração do bíceps/braquial enquanto elevando um peso e flexionando o cotovelo. Movimentos nos quais o músculo ativo sofre alongamento são chamados excêntricos, por exemplo, no abaixamento do peso previamente mencionado, o bíceps/braquial "cede" comprimento à medida que o cotovelo se estende. Contrações excêntricas são associadas com risco aumentado de lacerações musculares, especialmente nos *hamstrings* (isquiotibiais). Contração muscular que não envolve mudança no comprimento muscular é isométrica.

Movimentos naturais são realizados por grupos de músculos. Cada músculo pode ser classificado, de acordo com o seu papel no movimento, como motor principal, antagonista, fixador ou sinergista. Usualmente é possível identificar um ou mais músculos que são constantemente ativos para iniciar e manter um movimento: eles são os seus motores principais. Os músculos que se opõem inteiramente ao movimento ou iniciam e mantêm o movimento oposto são antagonistas, por exemplo, o braquial tem o papel de motor principal na flexão do cotovelo e o tríceps é o antagonista. Para iniciar um movimento, um motor principal tem de superar a resistência passiva e ativa e conferir uma aceleração angular a um segmento do membro até que a velocidade angular requerida seja alcançada; ele tem de manter um nível de atividade suficiente para completar o movimento. Os antagonistas podem ser transitoriamente ativos no começo de um movimento e depois permanecem eletricamente quiescentes até a fase de desaceleração, quando unidades são ativadas para parar o movimento. Durante o movimento, os motores principais ativos não estão completamente sem restrições, e são equilibrados contra as forças passivas, inerciais e gravitacionais mencionadas.

Quando os motores principais e os antagonistas se contraem juntos, eles se comportam como fixadores, estabilizando a articulação correspondente por compressão transarticular aumentada e criando uma base imóvel sobre a qual outros motores principais podem atuar, por exemplo, flexores e extensores do punho se contraem juntos para estabilizar o punho quando um objeto é agarrado firmemente com os dedos. Em alguns casos, estabilidade suficiente da articulação pode ser proporcionada pela gravidade, atuando por si própria, por exemplo, articulações do joelho e quadril quando elas estão na posição de contato máximo na postura ereta ou perto dela, ou em conjunção com um motor principal único, por exemplo, a articulação do ombro quando ela é estabilizada pelo supraespinhoso com o braço pendente. Em outros casos, e sempre que forças externas fortes são encontradas, motores principais e antagonistas se contraem juntos, retendo a articulação em qualquer posição requerida.

Atuando através de uma articulação uniaxial, um motor principal produz um movimento simples. Atuando em articulações multiaxiais ou através de mais de uma articulação, os motores principais podem produzir movimentos mais complexos que contêm elementos que têm de ser eliminados pela contração de outros músculos. Os últimos ajudam na realização do movimento e são considerados sinergistas, embora possam atuar como fixadores ou mesmo como antagonistas parciais do motor principal. Por exemplo, flexão dos dedos nas articulações interfalângicas e metacarpofalângicas é produzida principalmente pelos fixadores longos, superficiais e profundos. Entretanto, estes também cruzam as articulações intercarpais e radiocarpal, e, se o movimento nessas articulações fosse irrestrito, a flexão dos dedos seria menos eficiente. A contração sinergística dos extensores do carpo elimina esse movimento e até produz alguma extensão carpal, a qual aumenta a eficiência do movimento desejado nos dedos.

No contexto de diferentes movimentos, um dado músculo pode atuar diferentemente, como motor principal, antagonista, fixador ou sinergista. Até o mesmo movimento pode envolver um músculo de diferentes maneiras se ele for assistido ou oposto pela gravidade. Por exemplo, ao lançar com a mão, o tríceps é o motor principal responsável por estender o antebraço no cotovelo, e os antagonistas flexores estão predominantemente inativos. Entretanto, quando a mão abaixa um objeto pesado, a ação extensora do tríceps é substituída pela gravidade e o movimento é controlado por alongamento ativo, isto é, contração excêntrica dos flexores. É importante lembrar que todos os movimentos têm lugar contra o fundo da gravidade, e sua influência não deve ser desprezada.

Desenvolvimento do músculo esquelético

A maior parte da informação acerca do desenvolvimento inicial da musculatura esquelética no homem foi derivada de outras espécies de vertebrados. Entretanto, quando foram feitas comparações diretas com o embrião humano em desenvolvimento, os padrões e mecanismos de formação do músculo foram constatados os mesmos.

Uma linhagem miogênica, denotada pela expressão de fatores de determinação miogênica, pode ser demonstrada transitoriamente em algumas

células depois do seu ingresso através da estria primitiva. O músculo esquelético encontrado em todo o corpo é derivado desse mesênquima paraxial, que é formado a partir do ingresso na estria e subsequentemente segmentado em somitos (ver também a origem dos músculos extraoculares, Cap. 41).

O músculo esquelético se origina de um fundo de células pré-mioblásticas que se originam no dermatomiótomo do somito em maturação e começam a se diferenciar em mioblastos na 4.ª-5.ª semanas de gestação. Pela sexta semana, as células migraram do compartimento dermatomiotomal para formar o miótomo no centro do somito (Fig. 44.3). Essas células precursoras miotomais são identificadas pela expressão de fatores de determinação miogênica; elas eventualmente se diferenciarão dentro do somito para formar a musculatura axial (ou epiaxial) (eretor da espinha). Uma coorte distinta de células precursoras migra para longe do somito para invadir as regiões laterais do embrião; aí elas formam os músculos dos membros (Cap. 51), cíngulos dos membros e parede corporal (musculatura hipaxial; Fig. 44.3). Virtualmente, todas as células na metade lateral do somito recém-formado estão destinadas a migrar dessa maneira. Fatores de determinação miogênica não são expressos nessas células até que as massas musculares coalesçam. O aparecimento de mioblastos miotomais e a migração de mioblastos para a região prospectiva do membro ocorrem primeiro nos somitos occipitais. Depois esses processos seguem a progressão craniocaudal geral de crescimento, diferenciação e desenvolvimento do embrião. As células mioblásticas das quais os músculos dos membros se desenvolvem não se originam *in situ* a partir de mesênquima local de botão de membro, como se admitia antes, mas migram do bordo ventrolateral dos somitos adjacentes aos botões de membros iniciais.

Fatores de determinação miogênica

Os fatores de determinação miogênica Myf-5, miogenina, MyoD e Myf-6 (herculina) são uma família de fosfoproteínas nucleares. Eles têm em comum um domínio básico com hélice-alça-hélice (bHLH) de 70 aminoácidos que é essencial para interações proteína–proteína e ligação de DNA. Fora do domínio bHLH existem diferenças de sequências entre os fatores que provavelmente conferem alguma especificidade funcional. Os fatores miogênicos bHLH desempenham um papel crucial na miogênese. Expressão forçada de qualquer um deles desvia células não musculares para a linhagem muscular. Eles ativam a transcrição de uma ampla variedade de genes musculoespecíficos ligando-se diretamente a *motifs* conservados de sequência de DNA (–CANNNTG– conhecidos como caixas E) que ocorrem nas regiões reguladoras (promotoras e aumentadoras) desses genes. Seu efeito pode ser alcançado cooperativamente, e pode ser reprimido, por exemplo, por alguns produtos de proto-oncogenes. Algumas das proteínas bHLH podem ativar sua própria expressão. Fatores reguladores acessórios, cuja expressão é induzida pelos fatores bHLH, fornecem uma fileira de controle adicional.

Os fatores miogênicos não aparecem todos no mesmo estádio da miogênese (Buckingham *et al.*, 2003). Nos somitos, *Myf-5* é expresso inicialmente, antes da formação dos miótomos, e é seguido pela expressão de *miogenina*. *MyoD* é expresso relativamente tarde junto com os genes das proteínas contráteis. *Myf-6* é expresso transitoriamente no miótomo e se torna o transcrito principal pós-natal. Ainda não está claro se essa cronologia específica é importante para o desenvolvimento muscular. A criação de camundongos mutantes deficientes nas proteínas bHLH (gene inativado) mostrou que a *miogenina* é crucial para o desenvolvimento de músculo esquelético funcional e que, embora *Myf-5* e *MyoD* não sejam essenciais para a diferenciação miogênica por si próprios, a falta deles resulta em falta de formação de músculo esquelético. No broto de membro (Cap. 51), o padrão de expressão dos genes bHLH é geralmente mais tardio que no somito: *Myf-5* é expresso primeiro, porém transitoriamente, seguido pela *miogenina* e *MyoD*, e eventualmente por *Myf-6*. Essas diferenças proveem evidência ao nível molecular da existência de populações distintas de células musculares nos membros e somitos. Pode ser que as células miogênicas que migram para o membro difiram desde o início daquelas que formam o miótomo ou suas propriedades podem divergir subsequentemente sob a influência de fatores epigenéticos locais.

Formação das fibras musculares

Tanto nos miótomos quanto nos brotos dos membros, a miogênese prossegue da seguinte maneira. Mioblastos se tornam fusiformes e começam a expressar proteínas musculoespecíficas. Os mioblastos mononucleados se agregam e fundem para formar sincícios cilíndricos multinucleados, ou miotubos, nos quais os núcleos estão alinhados em uma cadeia central (Fig. 5.49). Esses miotubos primários se fixam em cada extremidade aos tendões e esqueleto em desenvolvimento. A iniciação da fusão não depende da presença de fibras nervosas, uma vez que estas não penetram os primórdios do músculo até depois da formação dos miotubos primários.

Embora a síntese da maquinaria contrátil não seja dependente da fusão dos mioblastos, ela prossegue muito mais rapidamente depois da fusão. A formação de sarcômeros começa no disco Z, que liga filamentos de actina constituindo a banda I para formar complexos I–Z–I. Os filamentos de miosina se armam sobre os complexos I–Z–I para formar bandas A. Nebulina e titina estão entre as primeiras proteínas miofibrilares a serem incorporadas ao sarcômero, e bem podem determinar o comprimento e posição dos filamentos contráteis. Filamentos intermediários de desmina conectam os discos Z ao sarcolema em um estádio inicial, e essas conexões são retidas.

Células miogênicas continuam a migrar e a se dividir, e durante as semanas 7-9 há extensa formação *de novo* de miotubos. Mioblastos agregam-se próximo do ponto médio dos miotubos primários e se fundem uns com os outros para formar miotubos secundários, um processo que pode ser relacionado com contato neural inicial. Vários desses miotubos de menor diâmetro podem ser alinhados em paralelo com cada um dos miotubos primários. Cada um desenvolve uma lâmina basal separada e faz contato independente com o tendão. Inicialmente, o miotubo primário fornece um andaime para o crescimento longitudinal dos miotubos secundários, mas eventualmente eles se separam. Ao tempo da sua formação, os miotubos secundários expressam uma isoforma "embrionária" das cadeias pesadas de miosina, enquanto os miotubos expressam uma isoforma de músculo "lento" aparentemente idêntica à encontrada nas fibras musculares lentas adultas. Tanto nos miotubos primários quanto nos secundários, a montagem de sarcômeros começa na periferia do miotubo e progride para dentro na direção do seu centro. Miofibrilas são adicionadas constantemente e se alongam acrescentando sarcômeros nas suas extremidades. Túbulos T são formados e crescem inicialmente em uma direção longitudinal: como contêm proteínas específicas não encontradas nas membranas plasmáticas, eles provavelmente são montados por uma via diferente daquela que sustenta o crescimento do sarcolema. O retículo sarcoplasmático enrola-se em torno das miofibrilas ao nível das bandas I.

Pela nona semana, os primórdios da maioria dos grupos musculares estão bem definidos, proteínas contráteis foram sintetizadas e os começos primitivos de junções neuromusculares podem ser observados, limitados inicialmente aos miotubos primários. Embora alguma formação secundária de fibras possa ocorrer na ausência de um nervo, a maioria é iniciada nos locais de inervação dos miotubos primários. Os axônios pioneiros ramificam-se e estabelecem contato com os miotubos secundários. Pela décima semana, esses contatos nervo–músculo se tornam junções neuromusculares funcionais e as fibras se contraem em resposta à atividade de impulsos nos nervos motores. Sob essa nova influência, as fibras secundárias expressam isoformas fetais (algumas vezes ditas neonatais) das cadeias pesadas de miosina. Nesse estágio vários eventos cruciais ocorrem, os quais podem ser dependentes de atividade contrátil ou facilitados por ela. À medida que as miofibrilas invadem e tomam o centro do miotubo, os núcleos se movem para a periferia, e a morfologia característica da miofibra do músculo esquelético adulto é estabelecida. As miofibrilas se tornam alinhadas lateralmente, e as bandas A e I em registro através do miotubo produzem estriações transversais que são visíveis ao microscópio óptico. Os túbulos T mudam de uma orientação longitudinal para uma transversa e adotam suas posições adultas: eles podem ser guiados nesse processo pelo retículo sarcoplasmático, que é mais fortemente ligado às miofibrilas.

Os miotubos e miofibras são agrupados em fascículos por bainhas de tecido conjuntivo em crescimento, e os fascículos são montados para construir músculos inteiros. À medida que o desenvolvimento se processa, o aumento no volume intramuscular é acomodado pela remodelação da matriz de tecido conjuntivo.

Na 14.ª–15.ª semanas, miotubos primários ainda são a maioria, mas pela 20.ª semana os miotubos secundários predominam. Durante as semanas 16–17, aparecem os miotubos terciários: eles são pequenos e aderem aos miotubos secundários, com os quais compartilham uma lâmina basal. Eles se tornam independentes pela 18.ª–23.ª semana; seus núcleos centrais se movem para a periferia e eles contribuem com uma geração adicional de miofibras. As miofibras secundárias e terciárias são sempre menores e mais numerosas do que as miofibras primárias. Em alguns músculos grandes, podem ser gerados miotubos de mais alta ordem.

Mais tarde na vida fetal, aparece uma população final de mioblastos que se tornarão as células satélites do músculo adulto. Essas células normalmente quiescentes jazem fora do sarcolema embaixo da lâmina basal (Figs. 5.49 e 5.50). M-caderina, uma proteína de adesão celular de possível significado regulador, ocorre no local de contato entre uma célula satélite e sua fibra muscular. Em indivíduo jovem, há uma célula satélite para cada 5-10 núcleos de fibras musculares. Estas últimas são incapazes de síntese de DNA e mitose, e as células satélites são por essa razão importantes como a única fonte de núcleos de fibras musculares adicionais durante o crescimento pós-natal do músculo (para manter a proporção de volume citoplasmático por núcleo à medida que as fibras aumentam em massa). Depois que as células satélites se dividem, uma das células filhas se funde com a fibra em crescimento e a outra permanece como célula satélite capaz de rodadas adicionais de divisão. Eventos semelhantes podem ter lugar para dar suporte à hipertrofia induzida por exercício do músculo esquelético adulto. As células satélites proveem um

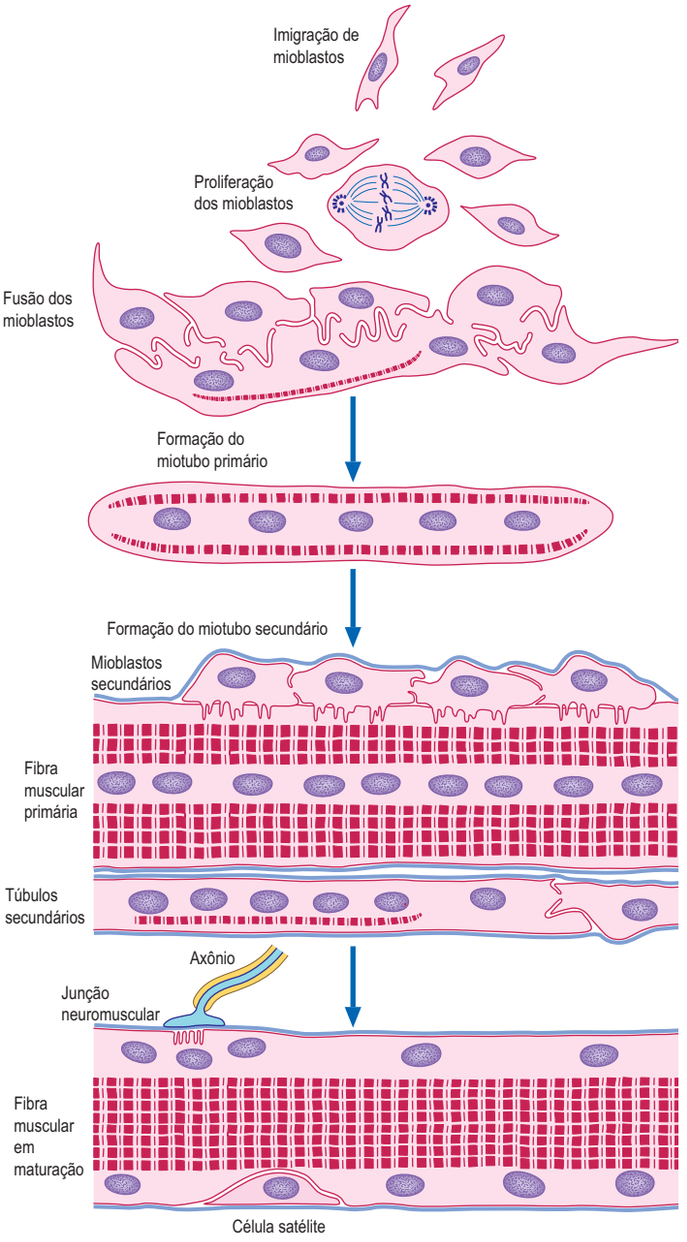


Fig. 5.49 Estádios na formação do músculo esquelético. Mioblastos mononucleados se fundem para formar miotubos primários multinucleados, caracterizados inicialmente por núcleos centrais. Subsequentemente, outros mioblastos se alinham ao longo dos miotubos primários e começam a se fundir uns com os outros, formando miotubos secundários. Em animais grandes, como o homem, gerações adicionais de novas fibras musculares são formadas similarmente. À medida que o aparelho contrátil é montado, os núcleos se movem para a periferia, estriações transversais se tornam visíveis e emergem as características primitivas da junção neuromuscular. Mais tarde, pequenos mioblastos tipo adulto — células satélites — podem ser vistas situadas entre a lâmina basal e o sarcolema da fibra muscular madura. Elas também parecem ser derivadas de células que se originaram nos somitos durante o desenvolvimento inicial. (Redesenhado de uma figura fornecida por Terry Partridge, Department of Genetic Medicine, Children's National Medical Center, Washington DC.)

reservatório de mioblastos capazes de iniciar regeneração de um músculo adulto após dano. Outras populações de células-tronco também podem ser induzidas a começar uma via de diferenciação miogênica, por exemplo, células-tronco da medula óssea e células processadas de lipoaspirado (Mizuno *et al.*, 2002).

Desenvolvimento dos tipos de fibras

Os miotubos em desenvolvimento expressam uma isoforma embrionária de miosina que subsequentemente é substituída por isoformas fetais e adultas de miosina. A principal isoforma de actina sarcomérica no músculo esquelético fetal é a α-actina cardíaca; só mais tarde ela é substituída por α-actina esquelética. O significado dessas sequências no desenvolvimento embrionário não é conhecido.

Fig. 5.50 Micrografia eletrônica de uma célula satélite. Observar as duas membranas plasmáticas que separam o citoplasma da célula satélite daquele da fibra muscular, e a lâmina basal (setas) da fibra muscular secionada transversalmente, que continua sobre a célula satélite (ver também **Fig. 5.38**). Comparar esse aspecto com o núcleo muscular normal que é visto na fibra adjacente (em cima). (Fotografia pelo Dr. Michael Cullen, School of Neurosciences, University of Newcastle upon Tyne.)

O padrão de expressão é específico da fibra, bem como específico do estádio. Nos miotubos primários, a miosina embrionária é substituída por miosina lenta adulta a partir de cerca de nove semanas em diante. Em miotubos secundários e de mais alta ordem, a isoforma de miosina embrionária é superada primeiro por miosina fetal e a seguir por miosina rápida adulta, e uma proporção continua para expressar miosina lenta adulta. Outros padrões fibroespecíficos, tecidoespecíficos e espécie-específicos de expressão de miosina foram descritos em músculos de membros e músculos mandibulares de mamíferos.

A origem dessa diversidade nos padrões temporais de expressão de diferentes fibras, ainda que dentro do mesmo músculo, está longe de ser clara. Foi sugerido que linhagens intrinsecamente diferentes de mioblastos emergem em diferentes estádios da miogênese ou em resposta a diferentes dicas extracelulares. Se esse for o caso, seus programas internos podem ser retidos ou suplantados quando eles se fundirem com outros mioblastos ou com fibras que já se formaram. As fibras que emergem desse processo prosseguem para adquirir um fenótipo que dependerá da influência adicional de hormônios e atividade neural.

No homem, diferentemente de muitos mamíferos menores, os músculos são histologicamente maduros ao nascimento, mas a diferenciação dos tipos de fibras está longe de ser completa. Nos músculos posturais, a expressão de miosina tipo I aumenta significativamente ao longo dos primeiros anos de vida; durante esse período, as proporções dos tipos de fibras em outros músculos se tornam mais divergentes. A presença nos músculos adultos de pequena proporção de fibras com combinação aparentemente transicional de isoformas de proteínas reforça a interpretação de que as alterações no tipo de fibra continuam em alguma extensão em todos os músculos durante toda a vida adulta. Transições de tipos de fibras também ocorrem em relação a lesão ou doença neuromuscular; sob essas condições, a sequência de desenvolvimento das miosinas pode ser recapitulada nas fibras em regeneração.

Crescimento e regulação do comprimento das fibras

As fibras musculares crescem em comprimento pela adição de sarcômeros às extremidades das miofibrilas. É importante que o número de sarcômeros seja regulado durante toda a vida, de modo que o comprimento médio do sarcômero, e portanto a superposição dos filamentos é otimizada para força máxima. Isso é obtido pela adição ou remoção de sarcômeros em resposta a qualquer alteração prolongada de comprimento. Por exemplo, se um membro for imobilizado em aparelho de gesso, as fibras dos músculos que foram fixados em posição encurtada perdem sarcômeros, enquanto aqueles que foram fixados em posição alongada acrescentam sarcômeros; o processo inverso ocorre depois que o aparelho de gesso for removido.

Células satélites e reparo do músculo

Até o meio do século XX, os mecanismos responsáveis pela manutenção e reparo do músculo esquelético não estavam claros. Essas questões foram em grande parte resolvidas pela descoberta quase simultânea de que fibras musculares multinucleadas eram formadas pela fusão de precursores mononucleados, mioblastos, e de que uma população de células satélites, assim chamadas por causa da sua posição na margem da fibra, existia entre a lâmina basal da fibra muscular madura e o seu sarcolema. Embora as células satélites consti-

tuam 2-5% dos núcleos inclusos pela lâmina basal, o seu papel no reparo e regeneração do músculo não foi entendido até bem recentemente porque elas podiam ser identificadas apenas pela sua posição anatômica e aparência quiescente. Em contraste, os mioblastos ativos nos locais de lesão muscular perdem essas características. Nos últimos anos, a descoberta de vários genes de diferenciação miogênica cuja expressão é retida na célula satélite quiescente elucidou o seu papel.

Estudos em modelos de camundongos, em que a análise genética é possível, mostraram que as propriedades funcionais das células satélites pós-natais são dependentes da expressão do gene *Pax7*, enquanto o desenvolvimento pré-natal de músculo não é similarmente dependente. Isso significa que as células satélites não são simplesmente os restos da população miogênica pré-natal, embora elas pareçam ser derivadas da mesma fonte embrionária nos somitos. Além disso, as células satélites não são uma população homogênea: não há dois marcadores de diferenciação que concordem completamente. Essa é também a situação no tecido humano (Fig. 5.51). Ainda está por ser determinado se essa variação reflete uma diferença em posição na linhagem, no estado funcional ou no ambiente adjacente.

Foi rigorosamente estabelecido em camundongos que a célula satélite é tanto necessária quanto suficiente para a regeneração efetiva do músculo esquelético danificado. As células proliferam para substituir sua região de residência no músculo em 3-4 dias e para restituir a população de células satélites quiescentes (Collins e Partridge, 2005). No homem, há evidência histológica da acumulação rápida de mioblastos, presumivelmente derivados de células satélites locais, nos lugares de dano muscular.

Um ponto de amplo interesse em patologia é a demonstração de que a potência regeneradora das células satélites falhando no músculo em envelhecimento parece em grande parte atribuível a alterações relacionadas à idade no ambiente sistêmico, em vez de a um declínio nas capacidades intrínsecas das próprias células satélites (Conboy *et al.*, 2005).

BIOMECÂNICA

O sistema musculoesquelético é essencialmente um sistema mecânico, destinado a dar suporte, proteger e mover o corpo, e ser capaz de se adaptar a demandas mecânicas mutáveis (ver Benjamin e Maganaris, 2006, para uma revisão dos modos pelos quais diferentes elementos do sistema musculoesquelético respondem ao exercício). Estruturas como os ossos longos e as articulações sinoviais têm funções mecânicas específicas; as propriedades materiais dos tecidos esqueléticos dos quais eles são derivados permitem adaptações ótimas a diferentes demandas mecânicas.

A finalidade desta seção é explicar, de maneira não matemática, como os princípios mecânicos moldam o sistema musculoesquelético humano. Considerações mecânicas explicam por que os ossos são rígidos e os tendões são resistentes, por que as superfícies de algumas articulações são imperfeitamente combinadas e por que alguns tendões se inserem mais perto das articulações do que outros. A disciplina emergente da "mecanobiologia" considera como as células adaptam sua matriz às demandas mecânicas prevalentes e explica por que alguns tecidos são melhores ao fazer isso do que outros.

CONCEITOS MECÂNICOS

Forças, momentos e torques

Uma força é uma ação que deforma um objeto ou que o faz mover-se e pode ser chamada compressiva, de tração ou tangencial (de cisalhamento), de acordo com a maneira pela qual ela deforma os objetos (Fig. 5.52). Uma força F atuando no extremo de uma alavanca de comprimento L gerará um momento de flexão (F × L) atuando no ponto de apoio da alavanca. Um torque ou momento torcional (Fig. 5.52F) pode ser quantificado em termos semelhantes. A influência combinada de várias forças pode ser calculada conforme mostrado na figura 5.53. Se as forças atuarem todas na mesma direção, elas podem ser somadas; se atuarem em direções diferentes, cada força deve ser resolvida em dois componentes imaginários que atuam em duas direções anatomicamente convenientes em ângulo de 90° um com o outro, usando-se trigonometria simples. Todos os componentes que atuam na mesma direção são somados para formar duas forças (S e C na Fig. 5.53) que podem ser usadas para calcular a magnitude e a direção da força única resultante (que tem um efeito semelhante ao de todas as forças individuais combinadas). As forças que atuam sobre um objeto estacionário são analisadas de acordo com o princípio de que todas as forças atuando em qualquer direção dada devem equilibrar-se umas com as outras (isto é, dar soma zero) e todos os momentos ou torques atuando em torno de um dado eixo devem também se equilibrar uns com os outros.

Propriedades mecânicas das estruturas

A maioria das estruturas biológicas se deforma prontamente quando uma força suficiente é aplicada sobre elas, mas sua resistência à deformação aumenta constantemente à medida que a magnitude da força aumenta: o gráfico resultante de força em relação à deformação assemelha-se ao mostrado na Fig. 5.54. Rigidez é a razão de força para deformação (unidade típica N/mm) e, assim, é representada pelo gradiente do gráfico. A região inicial de baixa rigidez, ou "região dos dedos do pé", é seguida por uma região mais rígida na qual o gráfico é quase linear. Em muitas estruturas biológicas, a "região dos dedos do pé" pode ser explicada pela retificação da estrutura "ondulada" em ziguezague das fibras de colágeno tipo I, enquanto a região linear representa estiramento direto das fibras colágenas retificadas. Se a estrutura deformada ressaltar de volta imediatamente às suas dimensões originais quando a força deformadora for removida, a deformação é denominada elástica; uma deformação que não mostra sinal de recuperação é plástica, e uma que se recupera eventualmente, mas gradualmente, é viscoelástica (ver adiante). Resistência é a força pela qual um objeto se torna danificado, e usualmente é interpretada como a força pela qual o gradiente do

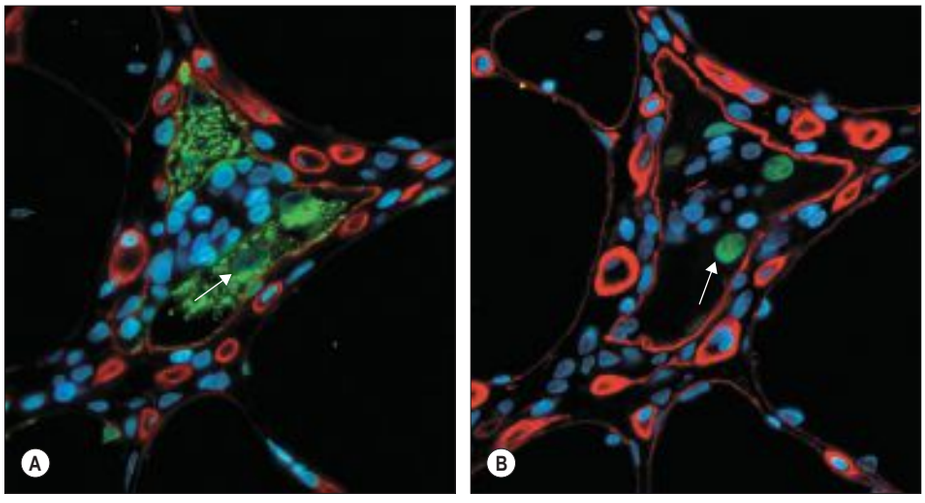


Fig. 5.51 Dois cortes adjacentes, imunomarcados com fluorescência, de fibra muscular em regeneração no músculo trapézio de um halterofilista. **A,** Anticorpo antilaminina (vermelho) mostra lâmina basal. O anti-CD56 (verde) é um marcador de células miogênicas e de miotubos recém-formados. **B,** Corte adjacente, lâmina basal (vermelho) e núcleos miogeninopositivos (verde). Lâminas basais delineiam as fibras musculares transversalmente secionadas, incluindo o contorno original da fibra que está sendo regenerada (campo do centro). Numerosos pequenos vasos sanguíneos também delineados por membranas basais estão presentes, provavelmente refletindo inflamação local. Dentro da zona CD56 +ve, diversos núcleos (um apontado com seta) são positivos para miogenina, indicando seu estado terminalmente diferenciado. Numerosos outros núcleos (corante de Hoechst, azul) dentro da membrana basal circundando a área de regeneração provavelmente incluem células miogênicas em proliferação e células inflamatórias. (Provido por cortesia de Mona Lindström e professor Lars-Eric Thornell, Department of Anatomy, Umea University, Sweden.)

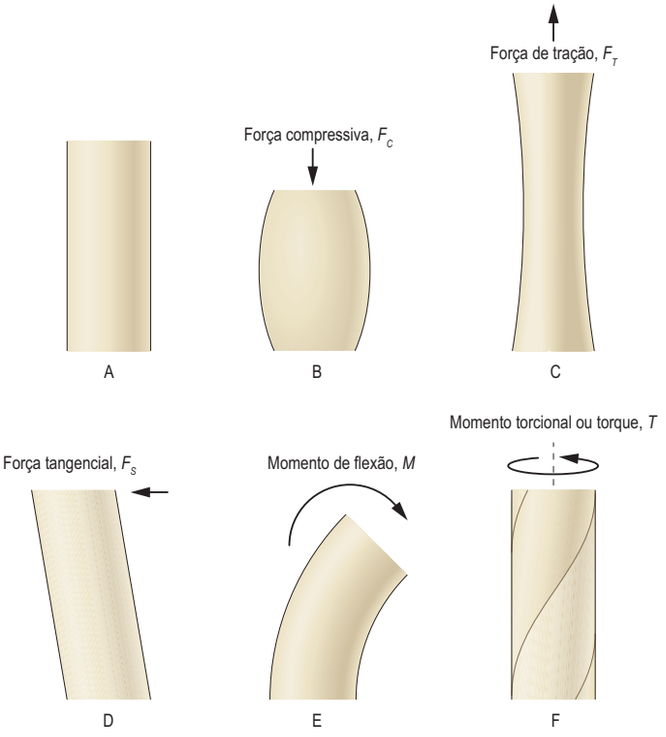


Fig. 5.52 Os efeitos de diferentes tipos de carga sobre um objeto sólido (mostrado em **A**) estão ilustrados em **B–F**.

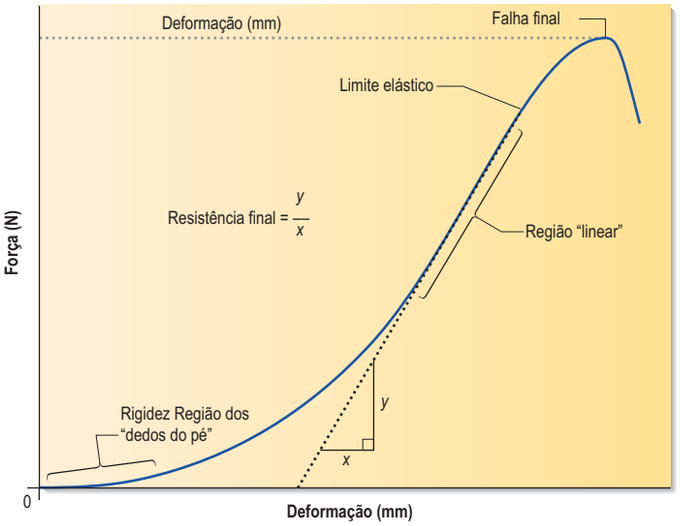


Fig. 5.54 Gráfico típico de força-deformação de uma estrutura esquelética submetida a carga mecânica. Na "região dos dedos do pé" inicial, a deformação aumenta rapidamente com a força, mas isso é seguido por uma região linear na qual a deformação aumenta mais lenta e proporcionalmente à força aplicada. O gradiente do gráfico indica a rigidez da estrutura a qualquer carga dada. Resistência é a força com a qual um objeto se torna danificado, e isso é usualmente interpretado como a força com a qual o gradiente se reduz pela primeira vez (o limite elástico) ou a força quando o gradiente cai a zero (a resistência final).

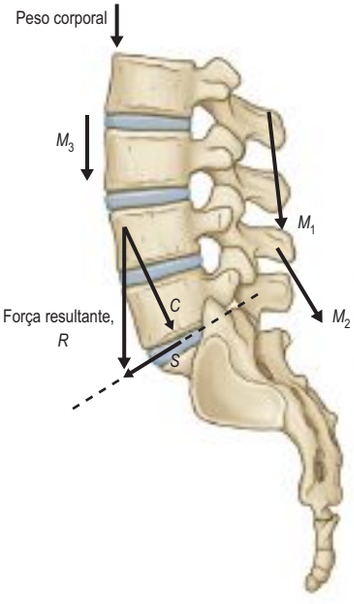


Fig. 5.53 O efeito combinado de várias forças musculares (M_1–M_3) e o peso corporal (W) pode ser calculado resolvendo-se cada força em dois componentes atuando em duas direções anatomicamente significativas (nesse caso, paralela e perpendicular ao plano médio do disco intervertebral lombossacro). Os componentes atuando nessas duas direções são a seguir somados para dar as forças compressiva (C) e tangencial (S) que atuam sobre o disco. A magnitude e a direção da força resultante (R) que representa o efeito combinado de todas as quatro forças podem ser calculadas usando-se trigonometria.

gráfico se reduz pela primeira vez (o limite elástico) ou como a força quando o gradiente cai a zero (a resistência final).

Propriedades dos materiais

As propriedades dos materiais devem ser expressas de tal maneira que elas sejam independentes do tamanho e forma da estrutura que eles constituem. Uma força dividida pela área sobre a qual essa força é aplicada dá um valor de esforço ou tensão (força por unidade de área); a deformação resultante, dividida pelo comprimento original do objeto, dá um valor de deformação (fração ou porcentagem de deformação). A tensão dividida pela deformação é o equivalente material, independente do tamanho, da rigidez de um objeto, e é uma propriedade física importante chamada módulo. Existem diferentes tipos de módulo, mas essencialmente eles correspondem à rigidez ou resistência à deformação.

Absorção de energia e amortecimento de choque

Deformar um objeto pode exigir um gasto considerável de energia. Tecnicamente, o trabalho realizado (ou energia despendida) é proporcional à força média exercida, multiplicada pela distância movida. Isso é matematicamente equivalente à área embaixo do gráfico na Figura 5.55. Por essa razão, a área é chamada energia de deformação, isto é, a energia que foi gasta para deformar o objeto. Se o objeto tiver propriedades elásticas, ele ressaltará de volta à sua forma original quando a força deformadora for removida, e toda a energia de deformação será liberada. (Essa liberação de energia explica por que uma corda esticada pode recuar violentamente quando se rompe.) Estruturas como molas espirais, que são capazes de resistir a altas forças e também se deformar extensamente, são capazes de armazenar grande quantidade de energia, e assim podem atuar como amortecedores de choques quando são continuamente comprimidas e estiradas. Os tendões atuam de maneira semelhante durante a locomoção: eles armazenam energia de deformação quando seus músculos se contraem e liberam a maior parte dela à medida que os músculos relaxam mais tarde no ciclo da marcha. Uma pequena fração da energia de deformação armazenada, a energia de histerese, é dissipada sob forma de calor (Fig. 5.55) e pode causar geração de calor em grandes tendões envolvidos em atividade repetitiva vigorosa. Qualquer material ou estrutura que seja capaz de absorver grande quantidade de energia de deformação antes de falhar é chamada resistente; caso contrário, é frágil. A partir da Figura 5.55, é evidente que os materiais resistentes têm de ser fortes e extensíveis: exemplos de materiais fortes porém frágeis são vidro e esmalte dentário, os quais sofrem mínima deformação e exibem gráficos de força-deformação muito inclinados.

Líquidos

Um líquido tem rigidez desprezível e se deforma facilmente para tomar a forma do seu recipiente. Quando comprimido, ele mantém praticamente o mesmo volume, mas flui para equalizar a intensidade da carga dentro dele. Como resultado, um líquido estático sob carga exibe uma pressão interna única (força por unidade de área) que não varia com a localização ou a direção. Mesmo objetos delicados não são deformados quando imersos em um líquido sob alta pressão se eles próprios estiverem cheios de líquido porque as pressões interna e externa sobre eles são exatamente iguais, o que explica por que as células podem sobreviver a altas pressões em líquidos sem dano à sua membrana plasmática. Dos tecidos musculoesqueléticos, só o núcleo pulposo dos discos intervertebrais exibe comportamento líquido verdadeiro, embora outros tecidos como osso e cartilagem contenham líquido que é capaz de se mover em relação à matriz sólida que o rodeia.

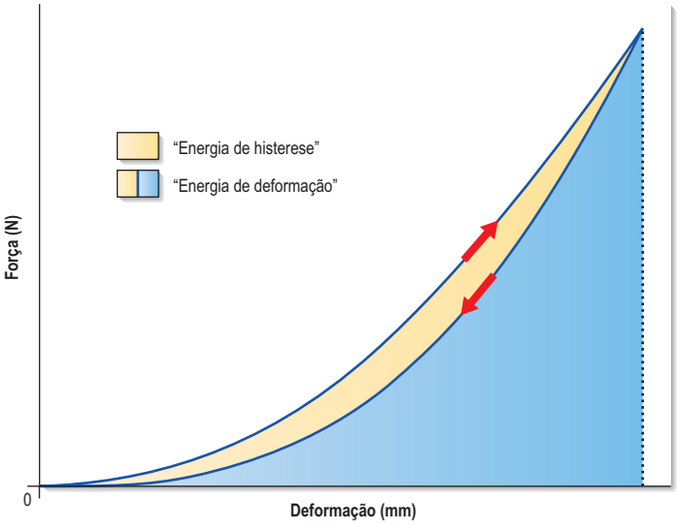


Fig. 5.55 Esse gráfico de força–deformação mostra como um objeto se deforma quando uma força é aplicada a ele (seta para cima) e como ele recupera sua forma quando a força é tirada gradualmente (seta para baixo). A área embaixo da curva de descarregamento representa a energia que é cedida quando o objeto é deixado ressaltar de volta à sua forma original. A pequena área entre as duas curvas representa energia que não pode ser recuperada mas é dissipada como calor. Essa é a energia de histerese.

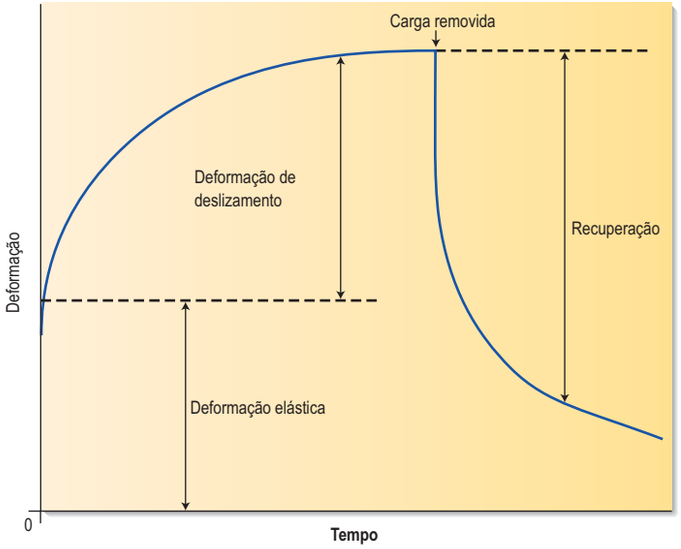


Fig. 5.56 A deformação dos materiais viscoelásticos varia com o tempo. Nesse exemplo, uma carga é aplicada no momento zero e causa uma deformação elástica imediata, seguida por deformação de lento aumento e dependente do tempo (deslizamento, *creep*). Quando a carga é removida, alguma deformação é recuperada imediatamente, mas recuperação completa é realizada apenas lentamente.

Viscoelasticidade

Os materiais são ditos viscoelásticos se eles se comportarem parcialmente como um líquido espesso (viscoso) e parcialmente como um sólido elástico. Deformações viscoelásticas se alteram com o tempo, mesmo quando o esforço deformador é constante, e a recuperação completa dessas deformações também leva algum tempo depois que o esforço é removido (Fig. 5.56). Na maioria dos materiais biológicos, o comportamento viscoso ocorre porque a carga aplicada faz o líquido fluir das regiões mais pesadamente carregadas para as menos carregadas, por percolação através de poros muito pequenos (escala de nanômetros) na matriz, um processo que pode levar horas: por essa razão, o termo poroelástico é muitas vezes preferido a viscoelástico quando se referindo a tecidos como cartilagem. Deslizamento (*creep*) e relaxamento sob tensão são duas manifestações importantes da viscoelasticidade. O deslizamento pode ser descrito como a deformação continuada sob carga constante (Fig. 5.56), enquanto o relaxamento sob tensão é uma diminuição gradual na força resistida por um material viscoelástico quando ele é inicialmente deformado em certa quantidade e a seguir mantido com a mesma deformação constante.

PROPRIEDADES MATERIAIS DOS TECIDOS ESQUELÉTICOS

As propriedades materiais de vários tecidos esqueléticos são comparadas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Propriedades materiais à tração dos tecidos esqueléticos. Para comparação, aço-liga tem resistência de 600 MPa e módulo de 20.000 MPa

	Osso cortical	Tendão (ligamento)	Cartilagem articular
Resistência (MPa)	130	50–110	5–20?
Módulo (MPa)	17.000	500–1.800 (150–800)	4–10
Deformação à falha (%)	1–2,5	10–20	30–100

Osso

O osso consiste principalmente em colágeno tipo I e microcristais do mineral hidroxiapatita. O colágeno dá ao osso considerável resistência à tração e o torna muito resistente a fraturas, enquanto o componente mineral dá ao osso um módulo compressivo muito alto e alta resistência compressiva. Rigidez é a característica definidora do osso: ela capacita o tecido a prover superfícies precisamente modeladas nas articulações sinoviais que se deformarão muito pouco sob carga e também capacita a locomoção rápida quando os músculos tracionam os ossos. Se os ossos fossem fortes e resistentes mas não rígidos, contrações musculares rápidas os fariam curvar-se alarmantemente e retardariam o movimento angular dos membros.

Tendão, ligamento, fáscia

Tendões, ligamentos e fáscia consistem principalmente em fibras de colágeno tipo I densamente compactadas, um arranjo que dá a essas estruturas resistência muito alta à tração: a estrutura ondulada dos feixes de fibras colágenas permite alongamento de 10-15% antes da ruptura. Essa combinação de resistência e extensibilidade capacita os tendões, ligamentos e fáscia a absorverem mais energia de deformação por unidade de peso do que qualquer outro material biológico e os torna amortecedores de choque muito eficazes (Alexander, 1988). Uma diferença mecânica importante entre tendões e ligamentos é que os ligamentos muitas vezes contêm feixes de fibras colágenas orientadas em várias direções, presumivelmente porque os ossos podem ser movidos a se afastar em várias direções, enquanto as fibras em um tendão estão alinhadas apenas na direção na qual o músculo traciona o tendão. A fáscia usualmente contém fibras colágenas alinhadas para resistir a forças em pelo menos duas direções diferentes.

Cartilagem hialina

A cartilagem hialina consiste principalmente em fibrilas muito finas de colágeno tipo II e grandes moléculas de proteoglicano que têm a propriedade de atrair água e intumescer. O colágeno dá à cartilagem sua resistência à tração e rigidez, e os proteoglicanos dão ao tecido alto conteúdo de água que confere "turgor" compressivo. Durante crescimento e reparação, os proteoglicanos habilitam a cartilagem em crescimento a intumescer e ocupar espaço que mais tarde será reforçado por outros componentes da matriz. A cartilagem articular é um tipo particular de cartilagem hialina que cobre as extremidades de ossos articulados: o alto conteúdo de água do tecido o capacita a distribuir carga uniformemente sobre o osso subjacente. Uma vez que cartilagem é mais mole que o osso, ela exibe um grau relativamente maior de deformação sob carga. Isso aumenta a área de contato entre as superfícies articulares e reduz o esforço de contato (Fig. 5.57). Carga continuada sobre uma articulação sinovial durante apenas alguns minutos causa substancial deslizamento de cartilagem porque a água é expelida do tecido. O deslizamento faz aumentar a área de contato e reduz ainda mais o esforço de contato. O deslizamento na cartilagem articular também faz a água ser expelida para dentro da cavidade articular, ajudando na lubrificação por película líquida (ver adiante). "Desgaste" da cavidade articular (medido em gramas) é a perda gradual de material da superfície, em resposta ao carregamento alto e repetitivo; ele é minimizado porque as fibrilas colágenas tipo II na zona superficial são alinhadas paralelas à superfície, uma disposição que fornece resistência máxima à formação de fenda na superfície e subsequente perda de tecido.

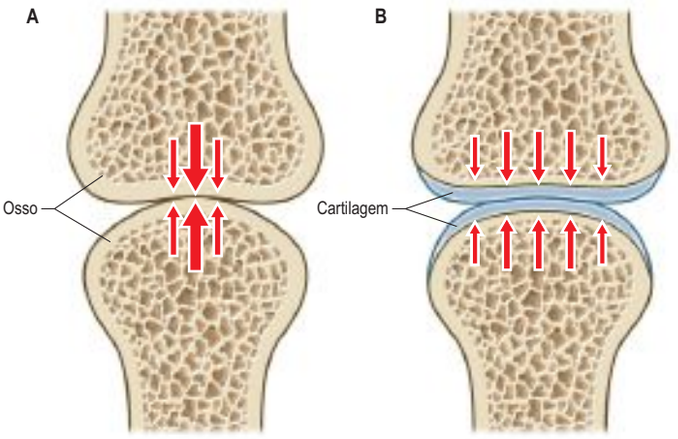


Fig. 5.57 A cartilagem articular em uma articulação sinovial não é tão rígida quanto o osso subjacente, de modo que a presença de cartilagem em uma articulação sob carga aumenta a área de contato (**B**) em comparação com uma articulação sem cartilagem (**A**).

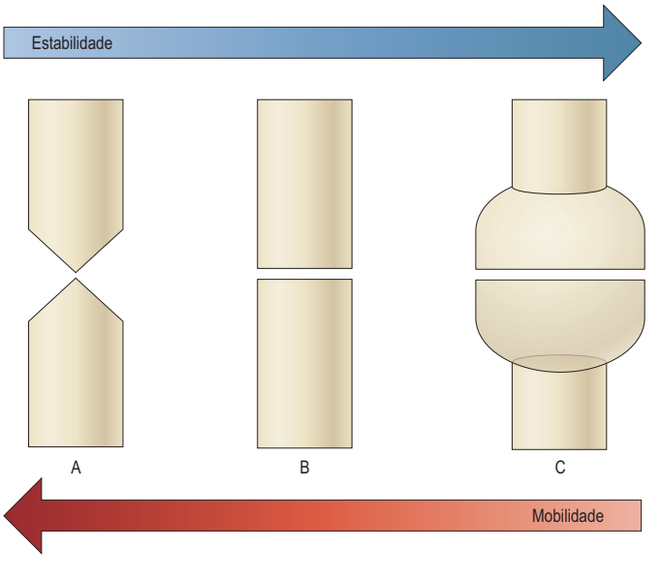


Fig. 5.58 Nas articulações sinoviais, as formas das extremidades ósseas opostas determinam em grande parte quanto movimento é possível e a estabilidade da articulação. Extremidades ósseas afiladas (**A**) levam a alta mobilidade mas baixa estabilidade (no plano da página). Em contraposição, extremidades ósseas muito largas (**C**) levam a baixa mobilidade e alta estabilidade. Algumas articulações assemelham-se a **A** em um plano, mas a **B** ou **C** em outros.

Fibrocartilagem e cartilagem elástica

A fibrocartilagem e a cartilagem elástica combinam o alto conteúdo de proteoglicano e água que caracteriza a cartilagem com uma alta proporção de fibras colágenas grossas tipo I (fibrocartilagem) ou fibras de elastina (cartilagem elástica). O colágeno tipo I confere resistência extra à tração e à compressão, enquanto as fibras de elastina fornecem recuo elástico, isto é, a capacidade de ressaltar de volta à sua forma depois de grandes deformações.

PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS ESTRUTURAS ESQUELÉTICAS

Ossos longos

Os ossos longos são caracterizados por extremidades aumentadas cobertas por cartilagem, uma diáfise oca longa e várias protuberâncias ósseas. As extremidades aumentadas servem para reduzir o esforço de contato onde os ossos longos se encontram nas articulações sinoviais e para aumentar a estabilidade dessas articulações (Fig. 5.58). Uma relação diferente entre estabilidade e mobilidade pode existir em diferentes planos anatômicos, até na mesma articulação, por exemplo, a articulação do joelho favorece a estabilidade no plano frontal e a mobilidade no plano sagital. A diáfise oca de um osso longo confere alta resistência ao encurvamento, mas também minimiza a massa óssea e, assim, aumenta a velocidade de movimento. A resistência ao encurvamento é aumentada tendo-se tanta massa óssea quanto possível longe do eixo de flexão (Fig. 5.59). A forma precisa em seção transversa de um osso longo, por essa razão, dá uma indicação clara dos planos nos quais a diáfise tende mais a ser submetida à flexão grave. Proeminências ou processos ósseos nos ossos longos servem para aumentar o braço de alavanca dos músculos que neles estão inseridos: se uma grande proeminência estiver próxima do centro de rotação de uma articulação, o braço de alavanca poderá aumentar mais de 100% e o torque máximo desenvolvido pelo músculo em torno daquele centro de rotação aumentará na mesma quantidade.

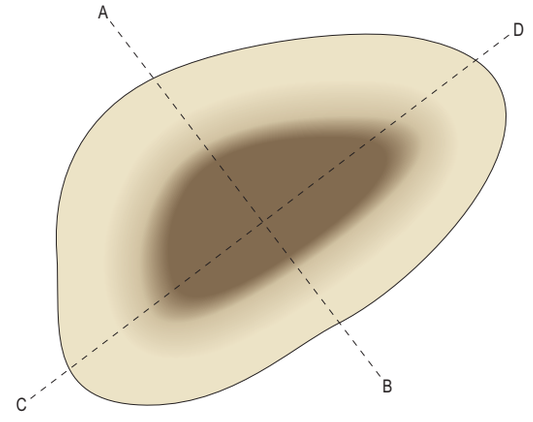


Fig. 5.59 Corte transversal através da diáfise de um osso longo, mostrando como a forma irregular dá informação sobre a resistência do osso à flexão em torno de diferentes eixos. A resistência será máxima em torno do eixo A–B porque uma alta proporção da massa óssea está localizada a longa distância desse eixo, e assim resistirá muito fortemente ao encurvamento. A resistência será mínima em torno do eixo C–D por uma razão semelhante.

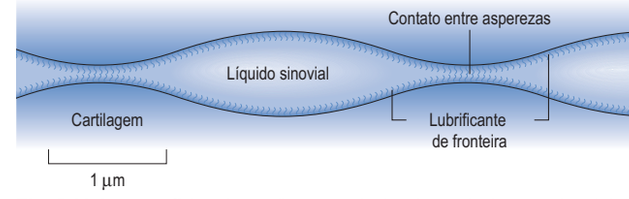


Fig. 5.60 As superfícies de cartilagem articular das articulações sinoviais contêm ondulações microscópicas que aprisionam pequenas quantidades de líquido sinovial entre as superfícies. Isso possibilita que ocorra a lubrificação por película de fluido. Lubrificação de fronteira nos pontos de contato entre asperezas da cartilagem é facilitada pela adesão do lubrificante à superfície da cartilagem.

Articulações sinoviais

Tipicamente, as articulações sinoviais são destinadas a movimentos completos e livres, mas elas também têm de fornecer alguma estabilidade em planos específicos (Fig. 5.58). Em uma articulação com pequena amplitude de movimento, a estabilidade intrínseca fornecida pelas superfícies articulares e ligamentos dessa articulação podem ser mais importantes que a estabilidade extrínseca fornecida pelos músculos em torno. O movimento com baixo atrito é facilitado pelas superfícies lisas da cartilagem articular, tornadas deslizantes pela presença de lubrificantes hidrofóbicos (fosfolipídios tensioativos) que estão ligados à cartilagem de superfície. Essa lubrificação de fronteira reduz o atrito durante movimentos lentos, especialmente quando as forças são altas. Durante movimentos rápidos, ondulações microscópicas na superfície da cartilagem aprisionam pequenas quantidades de líquido sinovial entre as superfícies articulares, de modo que lubrificação por película líquida (semelhante a aquaplanagem) também pode ocorrer (Fig. 5.60), e atrito e desgaste são grandemente reduzidos. A natureza pegajosa, viscosa, do líquido sinovial o capacita a persistir entre as superfícies de cartilagem durante mais tempo do que a água, que seria espremida para fora demasiado rapidamente. Lubrificação por película de líquido é ajudada por curvaturas levemente incongruentes (Fig. 5.61), produzindo um espaço potencial cheio de líquido que se move à medida que a articulação se move, lavando com líquido sinovial através das superfícies de cartilagem. Incongruência também pode ajudar a reduzir a carga máxima sobre o ápice da articulação.

Discos intervertebrais

Os discos intervertebrais são compostos de três tecidos: o anel fibroso (fibrocartilagem), o núcleo pulposo (um gel de colágeno–proteoglicano hidra-

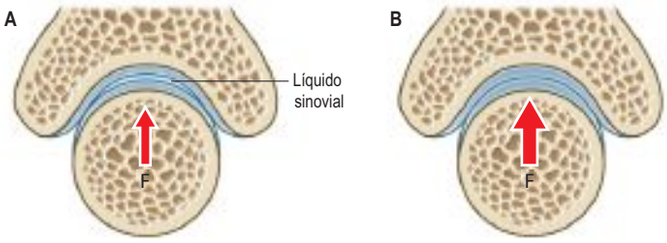


Fig. 5.61 Algumas articulações sinoviais são incongruentes no sentido de que as superfícies articulares opostas têm curvaturas ligeiramente diferentes. Isso assegura que haja um espaço cheio de líquido entre elas quando a articulação está sujeita a baixa carga (**A**). Sob alta carga (**B**) esse espaço desaparece, mas a carga máxima no ápice da articulação permanece mais baixa do que seria se as superfícies tivessem a mesma curvatura, e isso é vantagem importante de uma articulação incongruente. A forma da superfície articular côncava é às vezes denominada arco gótico. F = Força de carga.

tado) e as faces intervertebrais (cartilagem hialina) (Cap. 42). O conteúdo de água do núcleo pulposo pode atingir 90% em crianças e adultos jovens, capacitando o tecido inteiro a se comportar como um fluido. Quando carga compressiva é aplicada à coluna vertebral, a pressão líquida no núcleo pressiona uniformemente os corpos vertebrais adjacentes, mesmo quando eles estão orientados a pequenos ângulos uns com os outros. O anel resiste à expansão radial do núcleo e pode se deformar verticalmente para facilitar a flexão espinal em vários planos. A face intervertebral de cartilagem hialina relativamente densa ajuda a manter uma pressão de fluido no núcleo, retardando a perda de água para dentro do corpo vertebral através de perfurações na face intervertebral. Não obstante, os discos perdem aproximadamente 20% da sua água gradualmente, no decorrer do dia. Essa perda líquida de água é retomada à noite quando, em decúbito, a carga sobre a coluna é aliviada. Variações diurnas no conteúdo de água dos discos fazem os adultos serem aproximadamente 2 cm mais altos pela manhã cedo e mais flexíveis à noite (Cap. 42).

MÚSCULOS E SISTEMAS DE ALAVANCAS

Arquitetura colágena do músculo

Os músculos são sustentados por uma hierarquia de bainhas colagenosas (endomísio, perimísio e epimísio) que circunscrevem as fibras musculares individuais, fascículos e músculos inteiros, respectivamente. Os músculos são unidos em grupos funcionais por fáscia colagenosa. Juntas, essas bainhas criam uma forte estrutura semelhante a favo de mel que contribui para a resistência de um músculo à tensão. Quando o músculo é estirado, altas forças de tração nessas estruturas colágenas contribuem para as altas forças que podem ser geradas durante contrações musculares excêntricas (de alongamento).

Forças musculares internas

Falando de modo geral, as forças musculares exercem maior carregamento mecânico sobre o esqueleto do que o peso corporal. Durante bipedestação relaxada, 50% da força compressiva atuando sobre a coluna lombar se origina da atividade antagonística dos músculos do dorso e abdome, e 50% vêm do peso corporal verticalmente incidente. Entretanto, quando flexionando o tronco para levantar pesos do solo, mais de 90% da força compressiva atuando sobre a coluna podem ser atribuídos à tensão muscular (Fig. 5.62). Similarmente, as forças musculares atuando sobre o joelho podem exceder o peso corporal por um fator de 200-400% durante a subida de escadas e durante movimentos de agachamento profundo. As forças musculares podem exceder a resistência dos ossos adjacentes se eles se contraírem em alarme, de modo que os reflexos inibitórios normais são suprimidos: não é incomum as vértebras serem esmagadas pela tensão muscular durante grandes ataques epilépticos. As forças musculares também ascendem a altos níveis ao tentar acelerar partes do corpo. De acordo com a segunda lei de Newton do movimento (força = massa × aceleração), segue-se que qualquer tentativa de obter aceleração máxima, por exemplo, durante alguma atividade esportiva, exigirá naturalmente tensão muscular máxima. O tamanho e os perigos potenciais das forças musculares internas são muitas vezes negligenciados, levando alguns autores a traçar distinções espúrias entre articulações de sustentação de peso e de não sustentação de peso, e a sugerir erroneamente que apenas as primeiras estão sujeitas a alto carregamento: é provável que as articulações dos dedos de um relojoeiro sejam sujeitas a esforços tão altos e tão frequentemente quanto aqueles aplicados aos seus quadris.

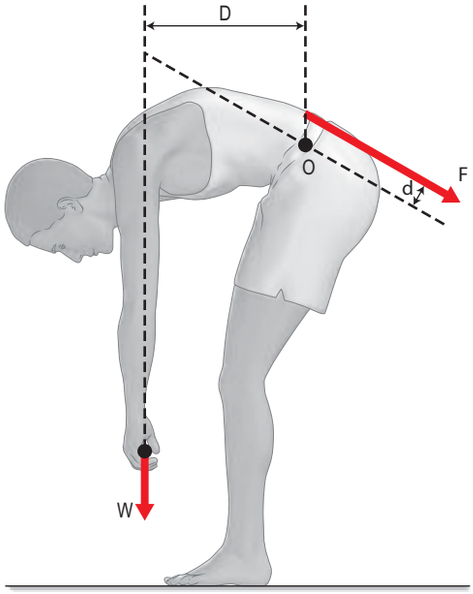


Fig. 5.62 Durante trabalho manual, a tensão muscular muitas vezes se eleva a altos níveis a fim de gerar suficiente momento de flexão para mover objetos externos. Nesse exemplo, os músculos do dorso atuam apenas a uma curta distância (d) do ponto axial nos discos intervertebrais, enquanto o peso que está sendo levantado atua sobre um braço de alavanca muito maior (D). Para que os momentos se equilibrem, a tensão muscular dorsal (F) tem de exceder o peso que está sendo levantado (P) pela razão D/d. Na prática, isso pode levar a coluna lombar a ser comprimida por aproximadamente 500 kg durante manipulação manual moderada.

Sistemas de alavancas musculares

Tensão muscular gera momentos de flexão e torques em torno de articulações. Momentos e torques dependem de braços de alavancas, bem como de forças musculares. É convencional (embora não particularmente instrutivo) distinguir entre três tipos de sistemas de alavancas musculares (Fig. 5.63). O comprimento do braço de alavanca (a distância perpendicular entre a linha de ação do músculo e o centro de rotação da articulação) é mais importante que o tipo de alavanca (Fig. 5.64). Se o braço de alavanca for curto, uma dada contração muscular moverá a articulação através de um grande ângulo, de modo que o sistema de alavanca é apropriado para movimentos grandes e/ou rápidos dessa articulação. Em contraposição, um braço longo de alavanca leva a movimentos pequenos e/ou lentos, mas geração de maior momento. Essas considerações podem revelar, por exemplo, se as maxilas de um animal são destinadas a capturar insetos ou a esmagar nozes. Os halterofilistas de elite podem ter inserções musculares com braços de alavanca particularmente grandes em torno de articulações particulares.

MOVIMENTOS

Movimentos dos ossos

O movimento de um osso é chamado de translação se não envolver nenhuma alteração em orientação em relação a uma estrutura ou referência fixa (ou a outro osso). Uma rotação pura não envolve nenhuma rotação, meramente o giro do osso em torno de algum ponto ou centro de rotação fixo. Giro (revolução) é a rotação de um osso em torno do seu eixo mecânico, o qual em um osso longo coincide com o seu eixo longo. O giro pode ocorrer em conjunção com outras rotações de articulações (Fig. 5.65). A maioria dos movimentos do corpo evolve alguma combinação de rotação, translação e giro, embora o componente translacional frequentemente seja pequeno.

Movimentos em superfícies articulares

Superfícies articulares opostas nunca são perfeitamente congruentes. Não obstante, regiões substanciais de superfícies opostas podem se encaixar exatamente em certa posição, conhecida como a posição de contato máximo, na qual a articulação é mais estável, por exemplo, a posição de contato máximo da articulação do joelho corresponde à extensão completa. Em outras posições (de contato frouxo), as superfícies das articulações incongruentes não estão perfeitamente combinadas e são capazes de se mover uma em relação à outra por uma combinação de giro, rolagem e deslizamento (Fig. 5.66). No contato máximo final, as superfícies são completamente congruentes, em

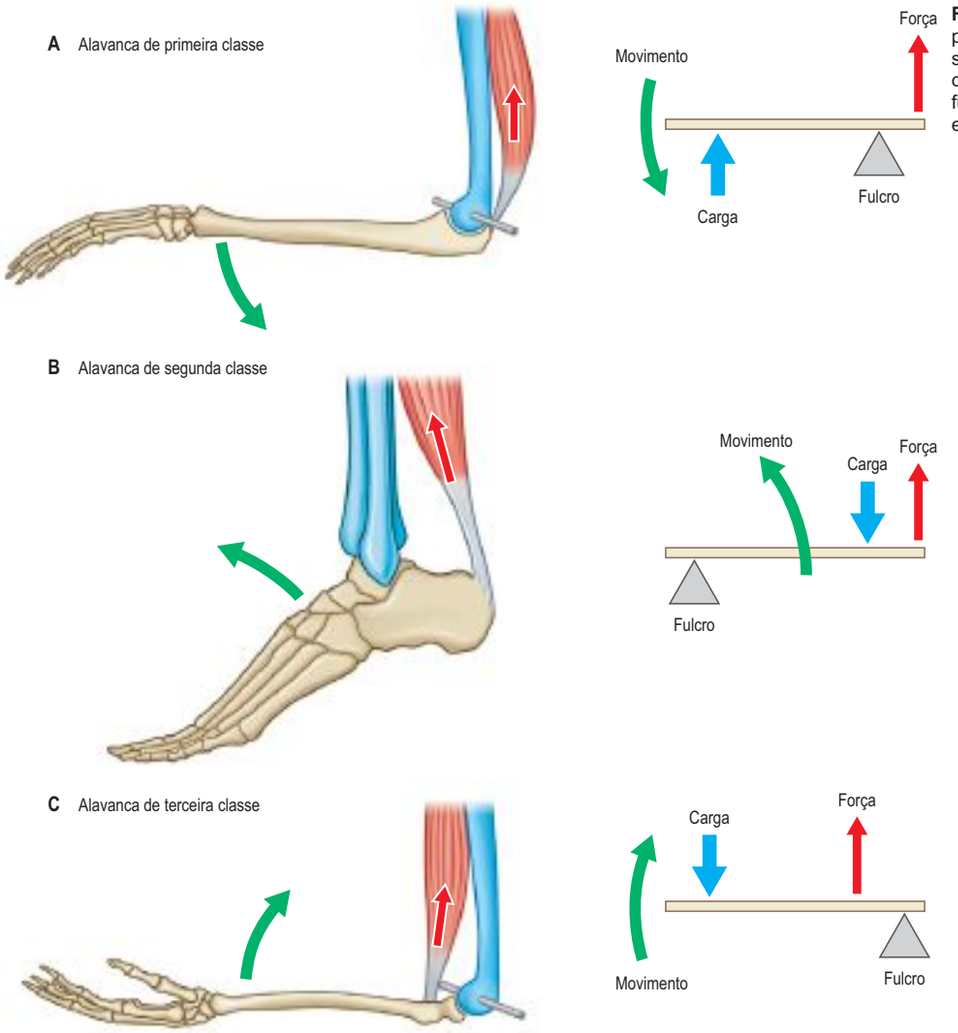


Fig. 5.63 Os sistemas de alavancas musculares podem ser classificados como primeira classe (**A**), segunda classe (**B**) ou terceira classe (**C**), de acordo com as posições relativas do ponto de apoio (pivô, fulcro), da inserção do músculo e da força aplicada externamente.

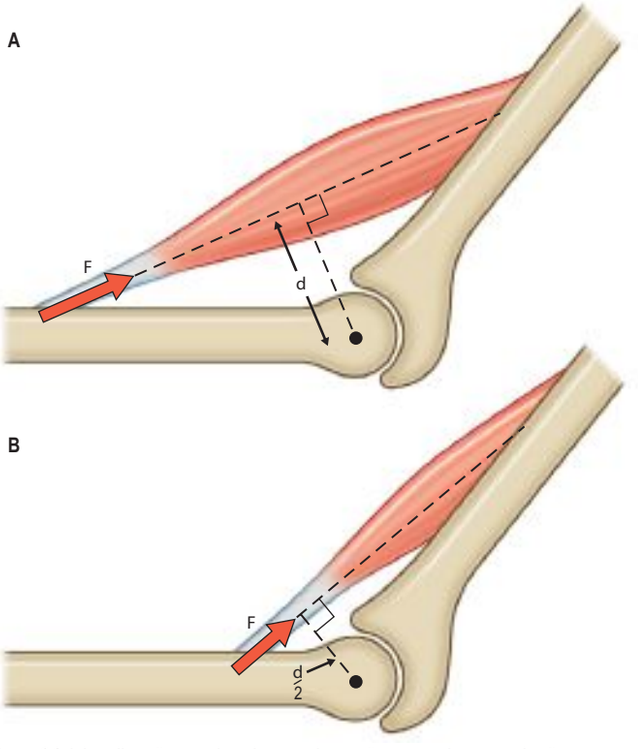


Fig. 5.64 A localização precisa de uma inserção muscular em relação a uma articulação influencia grandemente a função dessa articulação. **A,** Se a distância perpendicular (d) entre a linha de ação do músculo e o centro de rotação da articulação (•) for grande, a articulação será apropriada para movimentos lentos mas fortes. **B,** Se d for pequena, a articulação será adequada para movimentos rápidos mas com menos força.

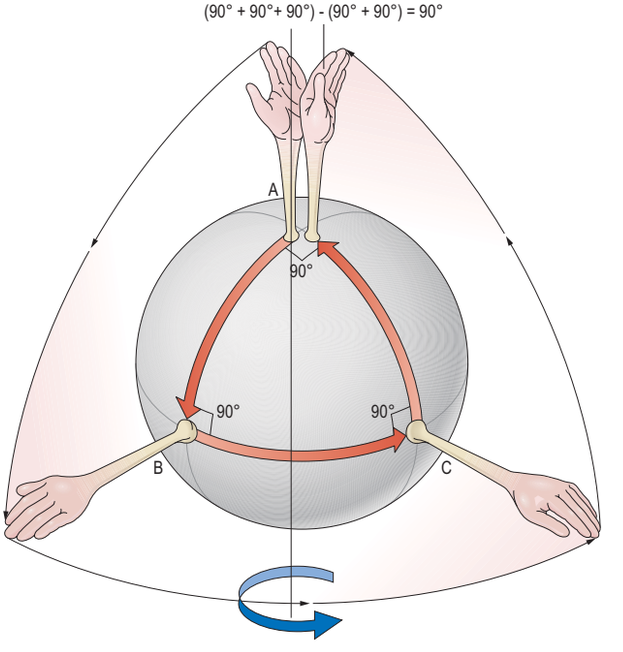


Fig. 5.65 Movimentos complexos das articulações do corpo são às vezes requeridos para produzir movimentos aparentemente simples dos membros. Nesse exemplo, mover a mão como mostrado de A para C exige um movimento de "giro" oculto do braço de 90° em torno do seu eixo mecânico (longo).

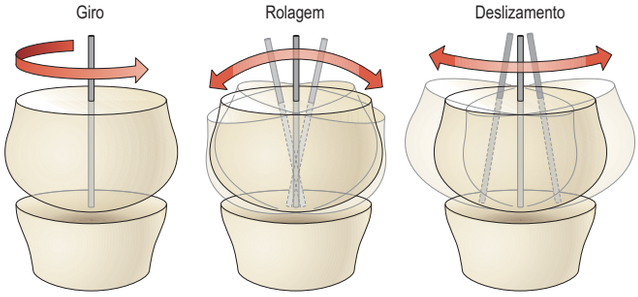


Fig. 5.66 As superfícies de articulações incongruentes se movem umas em relação às outras por várias combinações de giro, rolagem e deslizamento.

Tabela 5.4 Posições de contato máximo e contato frouxo das articulações

Articulação	Posição de contato máximo	Posição de contato frouxo
Ombro	Abdução + rotação lateral	Semiabdução
Umeroulnar	Extensão	Semiflexão
Umerorradial	Semiflexão + semipronação	Extensão + supinação
Radiocarpal	Dorsiflexão	Semiflexão
2.ª-5.ª metacarpofalângica I	Flexão completa	Semiflexão + desvio ulnar
Interfalângicas (dedos da mão)	Extensão	Semiflexão
1.ª carpometacarpal	Oposição completa	Posição neutra do polegar
Quadril	Extensão + rotação medial	Semiflexão
Joelho	Extensão completa	Semiflexão
Tornozelo	Dorsiflexão	Posição neutra
Articulações tarsais	Supinação completa	Semipronação
Metatarsofalângicas	Dorsiflexão	Semiflexão
Interfalângicas (dedos do pé)	Dorsiflexão	Semiflexão
Intervertebrais	Extensão	Posição neutra

Dados de MacConaill MA, Basmajian JV 1977 Muscles and Movements, 2nd edn. New York: Kriger.

contato máximo e firmemente comprimidas ou "aparafusadas no lugar". A cápsula e os ligamentos fibrosos estão maximamente espiralados e tensos, e nenhum movimento adicional é possível. As superfícies em contato máximo não podem ser separadas por força externa normal (como podem ser em outras posições), e os ossos podem ser vistos como temporariamente travados, como se nenhuma articulação existisse. O contato máximo é uma posição final, limitadora, e qualquer força que tenda a produzir qualquer alteração só pode ser resistida pela contração dos músculos apropriados. Deixar de parar o movimento adicional resulta em lesão das estruturas articulares. Portanto, o movimento justamente menor que o contato máximo é fisiologicamente muito importante.

Os ligamentos e a cartilagem articular são em pequeno grau elasticamente deformáveis: nas fases finais do contato máximo, a posição articular é um equilíbrio entre os momentos e torques externos aplicados (muitas vezes pela gravidade) e a resistência à deformação tecidual pela cápsula tensa, torcida, e superfícies de cartilagem comprimidas. Na postura em pé simétrica, as articulações dos joelhos e quadris se aproximam das posições de contato máximo suficientemente para manter uma postura ereta com mínima energia. Em todas as outras posições, as superfícies articulares não são congruentes e partes da cápsula estão frouxas; a articulação é dita em contato frouxo. De acordo com MacConaill e Basmajian (1977), as posições de contato máximo e contato frouxo das articulações são como apresentado na Tabela 5.4. As cápsulas estão suficientemente frouxas, perto da faixa intermediária de muitos movimentos, para permitir separação das superfícies articulares por forças externas. As opiniões variam a respeito de algumas das posições na Tabela 5.4, por exemplo, uma posição de contato máximo pode possivelmente ocorrer em articulações ocasionais em ambos os extremos da amplitude de movimento. É difícil avaliar a situação nas pequenas articulações tarsais e carpais, e na primeira articulação carpometacarpal. Movimentos intervertebrais são o resultado de alterações simultâneas integradas em todos os elementos que constituem o complexo articular intervertebral, e talvez não devessem ser incluídos na Tabela 5.4. Entretanto, a maioria das posições apresentadas corresponde a posturas adotadas quando é encontrado esforço máximo.

Centro de rotação

O centro de rotação é um conceito teórico e pode não corresponder estreitamente a qualquer marco anatômico. Para um movimento finito de um osso em relação a uma referência fixa (talvez um plano anatômico), o centro de rotação pode ser localizado (i) desenhando-se linhas teóricas entre as posições inicial e final de marcos anatômicos no osso e (ii) determinando-se onde se encontram as perpendiculares que bissecionam essas linhas (Fig. 5.67). Movimentos reais de articulações reais muitas vezes envolvem combinações variáveis de rotação e translação à medida que o movimento progride. Pode ser instrutivo fragmentar o movimento inteiro em uma série de pequenos movimentos, calcular o centro de rotação de cada um e a seguir unir os centros para criar o *locus* do centro instantâneo de rotação do movimento total. Doença articular às vezes leva a um *locus* anormalmente longo e tortuoso do centro de rotação porque as alterações degenerativas podem reduzir a restrição ao movimento oferecidas por um ou mais tecidos.

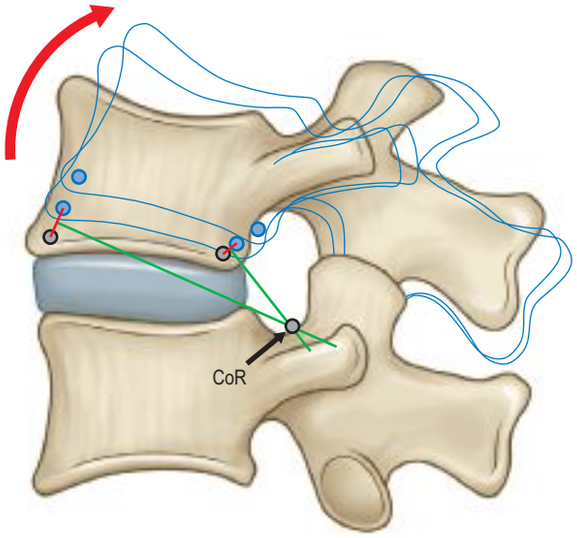


Fig. 5.67 Quando um osso é rotado, o centro de rotação (CoR) pode ser localizado (i) traçando-se linhas entre as posições inicial e final de marcos anatômicos no osso e (ii) determinando-se onde se encontram as perpendiculares que bissecionam essas linhas. O CoR pode não corresponder a um marco anatômico preciso.

Movimentos conjugados

Uma tentativa de mover uma articulação em um plano às vezes faz superfícies articulares se encontrarem em um ângulo oblíquo, o que pode causar pequenas rotações em outros planos. Essas rotações secundárias, que usualmente são menores que as rotações primárias, são denominadas movimentos conjugados (acoplados). Como exemplo, a flexão lateral da coluna lombar, que ocorre no plano coronal, também produz normalmente rotações axiais. Patologia articular pode levar a movimentos conjugados anormais.

MECANOBIOLOGIA

Remodelação adaptativa

Os tecidos esqueléticos são geralmente capazes de adaptar suas propriedades mecânicas para combinar com as forças a eles aplicados. Esse processo é mais bem conhecido em relação ao osso, e os biólogos do osso referem-se a esse princípio geral como lei de Wolff. Conforme ilustrado na Figura 5.68, o grau de deformação de um tecido é proporcional à quantidade de carga mecânica à qual ele é submetido. As células detectam essa deformação aumentada e respondem produzindo mais matriz extracelular, o que aumenta o módulo (rigidez) do tecido e faz retornar ao normal os níveis de deformação. Similarmente, carga reduzida leva a deformação tecidual reduzida, síntese reduzida de matriz e módulo reduzido, de modo que a deformação tecidual aumenta para valores normais. Esse sistema de *feedback* negativo assegura que o osso se adapte (se remodele) para adequar-se ao seu ambiente mecânico. Experiências em animais sugerem que tão pouco quanto 36 ciclos de carga relativamente severos por dia são suficientes para produzir uma resposta hipertrófica máxima no osso, enquanto menos de quatro ciclos de carga por dia leva à reabsorção tecidual. Evidentemente, as células ósseas respondem ao carregamento máximo em vez da média em relação ao tempo. Há alguma evidência experimental de que cartilagem e tendão, similarmente, se adaptam ao seu ambiente mecânico. Seria improvável que não o fizessem porque as propriedades mecânicas de tecidos adjacentes rapidamente se tornariam descombinadas, aumentando o risco de dano a um deles. Entretanto, é igualmente evidente que diferentes tecidos não podem se adaptar às mesmas

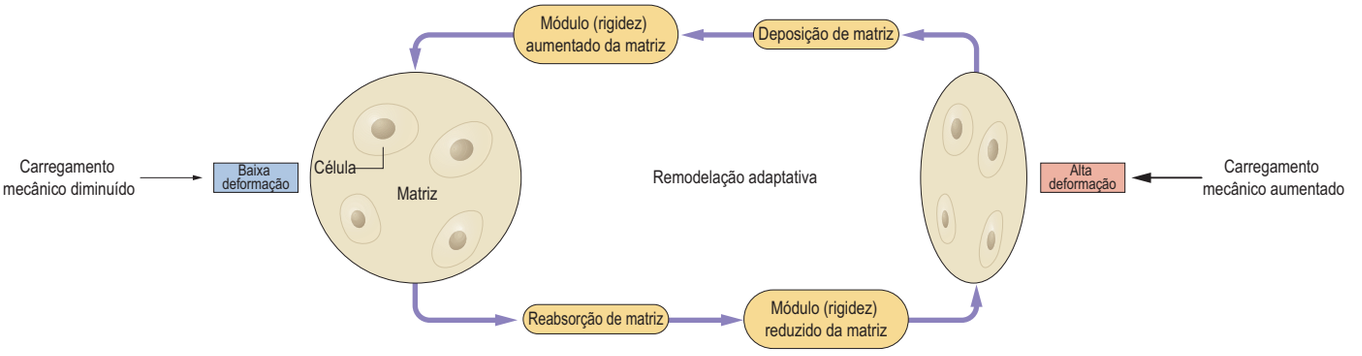


Fig. 5.68 Remodelação adaptativa é o processo pelo qual os tecidos musculoesqueléticos se adaptam às demandas mecânicas prevalentes. Se um tecido for submetido a carregamento mecânico aumentado (direita), ele se deforma mais. As células respondem a isso depositando mais matriz e aumentando seu módulo (rigidez) até que os níveis de deformação retornem ao normal. Similarmente, carregamento reduzido leva a deformação tecidual reduzida (esquerda), módulo reduzido e deposição reduzida de matriz até que os níveis de deformação se elevem para o normal.

velocidades. Tecidos altamente vascularizados como músculo e osso têm o potencial de se adaptar rapidamente, enquanto tecidos pouco vascularizados como grandes tendões não o têm. Tecidos avasculares como cartilagem articular e discos intervertebrais só são capazes de se adaptar muito lentamente, de modo que os tempos de reposição de algumas macromoléculas da matriz podem ser tão longos quanto 100 anos. Grandes diferenças em potencial adaptativo entre tecidos musculoesqueléticos adjacentes poderiam levar a problemas no tecido menos bem vascularizado quando os níveis de carga mecânica aumentassem abruptamente.

Mecanotransdução

Vários mecanismos foram propostos para explicar como as células nos tecidos musculoesqueléticos detectam carga mecânica. As células no osso parecem responder à deformação tecidual, possivelmente detectando fluxo de líquido dentro dos canalículos microscópicos da matriz (revisto em Klein-Nulend *et al.*, 2003). As células na cartilagem e ligamentos também parecem capazes de detectar deformação tecidual, possivelmente porque o fluxo líquido na matriz circundante deforma as células sofrendo esforço tangencial (Fig. 5.52). As células na cartilagem articular e no núcleo pulposo dos discos intervertebrais são capazes de detectar pressão hidrostática no meio circundante, embora apenas as células no núcleo normalmente experimentariam essa pressão em vida. As células musculares respondem à deformação e à microlesão. A mecanotransdução parece ser mediada por moléculas da matriz como fibronectina, por proteínas transmembrânicas como as integrinas e por uma variedade de proteínas intracelulares como a titina no músculo.

Degeneração, lesão e reparo frustrado

Numerosas teorias foram propostas para explicar alterações degenerativas nos tecidos esqueléticos. A maioria presume que as células se comportam anormalmente, possivelmente em virtude de uma herança genética desfavorável, de tal modo que a matriz se torna enfraquecida e fisicamente rompida. Alternativamente, as alterações degenerativas podem representar uma tentativa das células para reparar uma matriz quando a causa primária do dano foi o carregamento mecânico excessivo. Em tecidos pouco vascularizados, como cartilagem e tendão, baixa densidade celular e transporte inadequado de metabólitos poderiam levar a um círculo vicioso de pequena lesão, reparo frustrado, enfraquecimento tecidual e lesão adicional.

REFERÊNCIAS

Adams MA, Bogduk N, Burton K, Dolan P 2002 The Biomechanics of Back Pain. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Alexander RM 1988 Elastic mechanisms in animal movement. Cambridge: Cambridge University Press.

Batchelor CL, Winder SJ 2006 Sparks, signals and shock absorbers: how dystrophin loss causes muscular dystrophy. Trends Cell Biol 16: 198–205.

Benjamin M, Maganaris C (eds) 2006 Symposium on 'The Anatomy of Exercise'. J Anat 208.

Benjamin M, Toumi H, Ralphs JR, Bydder G, Best TM, Milz S 2006 Where tendons and ligaments meet bone: attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load. J Anat 208: 471–90.

Blair JM, Zheng Y, Dunstan CR 2007 RANK ligand. Int J Biochem Cell Biol 39: 1077–81.

Brand-Saberi B, Christ B 2000 Evolution and development of distinct cell lineages derived from somites. Current Topics in Developmental Biology, Vol 48. New York: Academic Press.

Buckingham M, Bajard L, Chang T et al 2003 The formation of skeletal muscle: from somite to limb. J Anat 202: 59–68.

Buller AJ, Eccles JC, Eccles RM 1960 Interactions between motoneurones and muscles in respect of the characteristic speeds of their responses. J Physiol 150: 417–39.

Clarkson E, Costa CF, Machesky L 2004 Congenital myopathies: diseases of the actin cytoskeleton. J Path 204: 407–17.

Collins CA, Partridge TA 2005 Self-renewal of the adult skeletal muscle satellite cell. Cell Cycle 4: 1338–41.

Conboy IM, Conboy MJ, Wagers AJ, Girma ER, Weissman IL, Rando TA 2005 Rejuvenation of aged progenitor cells by exposure to a young systemic environment. Nature 433: 760–64.

Currey JD 2002 Bones: structure and mechanics. Woodstock: Princeton University Press.

Edgerton VR, Roy RR, Allen DL, Monti RJ 2002 Adaptations in skeletal muscle disuse or decreased-use atrophy. Am J Phys Med Rehabil 81(11 Suppl): S127–47.

Goldring K, Partridge T, Watt D 2002 Muscle stem cells. J Pathol 197: 457–67.

Revisão do papel da célula satélite no crescimento e reparo das fibras musculares.

Klein-Nulend J, Nijweide PJ, Burger EH 2003 Osteocyte and bone structure. Curr Osteoporos Rep 1: 5–10.

Lieber RL, Friden J 2000 Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. Muscle Nerve 23: 1647–66.

MacConaill MA, Basmajian JV 1977 Muscles and Movements. A Basis for Human Kinesiology, 2nd edn. New York: Krieger.

Maltin CA, Delday MI, Sinclair KD, Steven J, Sneddon AA 2001 Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. Reproduction 122: 359–74.

Mankin HJ, Mow VC, Buckwalter JA, Iannotti JP, Ratcliffe A 2000 Articular cartilage structure, composition and function. In: Buckwalter J, Einhorn TA, Simon SR (eds) Orthopaedic Basic Science: Biology and Biomechanics of the Musculoskeletal System, 2nd edn. Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons, pp. 427–63.

Mathes SJ, Nahai F 1981 Classification of the vascular anatomy of muscles: experimental and clinical correlation. Plast Reconstr Surg 67: 177–87.

Mizuno H, Zuk PA, Zhu M, Lorenz HP, Benhaim P, Hedrick MH 2002 Myogenic differentiation by human processed lipoaspirate cells. Plast Reconstr Surg 109: 199–209.

Muntoni F, Brown S, Sewry C, Patel K 2002 Muscle development genes: their relevance in neuromuscular disorders. Neuromusc Disord 12: 438–46.

Panjabi MM, White III AA 2001 Biomechanics in the Musculoskeletal System. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Schiaffino S, Reggiani C 1996 Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. Physiol Rev 76: 371–423.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Músculo liso e sistemas cardiovascular e linfático

CAPÍTULO 6

O sistema cardiovascular transporta sangue do coração a todas as partes do corpo através de uma série de tubos musculares, exceto os menores. O músculo nesses tubos é de dois tipos: músculo liso é característico das paredes dos vasos sanguíneos e músculo cardíaco provê as paredes do coração com a sua poderosa ação contrátil de bombeamento. As características gerais e classificação dos tecidos musculares são apresentadas na página 103. Músculo liso também forma um elemento contrátil importante nas paredes de muitos outros sistemas de órgãos do corpo, por exemplo, o trato gastrointestinal.

MÚSCULO LISO

No tecido muscular liso, as proteínas contráteis actina e miosina não estão organizadas em sarcômeros regulares, visíveis como estriações transversais, de modo que o citoplasma tem um aspecto liso (não estriado). O músculo liso também é dito músculo involuntário porque sua atividade não é iniciada nem monitorada conscientemente. Ele é mais variável, em forma e função, do que músculo estriado ou cardíaco, um reflexo dos seus variados papéis em diferentes sistemas do corpo.

As células (fibras) musculares lisas são menores que as do músculo estriado. Seu comprimento pode variar de 15 μm nos pequenos vasos sanguíneos a 200 μm e mesmo a 500 μm ou mais no útero durante a gravidez. As células são fusiformes, afilando-se para as extremidades a partir de um diâmetro central de 3-8 μm (Fig. 6.1). O núcleo é único, localizado no ponto médio, e muitas vezes torcido em forma de saca-rolha pela contração da célula. As células musculares lisas agregam-se com seus eixos longos paralelos e desencontradas em degraus longitudinalmente, de modo que a porção central larga de uma célula situa-se junto da extremidade afilada de outra. Esse arranjo realiza ao mesmo tempo agregação estreita e transferência mais eficiente de força de célula para célula. Em corte transversal, o músculo liso é visto como um arranjo de perfis circulares ou levemente poligonais de tamanho muito variado, e os núcleos estão presentes apenas nos centros dos maiores perfis (Fig. 6.2). Essa aparência contrasta acentuadamente com a das células musculares lisas, que mostram um diâmetro constante em corte transversal e núcleos situados perifericamente em toda a sua extensão.

O músculo liso é tipicamente encontrado nas paredes de estruturas tubulares e vísceras ocas. Ele regula o diâmetro (p. ex., nos vasos sanguíneos e ramos da árvore brônquica), propele líquidos ou sólidos (p. ex., no ureter, ducto hepático e intestinos) ou expele o conteúdo (p. ex., na bexiga urinária e útero). A disposição real das células varia com o tecido. A descrição que se segue, por essas razões, se ocupará com as propriedades mais genéricas do músculo liso. As morfologias mais especializadas do músculo liso são descritas nos capítulos regionais apropriados.

O músculo liso não possui estruturas de fixação equivalentes às fáscias, tendões e aponeuroses associadas com músculo esquelético. Há um arranjo especial para transmitir força de célula a célula e, onde necessário, a outras estruturas teciduais. As células são separadas por um espaço de 40-80 nm. Cada célula é coberta quase inteiramente por lâmina basal proeminente que se funde com uma camada reticular consistindo em uma rede de finas fibras reticulares de elastina (colágeno tipo III) e fibras de colágeno tipo I (Fig. 6.3). Esses elementos unem em ponte os espaços entre células adjacentes e fornecem continuidade mecânica por todo o fascículo. A célula se fixa a componentes dessa matriz extracelular em placas densas (Fig. 6.4A) onde a lâmina basal é espessada; fixação célula–célula ocorre em junções intermediárias ou desmossomos, formadas de duas placas densas adjacentes. Nos limites dos fascículos, as fibras de tecido conjuntivo se tornam entremeadas com as dos septos interfasciculares, de tal modo que a contração de diferentes fascículos é comunicada através de todo o tecido às estruturas vizinhas. Os componentes da rede reticular, a substância fundamental e fibras colágenas e elásticas são sintetizados pelas próprias células musculares lisas, não por fibroblastos ou outras células do tecido conjuntivo, as quais raramente são encontradas dentro dos fascículos.

Em alguns vasos sanguíneos, notadamente os da circulação pulmonar, e nas vias aéreas, e provavelmente em outros tipos de músculo liso, há evidência de heterogeneidade de fenótipo celular. Algumas células semelhantes a miofibroblastos têm uma função que é mais secretória que contrátil. O fenótipo secretório está muitas vezes aumentado na doença (p. ex., asma grave crônica, hipertensão pulmonar) e é associado com proliferação e remodelação aumentadas, e também secreção de citocinas e outros mediadores. Muitos músculos lisos parecem exibir considerável plasticidade entre esses fenótipos contrátil e secretório.

Descontinuidades ocorrem na lâmina basal entre células adjacentes, e aqui as membranas celulares aproximam-se a 2-4 nm umas das outras para formar uma junção de espaço (Fig. 6.2). Acredita-se que essas junções sejam estruturalmente semelhantes às suas contrapartes no músculo cardíaco. Elas proveem um caminho de baixa resistência através do qual a excitação elétrica pode passar entre as células, produzindo uma onda coordenada de contração. A incidência de junções de espaço varia com o local anatômico do tecido: elas parecem ser mais abundantes no tipo de músculo liso que gera atividade rítmica (fásica).

Embora alguns músculos lisos possam gerar tanta força por unidade de seção transversa de área quanto o músculo esquelético, a força sempre se desenvolve muito mais lentamente do que no músculo estriado. O músculo liso pode se contrair mais de 80%, uma amplitude muito maior de encurtamento do que os 30%, aproximadamente, a que o músculo estriado é limitado. O significado dessa propriedade é ilustrado pela bexiga urinária, que é capaz de se esvaziar completamente a partir de um volume interno de 300 ml ou mais. Os músculos lisos são capazes de manter tensão durante longos períodos com muito pouco dispêndio de energia. Muitas estruturas musculares lisas são capazes de gerar contrações espontâneas: exemplos são encontrados nas paredes dos intestinos, ureter e tuba uterina.

MICROESTRUTURA DO MÚSCULO LISO E O MECANISMO CONTRÁTIL

Embora a microscopia eletrônica tenha revelado a presença de filamentos no músculo liso alguns anos atrás, essa observação isolada proporcionou pouca percepção do seu modo de função por causa da falta de qualquer organização óbvia dos filamentos. Trabalho mais recente, usando imunocitoquímica de alta resolução, revelou detalhes adicionais da arquitetura interna da célula e sugere uma base estrutural da função contrátil. O modelo ilustrado na Figura 6.3 depende da interação mútua de dois sistemas de filamentos, um formando o citoesqueleto e o outro o aparelho contrátil.

Excluída a região perinuclear, o citoplasma de uma célula muscular lisa consiste efetivamente em dois domínios estruturais. O citoesqueleto forma um arcabouço estrutural que mantém a forma de fuso da célula e provê um andaime interno com o qual outros elementos podem interagir. Seu principal componente estrutural é o filamento intermediário desmina, com a adição de vimentina (que também pode estar presente sozinha) no músculo liso vascular. Os filamentos intermediários estão dispostos principalmente em feixes longitudinais, mas alguns filamentos interconectam os feixes uns com os outros e com o sarcolema para formar uma rede tridimensional. Os feixes de filamentos intermediários inserem-se em corpos eletrondensos focais, com aproximadamente 0,1 μm de diâmetro, que estão distribuídos uniformemente por todo o citoplasma e também se fixam a placas densas subjacentes à membrana plasmática (Fig. 6.3A). Os corpos densos citoplasmáticos e placas densas submembranosas são equivalentes aos discos Z das células musculares estriadas. Eles contêm a proteína ligadora de actina α-actinina e, assim, também ancoram os filamentos de actina do aparelho contrátil. Estes formam uma trama de feixes obliquamente dispostos por todo o citoplasma, os quais transmitem força à membrana plasmática e assim à lâmina basal e matriz extracelular por meio de placas densas. Estas são associadas com um arranjo altamente estruturado de proteínas complementares, incluindo vinculina e talina, as quais por sua vez se fixam a integrinas que atravessam a membrana e

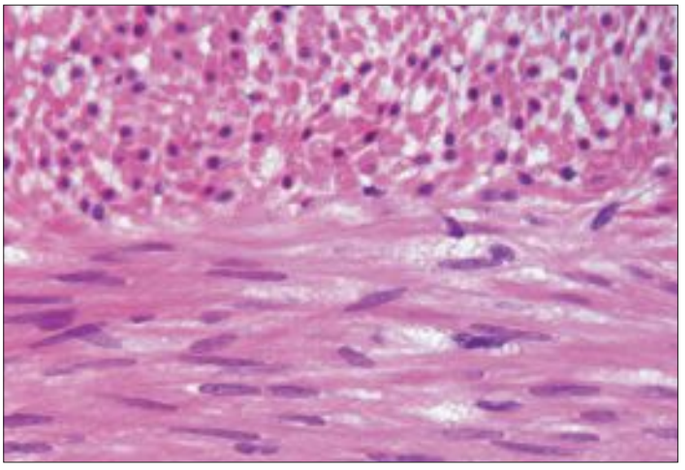


Fig. 6.1 Células (fibras) musculares lisas em corte transverso (em cima) e longitudinal (embaixo) na parede intestinal humana. As células individuais são fusiformes com núcleo único central, alinhadas em paralelo com as células vizinhas em um fascículo.

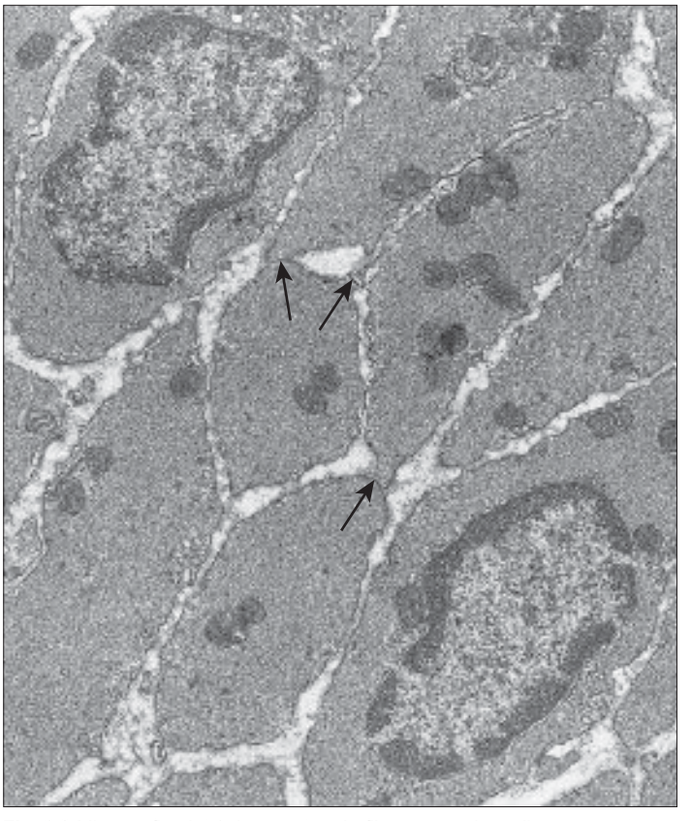


Fig. 6.2 Micrografia eletrônica mostrando fibras musculares lisas em corte transverso, duas ao nível do seu núcleo central único. Em vários lugares, as membranas plasmáticas de células adjacentes estão estreitamente aproximadas em junções comunicantes (setas).

fornecem fixação a componentes da matriz extracelular. Uma disposição semelhante é subjacente à fixação célula–célula nos desmossomos, mas aqui a fixação entre placas densas é provida por glicoproteínas caderinas transmembrânicas e cateninas intracelulares, em vez de integrinas e talina. Deformação mecânica da célula pode estar ligada a mecanismos de sinalização celular por meio de cinase de adesão focal (FAK) e seu substrato paxilina; fosforilação da talina e paxilina pode modular a deformabilidade da célula muscular lisa. Outras proteínas reguladoras também se associam especificamente com actina, como caldesmon e calponina. O citoesqueleto, portanto, não é uma estrutura passiva, e é capaz de se adaptar dinamicamente à carga, presumivelmente contribuindo por essa razão para as baixas necessidades energéticas da contração do músculo liso. A proporção de actina para miosina é cerca de oito vezes maior no músculo liso, em comparação com o músculo estriado, refletindo o maior comprimento dos filamentos de actina no músculo liso.

Os filamentos de miosina do músculo liso têm 1,5-2 μm de comprimento, um pouco mais longo que o do músculo estriado. Embora as células musculares lisas contenham menos miosina, os filamentos mais longos são capazes de gerar força considerável. Os filamentos de miosina do músculo liso são também montados diferentemente, de modo que as suas regiões de cabeça situam-se simetricamente em cada lado de um filamento semelhante a uma fita, em vez de imporem uma organização bipolar do filamento. Os filamentos de actina, aos quais eles se ligam, podem assim deslizar ao longo da extensão inteira do filamento de miosina durante a contração. Essa diferença serve de base para a capacidade do músculo liso de sofrer alterações muito maiores em comprimento do que o músculo estriado. O deslizamento dos filamentos de actina–miosina gera tensão que se transmite às regiões focais da membrana plasmática, mudando a célula para uma forma mais curta, mais arredondada (Fig. 6.3B) e muitas vezes deformando o núcleo para um perfil de saca-rolha.

Cavéolas, invaginações semelhantes a xícaras da membrana plasmática semelhantes a vesículas endocitóticas, são um aspecto característico das células musculares lisas e podem formar até 30% da membrana (Fig. 6.4). Elas são associadas com muitos receptores, canais iônicos e cinases, e o retículo sarcoplasmático periférico, podendo atuar como locais para vias de sinalização altamente localizadas. Elas também podem atuar como estruturas pinocitóticas especializadas, envolvidas em transporte líquido e eletrolítico para dentro da célula. Outras organelas (mitocôndrias, ribossomos etc.) são em grande parte confinadas no citoplasma perinuclear, livre de filamentos, embora em alguns tipos de músculo liso, inclusive músculo liso vascular, mitocôndrias periféricas, retículo sarcoplasmático e sarcolema pareçam formar microdomínios de sinalização. Estudos recentes usando colorações específicas para mitocôndrias dessas células musculares lisas muitas vezes mostram mitocôndrias formando uma rede reticular dentro do citosol, o que seria compatível com uma função sinalizadora celular, especialmente aquela que se ocupa com a homeostasia do cálcio intracelular.

SUPRIMENTO VASCULAR

O suprimento sanguíneo do músculo liso é menos extenso que o do músculo estriado. Onde o tecido não é demasiado densamente compactado, vasos aferentes e eferentes ganham acesso por meio de septos de tecido conjuntivo, e capilares correm no tecido conjuntivo entre pequenos fascículos. Entretanto, diversamente do músculo estriado, capilares não são encontrados em relação a células individuais.

INERVAÇÃO

O músculo liso pode se contrair em resposta à estimulação nervosa ou hormonal, ou despolarização elétrica transferida das células vizinhas. Alguns músculos recebem uma inervação densa para todas as células; eles são muitas vezes chamados de músculos lisos multiunitários, e a maioria dos vasos sanguíneos é desse tipo. Essa inervação é capaz de definir precisamente a atividade contrátil, por exemplo, na íris, controle nervoso específico pode produzir constrição ou dilatação pupilar. Outros músculos são inervados mais esparsamente. Eles tendem a exibir atividade miogênica, iniciada espontaneamente ou em resposta a estiramento, a qual pode ser pronunciadamente influenciada por hormônios. Nesses músculos, que incluem aqueles nas paredes do trato gastrointestinal, bexiga urinária, ureter, útero e tuba uterina, a inervação tende a exercer uma influência mais global na frequência e força das contrações intrinsecamente geradas. Esses músculos foram chamados de músculos lisos unitários. Os termos músculos lisos multiunitários e unitários são amplamente usados, mas na prática é melhor ver essas distinções como os extremos de um espectro contínuo.

Os músculos lisos são inervados por axônios não mielinizados cujos corpos celulares estão localizados em gânglios autonômicos, seja na cadeia simpática ou, no caso das fibras parassimpáticas, mais próximo do ponto de inervação (Fig. 6.5). Eles se ramificam extensamente, espalhando-se sobre uma grande área do músculo e enviando ramos para os fascículos musculares. A porção terminal de cada ramo axonal é semelhante a contas e consiste em porções expandidas, varicosidades, atulhadas de vesículas e mitocôndrias, separadas por finas porções intervaricosas. Cada varicosidade é vista como um local de liberação de transmissor e, no sentido funcional, é portanto uma terminação nervosa. Dessa maneira, a arborização axonal de um único neurônio autonômico apresenta um número muito grande de terminações nervosas (até dezenas de milhares), em oposição a um máximo de algumas centenas nos neurônios motores somáticos. Os terminais neuromusculares dos eferentes autonômicos são considerados em mais detalhe na página 62.

As junções neuromusculares nos músculos lisos não mostram a aparência constante vista nos músculos esqueléticos. O neurotransmissor se difunde através de um espaço que pode variar de 10-100 nm: mesmo separações de até 1 μm ainda podem permitir que transmissão neuromus-

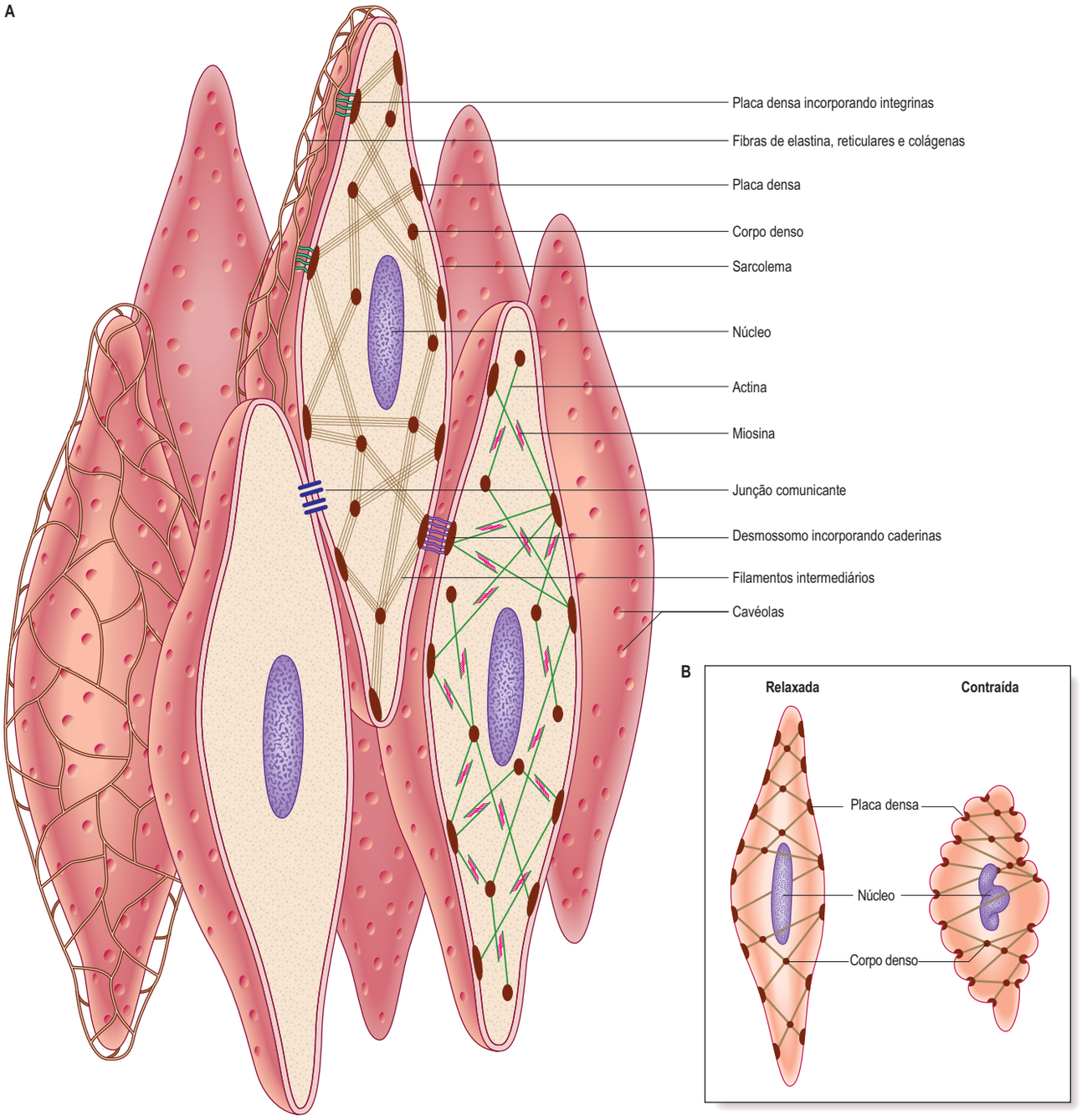


Fig. 6.3 A, Representação tridimensional de células musculares lisas. Para clareza, alguns aspectos estruturais foram separados para ilustração em diferentes células. As células fusiformes interdigitam-se com seus eixos longos paralelos; continuidade mecânica entre as células é fornecida por uma camada reticular de fibras de elastina e colágeno. O arcabouço citoesquelético consiste em arranjos de filamentos intermediários (principalmente longitudinais) e feixes de filamentos de actina e miosina (mostrados em células separadas) inseridos em corpos densos citoplasmáticos e placas densas submembranosas para formar uma rede tridimensional. O sarcolema contém desmossomos de ancoragem (junções *adherens*), junções de espaço e cavéolas. **B,** Transformação semelhante a uma sanfona na forma das células musculares lisas quando elas se contraem.

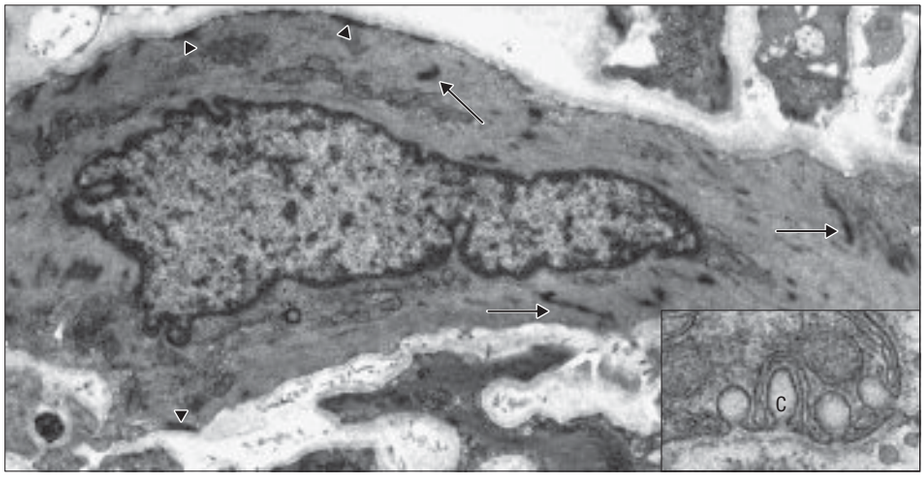


Fig. 6.4 Micrografias eletrônicas mostrando os aspectos característicos das células musculares lisas. Músculo liso vascular no tecido de rim humano, mostrando citoplasma densamente atulhado com microfilamentos (actina e miosina), corpos densos citoplasmáticos (setas) e placas densas submembranosas (pontas de setas). Uma lâmina basal encerra a célula. O detalhe mostra quatro cavéolas (C) (invaginações vesiculares da superfície celular com grande amplificação). Elas são associadas com receptores, enzimas e canais iônicos importantes na função do músculo liso. (Detalhe cortesia do professor Chun Y. Seow, University of British Columbia.)

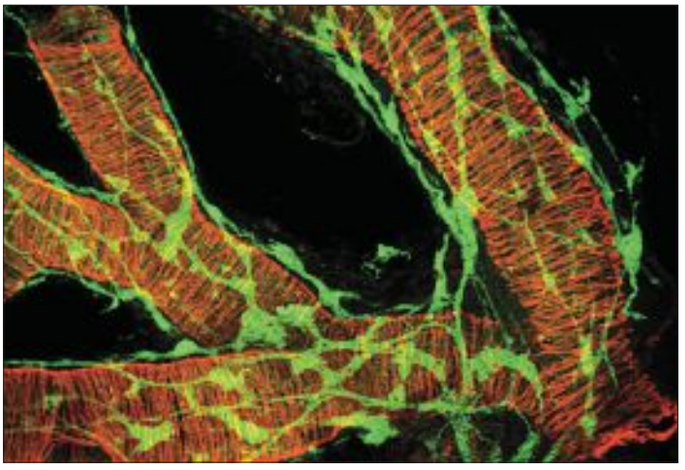


Fig. 6.5 Micrografia confocal de fluorescência ilustrando a inervação do músculo liso da via aérea no pulmão humano em desenvolvimento. As células musculares lisas estão dispostas circunferencialmente e marcadas para actina (vermelho); nervos e gânglios formam uma rede frouxa em torno do músculo liso, separada dele por até 40 μm. O tecido nervoso está marcado para PGP 9,5 (verde). Reproduzido com permissão de Sparrow MP, Weichselbaum M, McCray PB Jr 1999 Development of the innervation and airway smooth muscle in human fetal lung. Am J Respir Cell Mol Biol 20:550–60.

cular ocorra, embora mais lentamente. A terminação nervosa é atulhada de vesículas, mas a área adjacente da célula muscular não é estruturalmente diferenciada daquela das regiões não juncionais — não existe sinapse distinta.

Os nervos aferentes intramusculares são os processos periféricos de pequenos neurônios sensitivos nos gânglios das raízes dorsais. Uma vez que eles são não mielinizados, contêm vesículas axonais e possuem aspecto em contas, são difíceis de distinguir de fibras eferentes, exceto pela coloração diferencial para neurotransmissores.

ACOPLAMENTO EXCITAÇÃO–CONTRAÇÃO NO MÚSCULO LISO

O acoplamento excitação–contração no músculo liso pode ser eletromecânico ou farmacomecânico. O acoplamento eletromecânico envolve despolarização da membrana celular por um potencial de ação e pode ser gerado quando um receptor na membrana, usualmente ligado com um canal iônico, é ocupado por neurotransmissor, hormônio ou outra substância transportada pelo sangue. Ele é visto mais comumente em músculos lisos unitários como os das vísceras, com transmissão da excitação elétrica de célula a célula por meio de junções comunicantes. Em alguns tipos de músculo liso, a despolarização pode ser a consequência de outros estímulos, como resfriamento, estiramento e mesmo luz.

O acoplamento farmacomecânico é um processo mediado por receptor e acoplado por proteína G, que pode ativar constrição por vários caminhos. Estes incluem desencadear a formação de inositol trifosfato, que atua como um sinal para a liberação de cálcio intracelular do retículo sarcoplasmático, ativação de canais de cálcio independentes da voltagem no sarcolema e despolarização causando ativação de canais de cálcio dependentes da voltagem. Além disso, alguns receptores se acoplam a cinases que modulam a contração de maneira independente do cálcio, seja via miosina fosfatase (ver adiante), seja via citoesqueleto de actina. Diferentes tipos de músculo liso usam essas vias em diferentes extensões.

A regulação da contração do músculo liso é, no entanto, em grande parte calciodependente. No citoplasma, o cálcio se liga à calmodulina. O complexo assim formado regula a atividade de miosina cadeia leve cinase, a qual fosforila cadeias leves reguladoras da miosina e inicia o ciclo da miosina-actina ATPase (pág. 111). O processo de ativação enzimática é, portanto, inerentemente lento. Miosina II não fosforilada do músculo liso não é capaz de iniciar ligação à actina, embora possa manter contração, com pouco gasto de energia. A miosina fosfatase desfosforila cadeias leves de miosina e, assim, promove relaxamento. A inibição da fosfatase, por exemplo, por Rho cinase, aumenta a fosforilação para qualquer nível de cálcio (isto é, aumenta a sensibilidade ao cálcio). Atualmente admite-se que isso constitua um componente muito importante da resposta a muitos agonistas constritores.

DESENVOLVIMENTO

Pensava-se que todas as células musculares lisas se desenvolviam *in situ* exclusivamente a partir do mesênquima esplancnoplêurico nas paredes dos primórdios das vísceras e em torno do endotélio dos vasos sanguíneos. Entretanto, estudos experimentais recentes rastrearam a progênie de células proliferando da placa epitelial do somito e identificaram células endoteliais e musculares lisas da túnica média originando-se de somitos individuais (Scaal e Christ, 2004). A origem do músculo liso da íris ainda não está clara. Essa região do olho se desenvolve da escavação óptica, e assim o músculo liso que aí se origina é derivado do neuroectoderma da escavação óptica original ou do mesênquima da crista neural que mais tarde invade a íris.

Em seguida a um período de proliferação, aglomerados de mioblastos se tornam alongados na mesma orientação. Corpos densos, associados com filamentos de actina e citoesqueléticos, aparecem no citoplasma, e a membrana de superfície começa a adquirir suas características especializadas, isto é, cavéolas, junções aderentes e junções comunicantes. Filamentos citoesqueléticos se estendem até as placas densas submembranosas e corpos densos citoplasmáticos, inserindo-se neles. Filamentos grossos são vistos alguns dias depois do primeiro aparecimento de filamentos finos e filamentos intermediários, e a partir desse momento as células são capazes de se contrair. Durante o desenvolvimento, os corpos densos aumentam em número, e elementos adicionais do citoesqueleto são adicionados. Além de sintetizar o citoesqueleto e o aparelho contrátil, as células em diferenciação expressam e secretam componentes da matriz extracelular.

Em músculo liso em desenvolvimento, todas as células expressam características do mesmo estádio de diferenciação e não há ondas sucessivas de diferenciação. Desde o seu aparecimento mais inicial até a maturidade, um músculo liso aumenta várias centenas de vezes em massa, em parte por aumento de 2-4 vezes no tamanho das células individuais, mas principalmente por aumento muito grande no número de células. O crescimento ocorre por divisão das células em toda parte do músculo, não apenas na sua superfície ou extremidades. Mitose ocorre nas células nas quais a diferenciação já está bem avançada, conforme evidenciado pela presença de miofilamentos e especializações da membrana. Células musculares lisas mitóticas podem ser encontradas em qualquer fase da vida, porém seu número chega ao máximo antes do nascimento, em uma época que é diferente para diversos músculos; elas são raras no adulto, a menos que o tecido seja estimulado a se hipertrofiar (como no útero grávido) ou a se reparar. A capacidade das células maduras de sofrerem mitose, portanto, difere entre os três tipos principais de músculo: células de músculo esquelético não podem se dividir absolutamente após a diferenciação; células de músculo cardíaco podem se dividir, mas apenas antes do nascimento; e células de músculo liso parecem permanecer capazes de divisão durante toda a vida.

Durante as fases iniciais do desenvolvimento, o músculo liso expressa isoformas embrionárias e não musculares de miosina. As proporções dessas isoformas diminuem progressivamente. Inicialmente, SM-1 é a isoforma de cadeia pesada dominante ou exclusiva no músculo liso: a isoforma SM-2 se torna mais estabelecida mais tarde. Para revisão do desenvolvimento do músculo liso vascular, ver Owens, Kumar e Wamhoff (2004).

SISTEMAS CARDIOVASCULAR E LINFÁTICO

ORGANIZAÇÃO GERAL

As células do sangue periférico, suspensas no plasma, circulam através do corpo no sistema vascular sanguíneo. O líquido intersticial a partir dos tecidos periféricos retorna ao sistema vascular sanguíneo pelo sistema linfático, o qual também proporciona um canal para a migração de leucócitos e a absorção de certos nutrientes do tubo digestivo.

O sistema cardiovascular transporta nutrientes, oxigênio, hormônios etc. por todo o corpo, e o sangue redistribui e dispersa calor. Como consequência da pressão hidrostática, o sistema também tem efeitos mecânicos, como manter o turgor tecidual e contrabalançar os efeitos da gravidade. O sangue circula dentro de um sistema rápido, de alta velocidade, constituído pelo coração, que é a bomba central e motor principal do sistema; as artérias, que conduzem para longe do coração e carregam o sangue para as partes periféricas do corpo; e as veias, que retornam o sangue ao coração. O coração pode ser imaginado como um par de bombas musculares, uma alimentando uma alça menor (circulação pulmonar), que serve aos pulmões e oxigena o sangue, a outra alimentando uma alça maior (circulação sistêmica), que serve ao resto do corpo. Com limitadas exceções, cada alça é um sistema fechado de tubos, de modo que o sangue *per se* usualmente não deixa a circulação.

Do centro para a periferia, a árvore vascular mostra três modificações principais. As artérias aumentam em número por bifurcação repetida e enviando ramos laterais, na circulação sistêmica e na pulmonar. Por exemplo, a aorta, que leva sangue do coração à circulação sistêmica, dá origem a cerca de 4×10^6 arteríolas e quatro vezes mais capilares. As artérias também diminuem em diâmetro, embora não na mesma extensão em

que aumentam em número, de modo que uma seção transversa hipotética de todos os vasos a uma dada distância aumentará em área total com distância cada vez maior do coração. Na sua saída do coração, a aorta de um adulto tem um diâmetro externo de aproximadamente 30 mm (área de seção transversa de aproximadamente 7 cm^2). O diâmetro diminui ao longo da árvore arterial até que seja tão pequeno quanto 10 µm nas arteríolas (cada uma com uma área de seção transversa de cerca de 80 μm^2). Entretanto, dado o enorme número de arteríolas, a área de seção transversa total a esse nível é aproximadamente 150 cm^2, mais de 200 vezes a da aorta. Como resultado, o fluxo sanguíneo é mais rápido perto do coração do que na periferia.

As paredes das artérias diminuem em espessura em direção à periferia, embora essa redução não seja tão substancial quanto aquela no diâmetro dos vasos. Consequentemente, nas menores artérias (arteríolas), a espessura da parede representa cerca da metade do raio externo do vaso, enquanto em um grande vaso ela representa entre 1/15 e 1/5, por exemplo, na aorta torácica o raio é de aproximadamente 17 mm e a espessura da parede é 1,1 mm.

As vênulas, que retornam sangue da periferia, convergem umas para as outras formando um número progressivamente menor de veias de tamanho cada vez maior. Como no caso das artérias, a área hipotética de seção transversa total de todas as veias em um dado nível se reduz mais próximo ao coração. Finalmente, apenas as duas maiores veias, as veias cavas superior e inferior, se abrem para dentro do coração a partir da circulação sistêmica. Um padrão semelhante é encontrado na circulação pulmonar, mas aqui a alça vascular é mais curta e tem menos pontos de ramificação e, consequentemente, o número de vasos é menor do que na circulação sistêmica. O comprimento total de ponta a ponta da rede vascular em um adulto típico é duas vezes a circunferência da Terra.

As grandes artérias, como a aorta torácica, artérias subclávia, axilar, femoral e poplítea, situam-se próximo de uma veia única que drena o mesmo território suprido pela artéria. Outras artérias são usualmente flanqueadas por duas veias, veias satélites (veias acompanhantes), que estão situadas em cada lado da artéria, e têm numerosas conexões cruzadas: o total fica encerrado em uma única bainha de tecido conjuntivo. A artéria e as duas veias satélites são muitas vezes associadas com um nervo, e quando são rodeadas por uma bainha comum de tecido conjuntivo elas formam um feixe neurovascular.

A associação estreita entre as maiores artérias e veias nos membros possibilita que ocorra troca de calor por contrafluxo. Esse mecanismo promove transferência de calor do sangue arterial para o venoso, e assim ajuda a preservar o calor corporal. Sistemas de troca de calor por contrafluxo são encontrados em certos órgãos, por exemplo, no testículo, onde o plexo pampiniforme de veias circunda a artéria testicular (esse arranjo não apenas conserva o calor corporal, mas também mantém a temperatura do testículo abaixo da temperatura corporal média). Mecanismos de troca iônica por contracorrente são encontrados na microcirculação, como nos sinusoides arteriais e venosos dos vasos retos da medula renal. Aqui, a troca por contracorrente retém íons sódio em alta concentração no interstício medular, e o sangue venoso eferente transfere íons sódio para o suprimento arterial aferente.

Artérias e veias são denominadas principalmente de acordo com a sua posição anatômica. Em termos funcionais, três classes principais de vaso são descritos: vasos de resistência (artérias, mas principalmente arteríolas), vasos de troca (capilares, sinusoides e pequenas vênulas) e vasos de capacitância (veias). Estruturalmente, as artérias também podem ser divididas nos tipos elástico e muscular. Embora células musculares e tecido elástico estejam presentes em todas as artérias, a quantidade relativa de material elástico é máxima nos maiores vasos, enquanto a quantidade relativa de músculo liso aumenta progressivamente na direção das menores artérias.

As artérias também podem ser subdivididas em vasos de condução, de distribuição e de resistência. As grandes artérias de condução que se originam do coração, junto com seus ramos principais, são caracterizadas pelas propriedades predominantemente elásticas das suas paredes. Os vasos de distribuição são artérias menores que suprem os órgãos individuais, e sua parede é caracterizada por um componente muscular bem desenvolvido. Os vasos de resistência são principalmente arteríolas. Pequenas e musculares, elas proveem a principal fonte de resistência periférica ao fluxo sanguíneo e causam uma queda acentuada na pressão do sangue que flui para dentro dos leitos capilares dentro dos tecidos.

Os capilares, sinusoides e pequenas veias (pós-capilares) são chamados coletivamente de vasos de troca. Suas paredes permitem troca entre o sangue e o líquido intersticial tecidual que rodeia todas as células: essa é a função essencial de um sistema circulatório. Arteríolas, capilares e vênulas constituem o leito microvascular, a base estrutural da microcirculação.

As vênulas maiores e as veias formam um sistema de vasos extenso, mas variável, de grande volume, baixa pressão, que transporta sangue de volta ao coração. A alta capacitância desses vasos é devida à distensibilidade (complacência) das suas paredes, de modo que o conteúdo de sangue é alto mesmo a baixas pressões. Essa parte do leito vascular contém a maior proporção de sangue, refletindo o grande volume relativo das veias.

O sangue da parte abdominal do tubo digestivo (com a exceção da parte inferior do canal anal) e do baço, pâncreas e vesícula biliar drena para o fígado pela veia porta. A veia porta se ramifica dentro da substância do fígado como uma artéria e termina nos sinusoides hepáticos. Estes drenam para as veias hepáticas, que por sua vez drenam para a veia cava inferior. O sangue que supre os órgãos abdominais, assim, passa através de dois conjuntos de capilares antes de retornar ao coração. O primeiro fornece aos órgãos sangue oxigenado, e o segundo carrega sangue desoxigenado, rico em produtos de absorção a partir do intestino, através do parênquima hepático. Uma circulação portal venosa também conecta a eminência mediana e o infundíbulo do hipotálamo com a adeno-hipófise. Em essência, um sistema venoso portal é uma rede capilar situada entre duas veias, em vez de entre uma artéria e uma veia, que é o arranjo mais usual na circulação. Uma rede capilar também pode ser interposta entre duas artérias, por exemplo, nos glomérulos renais, onde o leito capilar glomerular situa-se entre arteríolas aferente e eferente. Isso mantém uma pressão relativamente alta, que é importante para a filtração renal.

Um sistema circulatório paralelo no corpo é provido pelos vasos linfáticos e os linfonodos. Os vasos linfáticos se originam nos tecidos periféricos sob a forma de tubos endoteliais de extremidade cega que coletam excesso de líquido dos espaços intersticiais entre as células e o conduzem como a linfa. A linfa é devolvida ao sistema vascular sanguíneo por meio de vasos linfáticos que convergem para as grandes veias na raiz do pescoço.

O desenvolvimento dos vasos sanguíneos se encontra descrito nas páginas 206-208.

Características gerais das paredes dos vasos

Os vasos sanguíneos, independentemente do tamanho, e com a exceção dos capilares e vênulas, possuem paredes que consistem em três camadas concêntricas (túnicas) (Fig. 6.7). A íntima (túnica íntima) é a camada mais interna. Seu principal componente, o endotélio, reveste a árvore arterial inteira, inclusive o coração, e os vasos linfáticos. A média (túnica média) é constituída de tecido muscular, fibras elásticas e colágeno. Enquanto é, de longe, a camada mais espessa nas artérias, a média está ausente nos capilares e é comparativamente delgada nas veias. A adventícia (túnica adventícia) é a capa externa do vaso, e consiste em tecido conjuntivo, nervos e vasos (*vasa vasorum*, vasos dos vasos). Ela junta os vasos aos tecidos circundantes. Os vasos diferem nas espessuras relativas e composições detalhadas das suas camadas e, nos menores vasos, no número de camadas representadas.

Grandes artérias elásticas

A aorta e seus maiores ramos (artérias braquiocefálica, carótida comum, subclávia e ilíaca comum) são grandes artérias elásticas que conduzem sangue para as artérias de distribuição de tamanho médio.

A íntima é constituída de um endotélio, repousando sobre uma lâmina basal, e uma camada de tecido conjuntivo subendotelial. As células endoteliais são achatadas, alongadas e poligonais em contorno, com seu eixo longo paralelo à direção do fluxo sanguíneo (Fig. 6.17). A camada subendotelial é bem desenvolvida, contém fibras elásticas e fibrilas colágenas tipo I, fibroblastos e pequenas células miointimais semelhantes a músculo liso. As últimas acumulam lipídio com a idade, e de forma extrema essa característica contribui para alterações ateroscleróticas na íntima. O espessamento da íntima progride com a idade e é mais acentuado no segmento distal do que no proximal da aorta.

Uma lâmina elástica interna proeminente, às vezes desdobrada, situa-se entre a íntima e a média. Essa lâmina é lisa, mede cerca de 1 µm em espessura e, com as lamelas elásticas da média, é estirada sob o efeito da pressão sistólica, recuando elasticamente na diástole. As artérias elásticas têm, assim, o efeito de sustentar o fluxo sanguíneo apesar do débito cardíaco pulsátil. Elas também suavizam a onda de pressão cíclica. A média tem uma estrutura acentuadamente em camadas, nas quais camadas fenestradas de elastina (lamelas elásticas) se alternam com células musculares lisas interlamelares (Fig. 6.6), colágeno e finas fibras elásticas. O arranjo é muito regular, de tal modo que cada lamela elástica e a zona interlamelar adjacente é vista como uma "unidade lamelar" da média. Na aorta humana existem aproximadamente 52 unidades lamelares, medindo cerca de 11 µm de espessura. O número e a espessura de unidades lamelares aumentam durante o desenvolvimento pós-natal, a partir de 40 ao nascimento.

A adventícia é bem desenvolvida. Além de fibras colágenas e elásticas, ela contém fibroblastos achatados com finos processos extremamente longos, macrófagos e mastócitos, feixes nervosos e vasos linfáticos. Os *vasa vasorum* usualmente são limitados à adventícia.

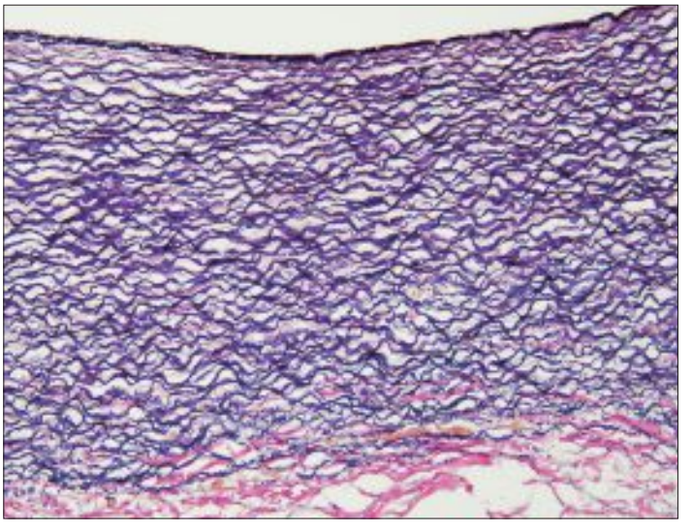


Fig. 6.6 Artéria elástica (aorta humana), corada para fibras elásticas. A densa coloração da lâmina elástica interna é vista perto da superfície luminal (em cima); lamelas elásticas enchem a túnica média e se fundem com a lâmina elástica externa na sua junção com a adventícia colagenosa (fibras vermelhas, embaixo). Comparar com **Figura 6.20.** Técnica de van Gieson elástica.

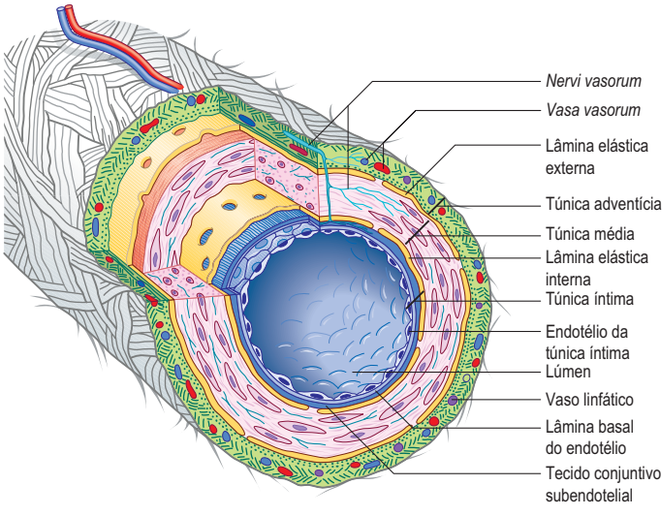


Fig. 6.7 As principais características estruturais dos maiores vasos sanguíneos, conforme observado em uma artéria muscular.

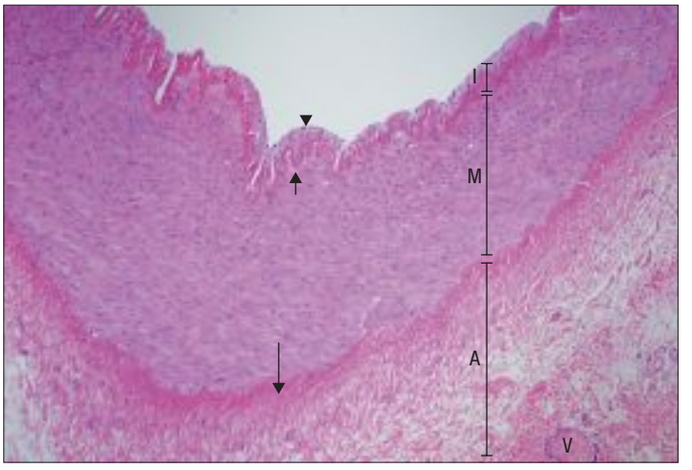


Fig. 6.8 A parede de uma artéria muscular humana. A íntima (I) forma a camada mais interna, revestida por endotélio (ponta de seta) e separada da camada muscular intermediária, a média (M), por lâmina elástica interna (seta curta). Uma lâmina elástica externa mais difusa (seta longa) divide a média da adventícia colagenosa mais externa (A), dentro da qual se situam os *vasa vasorum* (V).

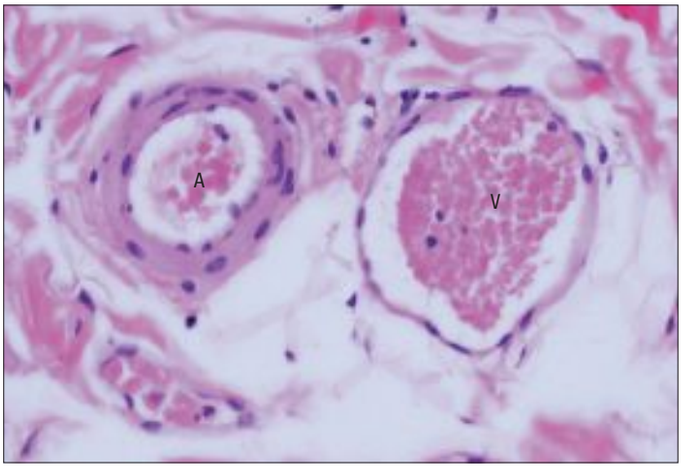


Fig. 6.9 Uma pequena arteríola (A) e a vênula acompanhante (V) em tecido conjuntivo frouxo (humano). Observar as espessuras relativas das paredes dos vasos, em comparação com os diâmetros das suas luzes.

Artérias musculares

As artérias musculares são caracterizadas pela predominância de músculo liso na média (Fig. 6.8). A íntima consiste em endotélio, semelhante ao das artérias elásticas, que repousa sobre uma lâmina basal e tecido conjuntivo subendotelial. A lâmina elástica interna (Figs. 6.7 e 6.8) é uma camada distinta, fina, às vezes duplicada e ocasionalmente ausente. Ela é lançada em dobras onduladas como resultado da contração do músculo liso na média. Uns 75% da massa da média consistem em células musculares lisas que correm espiralada ou circunferencialmente em torno da parede vascular. A quantidade relativa de matriz extracelular é, por essa razão, menor que aquela nas grandes artérias; entretanto, finas fibras elásticas que correm principalmente paralelas às células musculares estão presentes. Uma lâmina elástica externa, composta de folhas de fibras elásticas, forma uma camada menos compacta que a lâmina interna e separa a média da adventícia nas maiores artérias musculares. A adventícia é feita de tecido conjuntivo fibroelástico e pode ser tão espessa quanto a média nas menores artérias. A parte interna da adventícia contém mais fibras elásticas que colágenas.

Arteríolas

Nas arteríolas (Figs. 6.9 e 6.10), as células endoteliais são menores que nas grandes artérias, mas sua região nuclear é mais espessa e muitas vezes se projeta acentuadamente para dentro da luz. Os núcleos são alongados e orientados paralelamente ao comprimento do vaso, do mesmo modo que o eixo longo da célula. A superfície basal do endotélio faz contato com uma lâmina basal, mas uma lâmina elástica interna está ausente ou é altamente fenestrada e atravessada pelos processos citoplasmáticos das células musculares ou endoteliais.

As células musculares são maiores em volume citoplasmático que aquelas das grandes artérias e formam uma camada com uma ou duas células de espessura. Elas estão dispostas circunferencialmente e são apertadamente enroladas em torno do endotélio. Nas menores arteríolas cada célula faz várias voltas, produzindo aposição extensa entre partes da mesma célula. Sua contratilidade controla o fluxo de sangue para dentro do leito capilar, e elas atuam funcionalmente como esfíncteres pré-capilares. Admite-se que a constrição da luz vascular esteja sob controle miogênico, em vez de neurogênico, e seja responsivo a fatores vasoativos e metabólicos locais. A adventícia arteriolar é muito fina.

As arteríolas são, em geral, densamente inervadas por fibras simpáticas, por pequenos feixes de axônios varicosos atulhados com vesículas de transmissor, predominantemente do tipo adrenérgico. A distância entre o axolema e a membrana da célula muscular pode ser tão pequena quanto 50-100 nm e o espaço é ocupado apenas por uma lâmina basal. Junções neuromusculares autonômicas são muito comuns nas arteríolas.

Capilares

A parede do capilar (Fig. 6.11) é formada por um endotélio e sua lâmina basal, mais alguns pericitos isolados. Os capilares são os vasos mais próximos do tecido que eles suprem e sua parede é uma barreira mínima entre o sangue e os tecidos circundantes. A estrutura do capilar varia em diferentes localizações. Os capilares medem 4-8 µm de diâmetro (muito mais no caso dos sinusoides) e têm centenas de mícrons de comprimento. Sua luz é apenas suficientemente grande para admitir a passagem de células sanguíneas isoladas, usualmente com considerável deformação.

Fig. 6.10 Micrografia eletrônica de pequena arteríola no epinêurio de um nervo periférico. A luz do vaso contém eritrócitos e é revestida por células endoteliais (com núcleos, N, projetando-se para dentro da luz); observar a lâmina elástica interna eletrontransparente (linha ondulada clara, seta), a média contendo células musculares lisas densamente filamentosas (M) e o tecido conjuntivo da adventícia (A) fundindo-se com o do epinêurio (E).

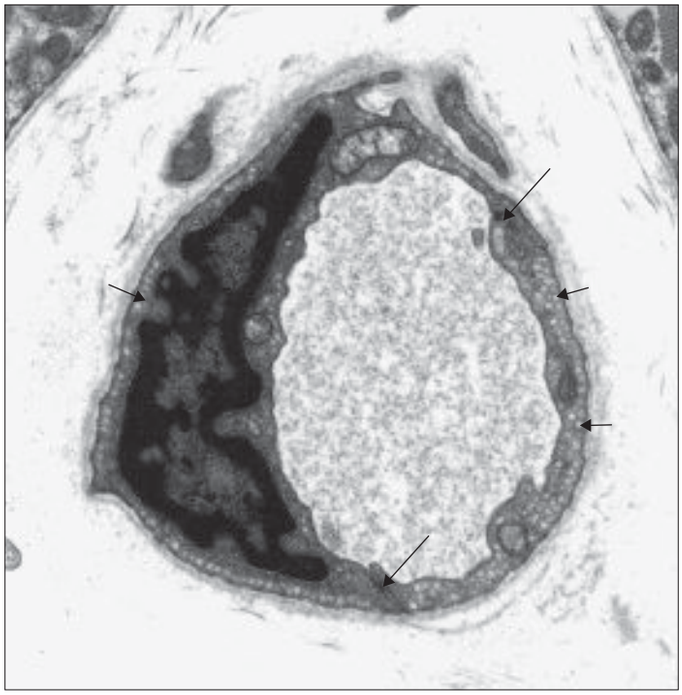


Fig. 6.11 Micrografia eletrônica de um capilar em espécime de biópsia de músculo humano. Uma célula endotelial com seu núcleo no plano de corte forma junções *adherens* (setas longas) com uma segunda célula ou uma extensão dela própria. O citoplasma contém numerosas vesículas transcitóticas (setas curtas). Uma lâmina basal circunda o capilar.

Entretanto, o verdadeiro gargalo do sistema circulatório ocorre no nível das arteríolas, onde a contração muscular pode obliterar a luz.

Tipicamente, uma única célula endotelial forma a parede de um capilar, de modo que o complexo juncional ocorre entre extensões da mesma célula. As células endoteliais de alguns capilares possuem fenestrações, ou poros, através do seu citoplasma. As fenestrações são aproximadamente circulares, de 50-100 nm de diâmetro, e na sua margem as membranas luminal e abluminal da célula endotelial entram em contato umas com as outras. A própria fenestração é ocupada por um fino diafragma eletron-

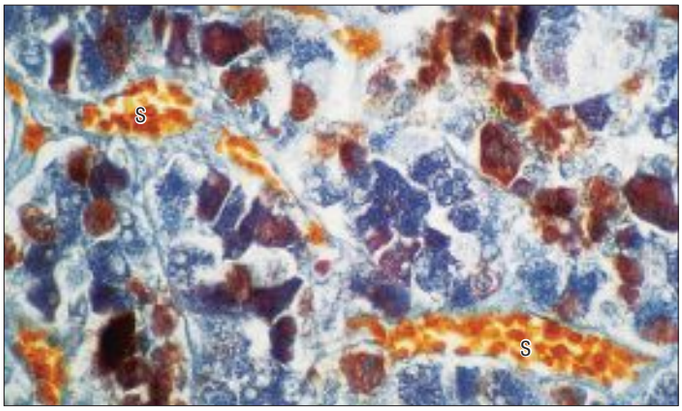


Fig. 6.12 Sinusoides expandidos (S) típicos de glândulas endócrinas e outros tecidos são vistos aqui contendo eritrócitos (laranja) na adeno-hipófise. Células endócrinas coram-se em azul, castanho-avermelhado ou coram-se pouco nessa preparação tricrômica.

denso de composição molecular desconhecida. Capilares fenestrados ocorrem nos glomérulos renais, onde eles não possuem um diafragma, nas mucosas intestinais e em glândulas endócrinas e exócrinas. Fenestrações estão quase invariavelmente presentes nos capilares situados próximo de um epitélio, inclusive a pele.

Os capilares sem fenestrações, como os do cérebro, músculo estriado e liso, tecidos pulmonares e conjuntivos, são conhecidos como capilares contínuos. A permeabilidade capilar varia grandemente entre os tecidos, e isso pode ser correlacionado parcialmente com o tipo de endotélio. Onde ocorrem barreiras eficientes à difusão de grandes moléculas, por exemplo, cérebro, córtex tímico e testículo, as células endoteliais capilares contínuas são unidas por junções íntimas.

Sinusoides

Os sinusoides são capilares expandidos (Fig. 6.12), e são grandes e irregulares em forma. Eles possuem descontinuidades verdadeiras nas suas paredes, permitindo contato íntimo entre o sangue e o parênquima. As descontinuidades são formadas por espaços entre células endoteliais, as quais são fenestradas, como o revestimento sinusoidal, e às vezes também a lâmina basal é incompleta. Sinusoides ocorrem em grande número no fígado (onde uma lâmina basal está completamente ausente), baço, medula óssea, adeno-hipófise (Fig. 6.12) e medula suprarrenal.

Vênulas

Quando dois ou mais capilares convergem, o vaso resultante é maior (10-30 µm) e é conhecido como vênula (vênula pós-capilar). As vênulas (Fig. 6.9) são essencialmente tubos de células endoteliais chatas, ovais ou poligonais, rodeados por lâmina basal e, nos vasos maiores, por uma delicada adventícia de alguns fibroblastos e fibras colágenas principalmente correndo longitudinalmente. Perícitos (Fig. 6.21) suportam as paredes dessas vênulas.

As vênulas pós-capilares são locais de migração de leucócitos. Nas vênulas do tecido linfoide associado à mucosa (TLAM), particularmente do tubo digestivo e brônquios, e nos linfonodos e timo, as células endoteliais são mais altas e possuem junções intercelulares através das quais linfócitos e outros componentes do sangue podem facilmente passar. Elas são conhecidas como vênulas endoteliais altas (VEA) (Figs. 6.18, 6.19). Em outros locais, as vênulas são consideradas um local importante onde ocorre migração de neutrófilos, macrófagos e outros leucócitos para os espaços extravasculares, e onde neutrófilos podem temporariamente se fixar, formando acumulações marginais.

Em geral, o endotélio das vênulas tem poucas junções íntimas e é relativamente permeável. As junções intercelulares das vênulas são sensíveis a agentes inflamatórios que aumentam sua permeabilidade a líquidos e células defensoras, e facilitam extravasamento de leucócitos por diapedese.

As vênulas não adquirem musculatura até que tenham cerca de 50 µm de diâmetro externo, quando são conhecidas como vênulas musculares. Essa distinção é importante porque as vênulas pós-capilares, que não têm músculo nas suas paredes, são tão permeáveis a solutos quanto os capilares e, assim, fazem parte do leito microcirculatório. Ao nível da vênula pós-capilar, a área de seção transversa da árvore vascular está no seu máximo, e há uma drástica queda de pressão (de 25 mm Hg no capilar para aproximadamente 5 mm Hg). As vênulas musculares convergem para produzir uma série de veias de diâmetro progressivamente maior. Vênulas e veias são vasos de capacitância, isto é, elas possuem paredes finas dis-

tensíveis que podem reter grande volume de sangue e acomodar alterações da pressão luminal.

Veias

As veias são caracterizadas pela parede relativamente fina em comparação com artérias de tamanho semelhante e pela grande capacitância. A espessura da parede não é correlacionada exatamente com o tamanho da veia, e varia em diferentes regiões, por exemplo, a parede é mais grossa nas veias da perna do que nas veias de tamanho semelhante no braço.

O plano estrutural da parede é semelhante ao de outros vasos, exceto que a quantidade de músculo é consideravelmente menor do que nas artérias, enquanto predominam colágeno e, em algumas veias, fibras elásticas. Na maioria das veias, por exemplo, as dos membros, o músculo está disposto aproximadamente de modo circular. Músculo longitudinal está presente nas veias ilíaca, braquiocefálica, porta e renal, e nas veias cavas superior e inferior. Tecido muscular está ausente das veias placentárias maternas, seios venosos durais e veias piais e retinianas, veias do osso trabecular e espaços venosos do tecido erétil. Essas veias consistem em endotélio sustentado por quantidades variáveis de tecido conjuntivo. Distinção entre as camadas média e adventícia é muitas vezes difícil, e está ausente lâmina elástica interna individualizada.

A fixação de algumas veias a fáscias de tecido conjuntivo e outros tecidos circundantes pode evitar colapso do vaso, mesmo sob pressão negativa. A pressão no interior do sistema venoso normalmente não excede 5 mm Hg, e diminui à medida que as veias ficam maiores e em menor número, aproximando-se de zero perto ao coração. Uma vez que elas contêm apenas pequena quantidade de músculo, as veias têm influência limitada sobre o fluxo sanguíneo. Entretanto, durante queda súbita na pressão arterial, por exemplo, após uma hemorragia, o recuo elástico e a constrição reflexa nas veias compensam a perda sanguínea e tendem a manter o retorno venoso ao coração. A vasoconstrição nas veias cutâneas em resposta ao resfriamento é importante na termorregulação.

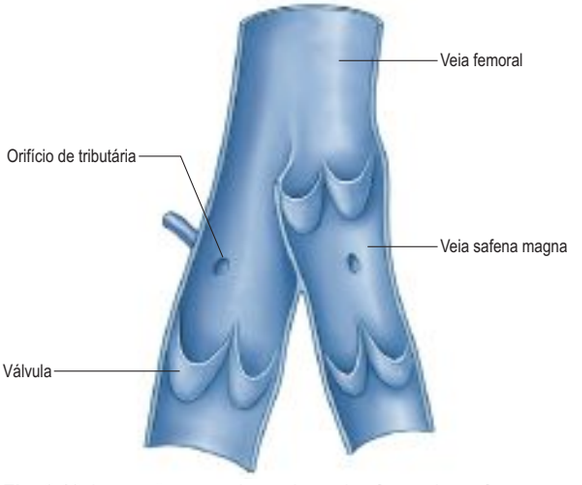


Fig. 6.13 As porções superiores das veias femoral e safena magna abertas para mostrar as válvulas. Cerca de dois terços do tamanho natural.

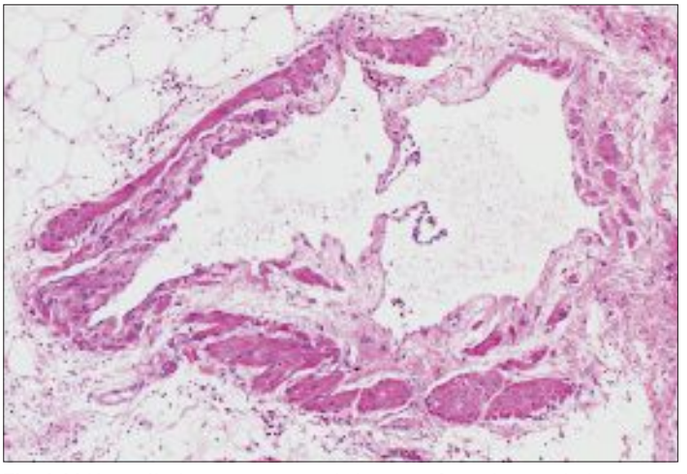


Fig. 6.14 Uma válvula em pequena veia humana, formada a partir de extensões semelhantes a abas da íntima que se fecham quando a pressão aumenta sobre o lado proximal, impedindo o refluxo.

A maioria das veias tem válvulas para prevenir refluxo de sangue (Figs. 6.13 e 6.14). Uma válvula é formada por projeção da íntima para o interior da luz, reforçada por fibras colágenas e elásticas, e coberta por endotélio que difere em orientação nas suas duas superfícies. As superfícies que dão face para a parede vascular possuem células endoteliais arranjadas transversalmente, enquanto na superfície luminal da válvula, sobre a qual flui a corrente principal de sangue, as células estão dispostas longitudinalmente na direção do fluxo. Mais comumente, duas ou, ocasionalmente, três válvulas jazem opostas umas às outras, às vezes só uma está presente. Elas são encontradas em pequenas veias ou onde as tributárias unem-se a veias maiores. As válvulas são semilunares e fixadas pelas suas margens convexas à parede venosa. Suas margens côncavas são dirigidas com o fluxo e jazem de encontro à parede desde que o fluxo seja na direção do coração. Quando o fluxo sanguíneo se inverte, as válvulas se fecham e o sangue enche uma região expandida da parede, um seio, no lado cardíaco da válvula fechada. Isso pode dar uma aparência "nodosa" (varicosa) às veias distendidas, se elas tiverem muitas válvulas. Nos membros, especialmente nas pernas, onde o retorno venoso é contra a gravidade, as válvulas são de grande importância para o fluxo venoso. O sangue é movido na direção do coração pela pressão intermitente produzida pelas contrações dos músculos circundantes. Válvulas estão ausentes nas veias do tórax e abdome.

SHUNTS E ANASTOMOSES VASCULARES

Shunts e anastomoses arteriovenosas

Comunicações entre os sistemas arterial e venoso são encontradas em muitas regiões do corpo. Em algumas partes da microcirculação (p. ex., mesentério), a circulação capilar pode ser contornada por canais de passagem mais largos formados por metarteríolas (Fig. 6.15A). Elas têm similaridades, ao mesmo tempo, com os capilares e com as menores arteríolas, e possuem uma camada descontínua de músculo liso nas suas paredes. As metarteríolas podem transferir sangue diretamente a vênulas ou a um leito capilar, de acordo com a demanda e condições locais. Quando a demanda funcional é baixa, o fluxo sanguíneo é em grande parte limitado ao canal de desvio. Abertura e fechamento periódicos de diferentes arteríolas irrigam diversas partes da rede capilar. O número de capilares nas unidades microvasculares individuais e o tamanho da sua malha determinam o grau de vascularidade de um tecido: as menores malhas ocorrem nos pulmões e na corioide do olho.

As anastomoses arteriovenosas (Fig. 6.15B) são conexões diretas entre as menores artérias e veias. Os vasos conectores podem ser retos ou espiralados, e frequentemente possuem uma túnica muscular grossa. Sob controle simpático, o vaso é capaz de se fechar completamente, desviando sangue para o leito capilar. Quando pérvio, o vaso carrega sangue da artéria para a veia, excluindo parcial ou completamente o leito capilar da circulação. Anastomoses arteriovenosas simples são disseminadas e ocorrem notadamente na pele do nariz, lábios e orelhas, mucosas nasais e digestivas, tecido erétil, língua, glândula tireoide e gânglios simpáticos. Na criança recém-nascida, há poucas anastomoses arteriovenosas, mas elas se desenvolvem rapidamente durante os primeiros anos. Na idade avançada se atrofiam, esclerosam e diminuem em número. Esses fatores podem contribuir para a regulação menos eficiente da temperatura, que ocorre nos extremos de idade.

Na pele das mãos e pés, especialmente nas polpas digitais e leitos ungueais (Fig. 7.18), as anastomoses formam um grande número de pequenas unidades chamadas glomos. Cada glomo possui uma ou mais artérias aferentes, originadas de ramos de artérias cutâneas que se aproximam da superfície. A artéria aferente emite vários ramos finos periglômicos e em seguida imediatamente aumenta, faz uma curva sinuosa e se estreita novamente para uma veia curta em forma de funil que se abre perpendicularmente em uma veia coletora (Fig. 6.16).

Anastomoses arteriais

As artérias podem ser unidas umas às outras por anastomose, de tal modo que uma possa suprir o território da outra. Uma anastomose término-terminal ocorre quando duas artérias se comunicam diretamente, por exemplo, as artérias uterina e ovárica, as artérias gastroepiploica direita e esquerda, a artéria ulnar e o ramo palmar superficial da artéria radial. Anastomose por convergência ocorre quando duas artérias convergem e se fundem, como acontece quando as artérias vertebrais formam a artéria basilar na base do cérebro. Uma anastomose transversa ocorre quando um vaso arterial curto liga duas grandes artérias transversalmente, por exemplo, a anastomose entre as duas artérias cerebrais anteriores; a artéria tibial posterior e a artéria fibular; e as artérias radial e ulnar no carpo.

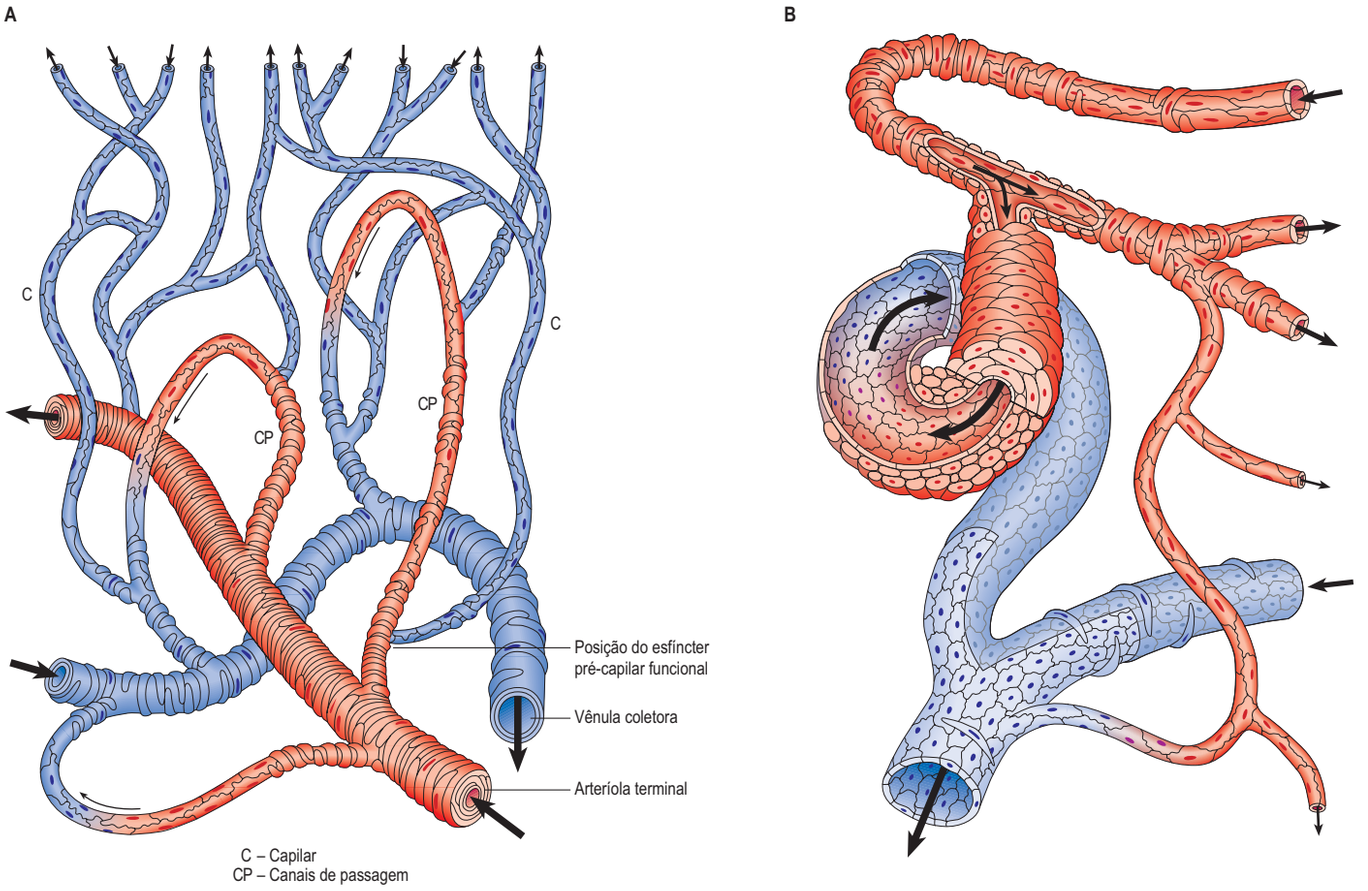


Fig. 6.15 A, Uma unidade microcirculatória, mostrando arteríola terminal, canais de passagem, capilares e vênula coletora. A distribuição das células musculares lisas e um dos locais pré-capilares onde a perfusão do leito capilar é regulada também são mostrados. **B,** Anastomose arteriovenosa. Observar a parede grossa do canal anastomótico composta de camadas de células musculares lisas modificadas.

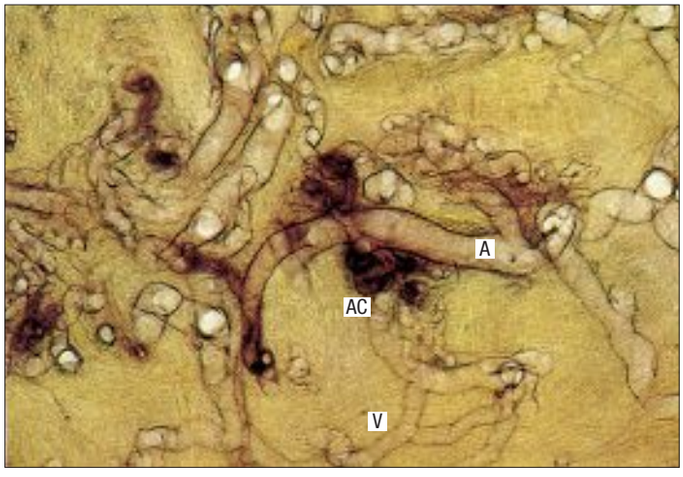


Fig. 6.16 Anastomose arteriovenosa digital preparada por perfusão intravascular de coloração em espécime de espessura total de pele, seguida por clareamento. Os canais anastomóticos (AC) intensamente corados, de paredes grossas, tortuosos, contrastam com o tronco arterial central (A) e os canais de efluxo venoso (V) de paredes finas. (Por cortesia do falecido RT Grant, GKT School of Medicine, London.)

Conceito de angiossomo e territórios vasculares

Um angiossomo é um bloco tridimensional de tecido (conhecido como território anatômico) suprido por uma artéria-fonte e suas veias acompanhantes. Ele pode ser um compósito de pele, fáscia subjacente, músculo e osso. Esses blocos de tecido formam um quebra-cabeça tridimensional complexo: algumas peças têm um componente predominantemente cutâneo, enquanto outras são predominantemente musculares. Cada angiossomo é constituído de arteriossomos e venossomos, e eles são ligados a angiossomos vizinhos por anastomoses simples resultantes de vasos de calibre semelhante ou por vasos de calibre reduzido chamados *choke vessels* (vasos de estrangulação). As anastomoses entre angiossomos adjacentes podem ocorrer dentro da pele ou dentro do músculo. Alguns músculos são supridos por uma única artéria e suas veias acompanhantes, e por essa razão situam-se dentro de um angiossomo, enquanto outros músculos são supridos por mais de um vaso e por essa razão cruzam mais de um angiossomo.

A relevância clínica do conceito de angiossomo é refletida nas conexões potenciais de territórios vasculares adjacentes. Caso os vasos-fontes de um angiossomo sejam bloqueados ou danificados, esse território anatômico pode ser "salvo" ao receber um suprimento sanguíneo a partir do angiossomo imediatamente vizinho, por meio das anastomoses conectoras simples e *choke vessels.* Conhecimento detalhado dos angiossomos e territórios vasculares é essencial aos cirurgiões plásticos e reconstrutores ao desenharem e levantarem cirurgicamente retalhos de tecido que podem confiantemente ser mobilizados de uma parte do corpo para outra sem interromper o seu suprimento sanguíneo.

MICROESTRUTURA FUNCIONAL DOS VASOS

Íntima

O revestimento interno dos vasos sanguíneos consiste em endotélio e quantidade variável de tecido conjuntivo subendotelial, dependendo do vaso.

Endotélio

O endotélio é uma monocamada de células poligonais achatadas que se estende continuamente sobre a superfície luminal da árvore vascular inteira (Figs. 6.17 e 6.10). Sua estrutura varia em diferentes regiões do leito vascular.

O endotélio é um componente-chave da parede vascular e serve a vários papéis fisiológicos importantes. As células endoteliais estão em contato com a corrente sanguínea e, assim, influenciam o fluxo sanguíneo. Elas regulam a difusão de substâncias e a migração de células para fora e para dentro do sangue circulante. No cérebro, as células endoteliais dos pequenos vasos transportam ativamente substâncias, por exemplo, glicose, para o parênquima cerebral. As células endoteliais participam da formação dos coágulos sanguíneos (secretando fatores promotores de coágulo —

Fig. 6.17 Micrografia eletrônica de varredura da superfície luminal da artéria basilar. As células endoteliais apertadamente agregadas são alongadas na direção do fluxo sanguíneo. (Por cortesia de Masoud Alian, University College, London.)

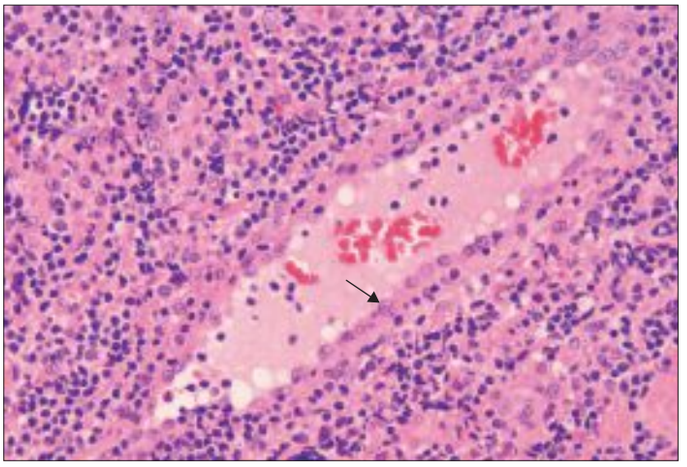


Fig. 6.18 Uma vênula endotelial alta em linfonodo humano, seccionada longitudinalmente, revestida por endotélio cuboide (seta). Eritrócitos e leucócitos (principalmente linfócitos e neutrófilos) são vistos na luz.

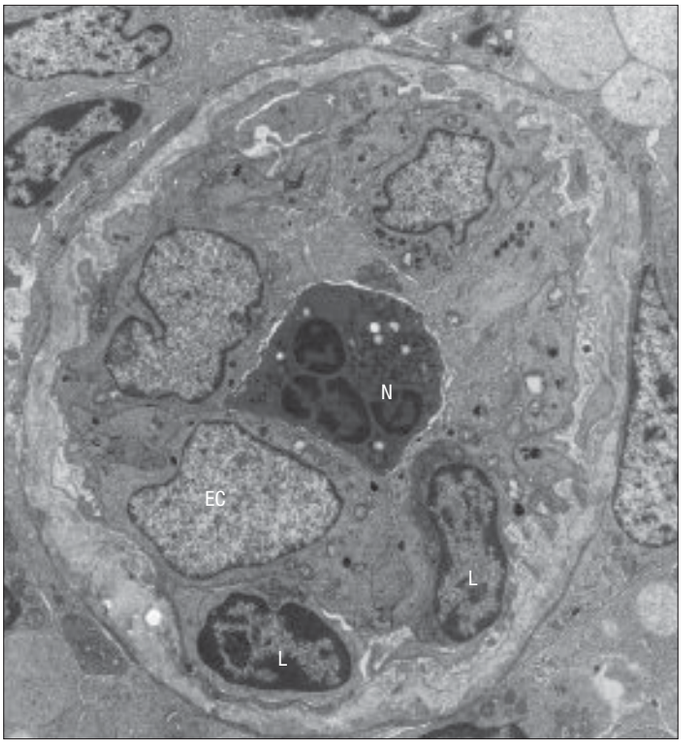


Fig. 6.19 Uma vênula endotelial alta em corte transversal na tonsila palatina humana. A luz está completamente preenchida por um neutrófilo (N). Células endoteliais cuboides (EC) revestem o vaso. Dois linfócitos (L) com núcleos heterocromáticos são vistos embaixo, em trânsito dentro da parede do vaso. (Por cortesia da Dra. Marta Perry, Department of Anatomy, St Thomas's Hospital Medical School, London.)

fator de von Willebrand); da minimização da formação de coágulo (pela secreção de prostaciclina e trombomodulina); e do processo de dissolução do coágulo por fibrinólise (pela secreção de ativador tecidual do plasminogênio). Elas têm atividade fagocítica seletiva e são capazes de extrair substâncias do sangue. Por exemplo, o endotélio dos vasos pulmonares remove e inativa diversos polipeptídeos, aminas biogênicas, bradicinina, prostaglandinas e lipídios da circulação. As células endoteliais secretam tanto prostaglandinas vasoconstritoras (tromboxano) quanto vasodilatadoras (prostaciclina), óxido nítrico (NO, fator relaxador) e endotelina (um vasoconstritor), os quais afetam o tônus do músculo liso nas paredes dos vasos. Elas são sensíveis a estiramento (isto é, pressão aumentada) e ao efeito tangencial do fluxo sanguíneo, por meio de canais iônicos sensíveis a estiramento na membrana celular. As células endoteliais sintetizam componentes da lâmina basal. Elas proliferam para fornecer novas células durante o crescimento em tamanho de um vaso sanguíneo, para substituir células endoteliais danificadas e para fornecer cordões sólidos de células que se desenvolvem para novos vasos sanguíneos (angiogênese). A angiogênese, que pode ser estimulada pela produção endotelial de fatores de crescimento autócrinos (Cap. 1) em resposta à tensão de oxigênio localmente baixa, é importante na cura de ferida e no crescimento de tumores. As células endoteliais também são ativas participantes e reguladoras de processos inflamatórios (revisto em Pober e Sessa, 2007).

As células endoteliais são finas, mas se estendem sobre uma área de superfície relativamente grande. Elas, em geral, são alongadas na direção do fluxo sanguíneo, especialmente nas artérias (Fig. 6.17). Usualmente aderem firmemente umas às outras nas suas bordas, de modo que o revestimento da luz não apresenta descontinuidade, a não ser nos sinusoides. A espessura das células endoteliais é máxima ao nível do seu núcleo, onde pode atingir 2-3 µm, e essa parte da célula muitas vezes salienta-se ligeiramente dentro da luz (Fig. 6.10). Nos demais locais, a célula endotelial é mais fina e laminar: nos capilares, essas porções da célula muitas vezes medem tão pouco quanto 0,2 µm de espessura.

Vesículas transcitóticas (pinocitóticas) (Fig. 6.11) estão presentes em todas as células endoteliais, mas são particularmente numerosas nos vasos de troca; elas incluem cavéolas (Fig. 6.4) típicas de células musculares lisas. Elas transferem pequenas quantidades de líquido extracelular ou plasma sanguíneo através do citoplasma endotelial e assim facilitam a troca bruta de gases dissolvidos, nutrientes e metabólitos entre esses compartimentos. Apesar dos fatores que se sabe serem liberados pelas células endoteliais, elas não têm as características morfológicas de células secretórias.

Uma organela que caracteriza as células endoteliais é o corpo de Wiebel-Palade, uma vesícula citoplasmática alongada, de 0,2 × 2-3 µm de comprimento, que contém estruturas tubulares regularmente espaçadas paralelas ao seu eixo longo. Os corpos de Wiebel-Palade armazenam a molécula de adesão, selectina P, e uma grande glicoproteína conhecida como fator de von Willebrand, que é liberada dentro do tecido conjuntivo subendotelial; ele medeia a ligação de plaquetas à matriz extracelular e a agregação das plaquetas, depois de lesão vascular. O fator de von Willebrand também é produzido pelos megacariócitos e é armazenado nas plaquetas. O fator de von Willebrand plasmático liga-se à proteína da coagulação fator VIII, que é secretada para dentro da corrente sanguínea pelos hepatócitos. Deficiência hereditária ou função defeituosa de fator de von Willebrand causa uma doença da coagulação que tem o mesmo nome.

As células endoteliais aderem às células adjacentes através do complexo juncional, uma área de aposição onde são encontradas junções aderentes e íntimas. Elas também se comunicam por meio de junções comunicantes. Junções íntimas são mais marcadas nos capilares contínuos. Contatos celulares entre células endoteliais e células de músculo liso são comuns em arteríolas, onde a separação entre endotélio e média é reduzida e a lâmina elástica é muito fina ou ausente.

Interações endotélio–leucócitos

A superfície luminal das células endoteliais normalmente não permite a aderência de leucócitos ou plaquetas. Entretanto, muitas funções das células endoteliais vasculares humanas são dinâmicas em vez de fixas. Células endoteliais ativadas e o endotélio característico das vênulas endoteliais altas (VEA) dos tecidos linfoides são locais de fixação e diapedese de leucócitos (ver adiante).

As VEA (Fig. 6.18) estão localizadas dentro dos domínios das células T, entre e em torno dos folículos linfoides em todos os órgãos e tecidos linfoides secundários, exceto o baço. Elas são vênulas especializadas de

7-30 µm de diâmetro, que possuem um revestimento endotelial cuboide conspícuo. A face luminal das VEA mostra aparência de pavimento de pedras redondas. As células endoteliais repousam sobre uma lâmina basal e são suportadas por pericitos e pequena quantidade de tecido conjuntivo (Fig. 6.19). Elas são ligadas por junções adesivas descontínuas nas suas faces apical e basal: as junções são circunavegadas pelos linfócitos em migração. Ultraestruturalmente, as células endoteliais têm as características de células secretórias metabolicamente ativas. Elas contêm grandes núcleos eucromáticos arredondados com um ou dois nucléolos, complexos de Golgi proeminentes, muitas mitocôndrias, ribossomos e vesículas pinocitóticas. Tipicamente, também possuem corpos de Wiebel-Palade (ver anteriormente).

Muitas das moléculas de adesão que medeiam interações entre os leucócitos do sangue e as VEA ou endotélio ativado por citocina foram identificadas. Elas podem ser divididas em três famílias gerais: selectinas, integrinas e a superfamília de genes das imunoglobulinas. Selectinas e integrinas são expressas nos leucócitos e medeiam adesão das células circulantes ao endotélio, que expressa selectinas e membros da superfamília de genes das imunoglobulinas. A expressão regulada dessas moléculas por ambos os tipos de células proporciona o meio pelo qual os leucócitos reconhecem a parede vascular (antígenos de *homing* [migração para tecido/órgão-alvo ou de origem] dos leucócitos e adressinas vasculares), aderem a ela e subsequentemente deixam a circulação.

O primeiro passo nessa cascata é a ligação ou afixação frouxa dos leucócitos, e é iniciada por meio de selectina L, P ou E (ver adiante). Essa adesão fraca, reversível, permite aos leucócitos rolarem ao longo da superfície endotelial de uma luz vascular a baixa velocidade, estabelecendo e rompendo contato, e colhendo amostras das superfícies das células endoteliais. O reconhecimento de quimiocinas (moléculas de sinalização quimiotática) apresentadas pelo endotélio leva à sinalização de "dentro-fora" e conversão de integrinas na superfície dos leucócitos em configurações ativamente adesivas que ligam fortemente aos seus ligantes endoteliais, resultando em parada estável. Finalmente, o leucócito migra através da parede vascular (diapedese), passando no intervalo entre as células endoteliais (migração paracelular) ou através delas (migração transcelular). Agora se sabe que a migração transcelular é a via preferida e que vesículas transcitóticas endoteliais (cavéolas), filamentos intermediários (vimentina) e actina F são importantes na criação de canais transcelulares transitórios através dos quais os leucócitos passam. Eles a seguir atravessam a lâmina basal e migram para o tecido circundante por mecanismos que envolvem antígeno CD31 e metaloproteinases da matriz (Cap. 2).

Moléculas de adesão celular

Três membros da família das selectinas de proteínas adesivas são atualmente reconhecidos. Eles são a selectina L (também conhecida como receptor de *homing* linfocítico), selectina E e selectina P. A selectina L é expressa na maioria dos leucócitos. As células endoteliais das VEA nos órgãos linfoides expressam seu ligante oligossacarídeo, embora outras moléculas como mucinas possam ser ligantes alternativos. Assim, a selectina L medeia o *homing* dos linfócitos, especialmente nos linfonodos periféricos, mas também promove a acumulação de neutrófilos e monócitos em locais de inflamação. A selectina E é uma molécula de adesão induzível que medeia a adesão de leucócitos ao endotélio ativado por citocinas inflamatórias, e é apenas transitoriamente expressa no endotélio. A selectina P é rapidamente mobilizada dos corpos de Wiebel-Palade, onde é armazenada, para a superfície endotelial após ativação endotelial. Ela se liga a ligantes expressos nos neutrófilos, plaquetas e monócitos, e, como a selectina E, afixa leucócitos no endotélio nos locais de inflamação. Entretanto, como a selectina P é rapidamente endocitada pelas células endoteliais, sua expressão é de curta duração.

As integrinas são uma grande família de moléculas que medeiam adesão de célula a célula, bem como interações de células com a matriz extracelular. Certos heterodímeros de integrinas β-1 são expressos nos linfócitos 2-4 semanas depois de estimulação antigênica (antígenos muito tardios, VLA) e se ligam à matriz extracelular. Adicionalmente, VLA-4 presente sobre os linfócitos em repouso (cuja expressão aumenta após ativação), monócitos e eosinófilos, liga-se à molécula de adesão de célula vascular-1 (VCAM-1), o ligante sobre o endotélio ativado. Em contraste com as integrinas β-1, as quais muitas células expressam, a expressão de integrinas β-2 é limitada aos leucócitos. Embora as integrinas dos leucócitos não sejam constitutivamente adesivas, elas se tornam altamente adesivas depois da ativação celular, e por essa razão desempenham um papel-chave nos eventos necessários para migração celular. Os ligantes endoteliais para uma dessas integrinas β-2 são as moléculas de adesão intercelular 1 e 2 (ICAM-1 e ICAM-2), as quais pertencem à superfamília das imunoglobulinas.

Três membros da grande superfamília de proteínas das imunoglobulinas estão envolvidos na adesão leucócito–endotélio, fornecendo contrarreceptores a integrinas na membrana da célula endotelial. ICAM-1 e ICAM-2 são expressas constitutivamente porém reguladas para cima por citocinas inflamatórias. VCAM-1 está ausente do endotélio em repouso mas é induzida por citocinas no endotélio ativado e promove extravasamento de linfócitos nos locais de inflamação.

Tecido conjuntivo subendotelial

O tecido conjuntivo subendotelial, também chamado lâmina própria, é uma camada fina mas variável. Ela está, em grande parte, ausente nos menores vasos, onde o endotélio é sustentado em seu lugar por pericitos (Fig. 6.21). Ela contém uma matriz extracelular fibrocolagenosa típica, alguns fibroblastos e ocasionais células musculares lisas. O fator de von Willebrand endotelial se concentra nessa camada e participa do processo da coagulação quando o endotélio sobrejacente é danificado.

Média

A média consiste principalmente em camadas concêntricas de células musculares lisas dispostas circunferencial ou helicoidalmente com quantidades variáveis de elastina e colágeno.

Músculo liso

Músculo liso forma a maior parte da túnica média das artérias (Fig. 6.8) e arteríolas. Uma camada mais delgada de músculo liso também é encontrada nas vênulas e veias, com a exceção de pequenos segmentos das veias pulmonares, onde músculo cardíaco estriado está presente nas porções mais próximas do coração. A contração do músculo liso nas artérias e arteríolas reduz o calibre da luz vascular, o que reduz o fluxo sanguíneo através do vaso e eleva a pressão no lado proximal. Esse papel é particularmente eficaz nos pequenos vasos de resistência, onde a parede é espessa em relação ao diâmetro do vaso. O músculo liso também pode alterar a rigidez da parede sem causar constrição (contração isométrica), e isso afeta a distensibilidade da parede e a propagação do pulso.

As células musculares lisas sintetizam e secretam elastina, colágeno e outros componentes extracelulares da média que influem diretamente nas propriedades mecânicas dos vasos. A mecânica da musculatura da média é complexa. Distensibilidade, força, autossuporte, elasticidade, rigidez, constrição concêntrica etc. são funções inter-relacionadas e delicadamente equilibradas nas diferentes regiões do leito vascular.

Nas grandes artérias, onde a pressão arterial é alta, as células musculares são mais curtas (60-200 µm) e menores em volume do que no músculo visceral. Nas arteríolas e veias, as células musculares lisas se assemelham mais estreitamente às células musculares viscerais. As células são atulhadas de miofilamentos e outros elementos do citoesqueleto, incluindo filamentos intermediários. As células musculares vasculares possuem filamentos intermediários de vimentina unicamente ou de vimentina e desmina; os filamentos intermediários do músculo liso visceral são exclusivamente de desmina. As junções intercelulares são principalmente do tipo adesivo (*adherens*) e fornecem acoplamento mecânico entre as células. Além disso, existem junções do tipo *gap* (comunicantes) que acoplam as células eletricamente. Junções entre as células musculares e a matriz de tecido conjuntivo são particularmente numerosas, especialmente nas artérias.

As células musculares da túnica média arterial podem ser vistas como células mesenquimais multifuncionais. Depois de dano ao endotélio, células musculares migram para a íntima e proliferam, formando feixes de células orientadas longitudinalmente que formam novamente a camada. Em certas condições patológicas, as células musculares (e macrófagos) sofrem degeneração gordurosa e participam da formação de placas ateromatosas.

Colágeno e elastina

Componentes da matriz extracelular são constituintes importantes das paredes vasculares, e nas grandes artérias e veias eles constituem mais da metade da massa da parede, principalmente sob a forma de colágeno e elastina. Outros componentes fibrosos como fibronectina, proteoglicanos e glicosaminoglicanos amorfos estão presentes no espaço intersticial.

Elastina é encontrada em todas as artérias e veias e é especialmente abundante nas artérias elásticas (Fig. 6.6). Fibras elásticas individuais (0,1-1,0 µm de diâmetro) anastomosam-se umas com as outras para formar estruturas semelhantes a redes, as quais se estendem predominantemente em uma direção circunferencial. Fusão mais extensa produz lamelas de material elástico, as quais, embora usualmente perfuradas e assim incompletas, separam as camadas de células musculares. Uma lamela elástica conspícua, a lâmina elástica interna, é vista nas artérias, entre a íntima e a média. Ela é um tubo de material elástico que possibilita ao vaso recuar após distensão. Quando a pressão intraluminal cai abaixo de limites fisiológicos (*post mortem*), a lâmina elástica interna é comprimida e se enrola em uma forma corrugada regular (Figs. 6.20, 6.8, 6.10): nessas condições, a luz é muito reduzida mas não é obliterada, e o perfil da artéria permanece circular. Fenestrações na lâmina elástica, que também pode ser dividida em espessura, permitem que materiais se difundam entre a íntima e a média. Uma lâmina elástica externa, similar em aparência mas acentuadamente menos bem desenvolvida e menos compacta que a lâmina elástica interna, situa-se na face externa da média

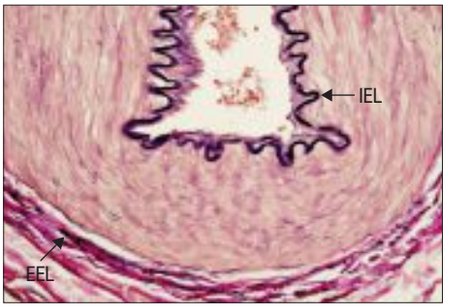


Fig. 6.20 Parede de uma artéria muscular (artéria temporal humana biopsiada), corada para elastina, mostrando a lâmina elástica interna (linha ondulada preta mais próxima da luz, IEL) e lâmina elástica externa mais difusa (EEL). Lamelas elásticas finas, incompletas, estão entremeadas entre as células musculares lisas da túnica média entre a IEL e a EEL. Técnica de van Gieson elástica.

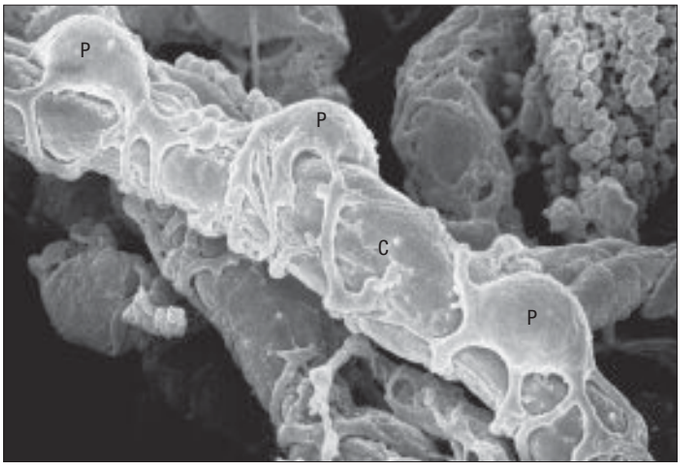


Fig. 6.21 Micrografia eletrônica de varredura de capilar (C) e pericítos (P) sustentando a parede do vaso. (Por cortesia de T. Fujiwara e Y. Uehara, Department of Anatomy, Ehime University School of Medicine, Japan.)

no seu limite com a adventícia (Fig. 6.8). Essas lâminas são menos evidentes nas artérias elásticas, onde as fibras elásticas ocupam grande parte da média (Fig. 6.6).

Fibrilas colágenas são encontradas em todas as três camadas do vaso. Colágeno tipo III (reticulina) ocupa grande parte do espaço intersticial entre as células musculares da média, e também é encontrada na íntima. Colágeno é abundante na adventícia, onde as fibras de colágeno tipo I formam grandes feixes que aumentam em tamanho desde a junção com a média até o limite externo da parede vascular. Nas veias, o colágeno é o principal componente da parede vascular, e se responsabiliza por mais da metade da sua massa.

Em termos gerais, as fibras colágenas e elásticas na média correm paralelas ou em pequeno ângulo com os eixos das células musculares e, portanto, são principalmente dispostas circunferencialmente. Em contraste, a disposição predominante das fibras colágenas na adventícia é longitudinal. Esse arranjo impõe restrições à alteração de comprimento nos grandes vasos sob pressão, por exemplo, nas grandes artérias, nas quais a distensão radial sob o efeito do pulso excede muito a distensão longitudinal. A bainha externa de colágeno tipo I na adventícia, portanto, tem um papel estruturalmente de suporte. A rede mais delicada de colágeno tipo III da média fornece fixação para as células musculares e seu papel é transmitir força em torno da circunferência do vaso. Em um vaso distendido, as fibras elásticas armazenam energia e, ao recuarem, ajudam a restaurar o comprimento e o calibre de repouso.

O material extracelular da média, incluindo colágeno e elastina, é produzido pelas células musculares. Seu giro é lento em comparação com aquele em outros tecidos. Na adventícia, o colágeno é sintetizado e secretado por fibroblastos, como em outros tecidos conjuntivos. Durante o desenvolvimento pós-natal, enquanto os vasos aumentam em diâmetro e espessura da parede, há aumento no conteúdo de elastina e colágeno. As alterações subsequentes na estrutura vascular, observadas durante o envelhecimento, incluem aumento na proporção de colágeno para elastina, com redução na elasticidade do vaso.

Adventícia

A adventícia é formada de tecido conjuntivo geral, variando na espessura e densidade dos seus feixes de fibras colágenas.

Vasa vasorum

Nos menores vasos, a nutrição dos tecidos da parede do vaso é fornecida por difusão a partir do sangue circulante no próprio vaso. Vasos maiores possuem o seu próprio suprimento vascular dentro da adventícia (Figs. 6.7, 6.8), na forma de uma rede de pequenos vasos, principalmente da microcirculação, os quais são chamados *vasa vasorum*. A espessura da parede com a qual a simples difusão a partir da luz se torna insuficiente é 1 mm.

Os *vasa vasorum* originam-se e drenam para vasos adjacentes, que são ramos periféricos do vaso que eles suprem. Eles se ramificam dentro da adventícia e, nas maiores artérias, penetram a parte mais externa da média. As maiores veias também são supridas por *vasa vasorum*, mas estes podem penetrar mais profundamente na parede, talvez por causa da mais baixa tensão de oxigênio.

Nervi vasorum

Os vasos sanguíneos são inervados por fibras autonômicas eferentes que regulam o estado de contração da musculatura (tônus muscular) e, assim, o diâmetro dos vasos, particularmente as artérias e arteríolas. Esses nervos perivasculares se ramificam e anastomosam dentro da adventícia de uma artéria, formando uma malha em torno dela. Em algumas das grandes artérias musculares, os nervos são ocasionalmente encontrados dentro das camadas mais externas da média.

Os *nervi vasorum* são pequenos feixes de axônios, os quais quase invariavelmente são não mielinizados e tipicamente varicosos. A maioria são fibras pós-ganglionares que saem de neurônios dos gânglios simpáticos. Alguns vasos no cérebro podem ser inervados por neurônios cerebrais intrínsecos, embora o controle neural dos vasos cerebrais seja de pequena importância em comparação com o metabólico e a autorregulação (resposta local a estímulos de estiramento). A densidade de inervação varia em diferentes vasos e em diversas áreas do corpo: usualmente ela é mais esparsa nas veias e maiores vasos linfáticos. As grandes veias com camada muscular pronunciada, como a veia porta do fígado, são bem inervadas.

O controle do músculo liso vascular é complexo. Fibras adrenérgicas vasoconstritoras liberam noradrenalina (norepinefrina) que atua sobre os adrenoceptores na membrana da célula muscular. Além disso, hormônios circulantes e fatores como óxido nítrico e endotelinas, que são liberados das células endoteliais, exercem um efeito poderoso sobre as células musculares. Os neurotransmissores atingem o músculo a partir da superfície adventícia da média, e os fatores hormonais e endoteliais se difundem a partir da superfície intimal. Em alguns tecidos, fibras colinérgicas simpáticas inibem a contração do músculo liso e induzem vasodilatação.

A maioria das artérias é acompanhada por nervos que viajam em paralelo com elas para os órgãos periféricos que elas suprem. Entretanto, esses nervos paravasculares são bastante independentes e não inervam os vasos que eles acompanham.

Pericítos

Os pericítos estão presentes na superfície externa dos capilares e nas menores vênulas (vênulas pós-capilares), onde uma adventícia está ausente e não há células musculares. Eles são células alongadas, cujos longos processos citoplasmáticos estão enrolados em volta do endotélio. Os pericítos estão dispersos em uma camada descontínua em torno da circunferência externa dos capilares. Eles geralmente estão ausentes em capilares fenestrados, mas formam uma camada mais contínua em torno das vênulas pós-capilares (Fig. 6.21). Eles são gradualmente substituídos por células musculares lisas à medida que os vasos convergem e aumentam em diâmetro.

Os pericítos estão encerrados na sua própria lâmina basal, que se funde em alguns lugares com a do endotélio. A maioria dos pericítos exibe áreas de aposição estreita às células endoteliais e ocasionalmente formam junções de adesão onde suas lâminas basais estão ausentes. O citoplasma dos pericítos contém actina, miosina, tropomiosina e desmina, o que sugere que essas células são capazes de atividade contrátil. Eles também têm o potencial de atuar como células-tronco mesenquimais e participam de processos de reparação, proliferando e dando origem a novas células de vasos sanguíneos e tecido conjuntivo.

Vasos cerebrais

Os principais ramos das artérias cerebrais que estão situados no espaço subaracnóideo sobre a superfície do cérebro possuem uma capa externa fina de células meníngeas, usualmente com uma camada de espessura, onde as células meníngeas adjacentes são unidas por desmossomos e junções de espaço. Essas artérias têm uma túnica média de músculo liso e uma lâmina elástica distinta. As veias sobre a superfície do cérebro têm paredes muito finas, e as camadas de músculo liso na parede muitas vezes

são descontínuas. Elas são revestidas externamente por uma monocamada de células meníngeas.

Quando as artérias entram no espaço subpial e penetram no cérebro, elas perdem sua lâmina elástica e, consequentemente, o córtex cerebral e a substância branca tipicamente contêm apenas arteríolas, vênulas e capilares. As exceções são os grandes vasos que penetram nos núcleos basais, onde muitas artérias retêm sua lâmina elástica e média muscular lisa espessa. Espaços perivasculares aumentados se formam em torno dessas grandes artérias nos indivíduos idosos. Arteríolas e vênulas no córtex e substância branca podem ser distinguidas umas das outras porque as arteríolas são rodeadas por uma capa de músculo liso e as veias e vênulas têm luzes maiores e paredes mais finas.

Os capilares cerebrais são o local da barreira hematoencefálica (pág. 49). Eles são revestidos por células endoteliais unidas por junções íntimas. O citoplasma endotelial contém algumas vesículas pinocitóticas. As células são rodeadas por uma lâmina basal (Fig. 3.13): nos pontos de contato com astrócitos perivasculares, a lâmina basal interveniente é formada pela fusão das lâminas basais endotelial e glial. Perícitos completamente rodeados por lâmina basal estão presentes em torno dos capilares. Macrófagos perivasculares estão fixados às paredes externas dos capilares e a outros vasos: eles são fenotipicamente distintos da micróglia parenquimatosa, que também é de origem monocítica. Uma camada fina de células meníngeas derivadas da pia-máter rodeia as arteríolas, mas desaparece ao nível dos capilares. Para descrições adicionais dos vasos cerebrais, ver Capítulo. 17.

VASOS LINFÁTICOS

Os capilares linfáticos formam plexos de malhas largas nas matrizes extracelulares da maioria dos tecidos. Eles começam sob a forma de tubos dilatados de extremidades cegas com diâmetros maiores e aparências menos regulares em corte transversal que os dos capilares sanguíneos. Uma lâmina basal está incompleta ou ausente e lhes faltam perícitos associados. Os menores vasos linfáticos são revestidos por células endoteliais, as quais têm numerosas vesículas transcitóticas dentro do seu citoplasma, e assim se assemelham aos capilares sanguíneos. Entretanto, diversamente dos capilares, o seu endotélio é geralmente bastante permeável a moléculas muito maiores: eles são facilmente permeáveis a grandes proteínas coloidais e material particulado, como detritos celulares e microrganismos, e também a células. A permeabilidade é facilitada por espaços entre as células endoteliais, as quais não possuem junções íntimas, e por pinocitose.

A linfa é formada a partir do líquido intersticial, que é derivado do plasma sanguíneo por intermédio da microcirculação. Grande parte desse líquido é retornada ao sistema venoso. Os vasos linfáticos captam líquido residual (cerca de 1/10) por difusão passiva, e as pressões negativas transitórias nas suas luzes, que são geradas intrinsecamente pela atividade contrátil do músculo liso nas paredes dos maiores vasos linfáticos, e extrinsecamente pelos movimentos de outros tecidos (músculos, artérias), localmente. O fluxo unidirecional da linfa é mantido pela presença de válvulas nos maiores vasos (Fig. 6.22). Os capilares linfáticos são impedidos de colapsar por filamentos de ancoragem que prendem suas paredes às estruturas circundantes de tecido conjuntivo e exercem tração radial.

Na maioria dos tecidos, a linfa é transparente e sem cor. Em contraste, a linfa do intestino delgado é densa e leitosa, refletindo a presença de gotículas lipídicas (quilomícrons) derivadas da gordura absorvida pelo epitélio mucoso. Os vasos linfáticos terminais na mucosa do intestino delgado são conhecidos como lácteos, e a linfa, como quilo. Capilares linfáticos não são ubíquos: eles não estão presentes na córnea, cartilagem, timo, sistema nervoso central ou periférico ou medula óssea, e há muito poucos no endomísio dos músculos esqueléticos.

Os capilares linfáticos se juntam em vasos maiores que passam para os linfonodos locais. Tipicamente, a linfa passa por percolação através de uma série de linfonodos antes de alcançar um ducto coletor maior. Há exceções a esse arranjo: os vasos linfáticos da glândula tireoide e esôfago, e dos ligamentos coronário e triangular do fígado drenam diretamente para o ducto torácico sem passar através de linfonodos. Nos maiores vasos, uma fina capa externa de tecido conjuntivo sustenta o endotélio. Os vasos linfáticos maiores (200 µm) possuem três camadas, como pequenas veias, embora sua luz seja consideravelmente maior do que é o caso nas veias com uma espessura semelhante de parede. A túnica média contém células musculares lisas, predominantemente dispostas circunferencialmente. Fibras elásticas são esparsas na túnica íntima, mas formam uma lâmina elástica externa na túnica adventícia.

Os maiores vasos linfáticos diferem de pequenas veias por terem muito mais válvulas (Fig. 6.22). As válvulas são semilunares, geralmente pareadas e compostas de uma extensão da íntima. Suas margens apontam na direção da corrente, e a parede do vaso corrente abaixo é expandida em um seio, o que dá aos vasos aparência semelhante a contas quando eles estão distendidos. Válvulas são importantes para prevenir refluxo de linfa.

Vasos linfáticos profundos usualmente acompanham artérias ou veias, e quase todos alcançam o ducto torácico ou o ducto linfático direito, os quais usualmente se unem às veias braquiocefálicas esquerda ou direita, respectivamente, na raiz do pescoço.

Fig. 6.22 Uma válvula (V) em vaso linfático (L), acompanhando pequena vênula (Vem) e arteríola (A) em tecido conjuntivo humano.

O ducto torácico é estruturalmente semelhante a uma veia de tamanho médio, mas o músculo liso na sua túnica média é mais proeminente. A maioria dos vasos linfáticos se anastomosa livremente, e os maiores possuem seus próprios *vasa vasorum* e fibras nervosas acompanhantes. Se as suas paredes forem agudamente infectadas (linfangite), esse plexo vascular se torna congesto, marcando os caminhos dos vasos superficiais por linhas vermelhas, as quais são visíveis através da pele e dolorosas ao toque.

Os vasos linfáticos se reparam facilmente, e novos vasos se formam prontamente depois de lesão. Eles começam como brotos celulares sólidos das células endoteliais dos vasos que persistiram, e mais tarde se tornam canalizados.

MÚSCULO CARDÍACO

No músculo cardíaco, como no músculo esquelético, as proteínas contráteis são organizadas estruturalmente em sarcômeros que estão alinhados em registro transversalmente às fibras, produzindo finas estriações transversais que são visíveis com o microscópio óptico. Eles tanto contêm as mesmas proteínas contráteis (embora muitas sejam isoformas cardíacas), que estão montadas de maneira semelhante, quanto a base molecular para contração, mas não sua regulação, que é a mesma. Liberação de cálcio para o sarcoplasma desencadeia a contração, a qual corresponde à sístole cardíaca, a fase de bombeamento do ciclo cardíaco. A recaptação produz relaxamento, o qual corresponde à diástole cardíaca, a fase de enchimento do ciclo.

Apesar das semelhanças, há importantes diferenças funcionais, morfológicas e desenvolvimentais entre músculo cardíaco e esquelético. Algumas das maneiras pelas quais o músculo cardíaco difere morfologicamente do músculo esquelético são descritas a seguir, antes da consideração de outras características que são exclusivas do músculo cardíaco.

MICROESTRUTURA

O miocárdio, o componente muscular do coração, constitui a maior parte dos seus tecidos. Ele consiste predominantemente em células de músculo cardíaco, as quais têm usualmente 120 µm de comprimento e 20-30 µm de diâmetro em um adulto normal. Cada célula possui um ou dois núcleos grandes, ocupando a parte central da célula, enquanto o músculo esquelético tem múltiplos núcleos colocados perifericamente. As células são ramificadas nas suas extremidades, e os ramos de células adjacentes são tão firmemente associados que o aspecto em microscopia ótica é de uma rede de fibras ramificadas e anastomosadas (Fig. 6.23). As células são unidas por elaborados complexos juncionais, os discos intercalados (Figs. 6.23, 6.24, 6.26).

Delicado tecido conjuntivo fibrocolagenoso é encontrado entre as fibras musculares cardíacas. Embora isso seja equivalente ao endomísio do músculo esquelético, é organizado menos regularmente por causa da complexa geometria tridimensional imposta pelas células cardíacas ramificadas. Numerosos capilares e algumas fibras nervosas são encontrados dentro dessa camada. Tecido conjuntivo mais grosseiro, equivalente ao perimísio do músculo esquelético, separa os maiores feixes de fibras musculares, e é particularmente bem desenvolvido próximo das condensações de tecido conjuntivo fibroso denso que formam o "esqueleto" do coração (Cap. 56). Os ventrículos do coração são compostos de camadas espiraladas de fibras que correm em diferentes direções. Consequentemente, cortes de micros-

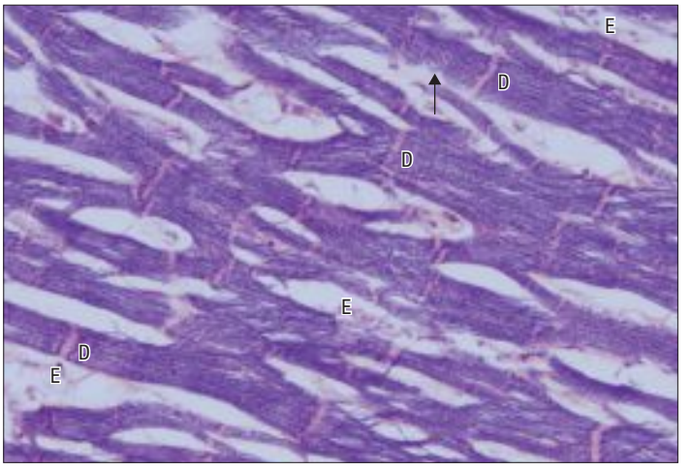


Fig. 6.23 Fibras musculares cardíacas (coração humano), cortadas longitudinalmente. Estriações transversais pálidas são apenas visíveis (seta) e indicam a organização intracelular dos sarcômeros. As linhas transversais claras (algumas mostram degraus) são discos intercalados (D). O endomísio (E) contém núcleos de células endoteliais e fibroblastos.

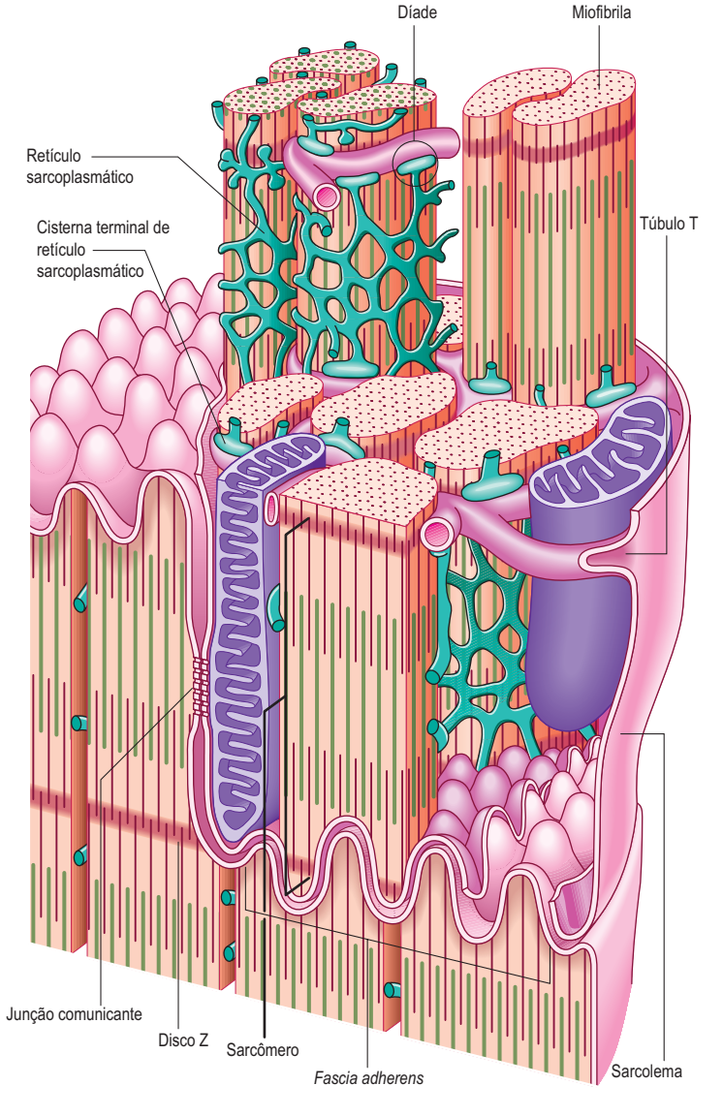


Fig. 6.24 Reconstrução tridimensional de células de músculo cardíaco na região de um disco intercalado, um complexo juncional entre células vizinhas. As partes transversas interdigitadas do disco intercalado formam uma *fascia adherens*, com numerosos desmossomos; junções de espaço são encontradas nas partes longitudinais do disco. A organização dos túbulos transversos e retículo sarcoplasmático também é mostrada.

cópio de músculo ventricular inevitavelmente contêm os perfis de células cortadas em uma variedade de orientações. Um arranjo linear de fibras musculares cardíacas só é encontrado nos músculos papilares e trabéculas cárneas.

Micrografias eletrônicas das células musculares cardíacas em corte transversal (Fig. 6.25) mostram que as miofibrilas se separam antes de passar em torno do núcleo, deixando uma zona que é ocupada por organelas, incluindo retículo sarcoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndrias, gotículas lipídicas e glicogênio. Ao microscópio óptico, essas zonas aparecem em cortes longitudinais como áreas não coradas nos polos de cada núcleo. Muitas vezes elas contêm grânulos de lipofuscina, que se acumulam ali em indivíduos acima de 10 anos de idade; o pigmento castanho-avermelhado pode ser visível mesmo em cortes longitudinais não corados.

As estriações transversais do músculo cardíaco são menos conspícuas que as do músculo esquelético. Isso acontece porque o aparelho contrátil do músculo cardíaco reside dentro de um sarcoplasma rico em mitocôndrias. As miofibrilas são menos bem delineadas que no músculo esquelético: em cortes transversais elas muitas vezes se fundem em um arranjo contínuo de miofilamentos, irregularmente limitado por mitocôndrias e elementos longitudinais do retículo sarcoplasmático. As grandes mitocôndrias, com suas cristas estreitamente espaçadas, refletem o metabolismo oxidativo altamente desenvolvido do tecido cardíaco. A proporção do volume celular ocupada por mitocôndrias (aproximadamente 35%) é ainda maior no músculo cardíaco do que nas fibras de músculo esquelético de contração lenta. A alta demanda de oxigênio também é refletida em altos níveis de mioglobina e em uma rede excepcionalmente rica de capilares em torno das fibras.

A força de contração é transferida através das extremidades das células musculares cardíacas por meio da resistência juncional provida pelos discos intercalados. Tal como no músculo esquelético, a força também é transmitida lateralmente ao sarcolema e matriz extracelular por meio de elementos contendo vinculina, que fazem ponte entre os discos Z das miofibrilas periféricas e a membrana plasmática.

As células do músculo atrial são menores que as células ventriculares. O citoplasma próximo dos complexos de Golgi nos polos dos núcleos exibe grânulos densos limitados por membrana, os quais contêm o precursor do fator natriurético atrial. Ele é um hormônio cuja ação é promover perda de cloreto de sódio e água nos rins, reduzindo o volume líquido corporal e, desse modo, baixando a pressão arterial. Ele é liberado em resposta ao estiramento da parede atrial. As ações do fator natriurético atrial normalmente são balanceadas pelos efeitos opostos da aldosterona e do hormônio antidiurético.

O sarcolema das células do músculo cardíaco ventricular invagina-se para formar túbulos T com uma luz mais larga que a daqueles do músculo

Fig. 6.25 Micrografia eletrônica com baixo aumento de músculo cardíaco em corte longitudinal, incluindo a zona perinuclear de uma das fibras. Observar as abundantes mitocôndrias grandes (M) entre as miofibrilas (My) e um disco intercalado (no círculo). (Por cortesia da Professora Brenda Russell, Department of Physiology and Biophysics, University of Illinois at Chicago.)

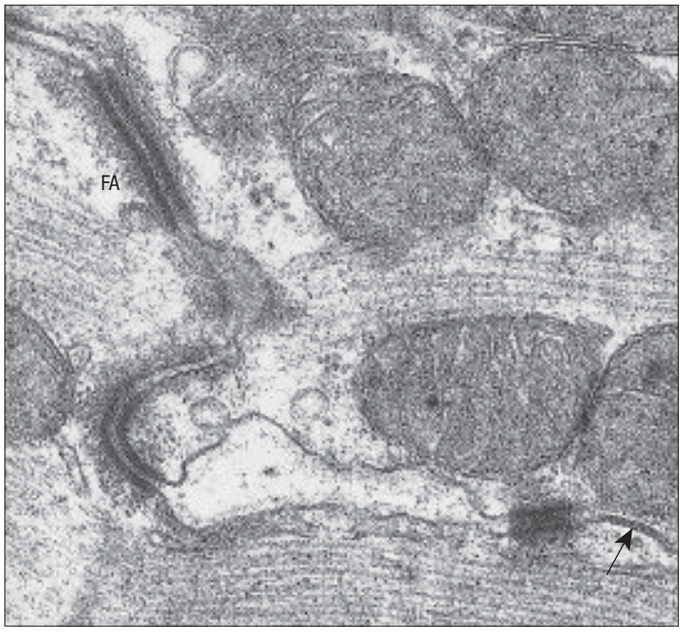


Fig. 6.26 Um disco intercalado no músculo cardíaco, com várias zonas de *fascia adherens* eletrondensa (FA) e uma junção de espaço (seta). (Por cortesia da Professora Brenda Russell, Department of Physiology and Biophysics, University of Illinois at Chicago.)

esquelético; as células musculares atriais possuem poucos ou nenhum túbulo T. Diferentemente do músculo esquelético, a maioria dos túbulos T penetra o sarcoplasma ao nível dos discos Z (Fig. 6.24). Os túbulos T são interconectados a intervalos por ramos longitudinais para formar uma rede complexa. Eles provavelmente servem a uma função semelhante no músculo esquelético e cardíaco, isto é, transportam a onda de despolarização para o centro das células. As proteínas ligadoras de actina, espectrina e distrofina, são componentes importantes do citoesqueleto da célula muscular cardíaca, que se associam independentemente com o sarcolema para fornecer suporte mecânico.

O retículo sarcoplasmático é um plexo tubular limitado por membrana que circunda e define, às vezes incompletamente, os contornos das miofibrilas individuais. Seu papel principal, como no músculo esquelético, é o armazenamento, a liberação e a reacumulação de íons cálcio. Ele entra em estreito contato com os túbulos T, deixando um espaço de 15 nm, que é coberto por estruturas chamadas processos juncionais. Esses processos são considerados como sendo a parte citoplasmática dos canais de liberação de cálcio (receptores da rianodina); processos semelhantes são encontrados no músculo esquelético na superfície juncional das cisternas terminais. O retículo sarcoplasmático que apresenta processos juncionais foi chamado retículo sarcoplasmático juncional, para distingui-lo do retículo sarcoplasmático livre, que forma uma rede longitudinal. O retículo sarcoplasmático juncional faz contato tanto com os túbulos T quanto com o sarcolema (do qual os túbulos T são uma extensão). O retículo sarcoplasmático forma pequenas extensões globulares (retículo sarcoplasmático corbular [em forma de cesta]) na vizinhança dos discos Z, mas não em relação imediata com os túbulos T ou o sarcolema. Uma vez que as junções entre os túbulos T e o retículo sarcoplasmático usualmente envolvem apenas uma estrutura de cada tipo, os perfis correspondentes em micrografias eletrônicas são denominados díades, em vez de tríades, como no músculo esquelético.

Discos intercalados

Os discos intercalados são exclusivos do músculo cardíaco. Ao microscópio óptico eles são vistos como linhas transversais cruzando os tratos das células cardíacas (Fig. 6.23). Eles podem ter degraus irregularmente dentro ou entre tratos adjacentes e parecer saltar para uma nova posição quando o plano de foco é alterado. Em nível ultraestrutural essas estruturas, que são junções complexas entre as células musculares cardíacas, são vistas apresentando porções transversas e laterais (Figs. 6.24 e 6.26). As porções transversas ocorrem sempre que miofibrilas chegam à extremidade de uma célula, e cada uma toma o lugar do último disco Z. Nesse ponto, os filamentos de actina do sarcômero terminal se inserem em uma matriz subsarcolêmica que os ancora, juntamente com outros elementos citoplasmáticos, como filamentos intermediários, à membrana plasmática. Desmossomos proeminentes, muitas vezes com uma linha densa no espaço intercelular, ocorrem a intervalos ao longo de cada porção transversa. Essa região juncional é homóloga, e provavelmente semelhante em composição, à estrutura encontrada na face citoplasmática da junção miotendínea, e é um tipo de junção *fascia adherens*. Ela provê adesão firme entre células e um caminho para a transmissão da força contrátil de uma célula para a seguinte.

As porções laterais do disco intercalado correm paralelas aos miofilamentos e ao eixo longo da célula por uma distância que corresponde a um ou dois sarcômeros, antes de virar de novo para formar outra porção transversa. Por essa razão, ela é responsável pela progressão em degrau do disco intercalado que pode ser vista microscopicamente. As porções laterais contêm junções comunicantes, as quais são responsáveis pelo acoplamento elétrico entre células adjacentes (Fig. 6.26). Canais de condutância dentro dessas junções capacitam o impulso elétrico a se propagar de uma célula à seguinte, alastrando excitação e contração rapidamente ao longo dos tratos ramificados de células interconectadas. Dessa maneira, a atividade das células individuais do coração é coordenada de tal modo que elas funcionam como se fossem um sincício.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

A atividade do coração é equivalente a um gasto constante de energia de 1,3 watts sob condições basais e sobe para 3 watts ou mais durante esforço físico. As células musculares cardíacas contêm glicogênio, que é uma reserva durante picos de atividade, mas a maioria da sua necessidade energética é contínua e suprida apenas através de metabolismo oxidativo altamente desenvolvido, como é evidente pela alta proporção do volume celular que é ocupada por mitocôndrias. Esse metabolismo tem de ser suportado por um rico suprimento sanguíneo. O miocárdio possui uma taxa muito alta de perfusão de 0,5 ml/min/g de tecido (cinco vezes a do fígado e 15 vezes a do músculo esquelético em repouso). Nenhuma célula muscular cardíaca está a mais de 8 µm de um capilar, e canais vasculares ocupam alta proporção do espaço intersticial total. O músculo cardíaco é suprido pelos vasos coronários. Embora haja alguma variação na distribuição detalhada dos ramos arteriais, o ventrículo esquerdo, que tem a mais alta carga de trabalho, recebe constantemente o mais alto fluxo sanguíneo arterial. Ramos correm no miocárdio ao longo das agregações mais grosseiras de tecido conjuntivo e se ramificam extensamente na camada endomisial, criando um rico plexo de vasos anastomosados. Esse plexo inclui capilares linfáticos, bem como sanguíneos, o que não é o caso no músculo esquelético.

A alta necessidade de oxigênio do miocárdio o torna vulnerável ao dano isquêmico originado por ateroma ou embolia nas artérias coronárias. Anastomoses arteriais, muitas vezes com mais de 100 µm de diâmetro, são encontradas por todo o coração e são um fator importante para determinar se uma circulação colateral adequada pode se desenvolver após uma oclusão coronariana.

INERVAÇÃO

Embora o sistema de geração e condução de impulsos do coração estabeleça um ritmo endógeno, a frequência e a força de contração estão sob influência neural. Ambas as divisões do sistema nervoso autônomo suprem fibras pós-ganglionares não mielinizadas ao coração. A inervação é derivada bilateralmente, mas funcionalmente é assimétrica. A ativação do gânglio estrelado esquerdo (simpático) tem pouco efeito sobre a frequência cardíaca, mas aumenta a contratilidade ventricular, enquanto a ativação do gânglio estrelado direito influencia tanto a frequência quanto a contratilidade. A ativação do nervo vago direto (parassimpático) retarda a frequência cardíaca, principalmente através da sua influência sobre a região do marca-passo, o nó sinoatrial (SA), enquanto a ativação do vago esquerdo retarda a propagação do impulso principalmente através do seu efeito sobre o nó atrioventricular (AV). A atividade vagal tem pouco efeito direto sobre a contratilidade ventricular.

Fibras nervosas simpáticas a partir dos gânglios simpáticos cervicais atingem o coração pelos nervos cardíacos. As fibras parassimpáticas no coração originam-se em células ganglionares que são inervadas por fibras eferentes do nervo vago. Terminações adrenérgicas, colinérgicas e peptidérgicas foram demonstradas no miocárdio. As fibras muitas vezes terminam próximo de células musculares e vasos sanguíneos, mas especializações juncionais não são observadas, e um espaço de pelo menos 100 nm permanece entre a célula e a fibra nervosa. É provável que neurotransmissores se difundam através desse espaço para as células adjacentes. Algumas das terminações representam terminais nervosos eferentes, outras funcionam como receptores de dor, mecanorreceptores ou quimiorreceptores.

ACOPLAMENTO EXCITAÇÃO–CONTRAÇÃO NO MÚSCULO CARDÍACO

A interação molecular entre actina e miosina que é subjacente à geração de força é iniciada da mesma maneira no músculo cardíaco e esquelético. Entretanto, diferenças em arranjo físico e composição molecular desses

elementos contráteis têm profunda influência sobre a função contrátil no músculo cardíaco.

Os canais de liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático são sensíveis à concentração de cálcio livre no espaço entre as membranas dos túbulos T e do retículo sarcoplasmático. Isso é subjacente à "liberação de cálcio induzida por cálcio", que se considera seja o principal e provavelmente o único mecanismo envolvido na liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático durante ativação fisiológica. A passagem de um potencial de ação despolariza o sarcolema e desse modo abre os canais de cálcio tipo L sarcolêmicos, o que permite que algum cálcio entre a partir do espaço extracelular. Isso produz uma elevação localizada na concentração de cálcio livre perto dos canais de liberação de cálcio, os quais consequentemente se abrem, permitindo que íons cálcio fluam segundo o seu gradiente de concentração a partir do retículo sarcoplasmático para dentro do citosol. A elevação na concentração de cálcio citosólica então ativa a maquinaria contrátil.

A ativação sistólica é terminada pela recaptação do cálcio do citosol. Embora o sarcolema e a membrana mitocondrial tenham alguma capacidade de transporte de cálcio, a via principal de recaptação é para dentro do retículo sarcoplasmático, por meio de uma ATPase transportadora de cálcio de alta afinidade. A atividade dessa ATPase controla a velocidade de queda do transiente de cálcio e é por essa razão um determinante da velocidade de relaxamento do coração. O retículo sarcoplasmático contém uma forma cardíaca de calsequestrina, um homólogo distante da proteína encontrada no músculo esquelético. Essa proteína ligadora de cálcio amortece a concentração de cálcio livre no interior do retículo sarcoplasmático, permitindo que ele armazene quantidade considerável de cálcio total sem aumentar o gradiente contra o qual a ATPase tem de bombear.

Uma das principais diferenças funcionais entre músculo cardíaco e esquelético é o modo pelo qual a força contrátil é regulada. Suavidade e gradação de contração em um músculo esquelético dependem do recrutamento e descarga assíncrona de diferentes números de unidades motoras. Unidades motoras individuais também podem aumentar uma contração através de uma série breve de reexcitações. No coração, a massa inteira de músculo tem de ser ativada quase simultaneamente, e a somação mecânica por reexcitação elétrica não é possível porque as células estão eletricamente refratárias até que o relaxamento mecânico tenha ocorrido.

Nas células musculares cardíacas, como nas células musculares esqueléticas, a contração é iniciada quando o cálcio se liga à troponina C, um componente do complexo proteico regulador dos filamentos finos. Durante atividade basal do coração, a quantidade de cálcio ligado à troponina C durante cada sístole induz ativação menor do que meio máxima do aparelho contrátil. Existe, portanto, o potencial de produzir mais força aumentando a quantidade de cálcio ligado à troponina C. Isso pode ser obtido controlando a quantidade de cálcio livre que é liberada para dentro do citosol durante a sístole.

Uma característica especial da célula cardíaca é a longa duração do seu potencial de ação. O platô de despolarização de longa duração permite que um prolongado fluxo de cálcio para dentro tenha lugar pelos canais de cálcio tipo L no sarcolema. Durante a fase de relaxamento, o cálcio é bombeado ativamente para dentro do retículo sarcoplasmático: a extensão pela qual o retículo sarcoplasmático é carregado é crucialmente dependente dessa entrada de cálcio extracelular. Quanto maior a quantidade de cálcio armazenada no retículo sarcoplasmático, mais está disponível para liberação durante contrações subsequentes. Esses movimentos do cálcio proveem um mecanismo automático para combinar qualquer aumento na frequência cardíaca com um aumento progressivo na força contrátil. A frequências cardíacas mais altas, mais cálcio entra por unidade de tempo e é bombeado para dentro do retículo sarcoplasmático. Cada sístole é então mais forte porque a quantidade de cálcio que pode ser liberada para o citosol é maior.

O meio fisiológico mais potente para aumentar a contratilidade cardíaca é através da ação de agentes β-adrenérgicos, como adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina). Eles aumentam o cálcio captado pelo retículo sarcoplasmático de duas maneiras. Primeiro, a estimulação β-adrenérgica aumenta a quantidade de cálcio que entra durante a despolarização abrindo mais canais de cálcio tipo L. Segundo, a estimulação β-adrenérgica é capaz de aumentar a atividade da ATPase bombeadora de cálcio fosforilando uma proteína associada, o fosfolamban. Isso habilita a bomba de cálcio a baixar o cálcio livre citosólico mais rapidamente, o que contribui para o relaxamento acelerado produzido pelos agonistas β-adrenérgicos. De maneira coordenada, a fosforilação da troponina I no filamento delgado aumenta a velocidade de ciclagem das pontes cruzadas para ajudar a aceleração do relaxamento.

Em virtude do significado clínico dos agentes inotrópicos positivos (substâncias que aumentam a força da contração cardíaca), geralmente agora usados apenas em insuficiência cardíaca terminal grave, há grande interesse nos múltiplos locais de controle que poderiam proporcionar alvos para intervenção farmacológica. Alguns deles são relacionados a outro conjunto importante de fluxo iônico através do sarcolema por intermédio da bomba de sódio–potássio e pelas proteínas transportadoras bidirecionais de troca de sódio–cálcio e de troca de sódio–hidrogênio.

DESENVOLVIMENTO

Os miócitos cardíacos diferenciam-se das células celômicas esplâncnicas do pericárdio inicialmente subjacentes ao endoderma. A atividade miogênica começa no princípio do estádio 10, 22 dias de gestação, quando o embrião tem quatro somitos. A essa altura, os presuntivos miócitos cardíacos expressam miosina, actina, troponina e outras proteínas contráteis. Os miócitos cardíacos não se fundem com seus vizinhos para formar um sincício, como ocorre no músculo esquelético, mas permanecem células mononucleadas, ramificadas, conectadas por junções intercelulares.

As presuntivas células miocárdicas formam uma folha contínua de células cuboides que revestem a parede esplâncnica ventral da cavidade pericárdica em embriões no estádio 9 (não dobrado). A partir desse momento, um plexo endocárdico se forma entre o epitélio celômico esplancnoplêurico e o endoderma. As células do plexo coalescem para estabelecer estruturas tubulares bilaterais ocas que se fundem na linha mediana para formar um tubo endocárdico único. Depois do dobramento da cabeça, o endocárdio é separado dos miócitos do tubo cardíaco primitivo por um fino retículo extracelular, antigamente chamado geleia cardíaca, que é secretado pelas células miocárdicas. A matriz extracelular do coração contém sinais indutivos, também secretados pelas células miocárdicas, que transformam células competentes do epitélio endocárdico em células mesenquimais livres. Assim, durante o desenvolvimento cardíaco, as células presuntivas miocárdicas engajam-se em vários processos de uma só vez: elas se dividem e diferenciam-se para formar um miocárdio funcional; secretam matriz e fatores indutivos que modificarão a diferenciação de outras células; e participam do dobramento e rotação do tubo cardíaco primitivo, e crescimento diferencial dentro das suas paredes, que em última análise produzirão o coração adulto com quatro câmaras.

A diferenciação franca das células miocárdicas primitivas começa por volta do tempo da fusão do tubo endocárdico. À medida que o tubo cardíaco primitivo é formado, as presuntivas células miocárdicas começam a expressar genes que codificam proteínas miocárdicas características, incluindo miosina, actina, troponina e outros componentes do aparelho contrátil. Miofibrilas começam a aparecer nas células musculares em desenvolvimento, e os primeiros batimentos cardíacos funcionais começam logo depois.

Os mecanismos reguladores subjacentes à diferenciação do músculo cardíaco parecem ser distintos daqueles do músculo esquelético. Embora seja previsto que serão encontradas contrapartes para os fatores transcricionais Myf-5, miogenina, MyoD e Myf-6, os quais são responsáveis por induzir diferenciação de músculo esquelético, os fatores correspondentes da miogênese cárdica ainda estão por ser identificados. Durante a maturação fetal, sucessivas mudanças na expressão de genes dão origem às características do miocárdio fetal, neonatal e adulto, e são responsáveis pela divergência das propriedades das células musculares atriais e ventriculares.

Os mioblastos dedicados cardíacos não se fundem para formar miotubos multinucleados, como ocorre no músculo esquelético, mas permanecem como células isoladas acopladas física e eletricamente através das junções intercelulares. Além disso, células musculares cardíacas diferenciadas continuam a se dividir durante o desenvolvimento fetal e só se retiram do ciclo celular após o nascimento. Isso é acentuadamente diferente do desenvolvimento do músculo esquelético, no qual a diferenciação, incluindo a ativação de genes musculoespecíficos, coincide com a retirada do ciclo celular.

Concomitantemente com o desenvolvimento das proteínas contráteis do músculo cardíaco, as células musculares cardíacas desenvolvem numerosos grânulos cardíacos específicos que contêm substâncias que demonstraram induzir natriurese e diurese, e uma família de polipeptídeos conhecidos de modo geral como peptídeos natriuréticos atriais. Grânulos cardíacos específicos se desenvolvem a partir do complexo de Golgi nos átrios e nos ventrículos durante a vida fetal, mas se tornam restritos ao músculo atrial no adulto. Peptídeo natriurético atrial é mensurável quando o coração reconhecivelmente tem quatro câmaras. Dentro dos átrios, quase todas as células são capazes de sua síntese.

Isoformas do músculo cardíaco das proteínas contráteis

Como no músculo esquelético, as proteínas contráteis do músculo cardíaco existem em várias formas tecidoespecíficas e estadioespecíficas. A isoforma cardíaca de α-actina não é idêntica à forma do músculo esquelético e é codificada por um gene diferente, embora as duas sejam tão semelhantes a ponto de serem funcionalmente intercambiáveis. As isoformas esquelética e cardíaca da actina sarcomérica são expressas no músculo ventricular fetal. O mRNA para α-actina esquelética aumenta pós-natalmente e excede aquele da actina cardíaca no adulto.

A cadeia pesada da miosina do músculo cardíaco humano existe em duas isoformas, α e β, ambas presentes no coração fetal. A forma α persiste como isoforma adulta no músculo atrial, enquanto a forma β (que é associada com uma frequência mais baixa de contração) predomina no músculo ventricular. Curiosamente, a forma β de cadeia pesada de miosina no

músculo cardíaco é idêntica à isoforma no músculo esquelético de contração lenta. Essa identidade entre as isoformas de proteína cardíaca e esquelética de contração lenta é verdadeira a respeito de várias proteínas, incluindo cadeias leves de miosina e troponina C cardíaca. Outras proteínas, como troponina I e T, existem em formas cardioespecíficas no feto e recém-nascido. O aparecimento de isoformas cardioespecíficas de troponina I e T no sangue, após sua liberação de células cardíacas lesadas, é agora um teste diagnóstico padrão para infarto do miocárdio.

Sob algumas condições experimentais, as isoformas de proteínas contráteis expressas pelo músculo cardíaco maduro podem mudar no mamífero adulto. Duas influências estabelecidas a esse respeito são hormônio tireoidiano e estiramento mecânico induzido por sobrecarga de pressão. Transições nas cadeias pesadas e leves de miosina foram demonstradas ocorrendo no coração humano sob condições de sobrecarga patológica, mas o significado funcional dessas alterações não está claro.

Desenvolvimento dos tecidos condutores do impulso

O sistema gerador e condutor de impulsos do coração é formado a partir de células musculares que diferem na sua morfologia das células cardíacas de trabalho que constituem a maior parte do miocárdio. As células do sistema de condução maduro retêm algumas similaridades ao miocárdio do tubo cardíaco inicial e compartilham com aquele tecido embrionário um padrão típico de expressão de muitos genes, incluindo aqueles que codificam proteínas contráteis e acetilcolinesterase. Isso sugere que a divergência entre os tecidos de condução e o miocárdio de trabalho tem lugar em um estágio embrionário relativamente precoce. Um marcador citológico específico do sistema de condução, o sulfato-3-glicuronil carboidrato, composto de glicoproteínas, é expresso pelos 32 dias de desenvolvimento e regulado para baixo durante os estágios mais tardios da septação cardíaca. Sua distribuição sugere fortemente que o tecido de condução em humanos se origina em um anel de células miocárdicas especializadas localizado no forame interventricular do coração inicial.

Ausência de regeneração do músculo cardíaco

No músculo esquelético, uma população de células precursoras, células satélites, é retida na vida adulta e constitui um fundo de mioblastos que são capazes de se dividir, fundir-se com fibras musculares existentes e iniciar regeneração após dano. O músculo cardíaco não contém nenhum equivalente dessas células e por essa razão é incapaz de regeneração. Há evidência experimental de que a isquemia temporária lesa as células cardíacas de maneira reversível (Schwanger *et al.*, 1987), enquanto períodos mais longos de isquemia produzem dano irreversível.

REFERÊNCIAS

Imhof BA, Aurrand-Lions M 2006 Angiogenesis and inflammation face-off. Nat Med 12: 171–2.

Owens GK, Kumar MS, Wamhoff BR 2004 Molecular regulation of vascular smooth muscle cell differentiation in development and disease. Physiol Rev 84: 767–801.

Pober JS, Sessa WC 2007 Evolving functions of endothelial cells in inflammation. Nat Revs Immunol 7: 803–15.

Scaal M, Christ B 2004 Formation and differentiation of the avian dermomyotome. Anat Embryol 208: 411–24.

Schwanger M, Fishbein MC, Block M, Wijns W, Selin C, Phelps ME, Schelbert HR 1987 Metabolic and ultrastructural abnormalities during ischemia in canine myocardium: noninvasive assessment by positron emission tomography. Mol Cell Cardiol 19: 25–89.

Sparrow MP, Weichselbaum M, McCray PB Jr. 1999 Development of the innervation and airway smooth muscle in human fetal lung. Am J Respir Cell Mol Biol 20: 550–60.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michel Salmon: Anatomic Studies. Book 1, Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. Book 2, Arterial Anastomotic Pathways of the Extremities. St Louis: Quality Medical Publishing.
Trabalho traduzido de Dr. Michel Salmon descrevendo o suprimento sanguíneo para o músculo e as vias anastomóticas nos membros.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 7

Pele e seus apêndices

Neste capítulo, os tipos e funções da pele em diferentes partes do corpo são descritos primeiro, seguidos pela microestrutura da epiderme e derme, e os apêndices da pele incluindo as unidades pilossebáceas e as glândulas sudoríferas e unhas. O desenvolvimento da pele, as linhas naturais da pele, as alterações relacionadas à idade e os aspectos clínicos da pele, por exemplo, enxertos, retalhos cirúrgicos da pele e cura de feridas, também são descritos. O sistema tegumentar inclui a pele e seus derivados, pelos, unhas, glândulas sudoríferas e sebáceas; gordura subcutânea e fáscia profunda; junções mucocutâneas em torno das aberturas dos orifícios do corpo; e mamas. As junções mucocutâneas e os tecidos mamários são considerados nas seções regionais apropriadas.

TIPOS E FUNÇÕES DA PELE

A pele cobre a superfície externa inteira do corpo, incluindo o meato auditivo externo, a face lateral da membrana timpânica e o vestíbulo do nariz. Ela é contínua com as mucosas dos tratos digestivo, respiratório e urogenital nos seus respectivos orifícios, onde está presente a pele especializada das junções mucocutâneas. Ela também se funde com a conjuntiva nas margens das pálpebras e com o revestimento dos canalículos lacrimais nos pontos (*puncta*) lacrimais. A pele forma 8% da massa corporal total. Sua área de superfície varia com a altura e o peso, por exemplo, em um indivíduo de 1,8 m e pesando 90 kg, a área de superfície da pele é aproximadamente 2,2 m^2. Sua espessura varia de 1,5-4,0 mm, de acordo com o seu estado de maturação, envelhecimento e especializações regionais.

A pele forma uma interface autorrenovável entre o corpo e seu ambiente, e é um local importante de comunicação entre os dois. Dentro de certos limites, ela forma uma barreira efetiva contra invasão microbiana e tem propriedades que podem proteger contra lesão mecânica, química, osmótica, térmica e por radiação UV. Ela é um local importante de imunovigilância contra a entrada de patógenos e a iniciação de respostas imunes primárias. A pele efetua muitos processos sintéticos bioquímicos, incluindo a formação de vitamina D sob a influência da radiação ultravioleta B (UVB) e síntese de citocinas e fatores de crescimento. A pele é o alvo de uma variedade de hormônios. Essas atividades podem afetar a aparência e a função de componentes individuais da pele, como as glândulas sebáceas, os pelos e as células produtoras de pigmento.

O controle da temperatura corporal é uma função importante da pele, e é efetuado principalmente pela regulação da perda de calor a partir da circulação cutânea através do aumento ou redução rápidos do fluxo de sangue para uma área extensa da superfície externa: o processo é ajudado pela sudorese. A pele é envolvida na comunicação sociossexual e, no caso da pele facial, pode sinalizar estados emocionais por meio de respostas musculares e vasculares. Ela é um importante órgão dos sentidos, ricamente suprida por terminações nervosas e receptores especializados para toque, temperatura, dor e outros estímulos.

A pele tem boas propriedades de atrito, ajudando na locomoção e manipulação pela sua textura. Ela é elástica e pode ser estirada e comprimida dentro de certos limites. A superfície externa é coberta por várias marcas, algumas grandes e conspícuas e outras microscópicas ou reveladas apenas após manipulação ou incisão da pele. Essas marcas são muitas vezes chamadas coletivamente de linhas da pele.

A cor da pele humana varia e é derivada da quantidade de sangue (e seu grau de oxigenação) na circulação cutânea, da espessura da camada cornificada e da atividade das células especializadas que produzem o pigmento melanina. A melanina tem um papel protetor contra radiação ultravioleta e atua como removedor de radicais livres nocivos. As variações raciais na cor são devidas principalmente a diferenças na quantidade, tipo e distribuição de melanina, e determinadas geneticamente.

A aparência da pele é afetada por muitos outros fatores, por exemplo, tamanho, forma e distribuições dos pelos e glândulas cutâneas (sudoríferas, sebáceas e apócrinas), alterações associadas com maturação, envelhecimento, metabolismo, gravidez. O estado geral de saúde é refletido na aparência e condição da pele, e os sinais mais iniciais de muitos transtornos sistêmicos podem ser aparentes na pele. O exame da pele, portanto, tem importância no diagnóstico de doenças além das apenas cutâneas.

CLASSIFICAÇÃO DA PELE

Embora a pele em diferentes partes do corpo seja fundamentalmente de estrutura semelhante, há muitas variações locais em parâmetros como espessura, resistência mecânica, maciez, flexibilidade, grau de ceratinização (cornificação), tamanho e número dos pelos, frequência e tipos de glândulas, pigmentação, vascularização, inervação. Duas classes principais de pele são distinguidas: elas cobrem grandes áreas do corpo e apresentam importantes diferenças de estrutura detalhada e propriedades funcionais. Estas são a pele fina, pilosa (hirsuta), que cobre a maior parte do corpo, e a pele espessa, sem pelos (glabra), que forma as superfícies das palmas das mãos, plantas dos pés e superfícies flexoras dos dedos (Figs. 7.1, 7.2, 7.4).

MICROESTRUTURA DA PELE E APÊNDICES CUTÂNEOS

EPIDERME

A epiderme (Figs. 7.2, 7.3) é um tecido composto que consiste principalmente em epitélio escamoso estratificado, ceratinizado, que se renova continuamente: as células principais são chamadas ceratinócitos. Os não ceratinócitos dentro da epiderme madura incluem melanócitos (células formadoras de pigmento originárias da crista neural embrionária), células de Langerhans (células dendríticas apresentadoras de antígeno imaturas derivadas da medula óssea) e linfócitos. As células de Merkel, que podem funcionar como mecanorreceptores ou possivelmente como parte do sistema neuroendócrino disperso, são associadas com terminações nervosas. Terminações nervosas sensitivas livres estão esparsamente presentes dentro da epiderme. Em preparações histológicas de rotina, os não ceratinócitos e as células de Merkel são quase indistinguíveis e aparecem como células claras rodeadas por um espaço claro produzido pela retração durante o processamento. Seu citoplasma não possui feixes de filamentos proeminentes.

A população de ceratinócitos sofre renovação contínua durante toda a vida: uma camada mitótica de células na base substitui as eliminadas na superfície. À medida que se movem para longe da base da epiderme, os ceratinócitos sofrem alterações progressivas em forma e conteúdo. Eles se transformam de células vivas poligonais em escamas achatadas não viáveis cheias de proteínas filamentares intermediárias (ceratinas) inclusas em uma matriz densa de proteínas citoplasmáticas para formar ceratina madura. O processo é conhecido como ceratinização ou, mais corretamente, cornificação.

A epiderme pode ser dividida em várias camadas da profundidade para a superfície do seguinte modo: camada basal (*stratum basale*), camada espinhosa ou de células espinhosas (*stratum spinosum*), camada granulosa (*stratum granulosum*), camada clara (*stratum lucidum*) e camada cornificada (*stratum corneum*) (Fig. 7.4). As três primeiras dessas camadas são compartimentos metabolicamente ativos através dos quais as células passam e mudam sua forma à medida que progressivamente se diferenciam. As camadas mais superficiais de células sofrem ceratinização (ou cornificação) terminal que envolve não apenas alterações estruturais nos ceratinócitos, mas também alterações nas suas relações umas com as outras e com os não ceratinócitos, e transformações moleculares dentro do espaço intercelular.

Os apêndices epidérmicos (unidades pilossebáceas, glândulas sudoríferas e unhas) são formados durante o desenvolvimento por crescimento invasivo da epiderme geral, e esta última é desse modo chamada epiderme interfolicular.

Ceratinócitos

Camada basal

A camada basal ou mais profunda de células, adjacente à derme, é a camada onde tem lugar a proliferação celular na epiderme. Essa camada faz contato com uma lâmina basal (Figs. 2.7, 7.5), que é uma camada fina de matriz extracelular, usualmente não visível por microscopia óptica. Por microscopia eletrônica de rotina, a lâmina basal aparece como uma lâmina lúcida clara

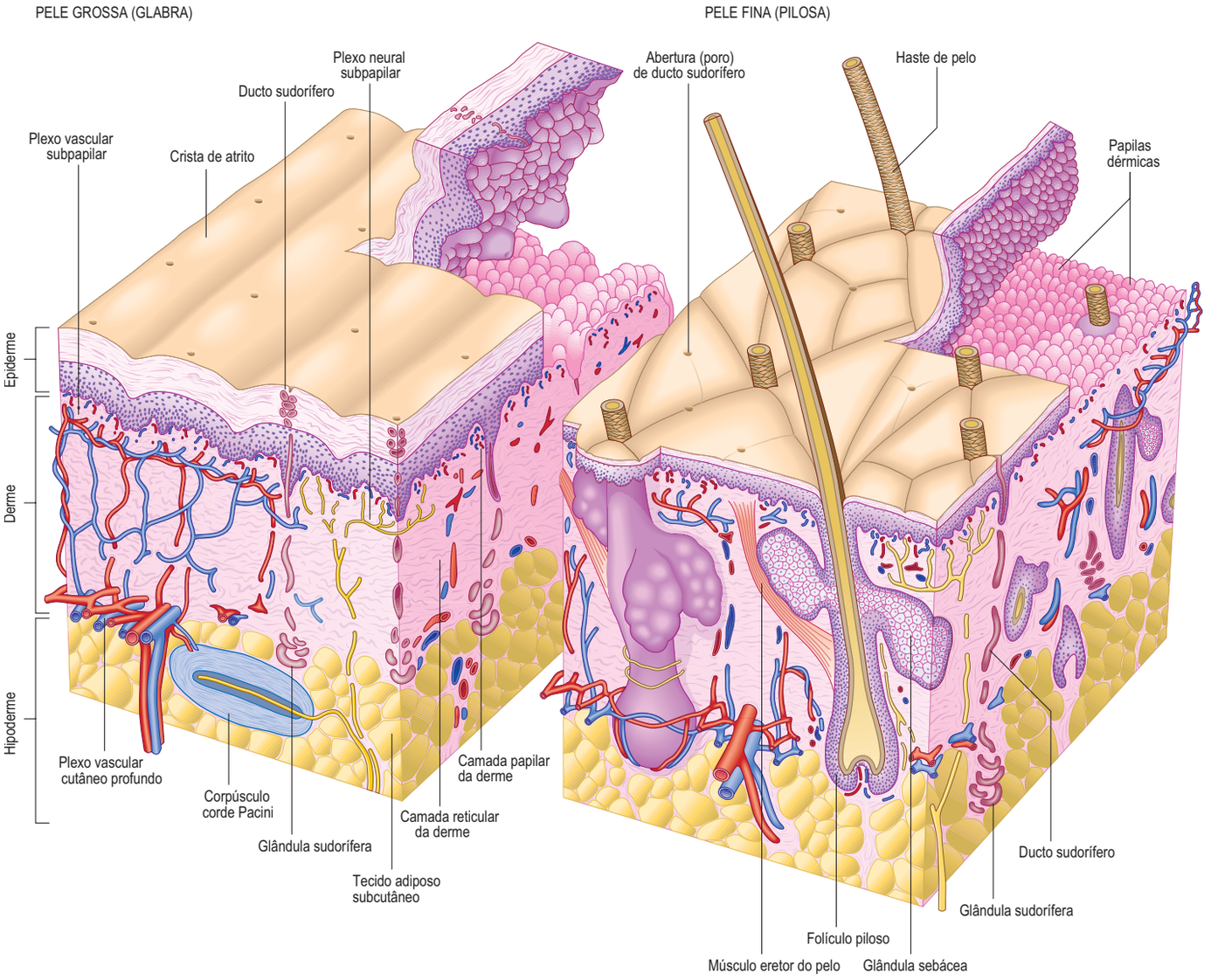


Fig. 7.1 Organização da pele, comparando as estruturas encontradas na pele grossa, glabra (plantar e palmar), com a pele fina, pilosa (hirsuta). A epiderme foi parcialmente descascada para mostrar as papilas dérmicas e epidérmicas interdigitando-se.

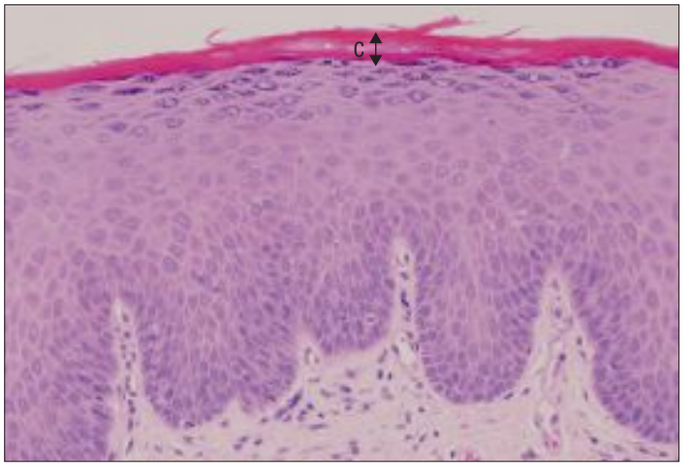


Fig. 7.2 A epiderme interfolicular da pele fina humana. Observar a fina camada cornificada (C) em comparação com a **Figura 7.4** (que é também em menor aumento).

(adjacente à membrana plasmática das células basais) e uma lâmina densa mais escura. A membrana plasmática basal dos ceratinócitos basais, juntamente com a lâmina basal extracelular (lâmina lúcida e lâmina densa) e fibrilas de ancoragem dentro da matriz dérmica subjacente (a lâmina *fibroreticularis*), que se inserem na lâmina densa e fazem alça em torno de feixes de colágeno, formam coletivamente a zona de membrana basal (ZMB), que constitui a junção dermoepidérmica. Essa é uma superfície altamente convoluta, particularmente na pele glabra grossa, onde papilas dérmicas (cristas dérmicas) se projetam superficialmente para a região epidérmica, encaixando-se e travando-se com projeções para baixo adjacentes da epiderme (cristas epidérmicas, cristas da rede) (Fig. 7.4).

A maioria das células da camada basal (Fig. 7.3) são colunares a cuboides em forma, com grandes núcleos (em relação ao seu volume citoplasmático) predominantemente eucromáticos e nucléolos proeminentes. O citoplasma contém número variável de melanossomos e, caracteristicamente, feixes de filamentos de ceratina correspondendo aos tonofilamentos da microscopia eletrônica clássica. Nos ceratinócitos basais essas ceratinas são principalmente proteínas K5 e K14. As membranas plasmáticas das células em aposição são conectadas por desmossomos, e a membrana plasmática basal é ligada à lâmina basal a intervalos por hemidesmossomos (Figs. 1.5, 7.5). Melanócitos (Fig. 7.9), ocasionais células de Langerhans (Fig. 7.3) e células de Merkel (Fig. 3.30) estão entremeadas com os ceratinócitos basais. As células de Merkel são conectadas aos ceratinócitos por desmossomos, mas os melanócitos e as células de Langerhans não possuem esses contatos especializados. Linfócitos intraepiteliais estão presentes em pequeno número.

A qualquer tempo, a camada basal da epiderme contém ceratinócitos com diferentes destinos. Eles incluem células-tronco multipotentes. Ao se dividirem, elas podem se autorrenovar ou produzir uma célula filha que é comprometida a se diferenciar depois de sofrer divisões celulares adicionais amplificadoras em trânsito. A atividade das células-tronco e das células amplificadoras em trânsito na camada basal fornece um suprimento contínuo de células em diferenciação que entram na camada de células espinhosas. A grande maioria dessas células é pós-mitótica, embora alguma divisão celular possa ocorrer nas regiões mais basais da camada de células espinhosas. Admite-se que as células-tronco residam principalmente nas calhas das cristas epidérmicas e na saliência da bainha radicular externa do folículo piloso, mas elas não podem ser distinguidas morfologicamente. A distribuição das célu-

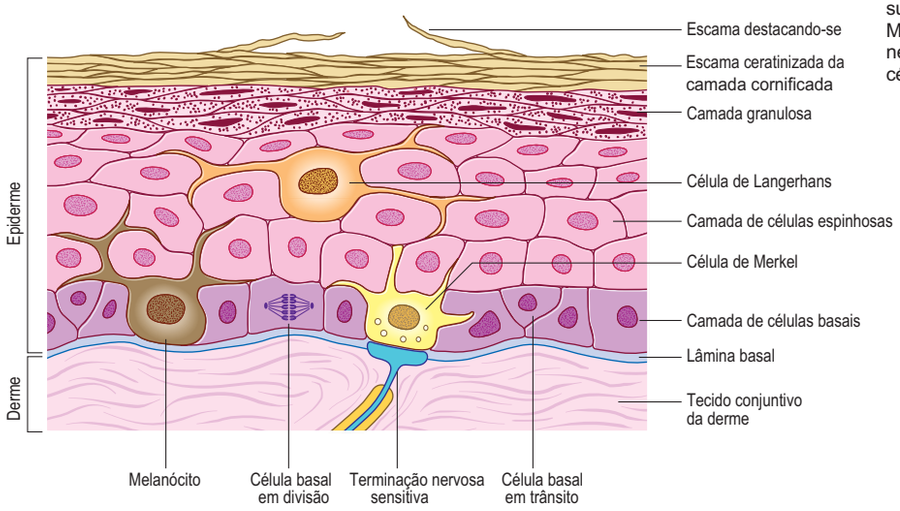


Fig. 7.3 As principais características da epiderme, incluindo suas camadas celulares e diferentes tipos de células. Melanócitos e células de Merkel são derivados da crista neural, e as células de Langerhans são derivadas de células precursoras da medula óssea.

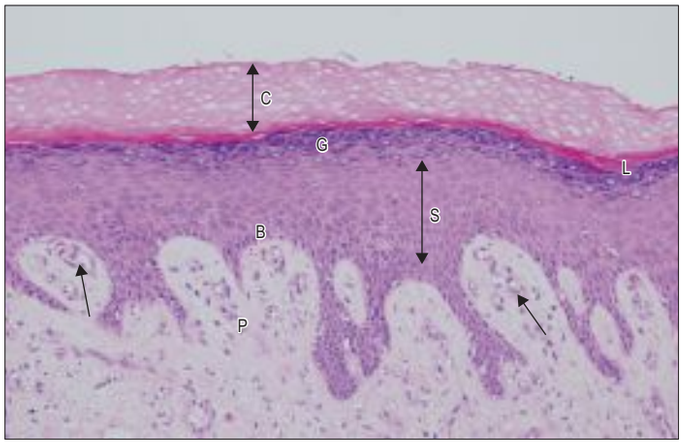


Fig. 7.4 A epiderme e a derme papilar (P) da pele grossa humana, mostrando a camada cornificada grossa (C, *stratum corneum*), a camada clara eosinofílica (L, *stratum lucidum*), a camada granulosa (G, *stratum granulosum*), a camada de células espinhosas (S, *stratum spinosum*) e a camada basal (B, *stratum basale*). Alças capilares (setas) são vistas entrando nas papilas profundas (cristas dérmicas) da derme, entre as cristas epidérmicas que se projetam para baixo.

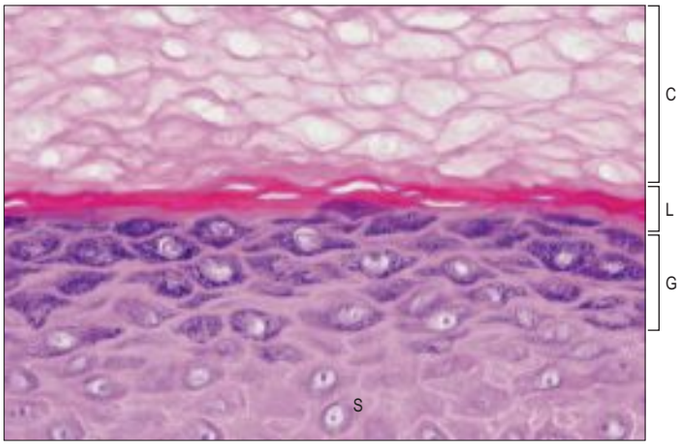


Fig. 7.6 Camadas superficiais da pele grossa humana com grande aumento, mostrando as células intensamente coradas contendo grânulos de ceratoialina da camada granulosa (G) entre a camada de células espinhosas ou camada espinhosa (S) e as camadas clara (ou lúcida, L) e cornificada (C) acima. Observar que a camada clara só é transparente em preparações não coradas, e aparece eosinofílica, como aqui, depois da coloração.

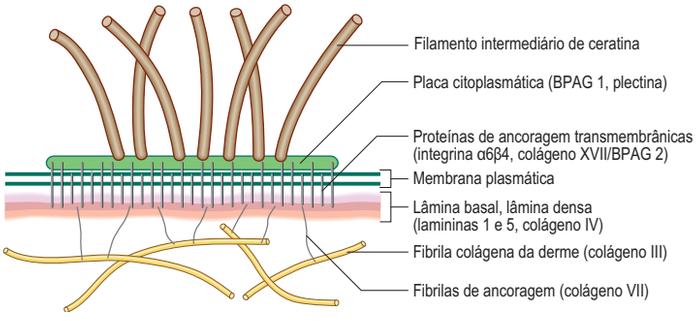


Fig. 7.5 As principais características de um hemidesmossomo na zona de membrana basal (ZMB) da pele, incluindo alguns dos componentes moleculares importantes.

las-tronco e o tamanho das suas unidades proliferativas (ver adiante) podem ser bastante variáveis na pele humana (Ghazizadeh e Taichman, 2005).

Considera-se que a organização da camada basal e das células de progênie sobrejacentes forma uma série de colunas. Várias camadas de células espinhosas e granulosas sobrejazem a uma coleção de seis a oito células basais, formando uma unidade proliferativa colunar. Cada grupo de células basais consiste em uma célula-tronco central com um anel circundante de células proliferativas amplificadoras em trânsito e células pós-mitóticas em maturação. Da periferia dessa unidade, as células pós-mitóticas se transferem para a camada de células espinhosas. O tempo de giro epidérmico total normal é entre 52 e 75 dias. Em algumas doenças da pele, as taxas de giro e tempos de trânsito podem ser extremamente rápidos, por exemplo, na psoríase o tempo de giro epidérmico total pode ser tão pequeno quanto oito dias. O controle da proliferação e diferenciação dos ceratinócitos está além dos objetivos desta publicação, mas encontra-se revisto em Niemann e Watt (2002) e em Byrne *et al.* (2003).

Camada de células espinhosas

A camada de células espinhosas (Figs. 7.3, 7.6) consiste em várias camadas de ceratinócitos estreitamente agregados que interdigitam uns com os outros por meio de numerosas projeções da superfície celular. As células são ancoradas umas nas outras por desmossomos que fornecem resistência à tração e coesão à camada. Essas células suprabasais são comprometidas com diferenciação terminal e gradualmente se movem para cima na direção da camada cornificada à medida que mais células são produzidas na camada basal. Quando a pele é processada para microscopia óptica de rotina, as células tendem a se retrair umas das outras exceto onde são unidas por desmossomos, o que lhes dá a aparência espinhosa característica. O citoplasma da célula espinhosa contém feixes proeminentes de filamentos de ceratina (principalmente proteínas ceratinas K1 e K10) dispostos concentricamente em torno de um núcleo eucromático e fixados às placas densas dos desmossomos. O citoplasma também contém melanossomos, isolados ou agregados dentro de organelas limitadas por membrana (melanossomos compostos). Células de Langerhans (Fig. 7.11) e o ocasional linfócito associado são os únicos não ceratinócitos presentes na camada de células espinhosas.

Camada granulosa

Transformações extensas ocorrem na estrutura dos ceratinócitos nas três a quatro camadas de células achatadas na camada granulosa. Os núcleos se tornam picnóticos e começam a se desintegrar; organelas, como ribossomos e mitocôndrias, e corpos de Golgi limitados por membrana degeneram; e feixes de filamentos de ceratina se tornam mais compactos e associados com grânulos de ceratoialina irregulares que se coram densamente (Fig. 7.6). Pequenos grânulos redondos (100 × 300 nm) com uma estrutura interna lamelar (grânulos lamelares, corpos de Odland, ceratinossomos) também aparecem no citoplasma. Os grânulos de ceratoialina contêm uma proteína rica em histidina, pobre em enxofre (profilagrina) que, quando as células

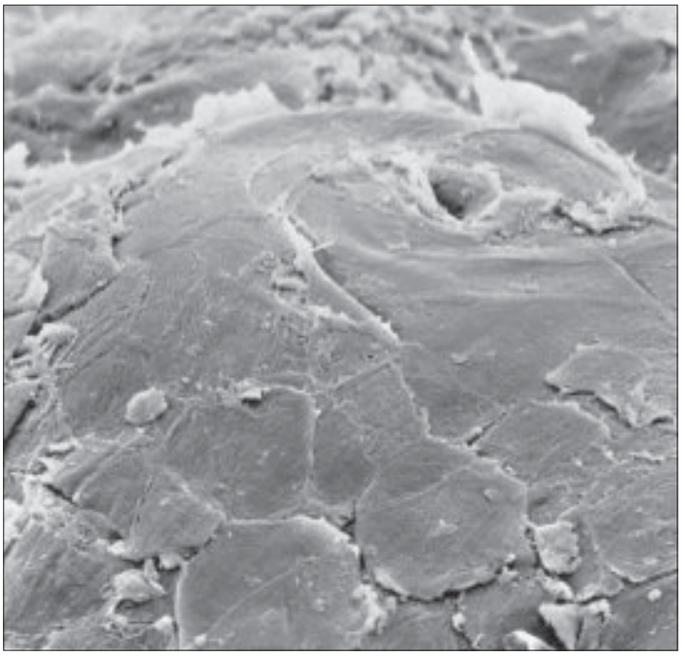


Fig. 7.7 A superfície epidérmica em torno da abertura de um ducto sudorífero. Vários ceratinócitos poligonais semelhantes a escamas (*squamas*) da camada cornificada superficial são visíveis nessa micrografia eletrônica de varredura.

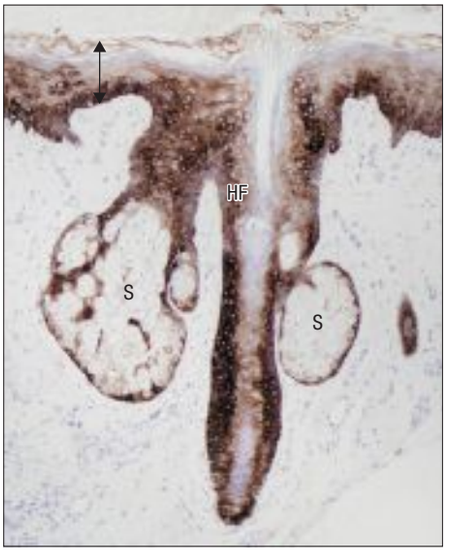


Fig. 7.8 Pele fina na região de um folículo piloso humano, imunomarcada para detectar ceratinas (incluindo K5) na epiderme interfolicular basal e suprabasal (entre pontas de setas), o folículo piloso (HF) e glândulas sebáceas associadas (S). A presença de ceratinas foi visualizada usando-se uma técnica de peroxidase.

alcançam a camada cornificada, se torna modificada para filagrina. Os grânulos lamelares são concentrados profundos à membrana plasmática, com a qual eles se fundem, liberando seu conteúdo glicofosfolipídico hidrofóbico dentro do espaço intercelular no interior da camada e também entre ela e a camada cornificada. Eles formam um componente importante da barreira de permeabilidade da epiderme, tornando-a relativamente impermeável.

Camada clara

A camada clara é encontrada apenas na pele grossa palmar ou plantar. Ela representa um estádio pouco compreendido na diferenciação dos ceratinócitos. Ela se cora mais fortemente que a camada cornificada com corantes ácidos (Fig. 7.6), é mais refrátil opticamente e muitas vezes contém detritos nucleares. Ultraestruturalmente, suas células contêm filamentos de ceratina compactados e se assemelham às células incompletamente ceratinizadas que ocasionalmente são vistas na parte mais interna da camada cornificada da pele fina.

Camada cornificada

A camada cornificada (Figs. 7.3, 7.6) é o produto final da diferenciação epidérmica, ou cornificação. Ela consiste em camadas estreitamente agregadas de escamas poliédricas achatadas (Fig. 7.7), variando em área de superfície de 800 a 1.100 μm^2. Essas células se superpõem nas suas margens laterais e se integram com as células das camadas apostas por meio de cristas, sulcos e microvilos. Na pele fina essa camada pode ter apenas algumas células de profundidade, mas na pele grossa pode ter mais de 50 células de profundidade. A membrana plasmática da escama parece mais espessa que a dos outros ceratinócitos, em parte devido à ligação cruzada de um precursor solúvel, involucrina, na face citoplasmática da membrana plasmática, no invólucro cornificado insolúvel complexo. A superfície externa é também coberta por uma monocamada de lipídio ligada. A região intercelular contém folhas lamelares extensas de glicolipídio derivado dos grânulos lamelares da camada granulosa. As células não possuem núcleo e organelas membranosas, e consistem unicamente em um denso arranjo de filamentos de ceratina inclusos em uma matriz citoplasmática que é parcialmente composta de filagrina derivada dos grânulos de ceratoialina.

Sob condições normais, a produção de ceratinócitos epidérmicos na camada basal é equilibrada pela perda de células da camada cornificada. A descamação dessas células externas normalmente é imperceptível. Quando excessiva, aparece nas regiões pilosas sob a forma de caspa, mais extensamente em certas doenças e, em menor extensão, após queimadura solar, sob a forma de descascamento, descamação e esfoliação. A espessura da camada cornificada pode ser influenciada por fatores ambientais locais, particularmente abrasão, os quais podem levar a um considerável espessamento da epiderme inteira, inclusive a camada cornificada. As plantas dos pés se tornam muito espessadas se o indivíduo habitualmente andar descalço, e coxins cornificados se desenvolvem em áreas de pressão frequente, por exemplo, calos por sapatos apertados, calosidades palmares em trabalhadores manuais e calosidades digitais em violonistas.

Ceratinas

Ceratinização epidérmica tem sido historicamente o termo aplicado aos estágios finais da diferenciação e maturação dos ceratinócitos, durante os quais as células são convertidas em escamas cornificadas resistentes. Entretanto, isso agora é visto como ambíguo porque se admite que o termo ceratina refere-se à proteína dos filamentos intermediários epiteliais, em vez (como previamente) de a todo o complemento de proteínas na célula terminalmente diferenciada do *stratum corneum*.

As ceratinas são as proteínas filamentares intermediárias encontradas em todas as células epiteliais. Há dois tipos, tipo I (ácidas) e tipo II (neutras/básicas); elas formam heteropolímeros, são coexpressas em pares específicos e montadas em filamentos intermediários de 10 nm. Cinquenta e quatro genes diferentes de ceratinas foram reconhecidos, e seus produtos proteicos são numerados. A nomenclatura das ceratinas e genes de ceratinas humanas foi revista recentemente e é apresentada em Schweitzer *et al.* (2006). Diferentes pares de ceratinas são expressos de acordo com a diferenciação da célula epitelial; anticorpos às ceratinas individuais constituem ferramentas analíticas úteis (Fig. 7.8). As ceratinas K5 e K14 são expressas pelos ceratinócitos basais. Novas ceratinas, K1 e K10, são sintetizadas suprabasalmente. Na camada granulosa, os filamentos se tornam associados com grânulos de ceratoialina contendo profilagrina, uma proteína fosforilada rica em histidina. À medida que as células passam para a camada cornificada, a profilagrina é clivada por fosfatases para filagrina, o que causa agregação dos filamentos e forma a matriz na qual eles estão inclusos. Outros tipos de expressão de ceratinas ocorrem em outros locais, particularmente no pelo e unhas, onde é expressa ceratina dura altamente especializada ou tricocítica. Esta se torna quimicamente modificada e é muito mais resistente do que na epiderme geral. Para revisão recente da função das ceratinas, ver Gu e Goulombe, 2007.

Lipídios da epiderme

A epiderme serve como uma importante barreira à perda de água e outras substâncias através da superfície corporal (à parte na sudorese e secreção sebácea). Uma variedade de lipídios está presente e é sintetizada na epiderme, incluindo triglicerídeos e ácidos graxos, fosfolipídios, colesterol, ésteres de colesterol, glicoesfingolipídios e ceramídeos. Um intermediário na síntese do colesterol, 7-desidrocolesterol, é o precursor da vitamina D, que também é sintetizada na pele. O conteúdo e a composição dos lipídios epidérmicos mudam com a diferenciação. Fosfolipídios e glicolipídios a princípio acumulam-se dentro dos ceratinócitos acima da camada basal, porém mais acima eles são decompostos e praticamente ausentes da camada cornificada. Colesterol e seus ésteres, ácidos graxos e ceramidas acumulam-se na direção da superfície e são abundantes na camada cornificada. O arranjo lamelar dos lipídios extracelulares constitui um fator importante na sua função de barreira.

Melanócitos

Os melanócitos são células derivadas da crista neural formadoras de pigmento melanina (Figs. 7.9, 7.10). Eles estão presentes na epiderme e seus apêndices, no epitélio oral, algumas membranas mucosas, trato uveal (capa corioide) do globo ocular, partes da orelha média e interna e nas meninges pia-máter e aracnoide-máter na base do cérebro. As células do epitélio pigmentar da retina, desenvolvidas da parede externa da escavação óptica, também produzem melanina, e neurônios, em diferentes localizações dentro do tronco cerebral (p. ex., o *locus coeruleus* e a substância negra) sintetizam uma variedade de melanina chamada neuromelanina. As melaninas verdadeiras são

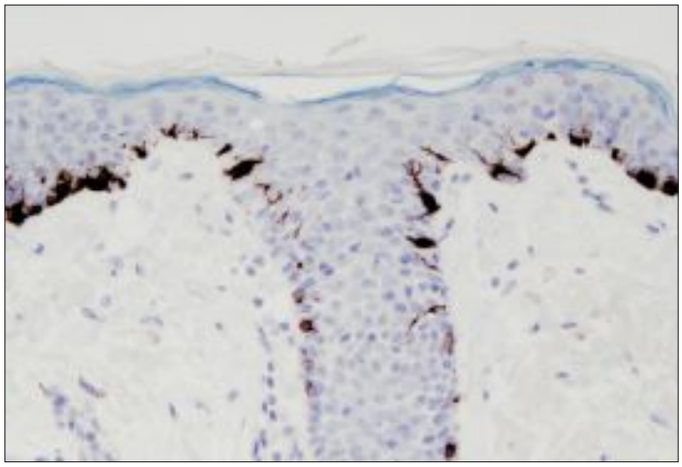


Fig. 7.9 Melanócitos na camada basal da pele, incluindo aquela da epiderme folicular, em biópsia de pele periauricular em homem caucasiano. Os melanócitos pigmentados, visualizados imunocitoquimicamente usando-se anticorpo contra um marcador de diferenciação (Melan A/AMART-1), estendem processos dendríticos entre os ceratinócitos das camadas basal e de células espinhosas. Os melanócitos estão relativamente inativos nesse espécime, não sendo visível nenhum melanossomo nos ceratinócitos circundantes.

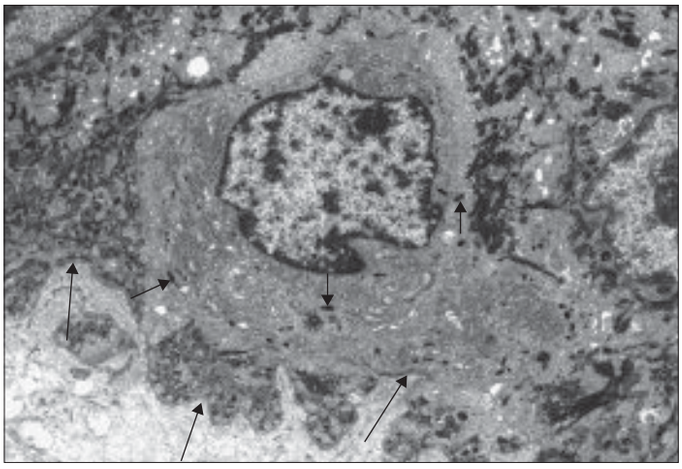


Fig. 7.10 Micrografia eletrônica de um melanócito epidérmico basal, mostrando seu núcleo e citoplasma contendo melanossomos (setas curtas). Não há desmossomos conectando-o com ceratinócitos apostos. O citoplasma dos ceratinócitos está cheio de filamentos de ceratina densa (ausente do melanócito), bem como de melanossomos transferidos. A junção dermoepidérmica está indicada (setas longas). Tecido humano.

heteropolímeros de alto peso molecular ligados a proteínas estruturais. Em humanos há duas classes, a eumelanina castanho-negra e a feomelanina amarelo-avermelhada, ambas derivadas do substrato tirosina. A maioria das melaninas naturais são misturas de eumelanina e feomelanina, e pigmentos feomelânicos, tricocromos, ocorrem no cabelo vermelho.

Os melanócitos são células dendríticas, e não possuem contatos desmossômicos com ceratinócitos apostos, embora contatos hemidesmossômicos com a lâmina basal estejam presentes. Em preparações teciduais de rotina, os números por unidade de área de epiderme variam de 2.300 por mm^2 na pele da bochecha a 800 por mm^2 na pele abdominal. Estima-se que um único melanócito possa estar em contato funcional por meios dos seus processos dendríticos com até 30 ceratinócitos. O núcleo é grande, redondo e eucromático, e o citoplasma contém filamentos intermediários, um complexo e vesículas de Golgi proeminentes e retículo endoplasmático rugoso associado, mitocôndrias e vesículas revestidas, juntamente com uma organela característica, o melanossomo.

O melanossomo é uma estrutura limitada por membrana que sofre uma sequência de estádios de desenvolvimento durante os quais a melanina é sintetizada e depositada dentro dele por uma reação tirosina–tirosinase. Os melanossomos maduros movem-se para os dendritos ao longo das superfícies de microtúbulos e são transferidos aos ceratinócitos através da sua atividade fagocítica. Os ceratinócitos engolfam e internalizam a extremidade do dendrito com o subsequente pinçamento e separação dos melanossomos para dentro do citoplasma do ceratinócito. Aqui, eles podem existir como grânulos individuais na pele pesadamente pigmentada ou ser empacotados dentro de lisossomos secundários como complexos de melanossomos na pele palidamente pigmentada. Nos ceratinócitos basais, eles podem ser vistos se acumulando em uma tampa em forma de crescente sobre a parte distal do núcleo. À medida que os ceratinócitos progridem para a superfície da epiderme, os melanossomos sofrem degradação, e restos de melanina na camada cornificada formam partículas semelhantes à poeira. Os melanossomos são degradados mais rapidamente na pele caucasiana do que nas raças de pele escura, nas quais os melanossomos persistem nas células das camadas mais superficiais.

A melanina tem propriedades biofísicas e bioquímicas relacionadas às suas funções na pele. Ela protege contra os efeitos lesivos da radiação UV sobre o DNA e é também um removedor eficiente de radicais livres danosos. Entretanto, alta concentração de melanina pode afetar adversamente a síntese de vitamina D nos indivíduos de pele mais escura vivendo em latitudes nórdicas. A pigmentação de melanina é tanto constitutiva quanto facultativa. A pigmentação constitutiva é o nível intrínseco de pigmentação e é determinada geneticamente, enquanto a pigmentação facultativa representa alterações reversíveis induzidas por agentes ambientais, por exemplo, radiação UV e X, substâncias químicas e hormônios. As variações raciais na pigmentação são devidas a diferenças na morfologia e atividade dos melanócitos, em vez de diferenças em frequência ou distribuição. Em peles natural e densamente pigmentadas, as células tendem a ser maiores, mais dendríticas e a conter mais melanossomos grandes em estádio avançado do que os melanócitos das peles mais claras. Os ceratinócitos, por sua vez, contêm mais melanossomos, dispersos individualmente, enquanto nas peles claras a maioria está contida dentro de lisossomos secundários para formar complexos de melanossomos.

A resposta à luz UV inclui bronzeamento imediato, escurecimento pigmentar que pode ocorrer em questão de minutos, provavelmente devido à fotoxidação de melanina preexistente. Bronzeamento retardado ocorre após cerca de 48 horas, e envolve a estimulação da melanogênese dentro dos melanócitos e transferência de melanossomos adicionais para os ceratinócitos. Pode haver também algum aumento em tamanho dos melanócitos ativos, e no seu número aparente, principalmente através da ativação de células adormecidas. Sardas na pele dos indivíduos de cabelo vermelho são usualmente consideradas induzidas por UV, embora elas possam não aparecer até vários anos após o nascimento, apesar de exposição. Paradoxalmente, os melanócitos são em número significativamente menor nas sardas do que na epiderme mais pálida adjacente, mas eles são maiores e mais ativos. O que determina o início das sardas ou sua localização individual não é sabido.

Admite-se que a adrenocorticotropina (ACTH) afete a atividade dos melanócitos e provavelmente seja responsável pela hiperpigmentação associada com transtornos hipofisários e suprarrenais. Na gravidez, níveis mais altos de estrogênios e progesterona circulantes são responsáveis pela melanização aumentada da face, pele abdominal e genital, mamilo e aréola, grande parte da qual pode permanecer permanentemente.

No albinismo, a tirosinase necessária para síntese de melanina está ausente ou inativa, e os melanócitos, embora presentes, são células relativamente quiescentes em uma epiderme normal sob os demais aspectos. Os melanócitos diminuem significativamente em número na idade avançada e estão ausentes no cabelo grisalho-branco. Para leitura adicional sobre a função dos melanócitos na saúde e doença, ver Goding (2007).

Células de Langerhans

As células de Langerhans (Fig. 7.11) são células apresentadoras de antígeno dendríticas imaturas (pág. 79) regularmente distribuídas por toda a camada basal e células espinhosas da epiderme e seus apêndices, à parte a glândula sudorífera. Elas também estão presentes em outros epitélios escamosos estratificados, incluindo os epitélios bucal, tonsilar e esofágico, bem como as mucosas cervical e vaginal, e o epitélio transicional da bexiga. São encontradas na conjuntiva, mas não na córnea. Em preparações de rotina aparecem como células claras, relativamente no alto da camada estratificada. Elas entram na epiderme a partir da medula óssea durante o desenvolvimento para estabelecer a população pós-natal (460-1.000/mm^2, 2-3% de todas as células epidérmicas, com variações regionais), e esta é mantida pela reposição contínua a partir da medula.

O núcleo é eucromático e acentuadamente indentado, e o citoplasma contém complexo de Golgi bem desenvolvido, lisossomos (que muitas vezes contêm melanossomos ingeridos) e uma organela característica, o grânulo de Birbeck. Este último é discoide, em forma de xícara ou tem uma vesícula distendida assemelhando-se à cabeça de uma raquete de tênis; em corte eles muitas vezes aparecem como um bastão estriado transversalmente com 0,5 µm de comprimento e 30 nm de largura. Quando estimuladas por antígeno, as células de Langerhans migram para fora da epiderme para os tecidos linfoides (Fig. 4.14). Seu número está aumentado em transtornos inflamatórios crônicos da pele, particularmente de etiologia imune, como algumas formas de dermatite.

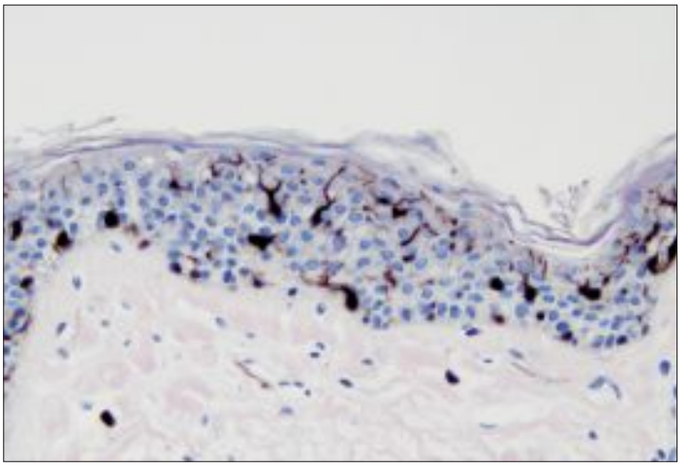


Fig. 7.11 Células de Langerhans imunomarcadas para o marcador proteína S100, estendendo dendritos entre os ceratinócitos, principalmente na camada de células espinhosas da pele fina humana. Melanócitos da camada basal e células dérmicas dispersas (possivelmente de origem neural) também são positivos para S100, visualizada usando-se um método de peroxidase.

Células de Merkel

As células de Merkel estão presentes como células ovais claras, isoladamente ou em grupos, na camada basal da epiderme, especialmente da pele grossa. Elas também estão presentes na bainha radicular externa de alguns grandes folículos pilosos. As células de Merkel são derivadas embriologicamente da crista neural e não são relacionadas embriologicamente aos ceratinócitos, como se pensou antes. Elas podem ser distinguidas histologicamente de outras células claras (melanócitos e células de Langerhans) apenas por critérios imunoistoquímicos e ultraestruturais.

Curtos processos rígidos da sua membrana plasmática interdigitam com ceratinócitos basais adjacentes, aos quais a célula de Merkel está fixada por pequenos desmossomos. O citoplasma contém numerosos filamentos intermediários estreitamente agregados (ceratinas epiteliais simples, predominantemente K8 e K18 mas também K19 e K20), e grânulos característicos de 80-110 µm com centro denso. A membrana plasmática basal é estreitamente aposta à membrana de um terminal axônico. Considera-se que as células de Merkel funcionem como receptores sensitivos neuroendócrinos e que sejam mecanorreceptores de adaptação lenta que respondem a deformações direcionais da epiderme e à direção do movimento dos pelos, liberando um transmissor dos seus grânulos densos citoplasmáticos.

DERME

A derme (Figs. 7.1, 7.4, 7.17) é um tecido conjuntivo irregular moderadamente denso. Ela tem uma matriz composta de rede entrelaçada colagenosa e elástica em uma substância fundamental amorfa de glicosaminoglicanos, glicoproteínas e água ligada, que acomoda nervos, vasos sanguíneos, linfáticos, apêndices epidérmicos e uma população evolutiva de células. Mecanicamente, a derme provê considerável resistência à pele em virtude do número e arranjo das suas fibras colágenas (que dão sua resistência à tração) e suas fibras elásticas (que lhe dão recuo elástico). A densidade da sua malha de fibras, e portanto suas propriedades físicas, varia dentro de uma área, em diferentes partes do corpo, e com a idade e o sexo. A derme é vital para a sobrevida da epiderme, e sinais morfogenéticos importantes são trocados na interface entre as duas, tanto durante o desenvolvimento quanto pós-natalmente. A derme pode ser dividida em duas zonas, uma camada papilar superficial estreita e uma camada reticular mais profunda; o limite entre elas é indistinto.

O colágeno dérmico adulto é principalmente dos tipos I e III, em proporções de 80-85% e 15-20%, respectivamente. O tipo I, com fibras mais grosseiras, é predominante na derme reticular, mais profunda, e o tipo III, mais fino, é encontrado na derme papilar e em torno dos vasos sanguíneos. Colágeno tipo IV é encontrado na lâmina basal entre a epiderme e a derme, em torno das células de Schwann dos nervos periféricos e células endoteliais dos vasos. Os tipos V, VI e VII são componentes colagenosos menores da derme. Fibras elásticas formam uma rede fibrosa entrelaçada entre os feixes colágenos por toda a derme e são mais proeminentes em algumas regiões, por exemplo, a axila.

Duas categorias principais de célula estão presentes na derme pós-natal, permanentes e migratórias, como é típico de todos os tecidos conjuntivos gerais (Cap. 2). As células residentes permanentes incluem células de estruturas organizadas como nervos, vasos e células dos músculos eretores dos pelos, e os fibroblastos, que sintetizam todos os componentes da matriz extracelular dérmica. As células migratórias se originam na medula óssea (Fig. 4.12) e incluem macrófagos, mastócitos, eosinófilos, neutrófilos, células T e B (incluindo células plasmáticas secretoras de anticorpo) e células dendríticas intersticiais dérmicas que são capazes de imunovigilância e apresentação de antígeno.

Camadas da derme

Derme papilar

A camada papilar é imediatamente profunda à epiderme (Fig. 7.4) e é especializada para prover ancoragem mecânica, suporte metabólico e manutenção trófica à epiderme sobrejacente, bem como suprir terminações nervosas sensitivas e vasos sanguíneos. O citoesqueleto dos ceratinócitos epidérmicos basais é ligado à matriz fibrosa da derme papilar através da fixação de feixes de filamentos de ceratina aos hemidesmossomos, a seguir por meio de filamentos de ancoragem da lâmina basal, às fibrilas de ancoragem de colágeno tipo VII que se estendem profundamente para dentro da derme papilar (Fig. 7.5). Esse arranjo fornece um substrato mecanicamente estável para a epiderme.

A superfície da derme é moldada em numerosas papilas ou cristas dérmicas (*rete* [rede] de cristas), as quais interdigitam com as cristas epidérmicas na base da epiderme e formam a junção dermoepidérmica na sua interface. As papilas possuem ápices redondos ou rombos que podem ser divididos em várias cúspides. Na pele fina, especialmente em regiões com pouco esforço mecânico e mínima sensibilidade, as papilas são poucas e muito pequenas, enquanto na pele espessa da palma da mão e da planta do pé elas são muito maiores, estreitamente próximas e dispostas em linhas paralelas curvas acompanhando o padrão de cristas e sulcos nessas superfícies (Fig. 7.1). Jazendo embaixo de cada crista da superfície epidérmica há duas fileiras longitudinais de papilas, uma em cada lado das cristas epidérmicas, através das quais os ductos sudoríferos passam a caminho da superfície. Cada papila contém feixes finos densamente entrelaçados de fibras de colágenos tipos I e III e algumas fibrilas elásticas. Também está presente uma alça capilar (Fig. 7.4) e, em alguns locais, especialmente na pele glabra grossa, terminações nervosas de corpúsculos de Meissner.

Camada reticular

A camada reticular se funde com a face profunda da camada papilar. Seus feixes de fibras colágenas são mais espessos que aqueles na camada papilar e se entrelaçam com eles e uns com os outros para formar uma treliça tridimensional forte porém deformável, na qual muitas fibras são paralelas umas às outras, e que contém um número variável de fibras elásticas. A orientação predominante das fibras colágenas pode ser relacionada às forças mecânicas locais exercidas sobre a derme e, assim, pode estar envolvida no desenvolvimento das linhas da pele.

Hipoderme

Também conhecida como fáscia superficial, a hipoderme é uma camada de tecido conjuntivo frouxo de espessura variável que se funde com a face profunda da derme. Frequentemente é adiposa, particularmente entre a derme e a musculatura da parede do corpo. Ela medeia a mobilidade aumentada da pele, e o componente adiposo contribui para a isolação térmica, atua como amortecedor de choques e constitui uma reserva de energia metabólica. Nervos, vasos e linfáticos subcutâneos viajam na hipoderme, com seus troncos principais residindo na sua parte mais profunda, onde o tecido adiposo é escasso. Na cabeça e pescoço, a hipoderme também contém músculos, como o platisma, que são remanescentes das lâminas mais extensas de musculatura associada com a pele, encontradas em outros mamíferos.

A quantidade e a distribuição da gordura subcutânea diferem nos sexos. Ela geralmente é mais abundante e amplamente distribuída nas mulheres. Em homens, ela diminui do tronco para as extremidades, e essa distribuição é mais óbvia na meia-idade, quando a quantidade total aumenta em ambos os sexos. A quantidade de tecido adiposo na hipoderme, como nos demais locais, reflete a quantidade de lipídio armazenada nos seus adipócitos, em vez de uma alteração no número de células. Há uma associação com o clima (em vez da raça), e a gordura superficial é mais abundante nas regiões geográficas mais frias. A hipoderme é mais distinta na parede abdominal anterior inferior, onde contém muito tecido elástico e mostra muitas camadas ao passar através das regiões inguinais para as coxas. Ela é semelhante nos membros e períneo, mas é fina onde passa sobre as faces dorsais das mãos e pés, lados do pescoço e face, em torno do ânus e sobre o pênis e o escroto. Ela é quase ausente das orelhas externas mas particularmente densa no couro cabeludo, palmas e plantas, onde é atravessada por numerosas bandas fortes de tecido conjuntivo ligando a hipoderme e pele às estruturas subjacentes: estas são parte da fáscia profunda, mas são conhecidas regionalmente como aponeuroses do couro cabeludo, palma e planta.

UNIDADE PILOSSEBÁCEA

A unidade pilossebácea consiste no pelo e seu folículo com um músculo eretor do pelo, glândula sebácea e às vezes uma glândula apócrina associada

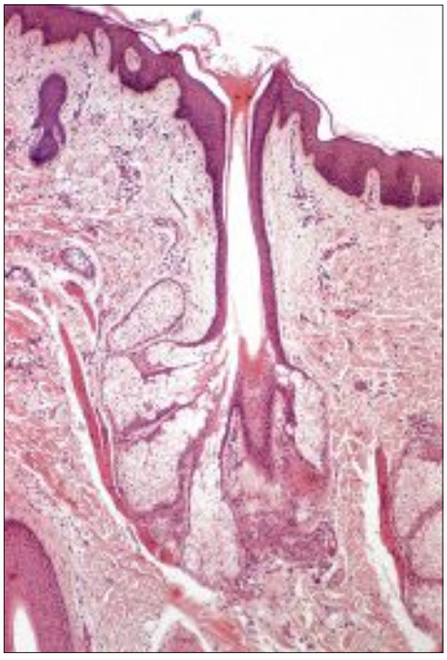


Fig. 7.12 Uma unidade pilossebácea em pele fina, pilosa, vista com pequeno aumento. O folículo piloso, haste do pelo e raiz do pelo estendem-se quase verticalmente através do campo, o folículo unindo-se à epiderme interfolicular (em cima). À esquerda do folículo estão os ácinos de uma glândula sebácea, que também está cortada tangencialmente através da sua cápsula (centro, embaixo, abaixo da porção do folículo piloso em corte); a glândula se abre para dentro do folículo no campo do centro. O músculo liso eretor do pelo associado (feixe fino de fibras vermelhas) é visto à esquerda da glândula sebácea, acompanhando o seu contorno.

(Figs. 7.1, 7.12). Nem todos os elementos da unidade ocorrem juntos em todas as regiões do corpo.

Pelos

Os pelos são estruturas cornificadas filamentosas presentes em quase toda a superfície do corpo. Eles crescem para fora da pele com uma inclinação (Fig. 42.1), conforme é evidente na inclinação dos pelos no dorso do antebraço, mão e dedos na direção do lado ulnar. Os pelos estão ausentes de várias áreas do corpo, incluindo a pele grossa das palmas, plantas, superfícies flexoras dos dedos, a pele fina do umbigo, mamilos, glande peniana e clitóris, lábios menores e faces internas dos lábios maiores e prepúcio. A presença, a distribuição e a abundância relativa de pelos em certas regiões como a face (em homens), púbis e axilas constituem características sexuais secundárias que desempenham papéis sutis na comunicação sociossexual. Há variações raciais na densidade, forma, distribuição e pigmentação, bem como variações individuais. Os pelos ajudam minimamente na termorregulação: no couro cabeludo, eles proveem alguma proteção contra lesão e os efeitos nocivos da radiação solar. Eles têm uma função sensitiva.

Os pelos variam de aproximadamente 600 por cm^2 na face a 60 por cm^2 no resto do corpo. Em comprimento eles variam de menos de um milímetro a mais de um metro, e em largura de 0,005 a 0,6 mm. Eles variam em forma, sendo retos (lisos), enrolados, helicoidais ou ondulados, e diferem em cor dependendo do tipo e grau de pigmentação. Pelos ondulados tendem a ter uma seção transversa achatada, e são mais fracos do que os pelos lisos. Em geral, os pelos do corpo são mais longos e mais grosseiros em caucasianos e menos observáveis nas raças mongólicas. Em mais da metade da superfície do corpo, os pelos são curtos e finos (pelos *vellus* [velos]), e em algumas áreas esses pelos não se projetam além dos seus folículos, por exemplo, na pele da pálpebra. Em outras regiões, eles são mais longos, espessos e muitas vezes intensamente pigmentados (pelos terminais); estes incluem os pelos do couro cabeludo, os cílios e os supercílios, a pele pós-puberal das axilas e púbis, e os pelos do bigode, barba e tórax dos homens. A presença em mulheres de pelos terminais grosseiros em um padrão semelhante ao masculino é chamada hirsutismo e constitui usualmente um sinal de transtorno endócrino e produção excessiva de androgênio (Azziz, 2003).

Folículo piloso

O folículo piloso (Figs. 7.1, 7.12, 7.13A) é um crescimento em sentido para baixo da epiderme, contendo um pelo que pode se estender profundamente (3 mm) adentro da hipoderme ou ser mais superficial (1 mm) dentro da derme. Tipicamente, o eixo longo do folículo é oblíquo à superfície da pele; nos pelos ondulados, ele também é curvo. Há ciclos de crescimento e perda do pelo, durante os quais o folículo apresenta diferentes aspectos. Na fase anágena, o pelo está crescendo ativamente e o folículo está na sua extensão máxima de desenvolvimento. Na fase de involução ou catágena, o crescimento do pelo cessa e o folículo se retrai. Durante a fase de repouso ou telógena, o segmento inferior do folículo está ausente. Ela é sucedida pela fase anágena seguinte. Detalhes adicionais do ciclo do crescimento do pelo são descritos adiante, depois da descrição do folículo e do pelo anágeno.

Folículo anágeno

O folículo anágeno tem várias regiões. A mais profunda é o segmento inferior, que inclui a região do bulbo piloso, estendendo-se até o nível de inserção do músculo eretor do pelo na saliência folicular. Entre esse ponto e o local de entrada do ducto sebáceo situa-se o istmo, acima do qual é o infundíbulo, ou canal piloso dérmico, que é contínuo com o canal piloso intraepidérmico. Abaixo do ducto sebáceo, a haste do pelo e a parede folicular são intimamente conectadas, e é só pela altura da extremidade superior do istmo que o pelo se torna livre no canal piloso. Abaixo do infundíbulo, o folículo é rodeado por uma capa dérmica perifolicular espessa contendo colágeno tipo III, elastina, fibras nervosas sensitivas e vasos sanguíneos, e com a qual se fundem as fibras do músculo eretor do pelo. Uma lâmina basal especializada espessa, a membrana vítrea, marca a interface entre a derme e o epitélio dos grandes folículos pilosos.

Bulbo piloso

O bulbo piloso forma a porção mais inferior do epitélio folicular e encerra a papila pilosa dérmica de células de tecido conjuntivo (Fig. 7.13B). A papila pilosa dérmica é uma aglomeração importante de células mesenquimais indutivas que é necessária para crescimento do folículo piloso em cada ciclo durante toda a vida adulta: ela é uma continuação da camada de mesênquima adventício que acompanha os contornos do folículo piloso. O bulbo piloso gera o pelo e sua bainha radicular interna. Uma linha hipotética traçada através da parte mais larga do bulbo piloso divide-o em uma matriz germinal inferior e um bulbo superior. A matriz germinal é formada de ceratinócitos multipotentes, mitoticamente ativos, estreitamente agregados, entre os quais estão entremeados melanócitos e algumas células de Langerhans. O bulbo superior consiste em células originadas da matriz. Estas migram apicalmente e se diferenciam ao longo de várias linhas. As que se originam centralmente formam a medula do pelo. Radialmente, anéis concêntricos sucessivos de células dão origem ao córtex e cutícula do pelo e, fora disso, às três camadas da bainha radicular interna. As últimas são, de dentro para fora, a cutícula da bainha radicular interna, a camada de Huxley e a camada de Henle. A camada de Henle é circundada pela bainha radicular externa, que forma a parede celular do folículo (Fig. 7.13). A diferenciação das células nas várias camadas do pelo e sua bainha radicular interna começa ao nível do bulbo superior e é assíncrona, começando mais cedo na camada de Henle e camada de Huxley.

Estrutura do pelo e suas bainhas

Uma haste de pelo completamente desenvolvido consiste em três zonas concêntricas que são, de fora para dentro, a cutícula, o córtex e a medula. Cada uma tem diversos tipos de proteínas filamentares de ceratina e diferentes padrões de cornificação. Nos pelos mais finos, a medula usualmente está ausente. A cutícula forma a superfície do pelo e consiste em várias camadas de escamas cornificadas superpostas dirigidas apicalmente e ligeiramente para fora (Fig. 7.14). As células cuticulares imaturas possuem grânulos amorfos densos alinhados predominantemente ao longo da membrana plasmática externa com alguns filamentos. O córtex forma a maior parte da haste do pelo e consiste em numerosas escamas alongadas estreitamente agregadas que podem conter restos nucleares e melanossomos. As células corticais imaturas contêm feixes de filamentos estreitamente agregados mas não grânulos densos e, quando completamente cornificadas, têm aparência característica de impressão digital com filamentos arranjados em redemoinhos. A medula, quando presente, é composta de colunas estreitamente próximas e muitas vezes descontínuas de células parcialmente desintegradas contendo vacúolos, filamentos esparsos, material granular e melanossomos. Cavidades de ar jazem entre as células ou mesmo dentro delas.

A camada de Henle e a camada de Huxley da bainha radicular interna contêm grânulos densos de ceratoialina e filamentos associados no estado pré-cornificado. Ao nível do bulbo superior, a camada de Henle começa a se cornificar, do mesmo modo que a camada de Huxley, no meio do folículo inferior. Quando completamente diferenciadas, as células de ambas as camadas possuem um envoltório cornificado espessado encerrando filamentos de ceratina inclusos em uma matriz. As células da bainha radicular interna sofrem diferenciação terminal em um nível mais próximo do bulbo piloso que o da camada de Huxley, mas não possuem padrão filamentar nítido, como é observado nas células corticais da bainha radicular. À medida que se cornificam, as células cuticulares da bainha radicular interna e do pelo se tornam integradas. Perto do nível da entrada do ducto sebáceo, acima do istmo, a bainha radicular interna sofre fragmentação, e o pelo jaz livre no canal piloso.

A bainha radicular externa, começando ao nível do bulbo superior, é uma camada simples ou dupla de células indiferenciadas contendo glicogênio. Mais alto no folículo ela se torna em multicamadas. No istmo, todas as camadas restantes da bainha do folículo se tornam achatadas, comprimidas e atenuadas. Ao emergir do istmo, a bainha radicular externa assume as características diferenciadas estratificadas da epiderme interfolicular, com a

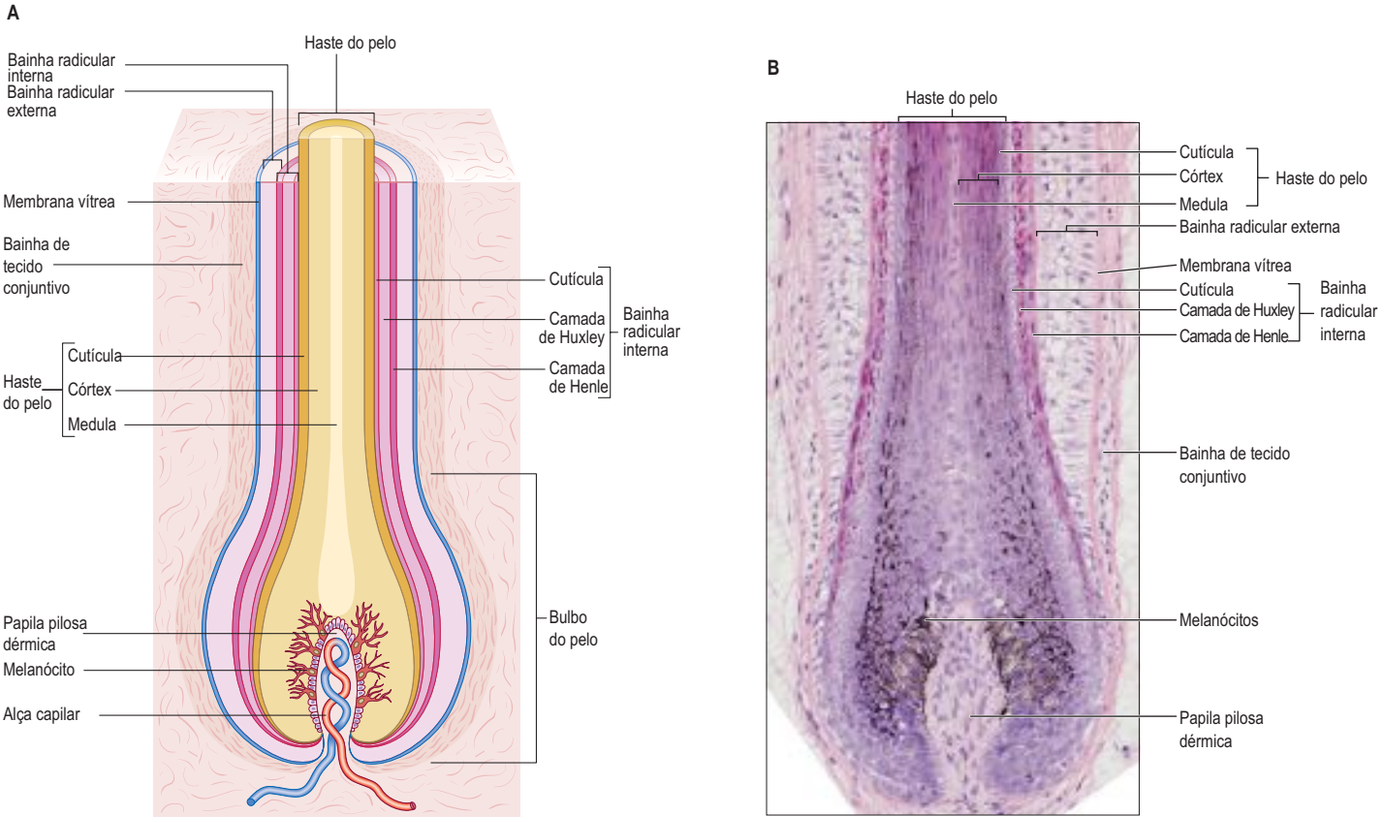


Fig. 7.13 A, Principais características estruturais da base de um folículo piloso, mostrando a organização das principais camadas do pelo e bainha circundante, originados do bulbo piloso. Uma papila pilosa dérmica invagina o bulbo, e ao longo da camada basal da epiderme, na sua interface com a derme, os melanócitos inserem seus dendritos entre os ceratinócitos que estão formando o pelo. **B,** O bulbo piloso na base do folículo piloso humano. A papila pilosa dérmica invagina o bulbo a partir da sua bainha externa fibrosa, levando uma alça de capilares. Melanócitos na matriz germinal (equivalente à camada basal da epiderme interfolicular) estendem dendritos para dentro das camadas adjacentes de ceratinócitos, para os quais eles passam melanossomos. As camadas da haste do pelo e bainhas radiculares também estão indicadas.

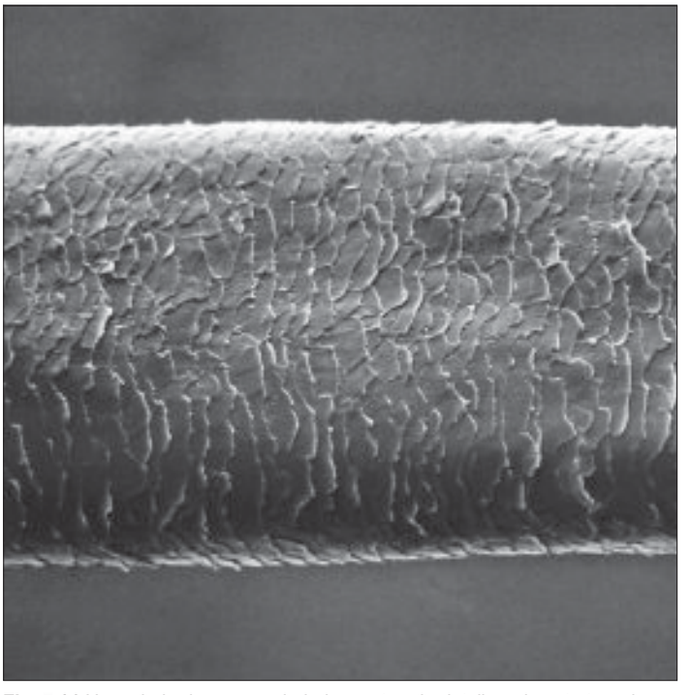


Fig. 7.14 Um cabelo do couro cabeludo mostrando detalhes da estrutura de superfície conforme vista com microscópio eletrônico de varredura. Observar que as células cuticulares se superpõem umas às outras; suas extremidades livres apontam na direção do ápice do pelo. (Por cortesia de Michael Crowder.)

qual ela se torna contínua. Ao nível da entrada do ducto sebáceo, ela forma a parede do canal piloso.

Ciclo do pelo e crescimento do pelo

A atividade cíclica recorrente dos folículos pilosos envolve crescimento, repouso e eliminação do pelo em fases. Nos humanos, elas ocorrem em ciclos irregulares de duração variável: há variações regionais e outras variações na extensão das fases individuais. Na fase de crescimento ou anágena, o folículo e o pelo são como já descrito. Os melanócitos são ativos apenas no meio da fase anágena, e são capazes de produzir tanto feo quanto eumelanossomos, os quais passam aos ceratinócitos pré-corticais e medulares. Alterações na cor do cabelo de um indivíduo, usualmente na adolescência, são devidas a alterações no tipo dominante de melanossomo produzido.

A anágena é seguida pela fase de involução ou catágena durante a qual cessa a atividade mitótica da matriz germinal; a base do pelo se condensa em um bastão que se move para cima ao nível do músculo eretor do pelo, e o segmento inferior inteiro do folículo degenera. A papila dérmica também ascende e permanece junto da base do folículo encurtado e seu pelo em bastão incluso, uma situação que persiste durante a fase de repouso ou telógena. Durante a telógena, os melanócitos se tornam amelanóticos e só podem ser identificados ultraestruturalmente. No começo da anágena seguinte, as células epiteliais na base do folículo se dividem para formar um rudimento de pelo secundário que envolve a papila dérmica para formar um novo bulbo piloso. Este cresce para baixo, formando novamente o segmento inferior do folículo, a partir do qual um novo pelo cresce para cima lado a lado com o pelo em bastão, que eventualmente é eliminado.

Pós-natalmente, os pelos exibem assincronia regional de duração e fase do ciclo levando a um padrão irregular de crescimento e substituição. Em algumas regiões, como o couro cabeludo, o ciclo é medido em anos; em outras, como o pelo corporal geral, o ciclo é muito mais curto, e os pelos são por essa razão limitados em comprimento. Na puberdade, o crescimento e a geração de pelos muito mais grossos ocorrem no púbis e axilas em ambos os sexos, e na face e tronco nos homens. As ações dos hormônios sobre o crescimento dos pelos são complexas e envolvem não apenas hormônios sexuais, mas também aqueles das glândulas tireoide, córtex suprarrenal e hipófise. Androgênios estimulam a formação de pelos faciais e corporais gerais. Depois de cerca dos primeiros 30 anos, eles tendem a fazer os pelos terminais grossos do couro cabeludo mudarem para pequenos pelos velos, o que produz recuo da testa e às vezes calvície em padrão masculino quase completa. Nas mulheres, os estrogênios tendem a manter pelos velos: a redução pós-menopáusica de estrogênios pode permitir crescimento mais forte de pelo facial e corporal. No meio da gravidez, crescimento piloso pode ser particularmente ativo, mas mais tarde, muitas vezes pós-parto, um número inusitadamente grande de pelos entra na fase telógena sendo eliminados antes que recomece o ciclo de crescimento. Em homens mais velhos, o crescimento de pelos nos supercílios e dentro das narinas e meatos acústicos externos aumenta, enquanto em

outros locais no corpo o crescimento se retarda e os pelos se tornam muito mais finos.

Medições da velocidade de crescimento dos pelos individuais dão resultados consideravelmente variados, provavelmente em virtude da influência dos fatores mencionados. Uma velocidade de 0,2-0,44 mm a cada 24 horas em homens geralmente é informada: a velocidade mais alta ocorre no couro cabeludo. Contrariamente ao mito popular, a raspagem não parece afetar a velocidade de crescimento, e o pelo cessa o crescimento depois da morte.

Glândulas sebáceas

As glândulas sebáceas são pequenas estruturas saculares (Figs. 7.1, 7.12, 7.15) que residem na derme; juntamente com o folículo piloso e o músculo eretor do pelo, constituem a unidade pilossebácea. Elas estão presentes em todo o corpo exceto a pele glabra grossa das palmas, plantas e superfícies flexoras dos dedos. Tipicamente, consistem em uma coleção de ácinos secretórios que se abrem por um curto ducto comum para dentro do canal piloso dérmico do folículo piloso. Elas liberam seu produto secretório lipídico, o sebo, para dentro do canal por um mecanismo holócrino (Cap. 2). Em algumas áreas da pele fina que não possuem folículos pilosos, seus ductos se abrem, em vez disso, diretamente na superfície da pele, por exemplo, nos lábios e cantos da boca, mucosa bucal, mamilos, aréolas das mamas femininas, pênis, superfície interna do prepúcio, clitóris e lábios menores. Nas margens das pálpebras, as grandes glândulas complexas tarsais palpebrais (glândulas de Meibom) são desse tipo. Elas também estão presentes no meato acústico externo.

Em geral, o número de glândulas sebáceas em qualquer área dada reflete a distribuição dos folículos pilosos, variando de uma média de 100/cm^2 na maior parte do corpo a 400-900/cm^2 na face e couro cabeludo. Elas também são numerosas na linha mediana do dorso. As glândulas sebáceas individuais são particularmente grandes na face, em torno do meato acústico externo, tórax e ombros, e nas superfícies anogenitais. Aquelas na face são muitas vezes relacionadas a muito pequenos pelos velos cujos folículos possuem aberturas particularmente largas.

Microscopicamente, os ácinos glandulares estão inclusos em uma lâmina basal sustentada por fina cápsula dérmica e rica rede capilar. Cada ácino é revestido por uma camada única de pequenas células epiteliais chatas, poligonais (sebócitos), as quais ultraestruturalmente se assemelham a ceratinócitos basais indiferenciados da epiderme interfolicular. Eles possuem núcleos eucromáticos e grandes nucléolos, filamentos dispersos de ceratina, ribossomos livres, retículo endoplasmático liso e mitocôndrias arredondadas, e estão fixados uns aos outros por desmossomos. Funcionalmente, são células-tronco mitoticamente ativas cuja progênie se move gradualmente na direção do centro do ácino, aumentando em volume e acumulando vacúolos lipídicos cada vez maiores. Os núcleos se tornam picnóticos à medida que as células amadurecem. As imensas células distendidas afinal se desintegram, enchendo a cavidade central e seu ducto com uma massa de detritos celulares adiposos (Fig. 7.15). O processo leva 2-3 semanas. Os produtos secretórios passam através de um ducto largo revestido com epitélio escamoso estratificado ceratinizado para o infundíbulo do folículo piloso e a seguir para a superfície do pelo e a epiderme geral.

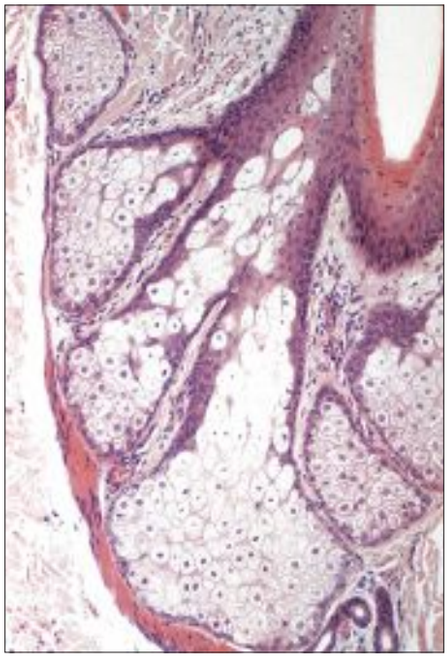


Fig. 7.15 Uma glândula sebácea, mostrando um grupo de ácinos secretórios abrindo-se para um folículo piloso (em cima à direita). Os sebócitos distendidos estão cheios com sua secreção oleosa (sebo), a qual é descarregada para dentro do folículo piloso pela desintegração holócrina das células secretórias.

As funções normais do sebo são prover uma cobertura protetora aos pelos, possivelmente ajudando a impermeabilizar a epiderme, desestimular ectoparasitas e contribuir para um odor corporal característico. Quando formado pela primeira vez, o sebo é uma mistura complexa de mais de 50% de di e triglicerídeos, com proporções menores de ésteres céreos, esqualeno, ésteres de colesterol, colesterol e ácidos graxos livres. Ao nascimento, as glândulas sebáceas são bastante grandes, regredindo mais tarde até serem novamente estimuladas na puberdade. Nessa época, o crescimento e a atividade secretória das glândulas sebáceas aumentam grandemente nos homens e mulheres, sob a influência dos androgênios (testiculares e suprarrenais), os quais atuam diretamente sobre a glândula. Quantidade excessiva de sebo pode ficar impactada dentro do ducto, e isso, associado com hiperceratinização, pode levar ao bloqueio e formação de um comedão. Este pode se tornar infectado e inflamado, e constitui a lesão primária da acne. Os estrogênios têm um efeito oposto ao dos androgênios, e a secreção de sebo é consideravelmente mais baixa em mulheres, tornando-se grandemente diminuída depois dos 50 anos.

Glândulas apócrinas

As glândulas apócrinas são glândulas particularmente grandes da derme ou hipoderme, classificadas como um tipo de glândula sudorífera. Uma vez que elas se desenvolvem como crescimentos do folículo piloso para fora e descarregam secreção no canal do pelo, são consideradas aqui. No adulto, elas estão presentes nas axilas, região perianal, aréolas, pele periumbilical, prepúcio, escroto, monte púbico e lábios menores. As glândulas ceruminosas do meato acústico externo e as glândulas ciliares das margens palpebrais (glândulas de Moll) também são incluídas nessa categoria, porém suas secreções são bastante diferentes, e elas devem ser consideradas como subtipos especializados distintos.

Uma glândula apócrina consiste em um novelo secretório basal e um ducto reto que se abre no canal piloso acima do ducto da glândula sebácea ou diretamente para a superfície da pele, se não houver pelo associado. A região secretória pode ter até 2 mm de largura, e suas espirais muitas vezes se anastomosam formando uma rede labiríntica. Cada volta é revestida por células secretórias cuboides cujo citoplasma apical se projeta para a luz e basalmente está em contato com uma camada de células mioepiteliais dentro de uma lâmina basal espessa. As células secretórias contêm vacúolos, vesículas e grânulos densos de variado tamanho e estrutura interna: o número e o caráter variam com o ciclo de síntese e descarga. O mecanismo de secreção ainda não está claro, mas pode envolver secreção merócrina de grânulos, secreção apócrina ou desintegração holócrina completa das células (Fig. 2.5).

A atividade apócrina é mínima antes da puberdade, depois da qual ela é androgeniodependente e responsiva a estímulos emocionais. É controlada por nervos adrenérgicos e é sensível à adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina). A secreção é inicialmente estéril e inodora, mas sofre decomposição bacteriana para gerar compostos odorosos almiscarados potentes, incluindo ácidos graxos de cadeia curta e esteroides como 5α-androstenona. Em muitos animais, esses são sinais feromonais potentes, mas seu papel nos humanos é menos certo. Obstrução de ductos sudoríferos apócrinos e dos folículos pilosos superiores associados nas axilas, aréolas mamárias e região púbica, principalmente em mulheres, é considerada como subjacente à doença de Fox-Fordyce.

Músculos eretores dos pelos

Os músculos eretores dos pelos são pequenos feixes de células musculares lisas estreitamente aproximadas que formam ligações oblíquas entre as bainhas dérmicas dos folículos pilosos e a camada papilar da derme (Figs. 7.1, 7.12). Eles apresentam as características típicas das células musculares lisas e são separados por estreitos espaços contendo fibras colágenas e axônios simpáticos não mielinizados noradrenérgicos.

Os músculos estão fixados à região saliente dos folículos por fibrilas de elastina, e são dirigidos obliquamente e para o lado para o qual o pelo se inclina superficialmente. A glândula sebácea ocupa o ângulo entre o músculo e o folículo piloso, e a contração muscular ajuda a expelir o conteúdo da glândula. A contração tende a puxar o pelo para uma posição mais vertical e a elevar a epiderme em torno dele formando um montículo (pele de ganso), deprimindo a superfície da pele onde o músculo está inserido superficialmente. Músculos eretores dos pelos estão ausentes dos pelos faciais, axilares e púbicos, cílios e supercílios, e dos pelos em torno das narinas e meatos acústicos externos.

GLÂNDULAS SUDORÍFERAS

A vasta maioria das glândulas sudoríferas (Fig. 7.16) é muitas vezes classificada como exócrina, embora o seu modo de secreção inclua mecanismos merócrinos (Cap. 2). Elas são longas estruturas tubulares não ramificadas,

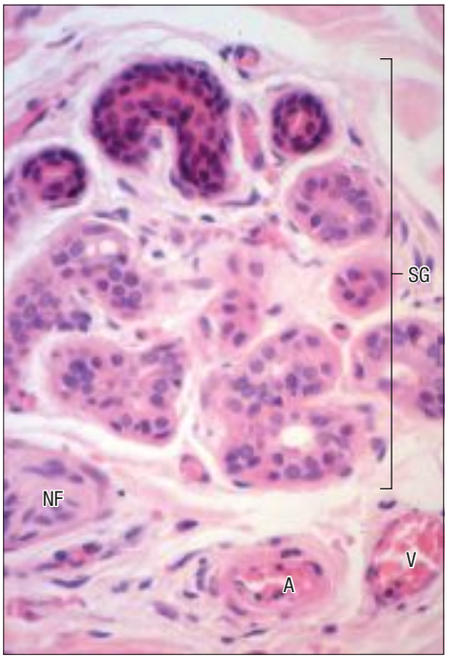


Fig. 7.16 A porção secretória enovelada de uma glândula sudorífera (SG) na derme reticular. Os perfis corados mais intensamente (em cima) são as origens do ducto. Uma fibra nervosa autonômica (NF) e arteríola (A) e vênula (V) acompanhantes são vistas embaixo.

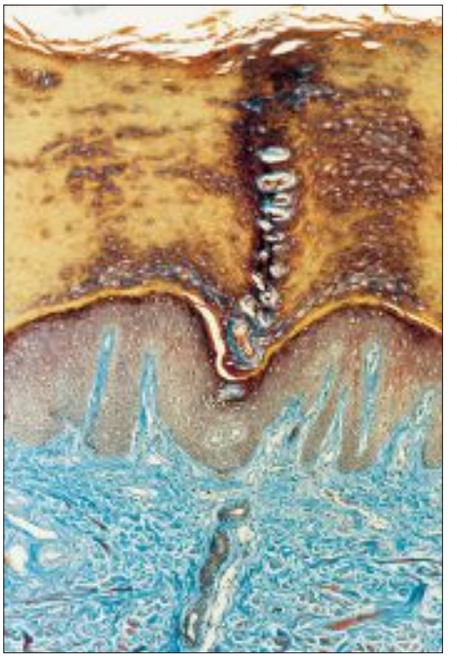


Fig. 7.17 Ducto sudorífero na pele grossa (coloração tricrômica), espiralando através da derme e epiderme, visível mais claramente na camada cornificada superficial.

cada uma com uma porção secretória altamente enovelada de até 0,4 mm de diâmetro, situadas profundamente na derme ou hipoderme. Dali emerge uma porção ductal mais estreita, reta ou ligeiramente helicoidal (Fig. 7.1). As paredes do ducto se fundem com a base das cristas epidérmicas, e a luz passa entre os ceratinócitos, muitas vezes em uma espiral apertada, particularmente na pele glabra grossa (Fig. 7.7). Na pele glabra grossa, as glândulas sudoríferas descarregam ao longo dos centros das cristas de atrito, incidentalmente deixando impressões digitais para análise médico-legal. As glândulas sudoríferas têm uma importante função de termorregulação, contribuem significativamente para a excreção, e sua secreção aumenta a preensão e a sensibilidade das palmas e plantas.

Glândulas sudoríferas estão ausentes da membrana timpânica, margens dos lábios, leito ungueal, mamilo, superfície interna do prepúcio, lábios menores, pênis e clitóris, onde estão localizadas glândulas apócrinas. Em outros locais, elas são numerosas, sua frequência varia de 80 a mais de 600/cm^2, dependendo da posição e variação genética. O número total varia de 1,6-4,5 milhões, sendo máximo na pele plantar dos pés. Há muitas glândulas sudoríferas na face e nas faces flexoras das mãos, e a menor quantidade é nas superfícies dos membros. Os grupos raciais nativos dos climas mais quentes tendem a ter maior número de glândulas sudoríferas do que os originários de regiões mais frias.

Microscopicamente, o novelo secretório consiste em um epitélio pseudoestratificado circunscrevendo uma luz. Três tipos de células foram descritos: células claras das quais deriva a maior parte da secreção, células escuras que compartilham a mesma luz, e células mioepiteliais. As células claras são de forma aproximadamente piramidal, e suas bases repousam sobre a lâmina basal ou fazem contato com células mioepiteliais. Suas membranas plasmáticas apicais revestem canalículos intercelulares laterais que se conectam com a luz principal. As membranas plasmáticas basolaterais são altamente pregueadas, interdigitando com células claras contíguas, e elas possuem os pregueamentos da membrana basal típicos de células envolvidas em transporte líquido e iônico. Seu citoplasma contém grânulos de glicogênio, mitocôndrias, retículo endoplasmático rugoso e um pequeno complexo de Golgi, porém poucas outras organelas. O núcleo é redondo e moderadamente eucromático. As células escuras são piramidais e jazem mais próximo da luz, de tal modo que suas extremidades largas formam seu revestimento. Seu citoplasma contém um complexo de Golgi bem desenvolvido, numerosos vacúolos e vesículas, e grânulos densos de glicoproteínas que elas secretam por um mecanismo merócrino típico. As células mioepiteliais assemelham-se às associadas com os ácinos secretórios das glândulas salivares e mama, e contêm miofilamentos abundantes.

O ducto sudorífero intradérmico é formado de uma camada basal externa e uma camada interna de células luminais conectadas por numerosos desmossomos. O ducto sudorífero intraepidérmico (acrossiríngio) é enovelado, e consiste em duas camadas de células, as quais, no seu desenvolvimento, são diferentes dos ceratinócitos circundantes e deles podem ser distinguidos pela presença de ceratina K19. As células externas perto da superfície contêm grânulos de ceratoialina e lamelares, e sofrem cornificação típica. As células internas, a partir de um nível do meio da epiderme, contêm numerosas vesículas, sofrem uma forma incompleta de cornificação e, em grande parte, são eliminadas para dentro da luz ao nível da camada cornificada da epiderme.

O suor é um líquido transparente, inodoro, hipotônico em relação ao líquido tecidual, e contém principalmente íons sódio e cloreto, mas também potássio, cálcio, ureia, lactato, aminoácidos, imunoglobulinas e outras proteínas. Sudorese excessiva pode levar à depleção de sal. Metais pesados e vários compostos orgânicos são eliminados no suor, cuja maior parte considera-se produzida pelas células claras. Quando secretado de início, o líquido é semelhante em composição ao líquido intersticial. Ele é modificado ao passar ao longo do ducto, principalmente pela ação das células basais, as quais reabsorvem sódio, cloreto e alguma água. O hormônio aldosterona intensifica essa atividade. As glândulas sudoríferas são capazes de produzir até 10 litros de suor por dia, em resposta a estímulos térmicos, emocionais e do paladar, mediados por fibras colinérgicas simpáticas não mielinizadas; as glândulas também respondem à adrenalina. A termorregulação envolve um centro térmico no hipotálamo que reage a alterações na temperatura sanguínea e estímulos aferentes da pele, controlando o suprimento sanguíneo cutâneo e a taxa e o volume de secreção de suor para evaporação na superfícies.

APARELHO UNGUEAL

As unhas (Fig. 7.18) são homólogas da camada cornificada da epiderme geral. Elas consistem em escamas cheias de ceratina, anucleadas, compactadas em duas ou três camadas horizontais. Ultraestruturalmente, as escamas contêm filamentos firmemente agregados que jazem transversalmente à direção de crescimento proximodistal e estão inclusos em uma matriz proteica densa. Diferentemente da epiderme geral, as escamas não são eliminadas da superfície da placa ungueal. Uma variedade de elementos minerais está presente na unha, inclusive cálcio. O cálcio não é responsável pela dureza da unha: isso é determinado pela disposição e coesão das camadas de escamas, e suas fibras internas. O conteúdo de água da unha é baixo, mas a unha é 10 vezes mais permeável à água do que a epiderme geral. A maciez e a elasticidade da placa ungueal são relacionadas ao seu grau de hidratação.

O aparelho ungueal consiste em placa ungueal, dobras ungueais proximal e laterais, matriz ungueal, leito ungueal e hiponíquio.

Placa ungueal

A placa ungueal está embutida dentro das dobras ungueais proximal e laterais. Ela é aproximadamente retangular em forma e é predominantemente convexa nos eixos longitudinal e transverso: há considerável variação inter e intraindividual (Fig. 7.18). A espessura da placa aumenta proximodistalmente de cerca de 0,7 mm para 1,6 mm: a espessura terminal varia entre os indivíduos. A superfície da placa ungueal pode mostrar finas cristas longitudinais, e sua superfície inferior é sulcada por cristas correspondentes no leito ungueal. Perturbações do padrão de crescimento ou doença podem levar à formação de cristas ou sulcos transversos, e diminutas bolhas de ar aprisionadas podem produzir manchas brancas. Esses defeitos se movem distalmente com o crescimento da placa.

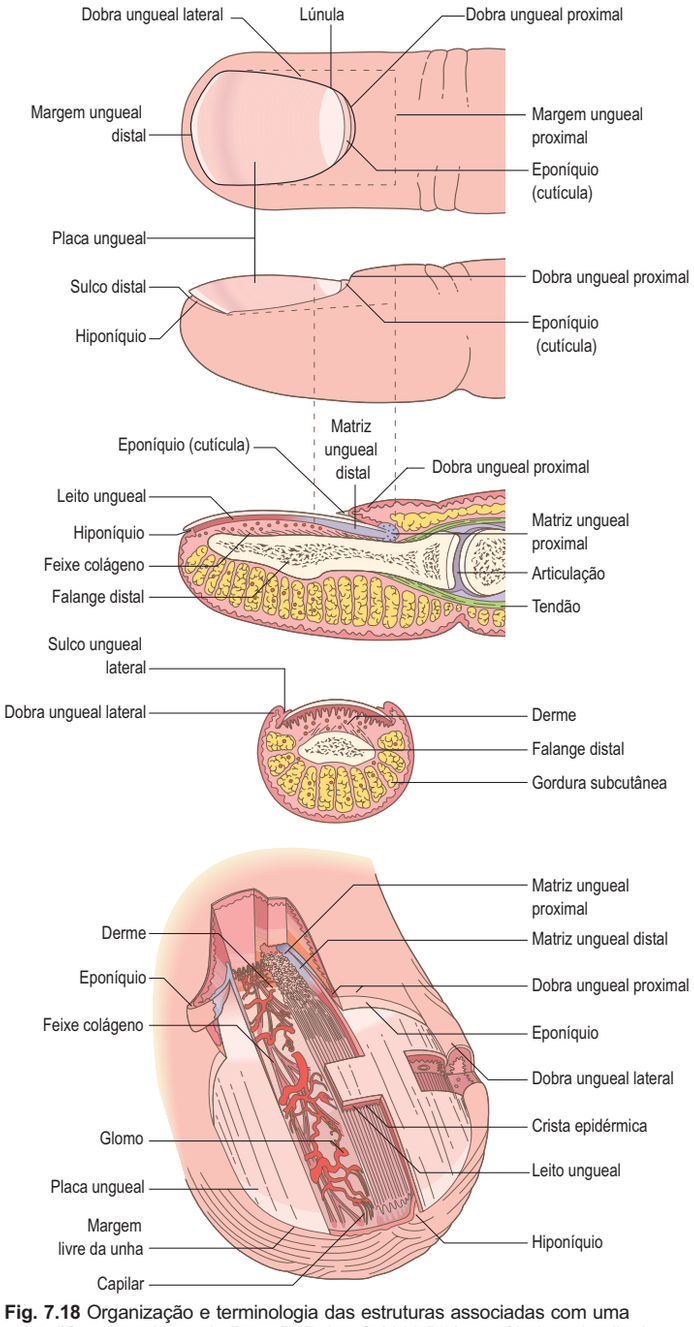


Fig. 7.18 Organização e terminologia das estruturas associadas com uma unha. (Com permissão de Paus R, Peker S 2003 Biology of hair and nails. In: Bolognia JL, Jorizzo JL, Rapini RP (eds) Dermatology. London: Mosby.)

A placa ungueal origina-se de células epiteliais cornificadas compactadas derivadas das matrizes ungueais dorsal, intermediária e ventral. Ela é densamente aderente às matrizes na sua superfície inferior, mas se torna uma estrutura livre distalmente à banda onicodérmica, onde se separa do leito ungueal. A face dorsal da placa ungueal origina-se das regiões mais proximais da matriz germinal, isto é, matrizes dorsal e intermediária, enquanto a face volar, mais profunda da placa, se origina da matriz ventral.

Dobras ungueais

Os lados da placa ungueal são limitados por dobras ungueais laterais contínuas com a dobra proximal (Fig. 7.18). As dobras ungueais laterais abraçam as margens livres laterais da placa ungueal e são limitadas pela fixação da pele à face lateral da margem da falange distal e à unha lateral. A dobra ungueal proximal fornece o limite proximal visível do aparelho ungueal. Ela consiste em duas camadas epidérmicas, superficial e profunda, separadas por um centro de derme. A epiderme da camada superficial não possui folículos pilosos e cristas epidérmicas: sua margem distal cornificada se estende sobre a placa ungueal por uma pequena distância formando a cutícula ou eponíquio. A camada profunda se funde com a matriz ungueal.

O eponíquio é limitado pela fixação fascial da pele à base da falange distal, distalmente à inserção do tendão extensor, e sua margem livre distal. Ele adere à face dorsal da placa ungueal e é sobrejacente à raiz da unha.

Matriz ungueal

A matriz ungueal é a principal fonte da placa ungueal, e pode ser dividida em três partes. Proximalmente, a matriz dorsal é definida como a superfície volar (superfície inferior) da dobra ungueal proximal. A matriz intermediária (matriz germinal) começa onde a matriz dorsal se dobra de volta sobre si própria e se estende até a porção distal da lúnula. A matriz ventral (matriz estéril) é o resto do leito ungueal: ela começa no bordo distal da lúnula e termina no hiponíquio.

O epitélio matriz consiste em ceratinócitos típicos das camadas de células basais e de células espinhosas, entre os quais há melanócitos e células de Langerhans esparsos. Células cornificadas das faces dorsal e ventral da matriz são constantemente expelidas distalmente para formar a placa ungueal: os 50% proximais da matriz ungueal contribuem com 80% da placa ungueal. Esse processo continua para dentro do leito ungueal na margem distal da lúnula, que é formada onde a porção distal da matriz ventral é subjacente à placa ungueal.

A lúnula é pálida, opaca e convexa, e é mais proeminente no polegar do que nos outros dedos. Não se sabe por que a lúnula é tão pálida em comparação com o leito ungueal róseo translúcido mais distal. A ausência de cor pode refletir a espessura da epiderme na lúnula e/ou uma escassez de capilares na derme da lúnula.

Leito ungueal

A epiderme do leito ungueal se estende da margem distal da lúnula ao hiponíquio. A margem distal do leito ungueal, no ponto em que a placa ungueal se torna livre do leito ungueal, é chamada banda onicodérmica. A superfície do leito ungueal tem cristas e sulcos longitudinalmente, correspondendo a um padrão semelhante na superfície inferior da placa ungueal. Isso resulta em uma integração firme das duas estruturas que impede a invasão de micróbios e a impacção de detritos embaixo da unha. A epiderme do leito ungueal é fina e não possui *stratum granulosum*. Ela consiste em duas a três camadas de células nucleadas que não possuem grânulos de ceratoialina, e uma camada cornificada fina que se move distalmente com a placa ungueal em crescimento. Ela contém ocasional glândula sudorífera distalmente.

A derme do leito ungueal é ancorada ao periósteo da falange distal sem qualquer camada subcutânea interveniente. Ela forma um compartimento distinto, o que significa que infecções do leito ungueal ou outras causas locais de uma elevação na pressão (p. ex., um hematoma) podem causar dor grave que apenas é aliviada pela excisão de parte ou toda a placa ungueal. A derme é ricamente vascularizada. Os vasos sanguíneos são dispostos longitudinalmente e exibem numerosos glomos, os quais são anastomoses arteriovenosas encapsuladas envolvidas no controle fisiológico do fluxo sanguíneo periférico em relação à temperatura (Caps. 6 e 50). A derme é bem inervada e contém numerosas terminações nervosas sensitivas, incluindo terminais de Merkel e corpúsculos de Meissner.

As células do leito ungueal se diferenciam na direção da placa ungueal e contribuem para sua espessura ventralmente.

Hiponíquio

O hiponíquio é a área embaixo da unha livre entre a banda onicodérmica proximalmente e o sulco distal. É uma crista epidérmica que demarca a junção entre a polpa do dedo e as estruturas subungueais.

Crescimento da unha

O crescimento ungueal é determinado pela taxa de giro das células da matriz, a qual varia com o dedo, a idade, a temperatura ambiente e a estação, a hora do dia, estado nutricional, trauma e várias doenças. De modo geral, sua velocidade é relacionada ao comprimento do dedo, sendo a mais rápida de todas (aproximadamente 0,1 mm por dia) no dedo médio da mão e a mais lenta no dedo mínimo. As unhas das mãos crescem três a quatro vezes mais rapidamente do que as unhas dos pés, mais depressa no verão do que no inverno e mais rapidamente no jovem do que no velho. Uma unha da mão cresce em cerca de seis meses enquanto uma unha do pé é substituída, em média, em 18 meses.

Transtornos genéticos das ceratinas (Irvine e McLean, 1999) podem levar a distrofias como a paquioníquia, na qual as unhas se tornam grosseiramente espessadas.

SUPRIMENTO VASCULAR, DRENAGEM LINFÁTICA E INERVAÇÃO

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

As demandas metabólicas da pele não são grandes; todavia, em condições normais, seu fluxo sanguíneo excede os requisitos nutricionais por 10 vezes e pode chegar a 5% do débito cardíaco. Isso acontece porque a circulação cutânea tem uma importante função de termorregulação e é arranjada de tal maneira que sua capacidade pode ser aumentada ou diminuída rapidamente até 20 vezes, em resposta à necessária perda ou conservação de calor.

O suprimento sanguíneo à pele origina-se de três fontes principais: o sistema cutâneo direto, o sistema musculoesquelético e o sistema fasciocutâneo. O sistema de vasos cutâneos diretos é derivado dos principais troncos arteriais e veias acompanhantes. Os vasos correm na gordura subcutânea paralelos à superfície da pele e são limitados a certas áreas do corpo, por exemplo, a artéria supraorbitária, a artéria ilíaca circunflexa superficial e a artéria dorsal do pé. Os perfurantes musculocutâneos originam-se da vasculatura intramuscular, passam através da superfície do músculo e perfuram a fáscia profunda para alcançar a pele, espalhando-se nos tecidos subcutâneos. O sistema fasciocutâneo consiste em ramos perfurantes a partir de vasos profundamente situados (profundos à fáscia profunda) que passam ao longo de septos intramusculares e a seguir se abrem em leque ao nível da fáscia profunda para atingir a pele. Exemplos incluem os vasos perfurantes fasciocutâneos a partir das artérias radial e ulnar.

Os vasos cutâneos diretos, os perfurantes musculocutâneos e os perfurantes fasciocutâneos contribuem, cada um, para seis plexos reticulares horizontais anastomosados de arteríolas (Fig. 7.19) que possuem conexões vasculares entre eles e que, em última análise, proveem o suprimento sanguíneo à pele. Três plexos são localizados na própria pele e suprem todos os elementos, incluindo as glândulas sudoríferas e as unidades pilossebáceas. O plexo subpapilar é localizado na junção das camadas papilar e reticular da derme. Ele dá pequenos ramos que formam alças capilares nas papilas dérmicas (usualmente uma alça por papila) que são perpendiculares à superfície da pele (Figs. 7.1, 7.4, 7.20). O plexo dérmico reticular é localizado na porção média da derme e é principalmente venoso. O plexo dérmico profundo é localizado na parte mais profunda da derme e na superfície inferior da derme. A estreita associação entre plexos arteriolares e venosos permite troca de calor entre o sangue nos vasos a diferentes temperaturas fluindo em direções opostas (troca de calor por contracorrente).

Os três plexos restantes são o plexo subcutâneo e dois plexos associados com a fáscia profunda. A fáscia profunda tem um plexo na sua superfície profunda e um plexo mais extenso na sua superfície superficial. Esse arranjo é muito mais pronunciado nos membros do que no tronco.

A estrutura e a disposição geral da microvasculatura são descritas em detalhe no Capítulo 6 e, assim, apenas características particulares da pele serão consideradas aqui. Nas camadas mais profundas da derme, anastomoses arteriovenosas são comuns, particularmente nas extremidades (mãos, pés, orelhas, lábios, nariz), onde, como os glomos, elas são rodeadas por espessas capas musculares. Sob controle vasomotor autonômico, esses *shunts* vasculares, quando relaxados, desviam sangue para longe do plexo superficial e reduzem a perda de calor, enquanto ao mesmo tempo asseguram alguma circulação cutânea profunda e evitam anoxia de estruturas como os nervos. Anastomoses capilares extensas estão presentes. Geralmente, o fluxo sanguíneo cutâneo é regulado de acordo com a necessidade de termorregulação e também, em algumas áreas do corpo, de acordo com o estado emocional. Em condições muito frias, a circulação periférica é grandemente reduzida por vasoconstrição, mas vasodilatação intermitente resulta em aumentos periódicos na temperatura que evitam resfriamento ao nível em que poderia ocorrer perda de calor. Admite-se que isso seja devido a um efeito direto da falta de oxigênio sobre o músculo constritor arteriolar, em vez de uma influência neural.

Os linfáticos da pele, como em outros locais, são pequenos terminais que coletam líquido intersticial e macromoléculas para retorno à circulação por meio de vasos maiores. Eles também transportam linfócitos, células de Langerhans e macrófagos para os linfonodos regionais. Eles começam como tubos ou alças de extremidade cega revestidos com endotélio imediatamente abaixo da derme papilar. Estes drenam para um plexo superficial abaixo do plexo venoso subpapilar, o qual drena por meio de vasos coletores para um plexo mais profundo na junção da derme reticular e a subcútis, e este, por sua vez, drena para os canais subcutâneos maiores.

INERVAÇÃO

A pele é uma importante superfície sensitiva, com variações regionais na sensibilidade a diferentes estímulos. Ela tem um rico suprimento nervoso, o qual também se ocupa com funções autonômicas, particularmente relacionadas com a termorregulação. O sentido cutâneo fornece informação sobre o ambiente externo através de receptores responsivos a estímulos que podem ser mecânicos (toque rápido ou sustentado, pressão, vibração, estiramento, encurvamento dos pelos etc.), térmicos (quente e frio) ou nocivos (percebidos como prurido, desconforto ou dor). Os corpúsculos de Pacini servem ao sentido de pressão profunda e vibração, e estão localizados profundamente na derme ou na hipoderme, particularmente nos dedos. Os corpúsculos de Meissner estão localizados nas papilas dérmicas, próximo da junção dermoepidérmica, e são sensíveis à sensação de toque. Esses receptores são particularmente apropriados para detectar forma e textura durante toque exploratório ativo, como o empregado pelos mais experimentados leitores de texto em Braille.

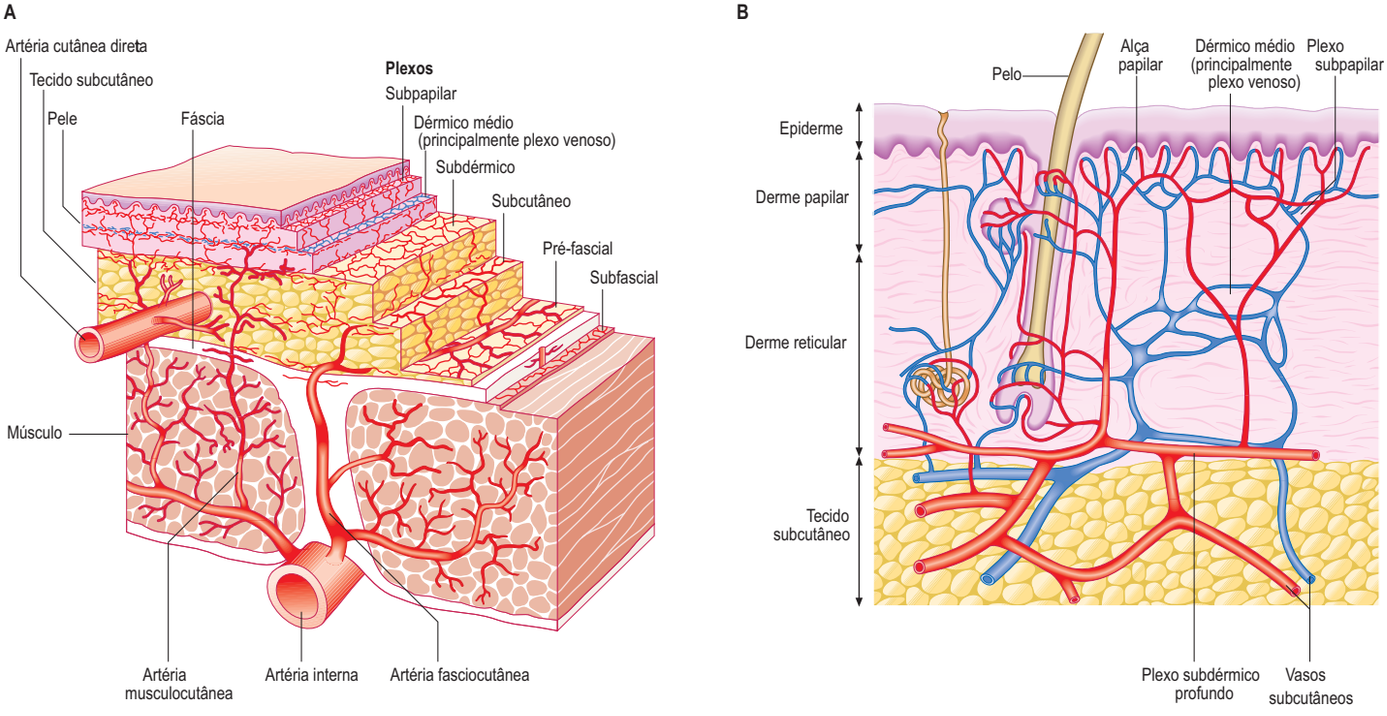


Fig. 7.19 Suprimento vascular da pele. **A,** Observar os vários plexos horizontais alimentados por artérias cutâneas diretas, fasciocutâneas e musculocutâneas. **B,** Maior aumento do suprimento vascular. (**A,** redesenhado de McCarthy JG (ed) Chapter 9 in Plastic Surgery, Vol 1. Philadelphia: Saunders. **B,** redesenhado de Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edition. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

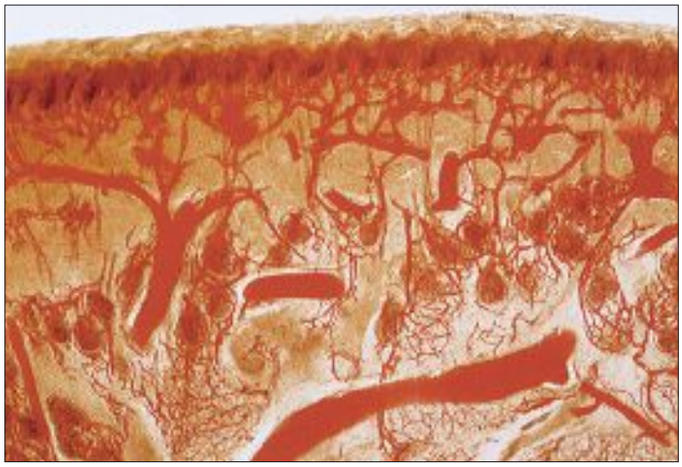


Fig. 7.20 Um corte vertical grosso através de pele palmar, cujas artérias, arteríolas e capilares foram injetados com gelatina vermelha para demonstrar o padrão da vascularização dérmica. Na base da derme, largo plexo arterial achatado supre um plexo papilar mais superficial, o qual por sua vez emite alças capilares que entram nas papilas dérmicas.

O impulso primário é transmitido por neurônios cujos corpos celulares residem nos gânglios espinais e cranianos (pág. 55) e cujos axônios mielinizados ou não mielinizados são terminalmente distribuídos, principalmente dentro da derme. As fibras autonômicas eferentes são não mielinizadas e noradrenérgicas ou colinérgicas. Elas inervam as arteríolas, músculos eretores dos pelos e as células mioepiteliais das glândulas sudoríferas e apócrinas. No escroto, lábios menores, pele perineal e mamilos, elas também suprem fascículos de músculo liso da derme e tecido conjuntivo adjacente. Exceto nos mamilos e área genital, a atividade dos nervos eferentes autonômicos se ocupa principalmente com a regulação da perda de calor por vasodilatação e vasoconstrição, produção de suor e piloereção (embora esta seja uma função secundária nos humanos).

Ao chegarem à derme, os fascículos nervosos ramificam-se extensamente para formar um plexo reticular profundo que serve a grande parte da derme, incluindo a maioria das glândulas sudoríferas, folículos pilosos e as maiores arteríolas. Muitos pequenos fascículos passam a partir desse plexo para ramificarem-se em outro plexo papilar superficial na junção entre as camadas reticular e papilar da derme. Ramos a partir dele passam superficialmente para a camada papilar, ramificando-se horizontal e verticalmente, e terminam em relação com receptores encapsulados ou como terminais alcançando o nível da lâmina basal. Em alguns casos, eles entram na epiderme como terminações livres, responsivas à sensação de pressão e toque leves ou a estímulos nociceptivos. Quando estes últimos fascículos terminam, eles perdem suas bainhas epineurais e perineurais, deixando complexos de células de Schwann–axônio ou axônios nus envoltos por lâmina basal, em contato direto com a matriz. Esses terminais axonais distais nus podem ser vulneráveis a patógenos que entrem por abrasão da pele. A estrutura e a classificação das terminações sensitivas estão descritas em detalhe no Capítulo 3.

A disposição segmentar dos nervos espinais é refletida no suprimento sensitivo da pele: um dermátomo é a área suprida por todos os ramos cutâneos de um nervo espinal individual através dos seus ramos dorsal e ventral (Cap. 15 e Fig. 15.12). Tipicamente, os dermátomos se estendem em torno do corpo da linha mediana posterior para a anterior. A metade superior de cada zona é suplementada pelo nervo acima, a metade abaixo pelo nervo abaixo. Dermátomos de nervos espinais adjacentes superpõem-se acentuadamente, em particular nos segmentos menos afetados pelo desenvolvimento dos membros.

DESENVOLVIMENTO DA PELE E DOS APÊNDICES CUTÂNEOS

A pele desenvolve-se a partir do ectoderma de superfície e seu mesênquima subjacentes. O ectoderma de superfície dá origem à epiderme de superfície cornificada e seus apêndices, as unidades pilossebáceas, glândulas sudoríferas e unidades ungueais, dependendo de interações com o mesênquima. Interações entre o ectoderma e o mesênquima também dão origem ao epitélio interno da cavidade bucal e aos dentes e os epitélios nasais. Os descendentes diferenciados das células ectodérmicas são os ceratinócitos. Células imigrantes de diferente origem embrionária constituem um componente importante da folha epitelial formada pelos ceratinócitos. Os não ceratinócitos são melanócitos e células de Merkel derivados da crista neural, células de Langerhans originadas da medula óssea e linfócitos.

A derme, composta de tecido conjuntivo irregular e um pouco das bainhas de tecido conjuntivo de nervos periféricos, é derivada do mesênquima somatoplêurico (nos membros e tronco) e possivelmente mesênquima somítico (cobrindo a musculatura epiaxial) e da crista neural (na cabeça). Mesênquima angiogênico dá origem aos vasos sanguíneos da derme. Nervos e células de Schwann associados, com origem na crista neural, entram e atravessam a derme para alcançar suas terminações periféricas durante o desenvolvimento.

EPIDERME E APÊNDICES

Epiderme geral (interfolicular)

Nas primeiras 4-5 semanas, a pele embrionária consiste em uma camada única de células ectodérmicas sobrejacente a um mesênquima contendo células de aspecto dendrítico estrelado interconectadas por processos finos e distribuídas esparsamente em uma matriz microfibrilar frouxamente arranjada (Fig. 7.21). A interface entre o ectoderma e o mesênquima, conhecida como zona de membrana basal (ZMB), é um local importante de interações mútuas das quais depende a manutenção dos dois tecidos, tanto na vida pré-natal quanto pós-natal. As células ectodérmicas, que caracteristicamente contêm depósitos de glicogênio, fazem contato umas com as outras em junções comunicantes e de adesão. A camada assim formada logo se desenvolve para um epitélio bilaminar, e desmossomos aparecem também. A camada germinativa basal dá origem à epiderme pós-nasal definitiva, e a camada superficial ao periderma, uma camada transitória limitada à vida fetal. O periderma se mantém, expressa diferentes polipeptídeos de ceratina e cresce pela atividade mitótica das suas próprias células, independentemente daquelas da camada germinativa. Originalmente achatadas, as células do periderma aumentam em profundidade: a área central que contém o núcleo se torna elevada e projeta uma elevação globular na direção da cavidade amniótica. A membrana plasmática desenvolve numerosos microvilos na superfície com uma capa externa de glicosaminoglicanos, e vesículas citoplasmáticas se tornam proeminentes profundas a ela. Esses desenvolvimentos atingem um pico ao longo do período de 12-18 semanas, tempo durante o qual o periderma é uma fonte importante do líquido amniótico para o qual ele pode contribuir com glicose; ele também tem uma função absortiva. A partir de cerca de 20 semanas, as protrusões globulares se tornam solapadas e pinçadas para se destacarem e flutuarem livres no líquido amniótico. As células do periderma agora achatadas sofrem um tipo de diferenciação terminal para formar o que é visto como uma camada protetora temporária para a epiderme em desenvolvimento subjacente propriamente dita, contra um líquido amniótico de composição em evolução como resultado da acumulação de produtos da excreção renal fetal. Até o parto, escamas do periderma continuam a ser eliminadas no líquido amniótico, e elas contribuem para a vérnix caseosa, uma camada de detritos celulares que cobre a pele fetal ao nascer.

A proliferação na camada germinativa leva a uma aparência estratificada com sucessivas camadas de células intermediárias entre ela e o periderma. Desde um estágio inicial, células de todas as camadas estão repletas de grânulos de glicogênio, presumivelmente uma fonte de energia durante essa fase replicativa inicial de diferenciação. A diferenciação dessas camadas não é síncrona em todas as regiões da pele em desenvolvimento, sendo mais avançada cranialmente que caudalmente, e progredindo no corpo a partir da linha axilar média em sentido ventral. A redução no conteúdo de glicogênio das células é associada com uma mudança para atividade de biossíntese conectada com diferenciação terminal (cornificação), manifestada pela presença de diferentes enzimas e expressão de ceratinas. Ceratinas epiteliais simples presentes desde antes da implantação (K8 e K18) são substituídas por ceratinas típicas de ceratinócitos basais (K5 e K14), seguidas na primeira camada de células suprabasais por aquelas de mais alto peso molecular associadas com diferenciação (K1 e K10) na 10.ª-12.ª semana. Isso logo é seguido pela expressão de profilagrina e filagrina, e o aparecimento de grânulos de ceratoialina entre os feixes filamentosos das células mais superiores da camada intermediária aproximadamente na 20.ª semana. Os primeiros ceratinócitos completamente diferenciados aparecem logo depois. Pela 24.ª-26.ª semana, existe uma camada cornificada definida em algumas áreas, e pela 30.ª semana, mais ou menos, à parte algum glicogênio restando nas células intermediárias, a epiderme interfolicular é essencialmente semelhante à sua contraparte pós-natal (ver Holbrook e Odland, 1980, para detalhes adicionais).

Não ceratinócitos estão presentes na epiderme em desenvolvimento desde cerca de oito semanas de gestação. Células de Langerhans podem ser vistas na epiderme na 5.ª-6.ª semana e estão completamente diferenciadas na 12.ª-14.ª semana. Seu número aumenta pelo menos parcialmente por divisão mitótica *in situ*, mas aos seis meses são apenas 10-20% daquelas no adulto. Não se sabe se a célula de Langerhans funciona na imunovigilância na pele fetal. Melanócitos originados na crista neural estão presentes na epiderme bilaminar das regiões cefálicas tão cedo quanto na oitava semana. Na 12.ª-14.ª semana, eles podem alcançar uma densidade de 2.300 por mm^2, reduzindo-se para 800 por mm^2 imediatamente antes do nascimento. Os ceratinócitos regulam a proporção final entre eles mesmos e os melanócitos

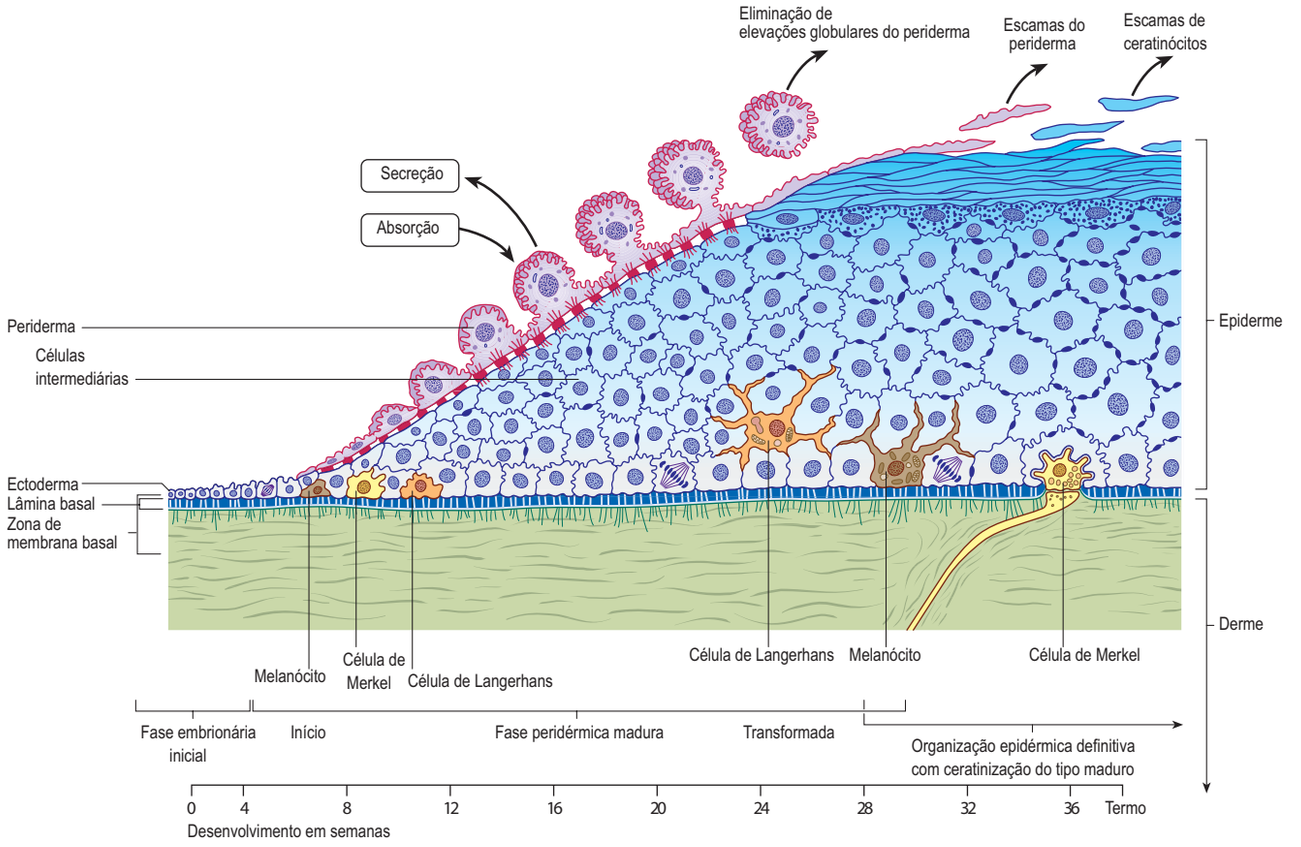


Fig. 7.21 Desenvolvimento da pele.

por meio de fatores de crescimento, moléculas da superfície celular e outros sinais. Os melanócitos fetais produzem melanossomos melanizados e os transferem para os ceratinócitos: são atividades intrínsecas claramente independentes da irradiação ultravioleta (UV) e sugerem outras funções da melanina além da fotoproteção.

As células de Merkel se originam de células migratórias da crista neural (Szeder *et al.*, 2003) e começam a aparecer na epiderme da palma e da planta entre 8-12 semanas, e mais tarde em associação com alguns pelos e com complexos axônios–células de Schwann dérmicos.

Unidade pilossebácea

Unidades pilossebáceas se desenvolvem por volta de nove semanas, primeiro nas regiões dos supercílios, lábios e mento, e em estádios progressivamente mais tardios em outros lugares, prosseguindo caudalmente. O primeiro rudimento é um ajuntamento de células na camada basal da epiderme, o placoide piloso, adjacente a uma concentração local de células mesenquimais que se tornarão a papila dérmica. Proliferação e alongamento adicionais das células levam a um germe de pelo, que faz protrusão para baixo, para dentro do mesênquima, em associação com a papila dérmica primitiva durante as semanas 13-15. Com crescimento continuado para baixo em direção inclinada, o germe piloso se torna uma papila pilosa, e quando sua extremidade inferior bulbosa envolve a papila dérmica ela é conhecida como papila bulbosa. Nesse estádio (aproximadamente 15.ª semana), duas ou três tumefações aparecem na parede posterior. A mais superior é o rudimento da glândula apócrina (presente apenas em alguns folículos), a intermediária forma a glândula sebácea, e a inferior é o bulbo, ao qual o músculo eretor do pelo (originado do mesênquima subjacente) mais tarde se torna fixado e onde se acredita que resida o principal reservatório de células-tronco do folículo piloso. As células da região mais inferior do bulbo, a matriz, se dividem ativamente e produzem um cone piloso pontudo. Este cresce para cima para canalizar um trato do pelo em desenvolvimento, ao longo do qual o pelo completamente formado, derivado por diferenciação adicional de células avançando a partir da matriz, atinge a superfície aproximadamente na 18.ª semana de gestação.

As glândulas sebáceas desenvolvem-se independentemente dos folículos pilosos nas narinas, pálpebras (sob a forma das glândulas tarsais) e na região anal. As glândulas sudoríferas apócrinas são formadas ao mesmo tempo que as glândulas sudoríferas exócrinas (merócrinas) e estão a princípio distribuídas amplamente por todo o corpo. Seu número diminui a partir de cinco meses de gestação, produzindo a distribuição vista no adulto.

Os pelos produzidos pré-natalmente são chamados de pelos de lanugem; eles são curtos e veludosos, não possuem medula e, em certas partes do corpo, estão dispostos de maneira semelhante a redemoinho em tratos. Mais tarde na gravidez, os pelos de lanugem são substituídos por pelos velos, e estes por sua vez por pelos intermediários, os quais são o tipo predominante até a puberdade. Novos folículos não se desenvolvem na pele pós-natal.

Glândulas sudoríferas exócrinas

As glândulas sudoríferas exócrinas (merócrinas) são um tipo de glândula sudorífera. Rudimentos de glândulas sudoríferas aparecem no segundo e terceiro meses como botões de células associados com as cristas epidérmicas primárias das polpas dos dedos da mão e pé dos dedos terminais. Elas se alongam para dentro da derme e pela 16.ª semana a extremidade inferior começa a formar o novelo secretório, dentro do qual, pela 22.ª semana, células secretórias e mioepiteliais são evidentes. O cordão sólido de células conectando o novelo à epiderme se torna o ducto intradérmico, e as luzes de ambos são formadas pela dissolução dos contatos desmossômicos entre as células. O ducto intraepidérmico é antecipado por uma coluna enovelada de células internas e externas concentricamente dispostas, dentro das quais, por fusão de vacúolos lisossômicos, é formada uma luz que se abre na superfície na 22.ª semana. Como acontece com os folículos pilosos, pós-natalmente não se desenvolvem novas glândulas sudoríferas exócrinas. Sudorese emocional, detectada por alterações de condutância da pele, ocorre em lactentes prematuros com idade gestacional de 29 semanas.

Cristas epidérmicas

As cristas epidérmicas são antecipadas sob a forma de pequenos crescimentos para baixo regularmente espaçados de células epidérmicas que aparecem nas polpas dos dedos das mãos e pés durante o segundo e o terceiro meses. Elas são conhecidas como cristas epidérmicas primárias, separadas por cristas dérmicas correspondentes. No quinto mês desenvolvem-se cristas secundárias, o padrão se torna evidente na superfície, e é finalizado através de remodelação adicional pós-natalmente.

Unhas

Campos de ectoderma proliferativo aparecem nas extremidades dos segmentos terminais dos dedos. Eles progressivamente alcançam uma posição dorsal, onde aproximadamente na nona semana é aparente um campo ungueal achatado limitado por sulcos ungueais proximal, distal e laterais. O campo ungueal afinal forma o leito ungueal, e o primórdio da unha é

formado de uma cunha de células que cresce diagonalmente, proximal e profundamente para dentro do mesênquima a partir do sulco proximal na direção da falange terminal subjacente. As células mais profundas dessa unha formam o primórdio da matriz que dá origem à placa ungueal. Esta última emerge a partir de baixo de uma dobra ungueal agora proximal, cerca da 14.ª semana, e cresce distalmente sobre um leito ungueal já ceratinizado. A matriz ungueal é usualmente considerada como tendo componentes dorsal e ventral (intermediário), mas há opiniões conflitantes quanto à extensão em que cada um contribui para a unha, tanto em ontogenia quanto pós-natalmente: geralmente se concorda em que a matriz ventral contribui com a maior parte. Foi afirmado que o leito ungueal contribui adicionalmente com até 20% da placa ungueal pós-natal, mas estudos embriológicos até agora não são claros sobre esse assunto. A maioria dos textos afirma que ceratoialina não está envolvida na cornificação da unha. Entretanto, até pelo menos 16 semanas, as células da camada granulosa da matriz dorsal que contribuem com células cornificadas para a placa ungueal e eponíquio (cutícula) contêm grânulos típicos de ceratoialina, e as células da matriz ventral junto da placa ungueal contêm grânulos isolados e compostos similares aos presentes nas células da camada granulosa dos epitélios orais. Grânulos semelhantes foram descritos nas células da matriz da unha do pé humana pós-natal.

Na 20.ª semana, a placa ungueal cobre inteiramente o campo ungueal (leito ungueal), agora limitado distalmente por uma crista distal, a qual, quando a placa se projeta além da extremidade, se torna o hiponíquio embaixo dela. Ao nascimento, a microestrutura dos principais componentes da unidade ungueal é semelhante àquela pós-natalmente; a unha é longa e se projeta, e facilmente se destaca e cai durante limpeza.

Anormalidades da epiderme

Desenvolvimento anômalo da epiderme e seus derivados é relativamente comum. Crescimento excessivo ou diminuído, ou mesmo ausência completa, pode afetar as glândulas sebáceas ou sudoríferas e os pelos, seja local seja geral. Similarmente, a epiderme pode ser excessivamente pigmentada (melanismo). Produção excessiva da camada cornificada leva à ictiose. Um nevo ou sinal é uma proliferação benigna de melanócitos na camada basal da epiderme. Displasia ectodérmica é uma condição rara caracterizada por fino pelo louro e escasso, cílios e supercílios reduzidos ou ausentes. A pele tem deficiência de glândulas sudoríferas e sebáceas. Os dentes são usualmente em forma de cavilha ou cone, e pode ocorrer ausência de glândulas salivares principais. Para informação sobre transtornos da ceratina, ver Irvine e McLean, 1999.

DERME

A derme embrionária é muitíssimo mais rica em células que a derme adulta, e muitas dessas células mesenquimais estão envolvidas em um diálogo essencial de sinalização que regula a diferenciação ectodérmica. As células mesenquimais subjacentes ao ectoderma de superfície e epiderme inicial bi e trilaminar fazem contato umas com as outras por delgados processos para formar uma rede intercomunicante. Elas secretam uma matriz que é rica em íons, água e macromoléculas, proteoglicanos/glicosaminoglicanos, fibronectina, proteínas colagenosas de vários tipos e elastina. Desenvolvimento adicional desses componentes intrínsecos envolve a diferenciação de tipos celulares individuais, fibroblastos, células endoteliais, mastócitos etc. e a montagem de componentes da matriz em fibras colágenas e fibras elásticas fibrilares organizadas. Durante a embriogênese, a matriz é heterogênea no que se refere aos seus componentes bioquímicos e macromoleculares. Os principais glicosaminoglicanos da pele embrionária e fetal são ácido glicurônico e dermatan sulfato. Colágeno tipos I, III, V e VI está distribuído de forma mais ou menos uniforme, independentemente da idade fetal, e há algumas concentrações locais de III e V, cujos níveis são mais altos que na pele pós-natal. Colágeno tipos IV e VIII é encontrado predominantemente na ZMB.

A diferenciação morfológica progressiva da derme envolve: sua separação da subcútis por volta do terceiro mês; alterações na composição e tamanho das fibrilas colágenas e sua organização em feixes, entre os quais as células se tornam relativamente em menor número; crescimento, para baixo, dos apêndices epidérmicos; organização de plexos nervosos e vasculares; e o aparecimento relativamente tardio de redes elásticas. As regiões papilar e reticular são descritas desde a 14.ª semana, mas a organização global da derme continua pós-natalmente.

Suprimento vascular e drenagem linfática

É geralmente considerado que a vasculatura da derme é desenvolvida *in situ* pela transformação de células mesenquimais angiogênicas. Canais fechados revestidos por endotélio contendo glóbulos vermelhos nucleados estão presentes pela sexta semana embaixo do ectoderma e pela oitava semana estão dispostos em um plano único paralelo à epiderme: eles afinal formarão o plexo subpapilar. Um segundo plexo horizontal mais profundo é evidente pelos 50-70 dias. Ambos os plexos se estendem por brotamento à medida que o desenvolvimento prossegue, e eles dão origem aos padrões finais de arteríolas, vênulas e capilares que são estabelecidos logo depois do nascimento. Perícitos também se desenvolvem a partir das células mesenquimais. Vasos linfáticos são formados por células mesenquimais que se tornam organizadas para encerrar acumulações de líquido proteináceo vazando dos capilares em desenvolvimento.

Inervação

Nervos cutâneos sensitivos (axônios e células de Schwann) são derivados por crescimento invasivo a partir da crista neural (por meio dos gânglios das raízes dorsais). As fibras motoras para vasos e glândulas se originam de células dos gânglios simpáticos. À medida que as partes individuais do embrião crescem, os nervos crescem e se alongam com eles. Pequenos axônios estão presentes superficialmente em um estágio no qual a epiderme é bilaminar, e pela oitava semana de gestação já há um plexo cutâneo funcionante. Pelo quarto mês gestacional, os plexos dérmicos são muito ricamente desenvolvidos, e apareceram corpúsculos de Meissner e de Pacini. As células lamelares externas dos corpúsculos de Pacini na derme são homólogas do perineuro, mas a origem das células laminares do corpúsculo de Meissner não está clara.

INTERAÇÕES EPITÉLIO–MESÊNQUIMA NA PELE EM DESENVOLVIMENTO

Interações epiderme–mesênquima (derme) na ZMB ocorrem durante o desenvolvimento e por toda a vida. No estágio ectodérmico, a ZMB consiste na membrana plasmática basal de uma célula ectodérmica, tendo paralelos no seu lado citoplasmático vários filamentos citoesqueléticos e, embaixo dela, uma camada (0,1-0,2 µm) de material microfibrilar amorfo depositado pela célula. No estágio bilaminar, está presente uma lâmina densa contínua definida, separada da membrana plasmática basal por uma lâmina lúcida atravessada por material frouxamente fibrilar: filamentos semelhantes se estendem da lâmina densa para dentro da matriz mesenquimal.

Hemidesmossomos começam a aparecer na oitava semana, à medida que começa a estratificação, e fibrilas de ancoragem na 9.ª-10.ª semana. Pelo fim do terceiro mês, a morfologia básica da ZMB interfolicular é essencialmente semelhante àquela da ZMB pós-natal.

Laminina e colágeno tipo IV estão presentes na lâmina basal em desenvolvimento na sexta semana, e antígeno de penfigoide bolhoso (BPAG, nos hemidesmossomos) e proteínas de fibrilas de ancoragem são expressas mais tarde. Essas observações imunocitoquímicas e morfológicas são de importância para diagnóstico pré-natal de doenças geneticamente determinadas, por exemplo, epidermólise bolhosa. A lâmina basal provê um substrato físico de suporte e fixação para a epiderme em desenvolvimento, e se admite que seja seletivamente permeável a macromoléculas e fatores solúveis que regulam interações morfogenéticas entre a epiderme e a derme.

CRESCIMENTO NEONATAL

A área de superfície da pele aumenta com o crescimento. Foi estimado que a área de superfície de um recém-nascido prematuro pesando 1.505 g é aproximadamente 1.266 cm^2, enquanto um recém-nascido de 2.980 g tem uma área de superfície de 2.129 cm^2. A pele do recém-nascido é mais fina que a de lactentes mais velhos e crianças. Ela se cornifica ao longo de um período de 2-3 semanas, o que fornece proteção; entretanto, no lactente prematuro a fina camada epidérmica permite absorção de uma variedade de substâncias, por exemplo, clorexidina e ácido bórico, e também permite perda de água transepidérmica significativamente mais alta do que a que ocorre nos recém-nascidos de termo. Ao nascer, a pele é ricamente vascularizada por um denso plexo subepidérmico. O padrão maduro de alças capilares e do plexo venoso subpapilar não está presente ao nascimento, mas se desenvolve como resultado do brotamento de capilares com migração de endotélios em alguns locais e a absorção de vasos de outros locais. Algumas regiões amadurecem mais rapidamente que outras. Com as exceções das palmas, plantas e leitos ungueais, a pele do recém-nascido quase não possui alças papilares. Ela tem uma rede capilar desordenada que se torna mais ordenada a partir da segunda semana, quando aparecem alças papilares; alças definidas não estão presentes até a quarta ou quinta semana, e todas as áreas possuem alças pela 14.ª-17.ª semana pós-natal.

Os recém-nascidos exibem uma sequência regional de maturação das glândulas exócrinas. A sudorese mais precoce ocorre na testa, seguida pelo tórax, segmento do braço e, mais tarde, áreas mais caudais. Aceleração da resposta de sudorese ocorre nos bebês prematuros após o parto.

Fig. 7.22 A superfície da pele glabra da palma da mão, mostrando cristas de atrito (papilares) epidérmicas e linhas flexurais maiores (esquerda).

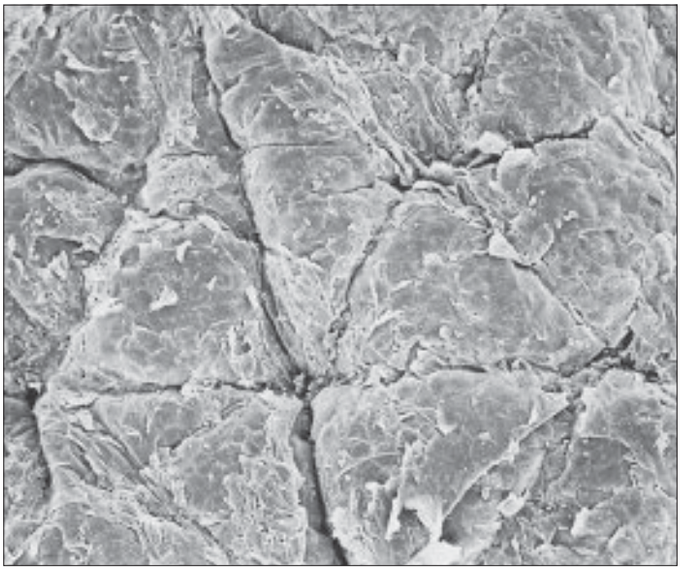


Fig. 7.23 Micrografia eletrônica de varredura da superfície da pele fina do dorso, mostrando uma rede entrelaçada de sulcos finos e áreas predominantemente triangulares entre eles.

SULCOS E RUGAS NATURAIS DA PELE

LINHAS DA PELE

A superfície da pele e suas estruturas mais profundas mostram várias marcas lineares, vistas sob forma de sulcos, áreas elevadas e direções preferidas de estiramento. Algumas delas são claramente evidentes na pele intacta, outras só aparecem após algum tipo de intervenção.

Linhas padrões da superfície, linhas de tensão e sulcos da pele

As linhas da pele externamente visíveis são relacionadas a vários padrões de sulcagem epidérmica, formação de cristas, cicatrizes e pigmentação. Um padrão de linhas em treliça ocorre em todas as áreas principais do corpo que não a pele grossa das superfícies volares e plantares. O padrão em treliça consiste tipicamente em polígonos formados por sulcos primários relativamente profundos visíveis à visão desarmada, os quais são irregularmente divididos por sulcos secundários mais delicados em áreas triangulares (Figs. 7.22, 7.23). Estas, por sua vez, são ainda mais subdivididas por sulcos terciários limitados à camada cornificada da epiderme e, finalmente, ao nível microscópico, por linhas quaternárias que são simplesmente os contornos das escamas individuais (Fig. 7.7). À parte as linhas quaternárias, todas as outras aumentam a área de superfície da pele, permitem considerável estiramento e recuo e distribuem esforços mais uniformemente. Os detalhes do padrão variam de acordo com a região do corpo; por exemplo, na bochecha, os sulcos primários se irradiam dos folículos pilosos, no couro cabeludo eles formam hexágonos, enquanto na panturrilha e coxa formam paralelogramos. Há uma relação entre o tipo de padrão e a extensibilidade da pele local.

Linhas de rugas

As linhas de rugas são causadas pela contração dos músculos subjacentes e geralmente perpendiculares ao seu eixo de encurtamento. Na face elas são conhecidas como linhas de expressão e, com a perda progressiva de elasticidade da pele devida ao envelhecimento, tornam-se permanentes. Linhas ocupacionais são sulcos produzidos por contrações musculares repetidas associadas com atividades ou habilidades particulares. Linhas de contorno são linhas de divisão em junções de planos do corpo, por exemplo, da bochecha com o nariz, e linhas de pendência são produzidas pelo efeito da gravidade sobre a pele ou o tecido adiposo frouxos, por exemplo, os sulcos associados com a dobra pendente embaixo do queixo na idade mais velha.

Linhas flexurais (articulares)

As linhas flexurais (articulares) são marcas importantes encontradas na vizinhança de articulações sinoviais, onde a pele é fortemente fixada à fáscia profunda subjacente (Fig. 7.22). Elas são conspícuas nas superfícies flexoras das palmas, plantas e dedos, e, em combinação com dobras de pele associadas, facilitam o movimento. As linhas da pele não coincidem necessariamente com a linha articular subjacente associada. Por exemplo, as linhas flexurais que demarcam os dedos estendidos da palma situam-se aproximadamente 1,25 cm distais às articulações metacarpofalângicas, cujas posições são mais estreitamente relacionadas ao sulco palmar distal (linha do coração da quiromancia). Os padrões das linhas flexurais nas palmas e plantas podem variar e são em certa extensão geneticamente determinados. Na síndrome de Down, os sulcos palmares distal e médio tendem a ser unidos em um único sulco transverso proeminente, um sinal que tem importância diagnóstica.

Cristas papilares

As cristas papilares são limitadas às palmas e plantas e às superfícies flexoras dos dedos, onde elas formam estreitos arranjos paralelos ou curvos separados por sulcos estreitos (Figs. 7.24, 7.25). As aberturas de ductos sudoríferos se abrem a intervalos regulares ao longo do topo de cada crista. As cristas epidérmicas correspondem a um padrão integrado subjacente das papilas dérmicas, uma disposição que ajuda a ancorar as duas camadas firmemente juntas. O padrão das papilas dérmicas determina o desenvolvimento inicial das cristas epidérmicas. Esse arranjo é estável durante toda a vida, exclusivo do indivíduo, e portanto importante como meio de identificação. O padrão das cristas pode ser afetado por certas anormalidades do desenvolvimento inicial, incluindo transtornos genéticos, como síndrome de Down, e malformações esqueléticas, como polidactilia. Ausência de cristas epidérmicas é extremamente rara. Funcionalmente, as cristas epidérmicas aumentam a capacidade de preensão das mãos e pés, evitando deslizamento. A grande densidade de terminações nervosas táteis embaixo delas significa que elas também são estruturas sensitivas importantes.

A análise dos padrões das cristas pelo estudo das suas impressões (impressões digitais) é conhecida como dermatoglifia e tem considerável importância médico-legal. Os parâmetros mensuráveis incluem a frequência das cristas em padrões particulares e a disposição dos trirraios, que são áreas juncionais onde três conjuntos de cristas paralelas se encontram. Os padrões de cristas das impressões digitais podem ser separados em três tipos principais (Fig. 7.24), arcos (5%), alças (70%) e espirais (25%). Os arcos não possuem trirraios, as alças têm um trirraio, e as espirais têm dois trirraios ou mais. Padrões digitais espirais são mais comuns na mão direita, e os homens geralmente têm mais espirais e menos arcos que as mulheres, nas quais as cristas são relativamente mais estreitas. A frequência dos padrões individuais varia com os dedos particulares. Padrões semelhantes são vistos nos dedos dos pés.

As posições precisas, número e contagens de cristas associadas com o trirraio têm uma base hereditária: em geral, a genética é multifatorial e altamente complexa. Entretanto, a contagem total de cristas de todos os 10 dedos das mãos parece ter uma herança mais simples.

Se as demandas mecânicas impostas à pele forem maiores do que os sulcos da pele e a derme são capazes de acomodar, a coesão lateral das fibras colágenas dérmicas é rompida, há hemorragia associada e reação celular, e, eventualmente, formação de tecido cicatricial pouco vascularizado. Essas alterações podem ser ditas intrínsecas, para distingui-las de cicatrizes formadas por ferimento externo. Locais de ruptura da derme são visíveis externamente como linhas ou estrias. Elas são inicialmente de cor rósea, mais tarde

Fig. 7.24 A face palmar de uma falange distal para mostrar cristas de impressão digital. Observar a linha flexural interfalângica (embaixo).

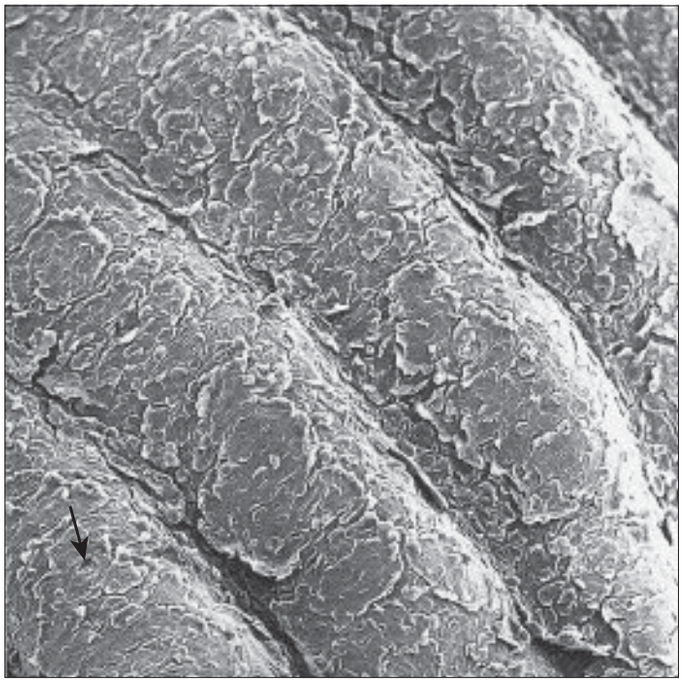


Fig. 7.25 Micrografia eletrônica de varredura da superfície da pele glabra grossa da superfície volar de um dedo humano, mostrando cristas de atrito ao longo das quais ductos sudoríferos se abrem como poros (um poro está assinalado com seta). (Por cortesia do Professor Lawrence Bannister e Dra. Caroline Wigley.)

alargam-se e se tornam de cor púrpura vívida ou vermelha (*striae rubrae*), e eventualmente desbotam, tornando-se mais pálidas que a pele intacta circundante (*striae albae*). Elas se desenvolvem na parede abdominal anterior de algumas mulheres na gravidez, quando são chamadas de *striae gravidarum* (marcas de estiramento).

A variação na pigmentação também pode produzir linhas externamente visíveis na superfície da pele. As linhas de Futcher ou de Voigt marcam diferenças em pigmentação entre as superfícies extensoras mais escuras e as flexoras mais pálidas dos braços, e ocorrem ao longo das linhas axiais anteriores, estendendo-se do esterno ao carpo. Elas são mais escuras nas raças de pele mais escura.

Linhas detectáveis após manipulação ou incisão

Em certas regiões do corpo, feridas cirúrgicas se curam com uma cicatriz melhor e menos conspícua se forem colocadas em uma direção particular. Esse achado é relacionado a vários fatores que incluem a tensão da pele e linhas de rugas naturalmente formadas. A pele normalmente está sob tensão, e a direção na qual ela é máxima varia regionalmente. A tensão é dependente da protrusão das estruturas subjacentes, da direção dos músculos subjacentes e dos movimentos das articulações. Muitos anatomistas e cirurgiões, por essas razões, tentaram produzir um mapa do corpo para indicar a melhor direção na qual fazer uma incisão eletiva para obter a cicatriz mais estética. Esses mapas frequentemente diferem, especialmente na região da face. Da multiplicidade de linhas de clivagem descritas, as mais comumente citadas são as linhas de tensão da pele relaxada (LTPRs), as linhas de Langer e as linhas de Kraissl (Borges, 1984). Destas, as LTPRs e as linhas de Kraissl provavelmente são as linhas mais apropriadas para incisão cirúrgica.

Linhas de tensão da pele relaxada

As linhas de tensão da pele relaxada (LTPRs) são as que correspondem à tração direcional (que forma sulcos) quando a pele está relaxada: elas não correspondem sempre às linhas das rugas. A tensão através da LTPR é constante, mesmo durante o sono, mas pode ser alterada (aumentada, diminuída ou abolida) pela contração muscular subjacente. A direção das LTPRs pode ser determinada pinçando-se (beliscando-se) a pele em diferentes direções. Pinçamento perpendicular às LTPRs resultará em sulcos em menor número e mais altos do que pinçamento paralelo a essas linhas.

Linhas de Langer e Kraissl

Langer puncionou a pele de cadáveres com um furador circular e observou as subsequentes aberturas de forma elíptica. Conectando o eixo longo desses furos, ele produziu as linhas de clivagem que receberam seu nome. Essas linhas representam a tensão da pele no *rigor mortis*, mas frequentemente não se relacionam às linhas de escolha ao fazer incisões eletivas. De fato, as linhas de Langer muitas vezes correm perpendicularmente às LTPRs na face.

As linhas de Kraissl são essencialmente linhas de rugas exageradas obtidas estudando a pele frouxa de faces idosas enquanto contraindo os músculos da expressão facial. Essas linhas, na maior parte, correspondem às LTPRs, mas leve variação existe na face, especialmente no lado lateral do nariz, na face lateral da órbita e no mento. Para informação adicional sobre linhas de Langer e Kraissl, ver Capítulo 29.

Linhas de Blaschko

As linhas de Blaschko se referem à maneira pela qual os padrões dos nevos e afecções dermatológicas correlatas são distribuídas ou se desenvolvem ao longo de certos caminhos cutâneos preferidos. Elas não parecem corresponder a elementos vasculares ou neurais da pele e podem ser relacionadas aos limites do desenvolvimento mais iniciais de uma natureza em "mosaico".

ALTERAÇÕES DA PELE RELACIONADAS À IDADE

Dois fatores principais, cronológico e ambiental, estão envolvidos no envelhecimento da pele. Alterações cronológicas são de origem fisiológica ou intrínseca. Um importante fator ambiental é a exposição crônica ao sol, denominada fotoenvelhecimento: a ênfase é posta nas diferenças entre as duas porque o fotoenvelhecimento é, em certa extensão, evitável.

Envelhecimento intrínseco

Desde cerca da terceira década em diante, há alterações graduais na aparência e propriedades mecânicas da pele que refletem processos naturais de envelhecimento. Estes se tornam muito marcados na idade avançada. Envelhecimento normal é acompanhado por atrofia epidérmica e dérmica, que resulta em algumas mudanças na aparência, microestrutura e função da pele. As alterações incluem enrugamento, ressecamento, perda de elasticidade, adelgaçamento e tendência à púrpura com pequeno traumatismo. Atrofia da epiderme é expressa por adelgaçamento geral e perda das cristas epidérmicas basais com achatamento da junção dermoepidérmica, e isso resulta em redução na área de contato entre as duas, o que pode afetar a nutrição da epiderme. O achatamento da junção diminui a resistência a esforço tangencial, levando à má adesão da epiderme e sua separação em seguida a pequeno trauma. A espessura da camada cornificada não é reduzida na idade avançada, e suas características de permeabilidade parecem pouco afetadas. A atividade proliferativa epidérmica e a taxa de substituição celular declinam com a idade, sendo reduzidas até 50% na pele idosa. A síntese de vitamina D também é reduzida. Depois da meia-idade há um declínio de 10-20% no número de melanócitos, e as células de Langerhans se tornam mais esparsas, o que é associado com redução na responsividade imune. Despigmentação e perda de pelos, e alguns aumentos locais (supercílios, nariz e orelhas nos homens, e face e lábio superior nas mulheres) são observados comumente. Alterações nos não ceratinócitos podem ser agravadas pela exposição crônica à irradiação UV.

Alterações dérmicas são principalmente responsáveis pela aparência da pele envelhecida, sua rigidez, flacidez e enrugamento, e perda de extensibilidade e elasticidade. Sua espessura geral diminui como resultado do declínio na síntese de colágeno por uma população reduzida de fibroblastos, embora a proporção relativa de colágeno tipo III aumente. Elastose senil é uma condição degenerativa do colágeno que pode ser parcialmente devida à exposição excessiva ao sol. A vascularização da pele é reduzida, as alças capilares das papilas dérmicas são particularmente afetadas, e a tendência a pequenas hemorragias purpúricas espontâneas indica fragilidade geral da

microvasculatura cutânea. Ocorre diminuição na sensibilidade da percepção sensitiva associada com alguma perda de receptores especializados.

Fotoenvelhecimento

Fotoenvelhecimento é uma preocupação importante por causa de uma associação com câncer epidérmico. Os efeitos da exposição solar crônica sobre os melanócitos (estimuladores) e as células de Langerhans (destrutivos) são considerados conectados com a incidência crescente de melanoma maligno em alguns grupos de indivíduos, quando a redução na atividade de monitoramento de tumores pelas células de Langerhans pode ser um fator.

CURA DE FERIDAS E CICATRIZAÇÃO CUTÂNEAS

O ponto final da cura das feridas cutâneas em mamíferos é usualmente a formação de cicatriz. Cicatrizes cutâneas resultam da lesão à epiderme e à derme subjacente; embora a epiderme em grande parte se regenere, a arquitetura dérmica é anormal após reparação, e o padrão ondulado das cristas da rede (epidérmicas) na junção dermoepidérmica não é reproduzido. Não se sabe por que ocorre formação de cicatriz. Tecido cicatricial é biomecanicamente inferior à pele não ferida. Apêndices como folículos pilosos, glândulas sebáceas e sudoríferas, que são derivados da epiderme, não se regeneram após ferida. É possível que os seres humanos tenham evoluído para fechar feridas rapidamente, à custa da regeneração perfeita.

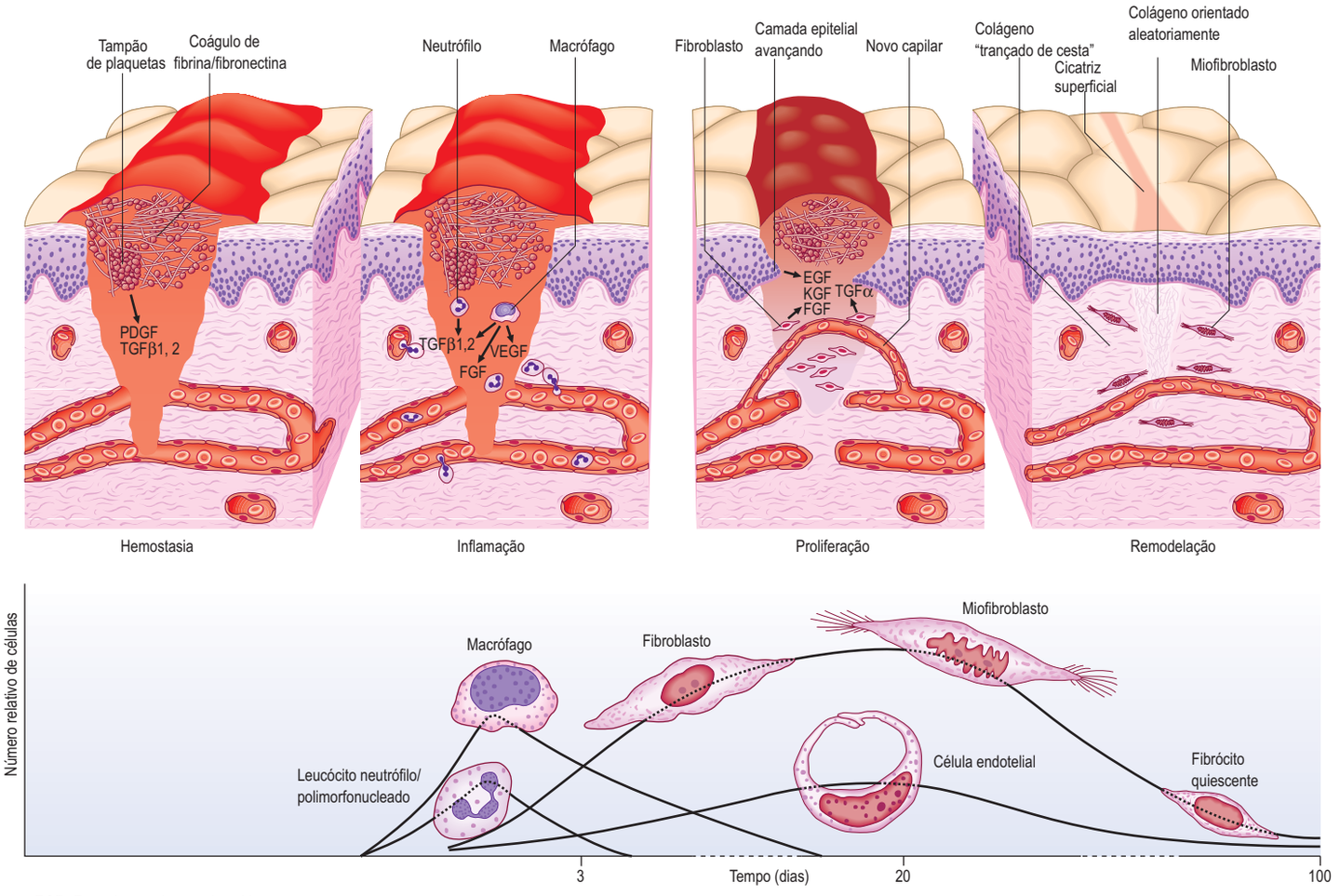
A biologia molecular do reparo cutâneo envolve a coordenação de numerosos tipos de células, moléculas de sinalização e proteínas da matriz. Muitos desses fatores são pleotrópicos nos seus efeitos, e é o complexo equilíbrio desses mediadores, em vez da sua ação individual, que determina eventos na reparação das feridas. A cura da ferida é muitas vezes considerada em quatro fases temporais que se superpõem: hemostasia, inflamação, proliferação e remodelação (Fig. 7.26). Esses eventos serão discutidos separadamente para clareza, embora essa seja uma divisão artificial dos complexos processos inter-relacionados que constituem a resposta de cura da ferida. Para leitura adicional, ver Miller e Nanchahal (2005).

HEMOSTASIA

Ferimento causando lesão vascular dá início à formação de coágulo de fibrina-fibronectina. O coágulo consiste em plaquetas (promovidas ao se agregarem ao colágeno tipos I e III) inclusas em uma malha de fibras de fibrina e fibronectina ligadas cruzadamente. Ele serve como um tampão hemostático, protege a ferida desnudada com um escudo físico temporário e forma uma matriz provisória através e sobre a qual as células migram durante o processo de reparação. O coágulo também atua como um reservatório de fatores de crescimento e citocinas, os quais são liberados quando as plaquetas se degranulam, e contribuem para recrutamento de células inflamatórias.

INFLAMAÇÃO

Neutrófilos e monócitos são recrutados para os locais de feridas dentro de minutos da lesão por uma variedade de sinais quimiotáticos, incluindo fatores do complemento, polissacarídeos bacterianos, citocinas e fatores de crescimento como fator de necrose tumoral (TNF) α, interleucina (IL)-1, fator de crescimento derivado das plaquetas (PDGF), fator de crescimento



EGF: Fator de crescimento de epiderme
KGF: Fator de crescimento de ceratinócitos
TGF: Fator de crescimento de transformação
FGF: Fator de crescimento de fibroblastos
VEGF: Fator de crescimento endotelial vascular
PDGF: Fator de crescimento derivado das plaquetas

Fig. 7.26 Ilustração esquemática dos processos envolvidos na cura de uma ferida cutânea normal.

de transformação (TGF) α e TGF-β1,2, fatores básicos de crescimento de fibroblastos (bFGF/FGF-2), serotonina e proteína quimiotática para monócitos 1 (MCP-1).

Os neutrófilos atuam contra bactérias contaminantes. Os monócitos se diferenciam para macrófagos que fagocitam não apenas organismos patogênicos, mas também neutrófilos esgotados, detritos celulares e da matriz. Tanto neutrófilos quanto macrófagos atuam como fonte adicional de citocinas e fatores de crescimento para amplificar estímulos já presentes no local da ferida. Macrófagos são também uma fonte de fatores adicionais como TFGβ, FGF e fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), que ativam fibroblastos residentes, células endoteliais e ceratinócitos, os quais por sua vez são centrais para os processos de reepitelização e formação de tecido de granulação, conforme discutido adiante.

PROLIFERAÇÃO

A fase de proliferação da cura da ferida envolve reepitelização e formação de tecido de granulação que têm lugar mais ou menos simultaneamente.

Reepitelização

A reepitelização começa dentro de horas do ferimento como resultado da migração e proliferação de ceratinócitos a partir dos bordos da ferida e dos apêndices cutâneos. Citocinas como fator de crescimento epidérmico (EGF), FGF, fator de crescimento de ceratinócitos (KGF, FGF-7), fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IFG-1) e TGFα são liberados por fibroblastos e ceratinócitos ativados, e estimulam o processo de reepitelização. Os mecanismos de migração dos ceratinócitos não são completamente compreendidos, embora a ruptura de desmossomos e hemidesmossomos, contato com a matriz extracelular, formação de filamentos de actina citoplasmáticos e degradação da matriz de fibrina sejam provavelmente importantes. Há evidência de que a expressão pelos ceratinócitos de metaloproteinases de matriz (MMPs) esteja associada com a reepitelização. Durante essa fase da cura da ferida cutânea, admite-se que a proliferação dos ceratinócitos seja regulada para cima depois que a migração começou; células se dividindo e migrando são encontradas primeiro nas camadas de ceratinócitos suprabasais, depois nas basais. A atividade de MMP é regulada pela produção de inibidores teciduais de MMPs (TIMPs), e um desequilíbrio relativo, com regulação para cima de certas MMPs, pode ser associado com cura prejudicada da ferida. Quando a superfície desnudada da ferida foi coberta por monocamada de ceratinócitos, a migração cessa. Epiderme estratificada com lâmina basal subjacente é restabelecida a partir das margens da ferida para dentro. Fibrilas de ancoragem ligando a lâmina basal ao tecido conjuntivo subjacente marcam a maturidade da neoepiderme.

Formação de tecido de granulação

Tecido de granulação designa a aparência macroscópica do tecido conjuntivo da ferida, que aparece róseo e granuloso. Ele contém numerosos capilares que invadem o coágulo inicial da ferida e se tornam organizados em uma rede microvascular (angiogênese), juntamente com as células e moléculas necessárias para estimular a deposição de neomatriz. A angiogênese é um processo complexo, promovido por interações dinâmicas entre células endoteliais, citocinas angiogênicas (incluindo FGF-2, VEFG [principalmente a partir dos ceratinócitos], PDGF e TGFβ1,2) e o ambiente da matriz extracelular.

Estudos de microscopia eletrônica mostraram que epiderme, lâmina basal e derme papilar se desenvolvem sobre a superfície do tecido de granulação. Feridas que deixam de granular não se curam satisfatoriamente, sugerindo que a formação de tecido de granulação é um aspecto-chave da reparação da ferida. Granulação excessiva também se associa com reepitelização retardada.

Os fibroblastos ativados na ferida em cura proliferam em resposta a fatores de crescimento, notadamente TGFβ1, IGF-1, PDGF, FGF e EGF. Dentro de 72 horas da lesão, esses fibroblastos sintetizam componentes da nova matriz extracelular, os quais são depositados em uma sequência ordenada. A neomatriz inicialmente inclui fibronectina e ácido hialurônico, que formam um substrato provisório para migração celular. A fibronectina atua como um local de iniciação para fibrilogênese colágena e como ancoragem para miofibroblastos efetuarem contração da ferida. Ácido hialurônico forma uma matriz altamente hidratada que é facilmente penetrada pelas células em migração. Afinal, esses e outros componentes da neomatriz são substituídos, primeiro por colágeno tipo III e subsequentemente por colágeno tipo I, o que confere resistência à cicatriz madura (ver remodelação, adiante). Proteínas não estruturais como tenascina também são encontradas na neomatriz das feridas em cura e fornecem sinais que orquestram o processo de reparação.

A celularidade diminui durante a evolução do tecido de granulação para uma cicatriz madura (e durante outras fases da cura da ferida), principalmente como resultado de apoptose.

REMODELAÇÃO

A remodelação da matriz extracelular é importante durante todo o processo de cura da ferida e persiste por algum tempo após o fechamento do defeito. Os fibroblastos são responsáveis pela remodelação, bem como pela deposição da matriz. Inicialmente, eles substituem ácido hialurônico na neomatriz por proteoglicanos sulfatados, como decorin, biglican e versican, os quais contribuem para a resiliência do tecido. Resistência aumentada da ferida coincide com deposição de novo colágeno. Aproximadamente três semanas depois da lesão, a degradação e a síntese de colágeno se equilibram; aumentos subsequentes mais graduais na resistência da ferida refletem a remodelação do colágeno, com a formação de ligações cruzadas intermoleculares e maiores feixes colágenos. A maturação da cicatriz é associada com aumentos proporcionais no colágeno tipo I em relação ao colágeno tipo III. As fibras colágenas da derme nas cicatrizes são dispostas de maneira irregular, e a pele cicatrizada só atinge resistência máxima à tração de cerca de 70% da pele não ferida.

Contração da ferida

Uma parte importante da remodelação é a contração da ferida. Uma vez que o tecido de granulação tenha sido depositado, uma proporção dos fibroblastos ativados se transforma em miofibroblastos, os quais desempenham um papel-chave na contração da ferida: admite-se que eles gerem forças que tracionam os tecidos dérmico e adiposo normais para o defeito da ferida.

CURA DE FERIDA SEM CICATRIZ

As feridas se curam com formação reduzida ou ausente de cicatriz em certas circunstâncias, notadamente feridas cutâneas no feto inicial. O desenvolvimento de resposta inflamatória em um local de ferida parece ser um determinante importante de que ocorrerá formação de cicatriz. Cura de ferida fetal sem cicatriz é caracterizada por menor número de células inflamatórias (as quais são menos diferenciadas do que suas contrapartes adultas e permanecem na ferida durante um tempo mais curto), reepitelização rápida, angiogênese reduzida e restauração da arquitetura de tecido conjuntivo na qual o colágeno está arranjado no padrão reticular comum.

Um período de transição ontogênica, durante o qual a cura cutânea muda de sem cicatriz para formadora de cicatriz, foi identificado no terceiro trimestre da gestação. Estudos desse período de transição conduziram à identificação de moléculas de importância-chave no processo de cicatrização; o fator mais extensamente caracterizado até agora é TFGβ. Três isoformas de TGFβ de mamífero foram identificadas, TGFβ-1, 2 e 3. Comparações de feridas fetais isentas de cicatriz e adultas formadoras de cicatriz mostram que TFGβ-1 e 2 não estão presentes em feridas fetais, sugerindo que a cura de ferida sem cicatriz é associada com atividade de TFGβ-3, em vez de TGFβ-1 e 2. As isoformas β-1 e 2 são dominantes em feridas fetais, neonatais e adultas que formam cicatrizes. As principais fontes de TGFβ-3 são fibroblastos e ceratinócitos, enquanto TGFβ-1 e 2 são produzidos a partir de plaquetas em desgranulação e subsequentemente de monócitos e macrófagos: os baixos níveis de TGFβ-1 vistos nas feridas fetais foram atribuídos a uma falta relativa de desgranulação de plaquetas e formação de coágulo de fibrina.

ENXERTOS E RETALHOS DE PELE

Um enxerto é um pedaço de tecido que foi destacado do seu suprimento sanguíneo e por essa razão necessita, para sobreviver, reobter um suprimento sanguíneo do leito no qual ele é colocado. Em contraste, um retalho é um pedaço de tecido levantado cirurgicamente e transferido de uma localização no corpo para outra enquanto é mantido seu suprimento sanguíneo, o qual entra pela base (pedículo) do retalho quando ele é transplantado.

ENXERTOS

Enxertos podem ser compostos de pele, gordura, fáscia ou osso, separadamente ou juntos, como um pedaço composto de tecido. Os enxertos de pele podem ser enxertos de espessura total ou enxertos de espessura parcial. Os enxertos de espessura total consistem na epiderme e a espessura inteira da derme. Os enxertos de espessura parcial consistem na epiderme e uma quantidade variável da derme. Uma diferença essencial é que o local doador após a colheita de um enxerto de espessura total não possui nenhum elemento

epidérmico a partir do qual nova pele possa se regenerar. Esses enxertos portanto tendem a ser colhidos de locais do corpo onde o defeito doador pode ser fechado primariamente. O local doador de enxerto de espessura parcial contém remanescentes anexiais (folículos pilosos em particular) que têm propensão a se dividir e regenerar nova epiderme e assim ressuperficializar o defeito doador.

A revascularização dos enxertos é dependente da conexão precoce e direta entre vasos do hospedeiro e do enxerto (inosculação), antes da qual a sobrevida do enxerto depende da absorção de líquido (embebição). A revascularização, que ocorre tão precocemente quanto 48 horas, é tanto por anastomose, na qual as extremidades secionadas de vasos preexistentes no enxerto se conectam com vasos do leito subjacente da ferida, quanto por neovascularização, que envolve o crescimento invasivo angiogênico *de novo* de vasos a partir do leito da ferida para o enxerto. Durante as duas primeiras semanas, vasos sanguíneos do receptor invadem as margens do enxerto ao longo de canais vasculares prévios, na direção de um estímulo isquêmico, enquanto a vasculatura nativa do enxerto começa a regredir. Células progenitoras endoteliais aparecem e parecem desempenhar um papel importante na formação de vasos sanguíneos, atraídas por gradientes isquêmicos. Ocorre inosculação, restaurando fluxo sanguíneo para a microcirculação do enxerto. Pelo começo da terceira semana, fluxo sanguíneo completo na vasculatura do enxerto terá sido estabelecido e, na ausência de um estímulo isquêmico continuado, a neovascularização termina.

RETALHOS

Os retalhos são denominados de acordo com o tipo de tecido transferido, por exemplo, um retalho fasciocutâneo contém pele e fáscia, e um retalho musculocutâneo contém músculo e a pele sobrejacente, enquanto um retalho de pele, um retalho fascial ou um retalho muscular contém apenas o elemento separado que o seu nome significa. O suprimento sanguíneo para um retalho de pele pode ser orientado ao acaso, o que limita as proporções de comprimento para largura do retalho a não mais que 2:1 (exceto na face, onde retalhos mais longos podem ser levantados). Retalhos muito mais longos podem ser levantados em outros locais se o suprimento sanguíneo para o retalho for uma artéria e veia cutânea direta: esses são chamados de retalhos de padrão axial.

Um retalho livre (transferência de tecido livre) é um tipo específico de retalho no qual o tecido, quer pele, fáscia, músculo, osso ou uma combinação deles, é completamente removido da sua localização original no corpo juntamente com uma única artéria e veia identificável e transferido para um local distante. Os vasos sanguíneos no retalho são anastomosados a vasos localizados no novo local usando-se técnicas microcirúrgicas. (As perfurantes arteriais no membro inferior são descritas no Cap. 9.)

REFERÊNCIAS

Borges AF 1984 Relaxed skin tension lines (RSTL) versus other skin lines. Plast Reconstr Surg 73: 144–50.
Minirrevisão das linhas cutâneas, que também destaca as falhas na utilização de algumas dessas linhas no planejamento de incisões eletivas na pele.

Byrne C, Hardman M, Nield K 2002 Covering the limb – formation of the integument. In: Lane EB, Tickle C (eds) Symposium issue: how to make a hand. J Anat 1: 113–24.
Pontos de vista atuais sobre a diferenciação da pele e de seus anexos durante a embriogênese.

Ghazizadeh S, Taichman LB 2005 Organization of stem cells and their progeny in human epidermis. J Invest Dermatol 124: 367–72.

Goding CR 2007 Melanocytes: the new black. Int J Biochem Cell Biol 39: 275–9.

Gu L-H, Coulombe PA 2007 Keratin function in skin epithelia: a broadening palette with surprising shades. Curr Op Cell Biol 19: 13–23.

Holbrook KA, Odland GF 1980 Regional development of the human epidermis in the first trimester embryo and the second trimester fetus (ages related to the timing of amniocentesis and fetal biopsy). J Dermatol 4(3): 161–8.

Irvine AD, McLean WHI 1999 Human keratin diseases: increasing spectrum of disease and subtlety of phenotype–genotype correlation. Br J Dermatol 140: 815–28.
Revisão da base molecular dos distúrbios cutâneos e de outros tecidos epiteliais que são resultado de anormalidades nos genes da queratina.

Miller M-C, Nanchahal J 2005 Advances in the modulation of cutaneous wound healing and scarring. Biodrugs 19: 363–381.

Montagna W, Kligman AM, Carlisle KS 1992 Atlas of Normal Human Skin. New York: Springer-Verlag.

Niemann C, Watt FM 2002 Designer skin: lineage commitment in postnatal epidermis. Trends Cell Biol 12 (4): 185–92.
Resumo da compreensão atual da biologia da celula tronco epidérmica e compromisso com vias alternativas de diferenciação.

Schweizer J, Bowden PE, Coulombe PA, Langbein L, Lane EB, Magin TM, Maltais L, Omary MB, Parry DAD, Rogers MA, Wright MW 2006 New consensus nomenclature for mammalian keratins. J Cell Biol. 174: 169–74.

Szeder V, Grim M, Halata Z, Sieber-Blum M 2003 Neural crest origin of mammalian Merkel cells. Dev Biol 253: 258–63.

SEÇÃO
2

EMBRIOGÊNESE

8 Desenvolvimento pré-implantação 167
Estagiamento dos embriões 167
Fecundação 168
Fecundação *in utero* 169
Desenvolvimento pré-implantação 169
Clivagem 169
Blastocisto 171
Fixação à parede uterina 172
Implantação ectópica 172
Gemelaridade 172
Formação dos tecidos extraembrionários 172
Epiblasto e cavidade amniótica 172
Hipoblasto e saco vitelino 173
Mesoblasto extraembrionário 173

9 Implantação e placentação 175
Implantação 175
Desenvolvimento da placenta 176
Crescimento da placenta 176
Placa coriônica 177
Placa basal 177
Membranas fetais 180
Córion 180
Saco vitelino 180
Alantoide 180
Âmnio (cório-âmnio) 180
Líquido amniótico 181
Cordão umbilical 181

10 Populações de células na gastrulação 183
Concepto com um disco embrionário bilaminar 183
Linha primitiva e nó primitivo 183
Posição e tempo de ingresso através da linha primitiva 184
Placa precordal 184
Notocorda 184
Eminência caudal 184
Endoderma embrionário 184
Mesoblasto intraembrionário (mesênquima) 186
Ectoderma embrionário 186
Células germinativas primordiais 186
Disco trilaminar 186
Dobramento do embrião 186
Formação do celoma intraembrionário 189
Populações de células embrionárias na gastrulação 189
Epitélios 189
Mesênquima 189
Matriz extracelular 190

11 Indução embrionária e divisão celular 193
Indução embrionária e divisão celular 193
Interações teciduais 193
Sinalização entre células e tecidos embrionários 194
Morfogênese e formação de padrões 194
Genes Hox no desenvolvimento 195
Abordagens experimentais da embriologia 195

12 Populações celulares no início da organogênese 197
Determinação dos eixos e planos do corpo 197
Populações de células embrionárias no início da organogênese 197
Populações epiteliais do embrião 198
Ectoderma superficial 198
Anel ectodérmico e placodes ectodérmicos 198
Ectoderma neural 198
Notocorda 198
Endoderma 199
Epitélio celômico 199
Populações mesenquimais do embrião 199
Mesênquima axial 199
Mesênquima paraxial 201
Septo transverso 201
Crista neural 201
Placa lateral 201
Mesênquima intermediário 203
Mesênquima angioblástico 203

13 Circulação embrionária primitiva 205
Artérias embrionárias 206
Artérias somáticas 206
Artérias umbilicais primitivas 206
Artérias esplâncnicas laterais 206
Artérias esplâncnicas ventrais 207
Veias embrionárias 207
Veias vitelinas 207
Veias umbilicais primitivas 207
Veias cardinais e complexos venosos somáticos 207
Desenvolvimento posterior das veias somáticas 208
Vasos linfáticos embrionários 209
Linfonodos e tecidos linfoides 209

14 Desenvolvimento pré e pós-natal 211
Estágios pré-natal 211
Estágios embrionários 211
Estágios fetais 211
Estágios obstétricos 213
O neonato 214
Medidas neonatais e período de duração *in utero* 216
Integração dos tipos de crescimento durante o desenvolvimento 217
Crescimento *in utero* 217
Crescimento durante a infância 218
Explosão de crescimento durante a adolescência 219

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
8

Desenvolvimento pré-implantação

A compreensão dos processos espaciais e temporais do desenvolvimento que ocorrem no interior de um embrião à medida que ele se desenvolve, passando de uma única célula até um ser humano reconhecível, é o desafio da embriologia. O controle desses processos está localizado no genoma: questões fundamentais relacionadas aos genes e às interações envolvidas no desenvolvimento ainda permanecem sem resposta.

ESTAGIAMENTO DOS EMBRIÕES

Com o intuito de facilitar o estudo da embriologia, a vida pré-natal foi dividida em dois períodos: embrionário e fetal. O período embrionário abrange as primeiras oito semanas do desenvolvimento (as semanas que sucedem à ovulação e à fecundação). Inicialmente, a idade de embriões humanos em estágio inicial era estimada comparando o seu desenvolvimento ao de embriões de macacos com idades pós-ovulação conhecidas. Por esses embriões se desenvolverem em velocidades diferentes e atingirem pesos e tamanhos finais diferentes, Streeter (1942) elaborou com sucesso uma classificação para os embriões humanos. Tal classificação consiste em 23 estágios que ocorrem durante as primeiras oito semanas após a ovulação. O'Rahilly & Müller (1987) deram continuidade a essa tarefa. Inicialmente, determinou-se o estágio de um embrião comparando o seu desenvolvimento ao de outros embriões. Com base na correlação entre as histórias menstruais maternas individuais e as idades conhecidas do desenvolvimento de embriões de macacos, foram construídas tabelas de crescimento, de modo que o tamanho de um embrião (especificamente, seu maior comprimento) pudesse ser utilizado para predizer sua idade em dias pós-ovulação (um sinônimo de dias pós-fecundação). O'Rahilly & Müller (2000) destacam que os estágios estão baseados em critérios morfológicos internos e externos, e não no comprimento ou na idade. O exame ultrassonográfico de embriões *in vivo* tornou necessária a revisão de algumas das idades relacionadas aos estágios, e atualmente se acredita que os embriões dos estágios 6-16 sejam de 3 a 5 dias mais velhos que as estimativas embriológicas utilizadas no passado (O'Rahilly & Müller 1999). Nesse sistema de estagiamento, a vida do embrião tem início com a fecundação no estágio 1. O estágio 2 compreende desde o embrião com duas células, que se desenvolve e passa pelas fases de compactação e separação inicial, até o surgimento da blastocele. A Figura 8.1

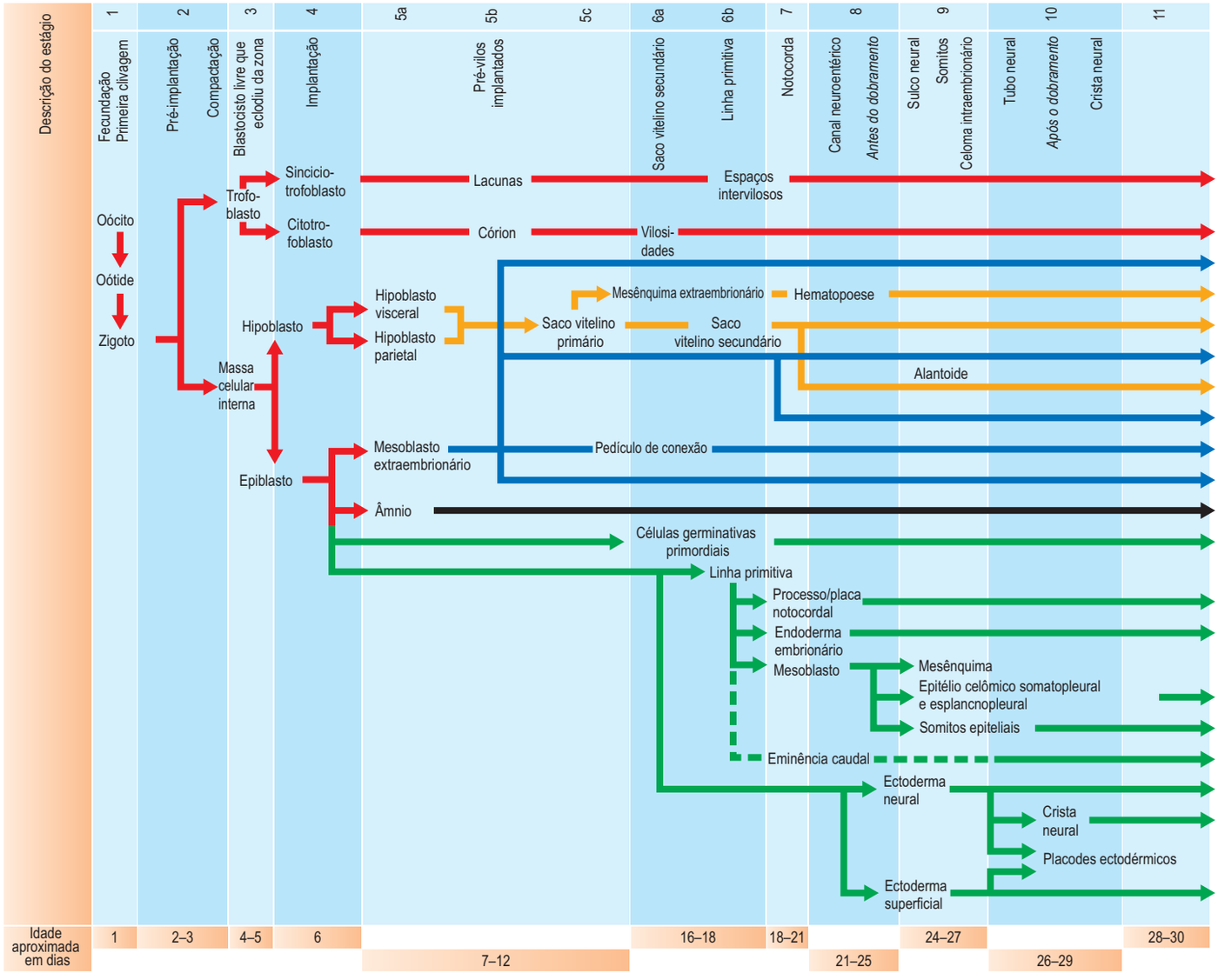


Fig. 8.1 Processos do desenvolvimento que ocorrem nos 10 primeiros estágios do desenvolvimento. Nos estágios iniciais, uma série de escolhas binárias determina as linhagens celulares. Em geral, os primeiros estágios estão relacionados com a formação dos tecidos extraembrionários, enquanto os estágios finais estão voltados para a formação dos tecidos embrionários.

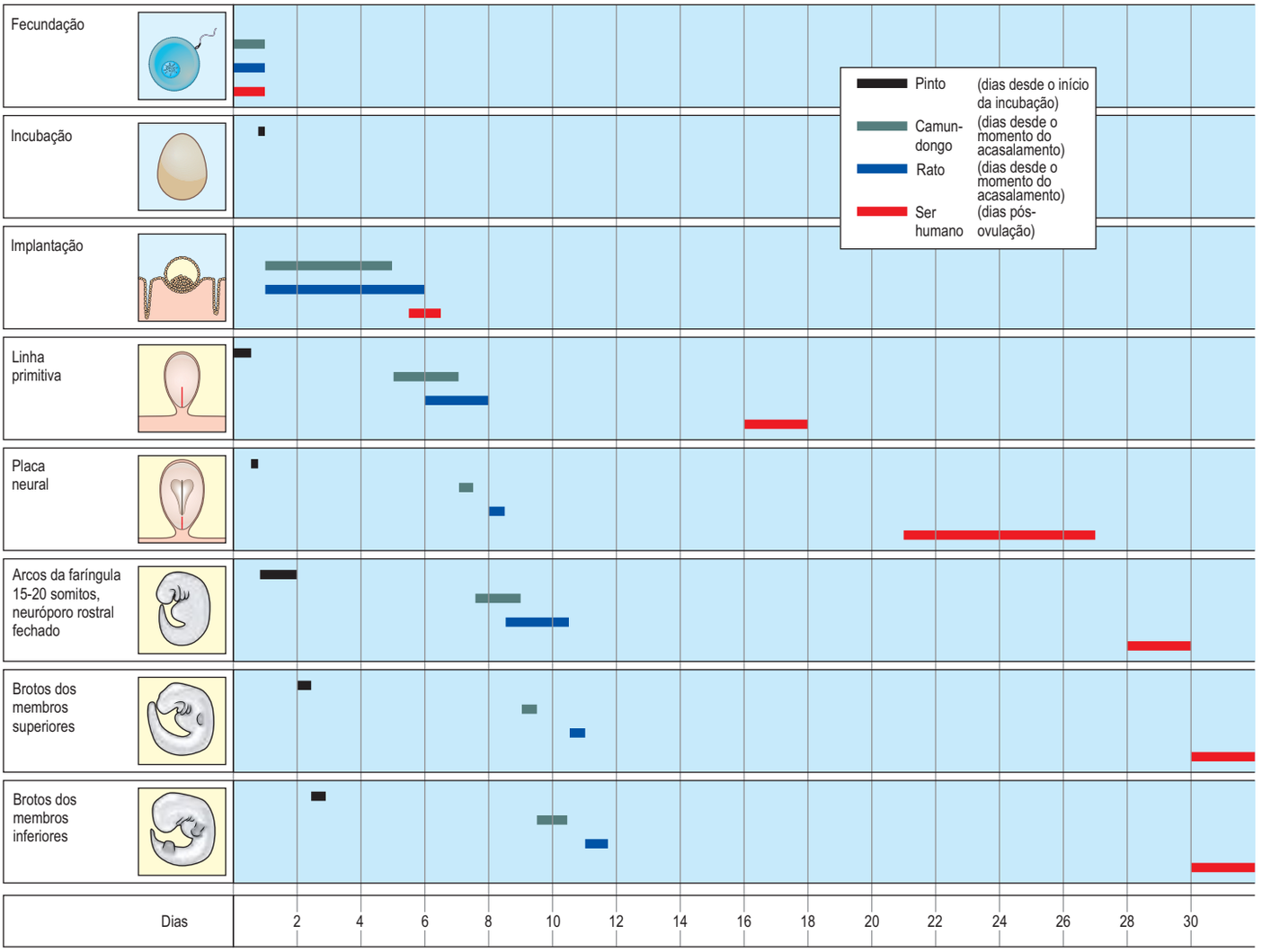


Fig. 8.2 Dentro da biologia do desenvolvimento, as evidências relacionadas com a natureza dos processos de desenvolvimento foram obtidas principalmente dos estudos de embriões de vertebrados, na maioria das vezes de embriões amniotas de pinto, camundongo e rato. Este quadro traz uma escala de tempo comparativa entre o desenvolvimento desses animais e o do ser humano.

mostra os processos do desenvolvimento que ocorrem durante os 10 estágios iniciais da vida embrionária.

Grande parte do nosso conhecimento sobre os processos iniciais do desenvolvimento provém de estudos experimentais com embriões de amniotas, especialmente de pintos, camundongos e ratos. A Figura 8.2 mostra as escalas de tempo comparativas do desenvolvimento dessas espécies e do ser humano até o estágio 12. A Figura 8.3 mostra o tamanho e a idade, em dias pós-ovulação, do desenvolvimento humano desde o estágio 10 até o estágio 23.

As informações sobre a idade do desenvolvimento após o estágio 23 (oito semanas pós-ovulação) são mostradas na Figura 14.3, na qual o estagiamento do desenvolvimento utilizado neste livro é comparado com a estimativa obstétrica da gestação que é utilizada na clínica. O Capítulo 14 traz uma análise crítica da terminologia do estagiamento e dos riscos do uso simultâneo das idades gestacional e embriológica. A Figura 14.7 ilustra o tamanho e a idade dos fetos perto do final da gestação.

FECUNDAÇÃO

A característica central da reprodução é a fusão dos dois pró-núcleos dos gametas na fecundação. Nos humanos, os gametas masculinos correspondem aos espermatozoides, que são produzidos da puberdade em diante. Os gametas femininos são liberados de modo cíclico como oócitos secundários na segunda metáfase da meiose. Em geral, um único gameta feminino é liberado por ciclo. O sinal para o término da segunda divisão meiótica é a fecundação, que estimula a retomada da divisão celular. Dessa forma, a meiose completa-se e ocorre a extrusão do segundo corpo polar (o segundo conjunto de cromossomos meióticos excedentes).

Em geral, a fecundação ocorre na ampola da tuba uterina, provavelmente até 24 horas após a ovulação. Poucos espermatozoides alcançam a ampola para realizar a fecundação. Eles precisam sofrer capacitação, um processo ainda não totalmente compreendido que pode envolver modificações dos esteróis da membrana ou de proteínas da superfície. Os espermatozoides atravessam o cúmulo oóforo e a coroa radiada e, em seguida, ligam-se a receptores glicoproteicos específicos da zona pelúcida – ZP3 e ZP2. A interação do ZP3 com a cabeça do espermatozoide induz a reação acrossômica, na qual a fusão de membranas da cabeça do espermatozoide libera enzimas, como a acrosina, que ajudam a digerir a região ao redor da cabeça do espermatozoide. Isso permite que o espermatozoide alcance o espaço perivitelino. Neste espaço, o espermatozoide funde-se nos microvilos do oócito, provavelmente com a ajuda de peptídeos: duas desintegrinas da cabeça do espermatozoide e uma integrina do oolema (Figs. 8.4 e 8.5A).

A fusão do espermatozoide com o oolema produz uma despolarização fraca na membrana e uma onda de cálcio, que é desencadeada pelo espermatozoide no local da fusão e espalha-se pelo óvulo em 5 a 20 segundos. A onda de cálcio amplifica o sinal local do ponto de interação espermatozoide-oócito e o distribui por todo o citoplasma do oócito. O aumento da concentração de cálcio é o sinal que leva o oócito a retomar a divisão celular. Dessa forma, a meiose II é concluída e tem início o programa de desenvolvimento que leva à embriogênese. Os pulsos de cálcio intracelular que ocorrem em intervalos de poucos minutos durante as primeiras horas do desenvolvimento também desencadeiam a fusão dos grânulos corticais com o oolema. Os grânulos corticais liberam uma enzima que hidrolisa o receptor ZP3 da zona pelúcida e, dessa forma, impede que outros espermatozoides se liguem a esse receptor e sofram a reação acrossômica. Como consequência, a polispermia é bloqueada. A secreção dos grânulos corticais também pode modificar a camada vitelina e o oolema, tornando-os menos suscetíveis à fusão espermatozoide-oócito, o que reforça o bloqueio à polispermia.

A cabeça do espermatozoide sofre a transformação protamina → histona enquanto o segundo corpo polar é expulso. Os dois pró-núcleos

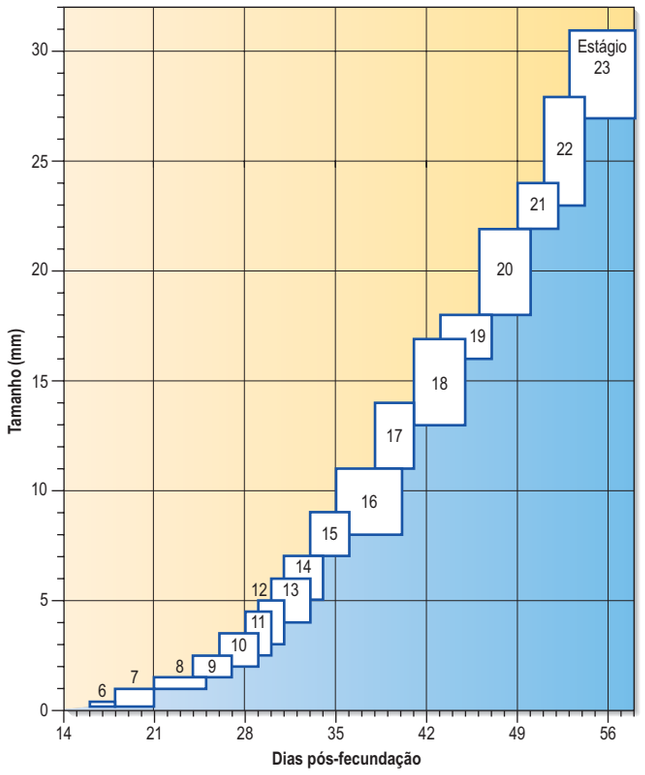


Fig. 8.3 Desenvolvimento humano desde o estágio 10 até o estágio 23. Neste gráfico, o maior comprimento do embrião em milímetros está representado na ordenada e a idade do embrião em semanas pós-fecundação está representada na abscissa com estágios superpostos de acordo com as informações atuais. (Dados fornecidos como cortesia pelo professor R. O'Rahilly.)

Fecundação *in vitro*

A fecundação *in vitro* de gametas humanos (FIV) é uma maneira bem-sucedida de vencer a maioria das formas de infertilidade. A estimulação controlada dos ovários (p. ex., a infrarregulação da hipófise com o uso de análogos hiperativos do hormônio liberador de gonadotrofinas, seguida da estimulação com hormônio folículo-estimulante purificado ou gonadotrofinas urinárias menopáusicas) permite que muitos oócitos pré-ovulatórios (frequentemente 10 ou mais) sejam recrutados e amadureçam. Na etapa seguinte, eles são aspirados por via laparoscópica ou transvaginal com o auxílio do ultrassom, 34 a 38 horas após uma injeção de gonadotrofina coriônica humana (que é administrada para imitar o pico do hormônio luteinizante). Em seguida, esses oócitos são incubados de um dia para o outro com espermatozoides móveis em um meio de cultura especialmente formulado a fim de se obter uma fecundação *in vitro* bem-sucedida. Nos casos de infertilidade masculina grave, em que não há espermatozoides normais suficientes para a fecundação *in vitro*, pode-se injetar espermatozoides individuais diretamente no oócito – um processo conhecido como injeção intracitoplasmática de espermatozoides e que é tão bem-sucedido quanto a fecundação *in vitro* de rotina. Nos casos em que não há espermatozoides no material ejaculado, às vezes é possível aspirar material diretamente do epidídimo ou coletá-lo cirurgicamente dos testículos. Os espermatozoides assim obtidos são utilizados na injeção intracitoplasmática de espermatozoides. Atualmente também é possível, em alguns casos, verificar a presença de anormalidades genéticas ou cromossômicas específicas nos embriões – um processo conhecido como diagnóstico genético pré-implantação. Uma amostra (biópsia) é retirada do corpo polar do oócito, do próprio embrião (um blastômero) ou do blastocisto (um pequeno pedaço de trofoectoderma) e submetida a um exame genético específico. Dessa forma, os embriões não afetados podem ser identificados e transferidos para a paciente. Os embriões excedentes, ou seja, aqueles que não são necessários no procedimento terapêutico imediato, podem ser criopreservados em nitrogênio líquido para uso posterior. O propanediol ou o dimetilsulfóxido são utilizados como crioprotetores na preservação dos embriões em estágios iniciais, e o glicerol é empregado na preservação dos blastocistos. As taxas de concepção por ciclo com o uso de estimulação ovariana, fecundação *in vitro* e transferências sucessivas de embriões frescos e criopreservados ultrapassam muito aquelas obtidas na concepção não assistida.

DESENVOLVIMENTO PRÉ-IMPLANTAÇÃO

Clivagem

Clivagem é o termo utilizado para se referir às primeiras divisões do zigoto. Elas dividem o citoplasma em partes aproximadamente iguais entre os blastômeros filhos, por isso, apesar de o número de células do embrião em estágio de pré-implantação aumentar, sua massa total diminui um pouco (Fig. 8.6). O ciclo celular é muito longo: os dois primeiros ciclos celulares duram cerca de 24 horas cada, e os seguintes duram de 12 a 18 horas. A divisão celular é assíncrona e as células filhas podem manter entre si uma ligação citoplasmática, por meio de um corpo intermediário, durante a maior parte do ciclo celular subsequente, como consequência do término atrasado da citocinese. Os centríolos só aparecem quando 16 a 32 células podem ser vistas, mas há um material pericentriolar amorfo que atua na organização dos fusos mitóticos, cuja forma, neste momento, se assemelha mais a um barril que a um fuso.

Todas as clivagens que ocorrem após a fecundação dependem da síntese contínua de proteínas. Em contrapartida, os primeiros ciclos, até o surgimento de oito células, não dependem da síntese de RNAm. Dessa fase em diante, a inibição experimental da transcrição bloqueia a divisão e o desenvolvimento posteriores, o que indica a necessidade da ativação do genoma embrionário. Há também evidências diretas da síntese de proteínas codificadas pelo embrião neste momento. À medida que os genes do embrião se tornam ativos e essenciais, o RNAm previamente funcional e derivado da mãe é destruído. Contudo, a proteína produzida com os moldes maternos continua presente pelo menos durante o crescimento do blastocisto. A parada espontânea do desenvolvimento de embriões cultivados *in vitro* parece ocorrer durante o ciclo celular associado à ativação dos genes, mas ela não é causada pela falência total desse processo de ativação. As clivagens iniciais, até a formação de oito células, requerem piruvato ou lactato como substratos metabólicos, mas a partir daí aumenta a quantidade de glicose metabolizada e pode ser necessário aumentar sua quantidade.

Tipos diferentes de células podem ser identificados pela primeira vez quando o embrião em clivagem possui de 8 a 16 células. Até a formação de oito células, as células são basicamente esféricas, tocam-se levemente e não há junções intercelulares especializadas ou uma quantidade significativa de matriz extracelular. O citoplasma de cada célula está organizado de modo radial e simétrico ao redor do núcleo que ocupa a posição central. Assim que as oito células se formam, ocorre um processo de compactação. As células achatam-se umas contra as outras a fim de maximizar o contato intercelular, iniciam a formação de junções comunicantes

crescem, movem-se juntos e condensam-se, preparando-se assim para a singamia e a clivagem, após 24 horas (Fig. 8.5B). O RNAr nucleolar e talvez parte do RNAm são sintetizados nos pró-núcleos. Uma série de clivagens sucessivas produz oito blastômeros de mesmo tamanho quando se completam dois dias e meio. Nesse momento, o RNAm do embrião começa a ser transcrito.

Já foram descritos vários exemplos de células que contêm pró-núcleos masculino e feminino, denominados oótides. Não ocorre fusão dos pró-núcleos: o envoltório de cada pró-núcleo desaparece e os dois grupos de cromossomos posicionam-se sobre o primeiro fuso de clivagem. Não há a formação de um zigoto verdadeiro, com um núcleo envolto por membrana.

A presença dos pró-núcleos de ambos os pais é crucial para a organização espacial e para o crescimento controlado de células, tecidos e órgãos. Nos camundongos, o embrião cujo pró-núcleo paterno foi retirado e substituído por um segundo pró-núcleo materno que se desenvolve até um estágio relativamente avançado (25 somitos), mas com um desenvolvimento limitado do trofoblasto e dos tecidos extraembrionários. Por outro lado, o embrião cujo pró-núcleo materno foi substituído por um segundo pró-núcleo paterno se desenvolve muito pouco, e formam-se embriões com apenas seis a oito somitos, mas com um trofoblasto grande. Assim, parece que o genoma materno é relativamente mais importante para o desenvolvimento do embrião, enquanto o genoma paterno é essencial para o desenvolvimento dos tecidos extraembrionários que levam à formação da placenta.

Essa não equivalência funcional entre os cromossomos homólogos parentais é denominada impressão parental (do inglês *parental imprinting*). O processo faz com que a expressão de determinados genes seja dependente de sua origem parental: alguns genes estão expressos apenas no cromossomo herdado da mãe, e outros apenas no cromossomo herdado do pai. Os genes envolvidos são chamados de genes impressos (do inglês *imprinted genes*). A necessidade de ambos os genomas parentais é limitada a um subgrupo de cromossomos. A dissomia uniparental pode ter origem em eventos não disjuncionais mitóticos e meióticos, e resulta em indivíduos que são completamente dissômicos ou que exibem um mosaico de células dissômicas e não dissômicas. Se os genes impressos estiverem nos cromossomos afetados por essa condição, as células dissômicas uniparentais expressarão uma dose dupla do gene ou terão ambas as cópias inibidas. Por exemplo, o gene que codifica um mitógeno embrionário conhecido como fator de crescimento semelhante à insulina, tipo II, está expresso no cromossomo herdado do pai e inibido no cromossomo herdado da mãe.

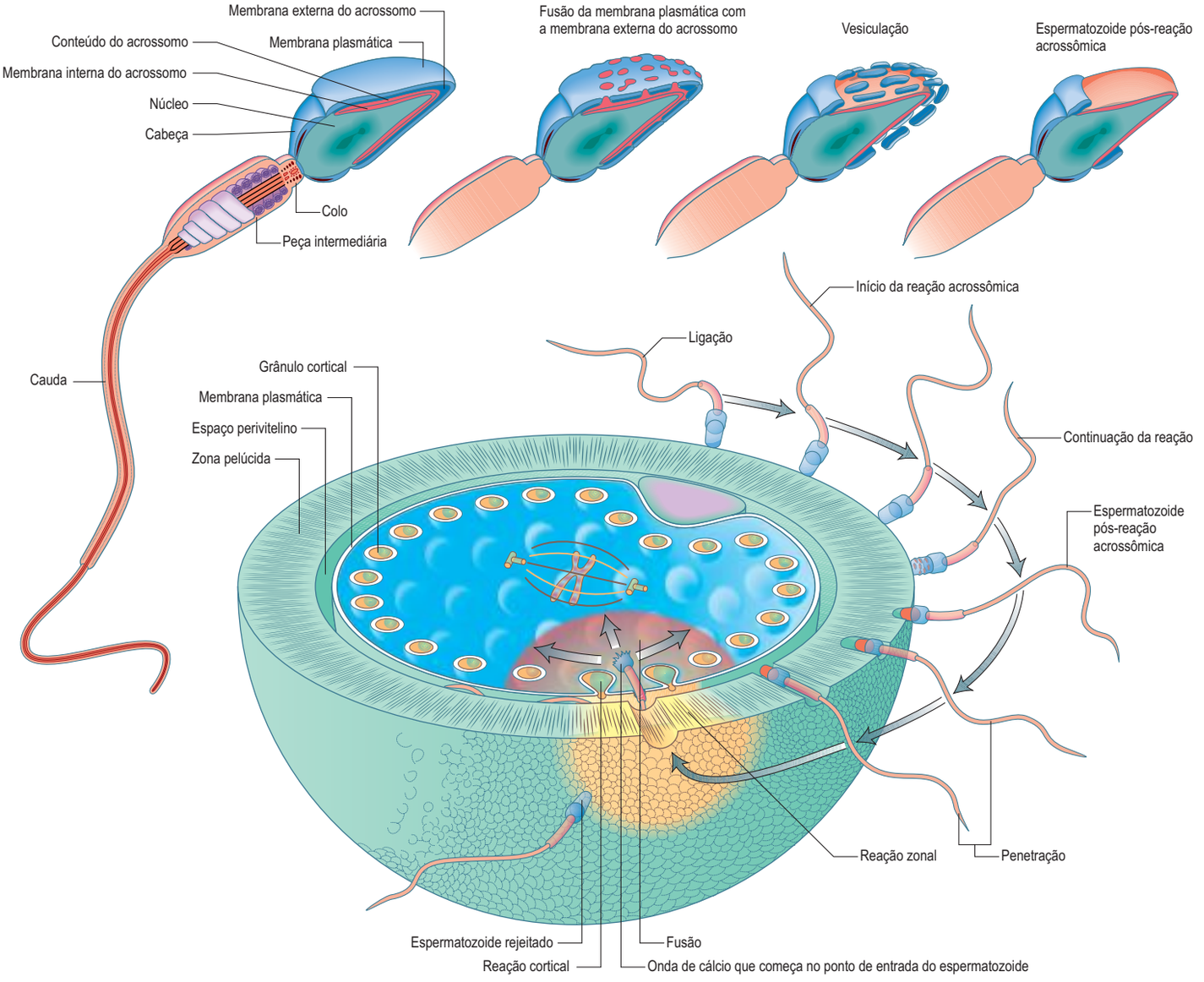


Fig. 8.4 O caminho da fecundação: uma sucessão de etapas. Após um espermatozoide se ligar à zona pelúcida, ocorre a reação acrossômica (ver detalhes no alto). A membrana externa do acrossomo (azul) – uma organela rica em enzimas localizada na parte anterior da cabeça do espermatozoide – funde-se em muitos pontos à membrana plasmática que circunda a cabeça do espermatozoide. Em seguida, essas duas membranas fundidas formam vesículas, que por fim se desprendem da cabeça expondo as enzimas acrossômicas (vermelho). Essas enzimas digerem a zona pelúcida, criando um caminho que permite ao espermatozoide avançar. No final, o espermatozoide encontra a membrana plasmática do oócito secundário e funde-se a ela, o que desencadeia as reações cortical e zonal. Inicialmente, os grânulos corticais ricos em enzimas do citoplasma do oócito liberam seu conteúdo (amarelo) no interior da zona pelúcida. A ação enzimática começa no ponto de fusão e progride para a direita e para a esquerda. Em seguida, na reação zonal, as enzimas modificam a zona pelúcida, transformando-a em uma barreira impenetrável para os espermatozoides como uma proteção contra a polispermia (fecundação múltipla).

e de junções oclusivas focais, e reorganizam radicalmente a conformação do citoplasma, que deixa de ter um aspecto radial e simétrico e passa a exibir um fenótipo altamente assimétrico. Este último processo inclui a migração dos núcleos em direção ao centro do embrião, a redistribuição dos microvilos superficiais e de uma rede subjacente de microfilamentos e microtúbulos até a superfície exposta, e o posicionamento de endossomas embaixo da rede citoesquelética apical. Como resultado desse processo de compactação, o embrião forma um cisto protoepitelial primitivo, que consiste em oito células polarizadas, cujos ápices estão voltados para fora e cujas superfícies basolaterais estão voltadas para dentro. As junções oclusivas focais, que se alinham e se tornam cada vez mais lineares, estão localizadas no limite entre as superfícies apical e basolateral. As junções comunicantes formam-se entre as superfícies basolaterais justapostas e passam a ser funcionais.

O processo de compactação envolve a superfície celular e a glicoproteína de adesão intercelular dependente de cálcio, a caderina E (também chamada de L-CAM ou uvomorulina). A neutralização de sua função afeta os três elementos da compactação. O processo inteiro pode funcionar na ausência de RNAm e de síntese proteica. Os controles pós-traducionais são suficientes e parecem envolver uma regulação por meio da fosforilação de proteínas. Vale destacar que, embora a caderina E não seja sintetizada pelos blastômeros em divisão nem esteja presente na superfície dessas células, ela é fosforilada pela primeira vez quando oito células são visíveis, no início da compactação.

O processo de compactação é importante para a geração de células diferentes no embrião em estágio inicial. Quando cada célula polarizada se divide, ela retém elementos importantes de sua organização polar, de modo que suas células filhas herdam domínios citocorticais, cuja natureza reflete sua origem e a organização da célula parental original do embrião de oito células. Assim, quando o eixo de divisão forma um ângulo aproximadamente reto com o eixo de polaridade da célula, a célula filha que estiver em posição mais superficial herdará todo o citocórtex apical e parte do citocórtex basolateral e será polar, e a célula em posição mais central herdará apenas o citocórtex basolateral e será apolar. Em contrapartida, quando o eixo de divisão é quase paralelo ao eixo de polaridade da célula, formam-se duas células filhas polares. Dessa forma, no embrião de 16 células surgem duas populações celulares que diferem quanto ao fenótipo (polar e apolar) e quanto à posição (superficial e profunda). O número de células de cada população em qualquer embrião será determinado pela razão entre as divisões paralelas ao eixo de polaridade das oito células e as divisões perpendiculares a esse eixo. Os limites teóricos e práticos da proporção polar:apolar são de 16:0 e 8:8. As células polares externas contribuem em grande medida para a formação do trofoectoderma, ao passo que as células apolares internas contribuem quase exclusivamente para a formação da massa celular interna na maioria dos embriões.

Na clivagem, a geração de células diferentes, para o trofoectoderma ou para a massa celular interna, ocorre na mórula de 16 células e precede a formação do blastocisto. Durante o ciclo de 16 células, as células polares

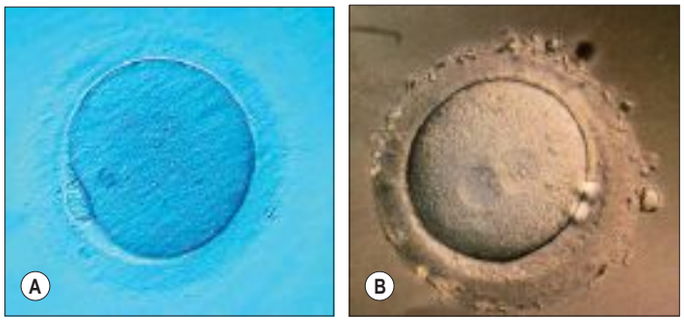


Fig. 8.5 A, Oócito secundário humano não fecundado circundado pela zona pelúcida. É possível ver o primeiro corpo polar. Os espermatozoides são vistos do lado de fora da zona pelúcida. **B,** Oótide humana fecundada antes da fusão dos pró-núcleos. Os dois corpos polares podem ser vistos embaixo da zona pelúcida.

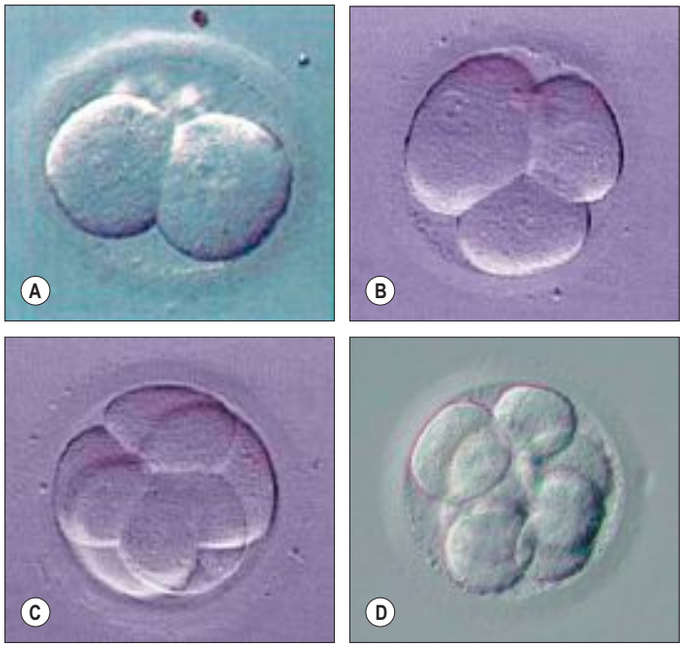


Fig. 8.6 Estágios sucessivos da clivagem de uma oótide humana. **A,** Estágio de duas células; **B,** estágio de três células; **C,** estágio de cinco células; **D,** estágio de oito células.

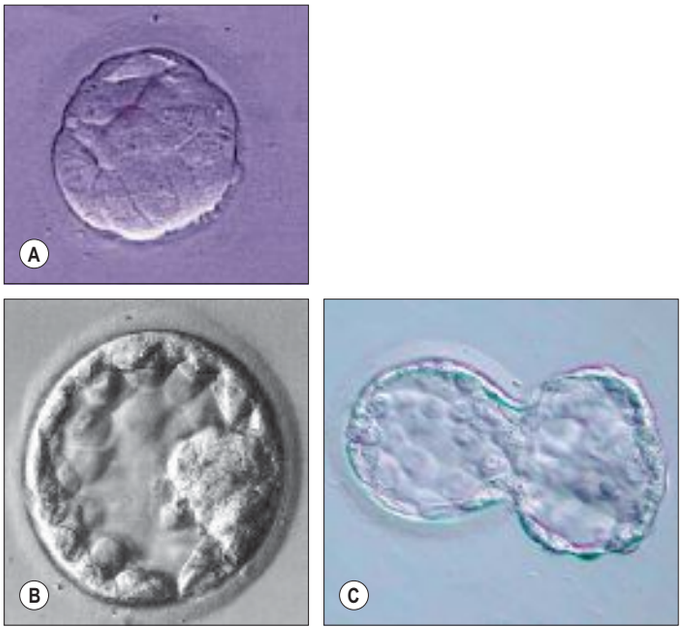


Fig. 8.7 Embriões humanos. Formação de mórula e blastocisto no interior da zona pelúcida, e blastocisto eclodindo da zona pelúcida. **A,** Uma bola de células, a mórula, sofrendo compactação; **B,** a cavidade do blastocisto está se desenvolvendo, e é possível ver a massa celular interna em um dos lados da cavidade; **C,** o blastocisto está começando a sair da zona pelúcida.

Fig. 8.8 Blastocisto humano quase totalmente fora da zona pelúcida. O blastocisto pode agora se expandir até seu tamanho máximo.

externas continuam a se diferenciar em um fenótipo epitelial e a exibir também características de polaridade e adesão intercelular típicas das células epiteliais, enquanto as células apolares internas permanecem organizadas de modo simétrico. Durante a divisão celular seguinte (de 16 para 32 células), uma parte das células polares divide-se novamente de maneira diferenciada como no ciclo anterior: cada célula produz descendentes polares e apolares, que entram respectivamente nas linhagens celulares do trofoectoderma e da massa celular interna. Embora a divisão diferencial seja menos comum neste momento que na transição de 8 para 16 células, ela tem a função importante de controlar o número adequado de células nos dois tecidos do blastocisto. Assim, se as divisões diferenciais forem relativamente infrequentes na transição de 8 para 16 células, elas serão mais frequentes na transição de 16 para 32 células e vice-versa.

Após a divisão que origina 32 células, as células polares externas completam sua diferenciação em epitélio funcional, exibem junções oclusivas zonulares estruturalmente completas e começam a formar desmossomos. O trofoectoderma recém-formado encarrega-se do transporte vetorial de líquidos da região apical para a basal, originando assim uma cavidade que aumenta de tamanho durante os ciclos de 32 e 64 células e converte a bola de células – a mórula – em uma esfera – o blastocisto (Fig. 8.7). Assim que o blastocisto se forma, a diversificação das linhagens celulares do trofoectoderma e da massa celular interna é concluída, e não ocorrem mais divisões diferenciais no trofoectoderma. No blastocisto em fase final, o trofoectoderma é denominado trofoblasto, que pode ser dividido em trofoblasto polar – aquele em contato direto com a massa celular interna – e trofoblasto mural – aquele que circunda a cavidade do blastocisto (Fig. 8.8).

Blastocisto

O blastocisto "eclode" da zona pelúcida entre em 6-7 dias, provavelmente auxiliado por uma enzima similar à tripsina (Figs. 8.7C, 8.8). O trofoblasto escapa lentamente por uma pequena fenda. Muitos embriões assumem a forma de um oito dividido em duas partes pela zona pelúcida, sobretudo se ela tiver endurecido durante a maturação e a clivagem do oócito. Essa eclosão parcial pode resultar na formação de gêmeos idênticos. Os blastocistos que eclodiram se expandem, e a diferenciação da massa celular interna prossegue (Fig. 8.8).

As células externas do blastocisto – o trofoblasto ou trofoectoderma – são células poliédricas achatadas, que possuem características ultraestruturais típicas de um epitélio de transporte. O trofoblasto que cobre a massa celular interna é o trofoblasto polar, e aquele que circunda a cavidade do blastocisto é o trofoblasto mural. O blastocisto livre, não fixo, corresponde ao estágio 3 do desenvolvimento e aproximadamente ao quarto dia pós-ovulação, enquanto a implantação (antes do desenvolvimento dos vilos) ocorre dentro de um período de 7 a 12 dias pós-ovulação e no decorrer

dos dois estágios seguintes do desenvolvimento. Mesmo nesse estágio inicial, as células da massa celular interna já estão dispostas em duas camadas: uma superior (*i.e.*, mais próxima do trofoblasto polar), o epiblasto, que dará origem às células embrionárias, e uma inferior, o hipoblasto, que tem um destino extraembrionário. Portanto, o eixo dorsoventral do embrião em desenvolvimento e o arranjo bilaminar da massa celular interna são estabelecidos na implantação ou antes dela. (As primeiras células germinativas primordiais também podem ser definidas neste estágio.)

Fixação à parede uterina

No sexto dia pós-ovulação, o blastocisto adere à mucosa uterina e têm início os eventos que levarão o trofoblasto a manter um contato íntimo e especializado com o endométrio. A implantação, que é o termo utilizado para esse processo complicado, compreende os seguintes estágios: dissolução da zona pelúcida; orientação do blastocisto e adesão desta estrutura ao endométrio; penetração do trofoblasto no endométrio; migração do blastocisto para dentro do endométrio; disseminação e proliferação do trofoblasto, que envolve e desorganiza de um modo específico e invade os tecidos maternos.

O local da implantação é normalmente o endométrio da parede posterior do útero, mais próximo do fundo que do colo, e pode se dar no plano mediano ou em um dos lados. A implantação pode ocorrer em qualquer local do útero ou em um local extrauterino, ou ectópico. A implantação próximo ao óstio interno resulta na condição denominada placenta prévia, na qual a paciente corre o risco de sofrer hemorragia grave antes do parto.

Implantação ectópica

O concepto pode ficar preso em qualquer local durante sua migração através da tuba uterina e implantar-se na parede. Uma inflamação pélvica prévia lesa o epitélio tubário e pode predispor a um atraso no transporte tubário. A presença de um dispositivo intrauterino contraceptivo ou o uso de contraceptivos orais à base de progesterona também podem predispor à gravidez ectópica, provavelmente por causa da alteração dos mecanismos normais de transporte tubário.

A nidação ectópica do embrião ocorre com mais frequência na porção ampular mais dilatada da tuba uterina, mas também pode ocorrer na parte intramural estreita ou mesmo no próprio ovário. A maioria das gestações ectópicas é anembrionária, embora o crescimento contínuo do trofoblasto torne o teste de gravidez positivo e possa causar a ruptura da tuba uterina e hemorragia intraperitoneal significativa. As gestações ectópicas com embrião vivo são as mais perigosas, porque esses embriões crescem rapidamente e podem ser detectados apenas quando erodem a parede da tuba uterina e os vasos sanguíneos circundantes, já na oitava semana de gestação. De modo similar, a gravidez ectópica cornual (na parte intramural da tuba) pode ser acompanhada de forte hemorragia, porque há um suprimento substancial de sangue na camada muscular circundante.

As gestações ovariana e abdominal são excepcionalmente raras. Embora se suponha que algumas delas resultem de fecundação na vizinhança do ovário (primária), a maioria provavelmente é do tipo secundário e resulta da extrusão do concepto pelo óstio abdominal da tuba.

Tirante as implicações clínicas importantes, essas condições destacam o fato de que o concepto pode se implantar com sucesso em tecidos diferentes do endométrio progestacional normal. Nesses locais, pode ocorrer um desenvolvimento prolongado que geralmente termina por causa de um acidente mecânico ou vascular, e não por insuficiência endócrina ou nutritiva fundamental ou por resposta imunológica materna. A implantação abdominal pode ocorrer em qualquer órgão, como intestino, fígado e omento. Quando uma gravidez ectópica abdominal progride, a retirada da placenta no momento do parto ou de um abortamento torna-se um procedimento perigoso por causa do risco de hemorragia; por isso, geralmente a placenta é deixada *in situ* para que degenere de modo espontâneo.

Gemelaridade

Ocorre um caso de gemelaridade espontânea a cada 80 nascimentos aproximadamente. Os gêmeos monozigóticos resultam da fecundação de um único óvulo por um único espermatozoide. Em algum estágio até o estabelecimento do eixo da área embrionária e o desenvolvimento da linha primitiva, as células embrionárias separam-se em dois grupos, e cada grupo dá origem a um embrião completo. O processo de eclosão do blastocisto da zona pelúcida pode resultar na constrição das células emergentes e na sua separação em dois grupos distintos. Há uma diminuição gradual da espessura média da zona pelúcida à medida que a idade materna aumenta, o que pode ter um vínculo causal com o aumento da frequência de gêmeos monozigóticos entre as mulheres com mais idade. Os gêmeos resultantes têm o mesmo genótipo, mas a denominação "gêmeos idênticos" deve ser evitada, visto que a maioria dos gêmeos monozigóticos exibe diferenças fenotípicas. A separação tardia dos gêmeos de um único concepto pode resultar em gêmeos unidos. Esses gêmeos podem ser iguais ou desiguais, como ocorre na acardia. Após a formação dos gêmeos, os embriões monozigóticos entram em um período de crescimento compensatório (do inglês *catch-up growth*) intenso. Apesar de os embriões ou fetos terem a metade do tamanho no início da gestação, cada um adquire um tamanho semelhante ao de um feto único quando atinge o segundo trimestre da gestação. No entanto, o tamanho relativo diminui nas últimas 10 semanas de gestação. O sexo dos gêmeos monozigóticos é o mesmo. É mais provável que os gêmeos monoamnióticos, monocoriônicos e monozigóticos sejam do sexo feminino, como ocorre com os gêmeos acardíacos. A proporção entre o sexo masculino e o feminino para todos os gêmeos monozigóticos é de 0,487 e para os gêmeos monoamnióticos e monocoriônicos é de 0,231.

Os gêmeos dizigóticos representam a forma mais frequente de gemelaridade. Resultam de ovulações múltiplas, que podem ser induzidas por gonadotrofinas ou por drogas habitualmente utilizadas em pacientes com infertilidade. Os gêmeos dizigóticos podem ser de sexos diferentes, contudo pares com o mesmo sexo são mais comuns. A proporção entre o sexo masculino e o feminino é de 0,518. Nascimentos múltiplos com mais de dois bebês, como os casos de trigêmeos e quadrigêmeos, podem advir de ovulações múltiplas, de um único óvulo ou de ambas as situações. Sua ocorrência é mais provável entre as mulheres tratadas com drogas que estimulam a ovulação.

A separação dos embriões gêmeos reflete-se na separação das membranas extraembrionárias. A Figura 8.9 mostra os tipos de placentação que podem ocorrer. As placentas monoamnióticas e monocoriônicas estão associadas a uma maior mortalidade perinatal (50%), causada pelo emaranhamento dos cordões umbilicais, que obstrui o suprimento sanguíneo, e pela formação de anastomoses vasculares entre as placentas, que podem desviar o sangue de um feto para o outro. As anastomoses arterioarteriais são as mais comuns, seguidas das anastomoses arteriovenosas. Quando o desvio de sangue de um gêmeo para o outro através das placentas é compensado por mais de uma conexão vascular, o desenvolvimento pode prosseguir sem distúrbios. Contudo, se não houver esse mecanismo compensatório, um gêmeo poderá receber sangue destinado ao outro, o que provoca aumento do coração, aumento da micção e hidrâmnio no receptor, e anemia, oligo-hidrâmnio e atrofia no doador.

Os gêmeos dizigóticos têm sacos coriônicos fundidos ou completamente separados. Essas placentas estão separadas por quatro membranas: dois âmnios e dois córions. Além disso, na base das membranas que se dividem há uma crista de tecido mais consistente resultante do contato dos dois tecidos placentários que se expandem um contra o outro.

FORMAÇÃO DOS TECIDOS EXTRAEMBRIONÁRIOS

Os primeiros processos do desenvolvimento dos embriões de mamíferos envolvem a produção das estruturas extraembrionárias que darão suporte ao embrião e o nutrirão durante o desenvolvimento. A produção dessas camadas começa antes do término da implantação. Atualmente, não se sabe onde as linhagens de células extraembrionárias surgem. O trofoblasto já foi considerado a fonte dessas linhagens, porém as evidências agora apontam a massa celular interna como o local de origem. A Figura 8.1 mostra a sequência do desenvolvimento de vários tecidos do embrião em estágio inicial.

Epiblasto e cavidade amniótica

As células do epiblasto, que estão mais próximas da face de implantação do trofoblasto, têm polaridade definida, estão dispostas de modo radial, com junções extensas perto do centro da massa de células, sustentadas por organelas supranucleares. Algumas células epiblásticas são contíguas às células do citotrofoblasto e, salvo esse contato, uma lâmina basal circunda o que no início é um grupo esférico de células epiblásticas e isola-o das demais células. As células epiblásticas adjacentes ao hipoblasto tornam-se mais altas e mais cilíndricas do que as adjacentes ao trofoblasto. Como consequência, a esfera epiblástica achata-se e seu centro desloca-se na direção do trofoblasto polar. Líquido amniótico acumula-se no centro excêntrico da massa epiblástica agora lenticular cujos limites exibem complexos juncionais apicais e microvilos. À medida que mais líquido se acumula, ocorre a formação de uma cavidade amniótica, coberta por células cuboides baixas com microvilos irregulares. As células compartilham complexos juncionais apicais curtos e desmossomos, e repousam sobre uma lâmina basal subjacente. O limite entre as células amnióticas verdadeiras e as células do epiblasto definitivo remanescente é nítido. As células epiblásticas cilíndricas formam uma camada pseudoestratificada com microvilos, na maioria das vezes com um único cílio, núcleos fendidos e nucléolos grandes. Essas células possuem uma lâmina basal contínua e bem definida. A divisão celular no epiblasto tende a ocorrer próximo da superfície apical que, como consequência, se torna mais apinhada de células do que a região basal. Nas margens do disco embrionário, as células amnióticas são contíguas ao epiblasto. Em intervalos de duas a três células, observa-se uma gradação no tamanho das células, que variam de colunares a cuboides baixas (Figs. 8.10 e 9.1). O desenvolvimento posterior do âmnio e do líquido amniótico é descrito nas páginas 180 e 181.

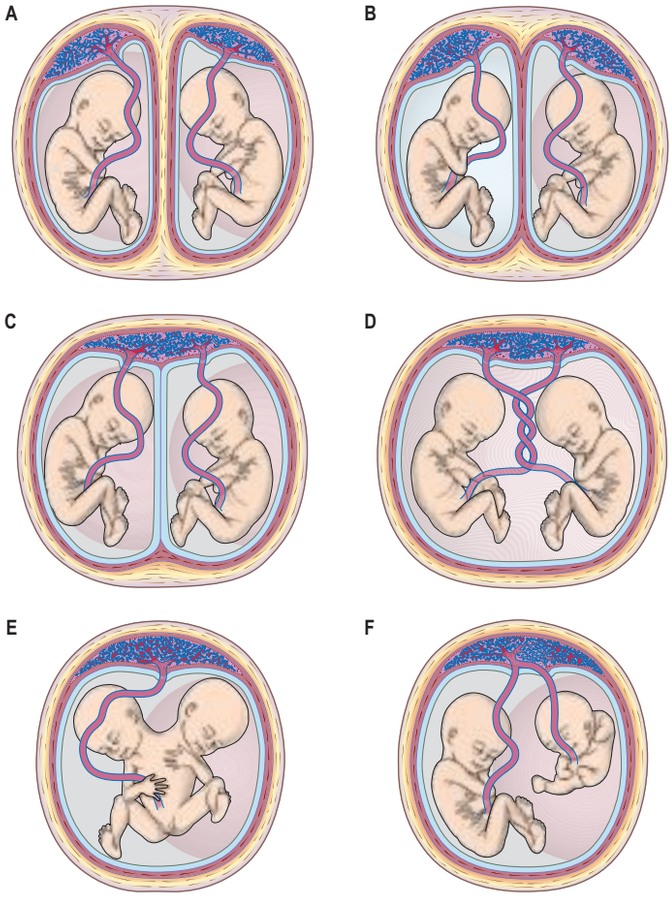


Fig. 8.9 Relações entre as membranas extraembrionárias nos diferentes tipos de gemelaridade. **A,** Diamniótica e dicoriônica separada. A separação dos dois primeiros blastômeros resulta em locais de implantação diferentes. **B,** Diamniótica e dicoriônica fundida. Aqui as membranas coriônicas estão fundidas, mas os fetos ocupam córions diferentes. **C,** Diamniótica e monocoriônica. A reduplicação da massa celular interna pode levar à formação de uma placenta e um saco coriônico, mas cavidades amnióticas separadas. **D,** Monoamniótica e monocoriônica. A duplicação do eixo embrionário resulta em dois embriões que compartilham uma única placenta, um cório e um âmnio. **E,** A separação incompleta do eixo embrionário resulta em gêmeos unidos. **F,** A divisão desigual do eixo embrionário ou a divisão desigual do suprimento sanguíneo pode resultar em um monstro acardíaco.

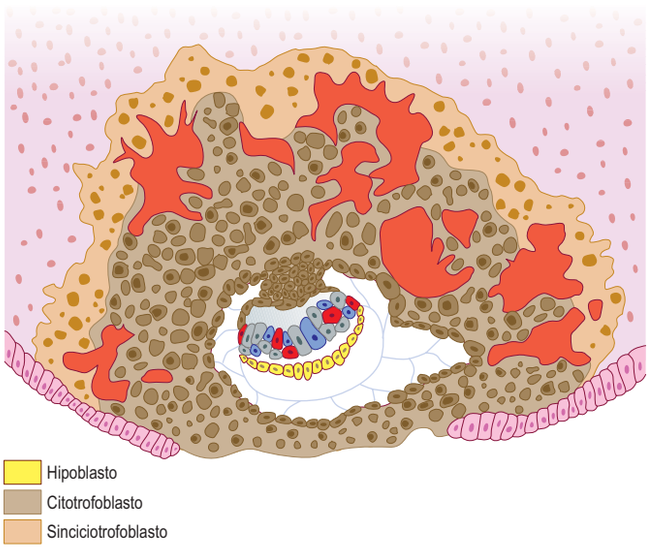


Fig. 8.10 Implantação de concepto no estágio 5b. Neste estágio, o embrião é composto apenas pelas camadas epiblástica e hipoblástica contíguas. Ele está suspenso no interior da cavidade blastocística (cavidade coriônica) e circundado por uma camada de citotrofoblasto. Uma grande massa de sinciciotrofoblasto, com lacunas interconectadas, está penetrando no endométrio materno.

Hipoblasto e saco vitelino

Hipoblasto é o termo utilizado para descrever a camada inferior de células do disco bilaminar primitivo, principalmente nos embriões de aves. Essa camada também é denominada endoderma visceral anterior, ou distal, no embrião de camundongo. Um pouco antes da implantação, o hipoblasto consiste em uma camada de células pavimentosas com uma extensão apenas ligeiramente maior que o epiblasto. Essas células exibem polaridade, têm microvilos apicais voltados para a cavidade do blastocisto e complexos juncionais apicais, mas são desprovidas de lâmina basal. Durante o início da implantação, o hipoblasto ultrapassa as bordas do epiblasto e pode então ser subdividido em hipoblasto visceral, composto pelas células em contato com a lâmina basal do epiblasto, e hipoblasto parietal, formado pelas células em contato com o trofoblasto mural. As células do hipoblasto parietal são pavimentosas, podem compartilhar junções aderentes com o trofoblasto mural e, raras vezes, compartilham junções comunicantes também. As células do hipoblasto visceral são cuboides e têm uma superfície apical uniforme voltada para a cavidade do blastocisto, mas regiões basal e lateral irregulares, com bordas e projeções que servem de suporte mútuo e se estendem para os espaços intercelulares. Não há uma lâmina basal subjacente ao hipoblasto visceral, e a distância entre as células hipoblásticas e a lâmina basal do epiblasto é variável.

Depois das modificações que ocorreram acima do epiblasto, inicia-se uma série de modificações na cavidade blastocística original embaixo do hipoblasto. Enquanto a cavidade amniótica se expande dentro da esfera de células epiblásticas, as células do hipoblasto parietal proliferam e disseminam-se ao longo do trofoblasto mural até se alastrarem pela maior parte da circunferência do blastocisto, convergindo em direção ao polo abembrionário. Ao mesmo tempo, surge entre o hipoblasto parietal e o trofoblasto mural um espaço que limita a circunferência da cavidade hipoblástica. Vários termos têm sido utilizados para nomear a camada hipoblástica parietal: hipoblasto extraembrionário e, posteriormente, endoderma extraembrionário ou membrana exocelômica (membrana de Heuser). A cavidade que a camada circunda inicialmente é denominada saco vitelino primário, ou vesícula umbilical primária. A cavidade menor resultante revestida pelo hipoblasto é chamada de saco vitelino secundário. Já foram sugeridas várias origens para o saco vitelino secundário, entre elas a cavitação do hipoblasto visceral (processo similar ao da formação do âmnio), a reorganização do hipoblasto visceral em proliferação e o dobramento da camada parietal do saco vitelino primário em saco vitelino secundário. O desenvolvimento posterior do saco vitelino é descrito na página 180. Acredita-se atualmente que as células do hipoblasto visceral são importantes em vários aspectos da determinação inicial das linhagens celulares. Essas células induzem a formação da linha primitiva, estabelecendo assim o primeiro eixo do disco embrionário. Acredita-se também que elas sejam necessárias na indução bem-sucedida da região da cabeça e na determinação bem-sucedida das células germinativas primordiais. Com a formação posterior das camadas de células embrionárias a partir do epiblasto, parece que o hipoblasto visceral é sequestrado para o interior da parede do saco vitelino secundário pela expansão do endoderma embrionário recém-formado embaixo do epiblasto. As células hipoblásticas permanecem embaixo da linha primitiva: sua retirada experimental leva à formação de vários eixos embrionários.

Após a formação do saco vitelino secundário, surge um divertículo do hipoblasto visceral, o alantoide, que segue em direção a uma das extremidades da região embrionária e se estende para o mesoblasto extraembrionário local. Esse divertículo ultrapassa o teto do saco vitelino secundário e atinge o mesmo plano do âmnio. O desenvolvimento posterior do alantoide é descrito na página 180.

Mesoblasto extraembrionário

Por definição, os tecidos extraembrionários compreendem todos os tecidos que não contribuem diretamente para a formação do corpo do embrião definitivo e, mais tarde, do feto. No estágio 5, os blastocistos estão implantados, mas ainda não exibem vilos trofoblásticos (Fig. 8.10). Eles têm de 7 a 12 dias de idade. Uma característica desse estágio é a formação do mesoblasto extraembrionário, que envolverá o âmnio, o saco vitelino secundário e a parede interna do trofoblasto mural, e formará o pedículo de conexão do embrião com o divertículo alantoentérico em seu interior. A origem dessa primeira camada mesoblástica extraembrionária não é clara e, entre as várias fontes possíveis, estão a região caudal do epiblasto, o hipoblasto parietal e células sub-hipoblásticas. A origem trofoblástica do mesoblasto extraembrionário é questionada, porque há sempre uma lâmina basal completa subjacente ao trofoblasto: a migração de células para fora de um epitélio está geralmente associada à ruptura prévia da lâmina basal. Seguramente, a origem das células extraembrionárias mudará com o passar do tempo, à medida que novas populações germinativas forem estabelecidas.

A primeira camada mesoblástica extraembrionária dá origem à camada conhecida como mesoblasto extraembrionário, que está disposta como um mesotélio com células mesenquimais extraembrionárias subjacentes.

Parece que essa camada mesoblástica também forma uma estrutura extracelular que corresponde ao magma reticulado, entre o trofoblasto mural e o saco vitelino primário do embrião no estágio 5. Populações mesoblásticas extraembrionárias posteriores crescem rapidamente embaixo das células citotrofoblásticas do polo embrionário, formando os núcleos das hastes dos vilos em desenvolvimento, os vilos (pág. 175) e as células angioblásticas que darão origem aos capilares vilosos e às primeiras células sanguíneas.

Inicialmente, o mesoblasto extraembrionário liga o âmnio ao córion ao longo de uma área extensa. O desenvolvimento e a expansão contínuos do celoma extraembrionário fazem com que essa ligação se torne cada vez mais circunscrita ao pedículo de conexão do embrião, que é a ligação permanente entre a futura extremidade caudal do disco embrionário e o córion. O pedículo de conexão forma uma via ao longo da qual as anastomoses vasculares que rodeiam o alantoide estabelecem comunicação com as anastomoses do córion.

REFERÊNCIAS

O'Rahilly R, Müller F 1987 Developmental Stages in Human Embryos. Washington: Carnegie Institution.

O'Rahilly R, Müller F 1999 The Embryonic Human Brain. An Atlas of Developmental Stages, 2nd edn. New York: Wiley-Liss.

O'Rahilly R, Müller F 2000 Minireview: Prenatal ages and stages – measures and errors. Teratology 61: 382–4.

Streeter GL 1942 Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age group XI, 13 to 20 somites, and age group XII, 21 to 29 somites. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 30: 211–45.

CAPÍTULO 9

Implantação e placentação

IMPLANTAÇÃO

A implantação envolve a ligação inicial da parede trofoblástica do blastocisto ao epitélio da luz do endométrio. A linhagem trofoblástica dá origem a três tipos celulares principais na placenta humana: o sinciciotrofoblasto, que forma a cobertura epitelial da árvore vilosa e é o principal componente endócrino da placenta; as células citotrofoblásticas vilosas, que representam uma população germinativa que prolifera por toda a gravidez e se funde para gerar o sinciciotrofoblasto; e as células trofoblásticas extravilosas, que não proliferam e invadem o endométrio materno. As duas primeiras linhagens de células podem ser vistas a partir dos estágios 4 e 5. As células citotrofoblásticas que formam o trofoblasto polar e mural são cuboides e cobertas externamente pelo trofoblasto sincicial (sinciciotrofoblasto), uma massa multinucleada de citoplasma que se forma inicialmente em áreas próximas da massa celular interna após a ligação do blastocisto à mucosa uterina (Fig. 8.10).

Os embriões pré-implantados produzem metaloproteinases de matriz, que medeiam a penetração do sinciciotrofoblasto na lâmina basal subepitelial materna. As células trofoblásticas expressam L-selectina (considerada um mediador de rolamento e adesão de neutrófilos ao endotélio inflamado), e o epitélio materno aumenta a expressão de ligantes baseados em selectina-oligossacarídeo. As células citotrofoblásticas diferenciadas parecem usar processos que também ocorrem na vasculogênese e durante a migração de leucócitos do sangue para os tecidos. Brotos do trofoblasto sincicial crescem entre as células do epitélio da luz uterina em direção à lâmina basal subjacente sem dano aparente às membranas de células maternas ou sem rompimento das junções intercelulares. Ao contrário, junções compartilhadas, incluindo junções de oclusão, são formadas com muitas das células epiteliais do útero materno.

A implantação continua com a erosão do endotélio vascular e do epitélio glandular maternos, e com a fagocitose de produtos secretados, até que o blastocisto ocupe uma cavidade irregular de implantação no estroma (implantação intersticial) (Fig. 9.1). Na fase inicial da pós-implantação, a superfície materna é refeita por reepitelização e há a formação de um coágulo, que pode conter fibrina. Quando o blastocisto penetra o endométrio mais profundamente, o trofoblasto sincicial forma-se sobre o citotrofoblasto mural, mas nunca alcança a espessura do trofoblasto sincicial sobre o polo embrionário.

O sinciciotrofoblasto secreta vários hormônios; o mais conhecido, a gonadotrofina coriônica humana (hCG), pode já ser detectado na urina materna a partir de 10 dias após a fecundação. A hCG prolonga a vida do corpo lúteo, que continua a secretar progesterona e estrógenos durante, aproximadamente, os dois primeiros meses de gravidez. Posteriormente, estes hormônios são produzidos pela placenta.

A menstruação cessa após a implantação bem-sucedida. O endométrio, agora conhecido como decídua, espessa-se para formar um ninho adequado para o concepto. A reação decidual no estroma endometrial pode ocorrer sem uma gravidez intrauterina, como na presença de uma gravidez ectópica, após o tratamento prolongado com progesterona e na fase secretora de um ciclo sem concepção.

A diferenciação decidual não é evidente no estroma nos estágios iniciais da implantação, mas pode ser observada uma semana mais tarde, quando as células completamente diferenciadas estão presentes. Durante a reação decidual, o tecido interglandular aumenta em quantidade. Ele contém uma população substancial de leucócitos (grandes linfócitos granulares, macrófagos e células T) distribuída entre as células da decídua: as mais numerosas são as células *natural killer* (NK), que se acumulam no endométrio durante a fase secretora do ciclo e persistem até a metade da gravidez. As células da decídua são derivadas de células mesenquimais do

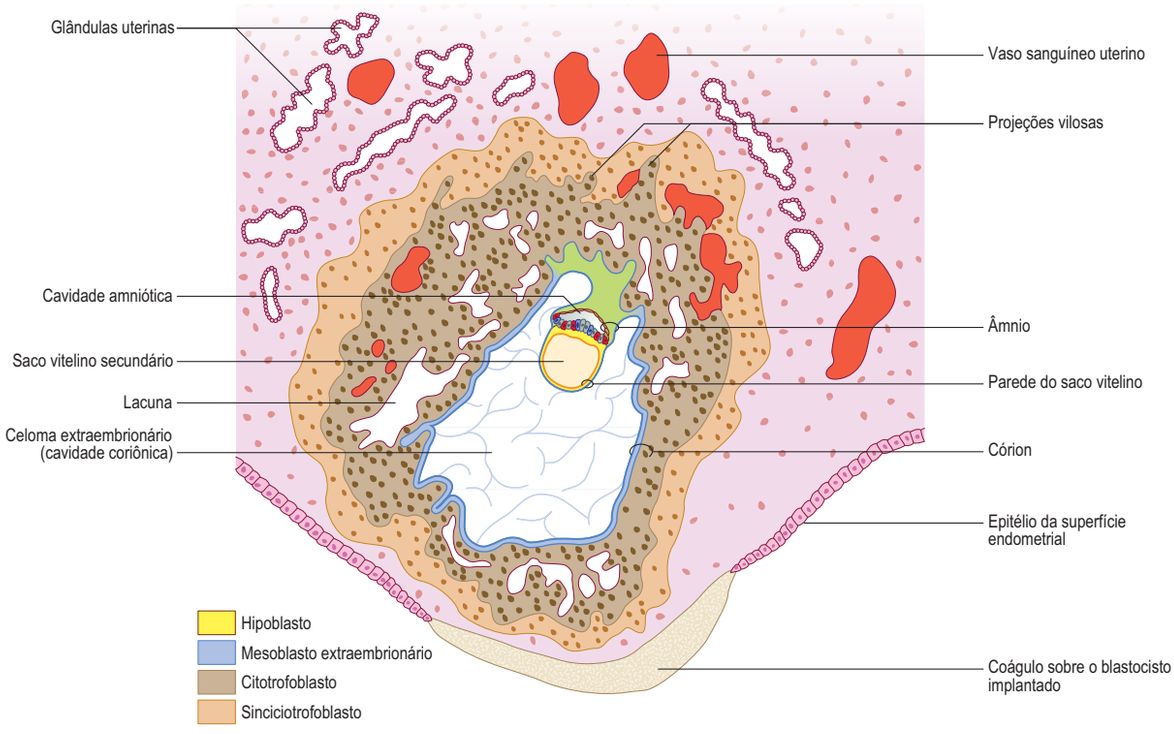


Fig. 9.1 O concepto implantado no estágio 6. O embrião é composto pelo epiblasto, com a cavidade amniótica acima, e pelo hipoblasto, com o saco vitelino secundário abaixo. As cavidades são cobertas externamente pelo mesoblasto extraembrionário, que também reveste a cavidade coriônica maior. As vilosidades primárias cobrem a superfície externa do concepto, estendem-se pelo endométrio materno e, em alguns lugares, o sangue materno preenche a lacuna.

estroma que contêm quantidades variáveis de glicogênio, lipídios e filamentos intermediários de vimentina no seu citoplasma. Geralmente, elas são arredondadas, mas sua forma pode variar dependendo da densidade local. Elas podem conter um, dois ou às vezes três núcleos e frequentemente exibem linhas de protrusões citoplasmáticas semelhantes a uma clava contendo grânulos. As células estão associadas a uma lâmina basal capsular característica. As células da decídua produzem vários produtos secretores, incluindo a proteína de ligação ao fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-BP1) e prolactina, que podem ser captadas pelo trofoblasto. Estas secreções provavelmente possuem um papel na manutenção e no crescimento do concepto na parte inicial do desenvolvimento pós-implantação e podem ser detectadas no líquido amniótico no primeiro trimestre da gravidez.

A matriz extracelular, os fatores de crescimento e os inibidores de protease produzidos pela decídua provavelmente modulam a atividade de degradação do trofoblasto e promovem a morfogênese placentária e o acesso placentário ao fluxo sanguíneo materno. Uma vez completada a implantação, nomes distintos são aplicados a regiões diferentes da decídua (Fig. 9.2). A parte que cobre o concepto é a decídua capsular; aquela entre o concepto e a parede muscular uterina é a decídua basal (onde a placenta se desenvolve subsequentemente); e aquela que reveste o restante do corpo do útero é a decídua parietal. Não há evidência de que as populações de células maternas residentes exibam propriedades específicas a cada região.

DESENVOLVIMENTO DA PLACENTA

A formação da placenta humana segue etapas de desenvolvimento que progridem em uma ordem cronológica específica; ela é especificada pelo trofoblasto, mas depende do ambiente materno para a sua expressão correta. A rejeição imunológica do concepto semialogênico não ocorre porque o sinciciotrofoblasto não expressa antígenos de MHC de classe I ou de classe II. Pelo contrário, o trofoblasto extraviloso invasor expressa os antígenos de leucócito humano G (HLA-G) e C, que interagem com os receptores das células NK uterinas.

Quando o trofoblasto se implanta, o sinciciotrofoblasto invade os tecidos uterinos, incluindo as glândulas e as paredes dos vasos sanguíneos maternos (Fig. 9.1), e aumenta rapidamente em espessura sobre o polo embrionário (Fig. 9.3). Uma camada mais espessa cobre progressivamente o resto da parede em direção do polo não embrionário. As fendas revestidas por microvilos e os espaços lacunares desenvolvem-se no sinciciotrofoblasto (aos 9-11 dias da gravidez) e estabelecem comunicações entre si. Inicialmente, muitos destes espaços contêm sangue materno derivado de capilares uterinos dilatados e de veias, à medida que as paredes dos vasos são parcialmente destruídas. Quando o concepto cresce, os espaços lacunares alargam-se e tornam-se confluentes, formando um espaço interviloso.

As projeções de sinciciotrofoblasto na decídua materna são chamadas de vilosidades primárias. Elas são invadidas primeiramente pelo citotrofoblasto e depois pelo mesênquima extraembrionário (dias 13-15) para formar as vilosidades placentárias secundárias. Os capilares fetais desenvolvem-se no núcleo mesenquimal da vilosidade. O citotrofoblasto dentro da vilosidade continua a crescer através do sinciciotrofoblasto invasor e faz contato direto com a decídua basal, formando a vilosidade de ancoragem. A proliferação adicional do citotrofoblasto ocorre lateralmente assim que os brotos vizinhos se encontram para formar um envelope citotrofoblástico ao redor do concepto (Fig. 9.4). As projeções laterais principais das vilosidades-tronco formam as verdadeiras vilosidades terminais.

À medida que a vilosidade secundária se forma, as células mononucleares únicas separam-se do citotrofoblasto distal e infiltram-se na decídua materna. Estas células são a terceira linhagem de células trofoblásticas originais. Elas são encontradas dentro e ao redor das artérias espiraladas na área central da placenta e gradualmente migram lateralmente, atingindo a periferia da placenta por volta da metade da gestação. Elas normalmente se estendem até o terço interno do miométrio uterino na região central do leito da placenta, mas a extensão da invasão é progressivamente mais superficial em direção à periferia. Ao mesmo tempo, o citotrofoblasto penetra e migra ao longo das paredes internas das artérias espiraladas maternas (trofoblasto extraviloso endovascular), até atingir os segmentos miométricos internos por volta da 18ª semana. As células migrantes invadem as artérias espiraladas a partir da adventícia. Os vasos perdem sua lâmina elástica e consequentemente sua responsividade a compostos vasoativos circulantes. O músculo liso e as matrizes colagenosa e elástica associadas são substituídos por um material fibrinoide não resistente, um arranjo que permite uma expansão dos vasos e um aumento de até 20 vezes no fluxo de sangue no espaço interviloso. Em gestações normais, a transformação das artérias espiraladas em artérias uteroplacentárias está completa por volta da metade da gestação. O objetivo principal destas mudanças vasculares parece ser o aperfeiçoamento da distribuição do sangue materno em uma rede vascular uterina de baixa resistência. As patologias comuns na gravidez, incluindo a restrição de crescimento intrauterino, pré-eclampsia e aborto espontâneo, estão todas associadas ao remodelamento vascular incompleto, que provavelmente reflete uma falência da penetração do trofoblasto extraviloso.

Com o início dos batimentos cardíacos, uma circulação primitiva surge entre o embrião e o saco vitelino, e é posteriormente substituída pela circulação entre o embrião e a placenta. A placenta formada é composta por uma placa coriônica em sua face fetal e uma placa basal na face materna, e um espaço interviloso interveniente contendo as vilosidades-tronco com ramos em contato com o sangue materno (Fig. 9.4). Como o sangue materno banha as superfícies do córion que limitam o espaço interviloso, a placenta humana é definida como hemocorial. Graus diferentes de fusão existem entre os tecidos fetal e materno em muitos outros mamíferos (p. ex., epitélio-corial, sindesmocorial, endotélio-corial). O córion é vascularizado por vasos sanguíneos do alantoide do pedículo de conexão e, por isso, a placenta humana também é chamada de cório-alantoide (enquanto em alguns mamíferos a placenta é apenas cório-vitelínica ou cório-alantoide). Além disso, a placenta humana é definida como discoide (em contraste com outras formas em outros mamíferos) e decidualizada, porque o tecido materno é perdido com a placenta e as membranas no parto como parte da placenta.

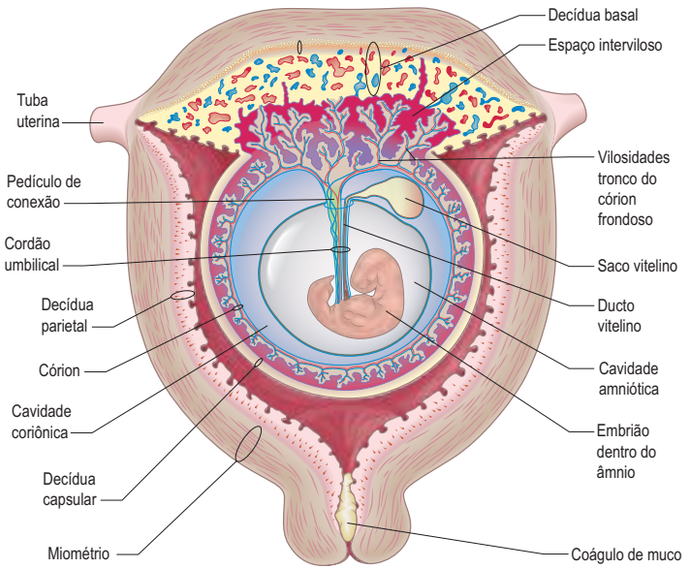


Fig. 9.2 O útero grávido no segundo mês. Uma inserção placentária precisamente no fundo uterino, como indicado no esquema, é muito rara: as paredes dorsal, ventral e lateral do corpo do útero são mais comuns. O endométrio materno agora é denominado decídua; regiões diferentes podem ser distinguidas.

Crescimento da placenta

A expansão do concepto é acompanhada pelo crescimento radial das vilosidades e, simultaneamente, por um crescimento tangencial integrado e pela expansão da camada trofoblástica. Finalmente, cada uma das vilosidades-tronco forma um complexo que consiste em um tronco único ligado ao córion por sua base, do qual os ramos secundários e terciários ordenados (vilosidades intermediárias e terminais) surgem distalmente. A vilosidade terminal é especializada nas trocas entre as circulações fetal e materna; cada uma começa como um crescimento sincicial, é invadida por células citotrofoblásticas e, então, desenvolvem um núcleo de mesênquima fetal enquanto continuam a crescer. O centro é vascularizado por capilares fetais (cada vilosidade passa pelos estágios primário, secundário e terciário de diferenciação histológica). O citotrofoblasto germinativo continua a adicionar células que se fundem ao sincício sobrejacente e assim contribuem com a expansão da interface hemocorial. As vilosidades terminais continuam a se formar e a se ramificar dentro dos limites da placenta definitiva por toda a gestação, projetando-se em todas as direções no espaço interviloso (Fig. 9.4).

Da terceira semana até aproximadamente o segundo mês de gravidez, o córion inteiro é coberto por vilosidades-tronco. Assim, elas são contínuas perifericamente à camada trofoblástica, que está em aposição com as decíduas capsular e basal. As vilosidades adjacentes à decídua basal são mais robustas, longas e mostram uma profusão maior de vilosidades terminais. Como o concepto continua a se expandir, a decídua capsular é progressivamente comprimida e diminuída, a circulação através dela é gradualmente reduzida e as vilosidades adjacentes lentamente se atrofiam

e desaparecem. Este processo começa no polo não embrionário e, aproximadamente no final do terceiro mês, o hemisfério não embrionário do concepto está completamente desnudo. Finalmente, o córion inteiro em frente à decídua capsular está liso e agora é nomeado como córion liso. Em contraste, as vilosidades-tronco da região em forma de disco do córion em frente à decídua basal aumentam de tamanho e de complexidade e a região é agora chamada de córion frondoso (Fig. 9.3). O córion frondoso e a decídua basal constituem a área placentária definitiva (Fig. 9.2). Anomalias neste processo podem acontecer pela persistência das vilosidades em áreas anormais no saco vitelino explicando a presença de lóbulos acessórios ou substitutos. Ao termo, o diâmetro da placenta varia de 200 a 220 mm, o peso médio da placenta é de 470 g, sua espessura média é 25 mm e a área total de superfície vilosa é 12-14 m^2.

Coincidentemente ao crescimento do embrião e à expansão do âmnio, a decídua capsular é diminuída e distendida e o espaço entre ela e a decídua parietal é gradualmente obliterado. Por volta do segundo mês de gravidez, as três camadas endometriais facilmente distinguíveis na fase pré-menstrual – compacta, esponjosa e basal – estão bem diferenciadas e reconhecíveis. As glândulas da camada esponjosa são comprimidas e aparecem como fissuras oblíquas semelhantes a fendas revestidas por células cúbicas. No começo do terceiro mês de gravidez, a decídua capsular e a decídua parietal estão em contato, por volta do quinto mês a decídua capsular é fortemente diminuída e, durante os meses subsequentes, ela praticamente desaparece.

Fig. 9.3 Concepto por volta do estágio 14. O polo embrionário mostra muitas vilosidades no córion frondoso, enquanto o polo não embrionário é liso, livre de vilosidades. (Fotografia por cortesia de P. Collins.)

Placa coriônica

A placa coriônica é coberta na sua face fetal pelo epitélio amniótico, em cuja face estromal há uma camada de tecido conjuntivo, que contém os ramos principais dos vasos umbilicais (Figs. 9.4 e 9.5). Abaixo há uma camada discreta de citotrofoblasto e a parede sincicial interna do espaço interviloso. A camada de tecido conjuntivo é formada pela fusão entre as superfícies cobertas por mesênquima do âmnio e do córion: ela é mais fibrosa e menos celular do que a geleia de Wharton (do cordão umbilical), exceto próximo aos vasos maiores. Os vasos umbilicais irradiam-se e ramificam-se a partir da inserção do cordão, com variações no padrão de ramificação, até que alcancem as bases dos ramos das vilosidades-tronco e então se arborizem dentro das vilosidades intermediárias e terminais. Não há anastomoses entre as árvores vasculares dos ramos adjacentes. As duas artérias umbilicais estão normalmente unidas, na placa coriônica ou pouco antes de entrar nela, através de uma anastomose transversal (anastomose de Hyrtl).

Placa basal

A placa basal, da face fetal até a materna, forma-se na parede externa do espaço interviloso. O trofoblasto e a decídua adjacente são envoltos por camadas de fibrinoide e de matriz extracelular semelhante à membrana basal que formam uma zona juncional complexa. Regiões diferentes da placa basal podem conter sincício, citotrofoblasto ou matriz fibrinoide, os remanescentes da camada citotrofoblástica e, no local da implantação, áreas de decídua materna necrótica (denominada estria de Nitabuch) (Figs. 9.4 e 9.5). A estria de Nitabuch e a decídua basal contêm o citotrofoblasto e as células gigantes multinucleadas trofoblásticas derivadas da população trofoblástica mononucleada, que se infiltraram na decídua basal durante as primeiras 18 semanas de gravidez. Estas células penetram até o terço interno do miométrio, mas podem ser frequentemente observadas na junção decídua-miométrio ou próximo dela. Elas não são encontradas na decídua parietal ou no miométrio adjacente; assim, pode-se inferir que a célula gigante do leito placentário representa um estágio diferenciado final da linhagem trofoblástica extravilosa. As estrias de fibrinoide são interconectadas irregularmente e são variáveis em tamanho. As faixas passam da estria de Nitabuch até a decídua adjacente que contém os remanescentes das glândulas endometriais e as células deciduais grandes e pequenas dispersas em uma trama de tecido conjuntivo que suporta um extenso plexo venoso.

A partir do terceiro mês, a placa basal forma os septos placentários ou cotilédones, que são projeções do citotrofoblasto coberto por sincício que crescem em direção à placa coriônica, mas não se fundem (Fig. 9.4). Os septos dividem a superfície da placenta em 15-30 lóbulos, frequentemente chamados de cotilédones. Cada cotilédone envolve uma porção limitada

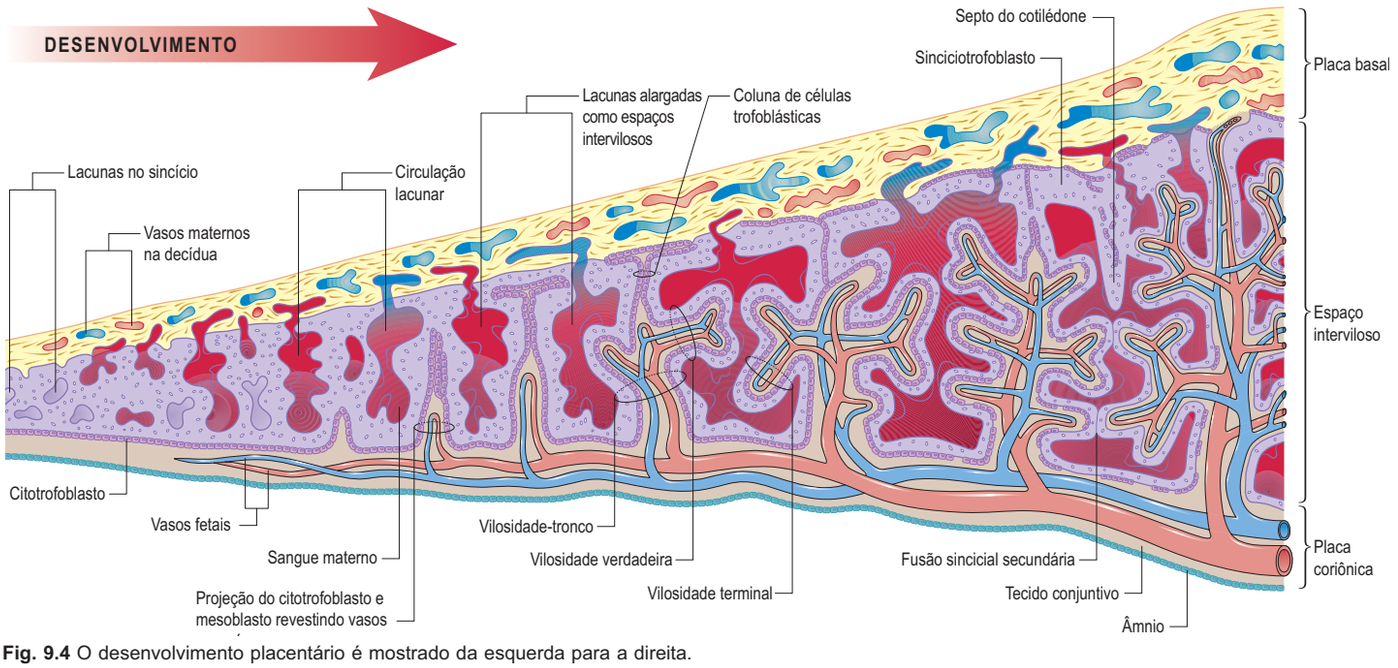


Fig. 9.4 O desenvolvimento placentário é mostrado da esquerda para a direita.

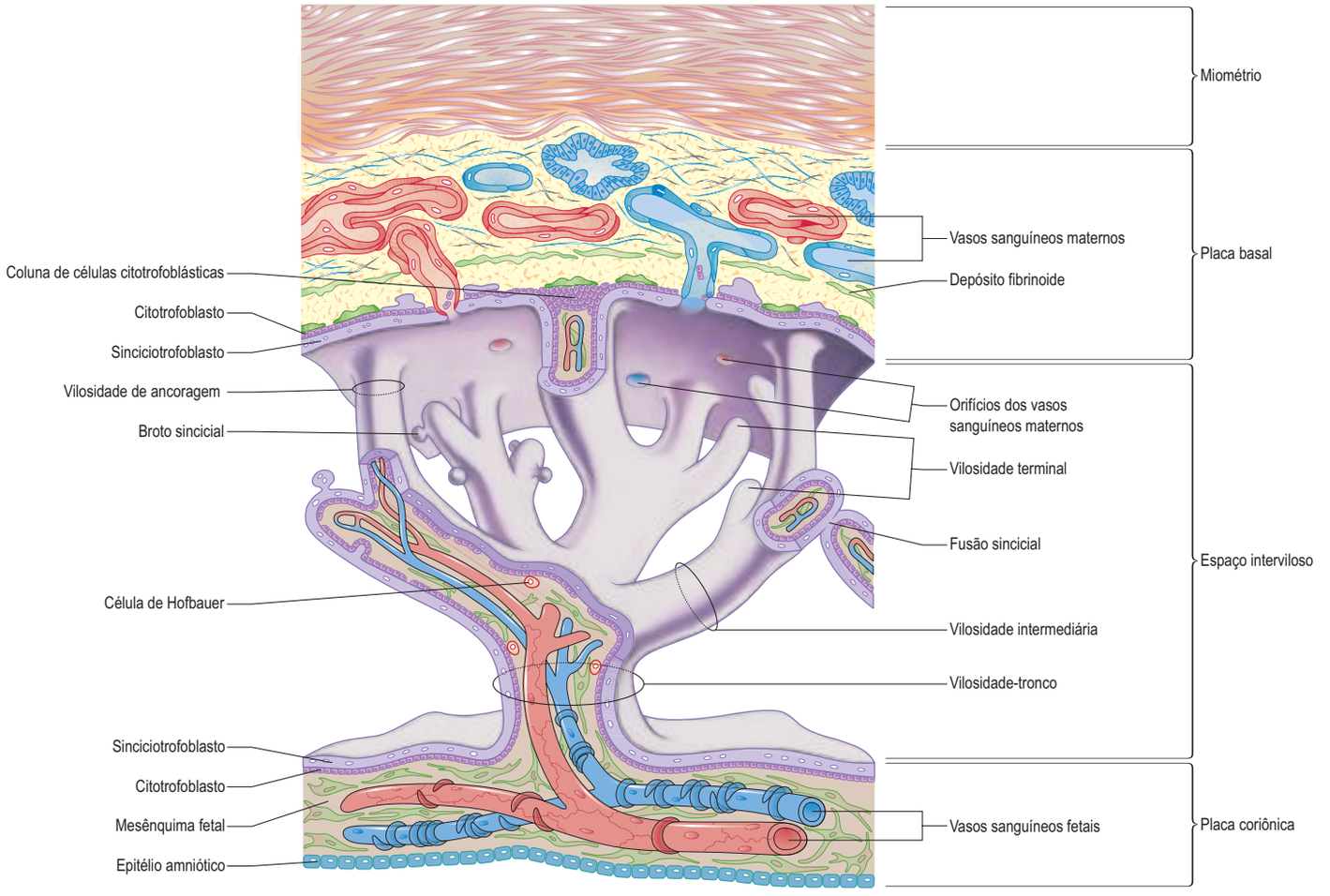


Fig. 9.5 O arranjo dos tecidos placentários da placa coriônica (lado fetal) até a placa basal ou a decídua basal (lado materno).

de espaço interviloso associada a um tronco viloso da placa coriônica. A partir do quarto mês, estes septos são sustentados pelo tecido da decídua basal. Durante a segunda metade da gestação, a placa basal torna-se diminuída e progressivamente modificada: há redução relativa dos elementos deciduais, aumento da deposição de fibrinoide e mistura de derivados fetais e maternos.

Espaço interviloso

O espaço interviloso contém os ramos principais das vilosidades-tronco e as suas ramificações em vilosidades intermediárias e terminais (Figs. 9.4 e 9.5). Um tronco viloso e seus ramos podem ser considerados a unidade de crescimento funcional e essencial da placenta em desenvolvimento.

Ao termo, da porção interna do miométrio até o espaço interviloso, as paredes da maior parte das artérias espiraladas são formadas por matriz fibrinoide dentro da qual o citotrofoblasto está embebido. Este arranjo permite a expansão do diâmetro arterial (e assim diminui o fluxo arterial e reduz a pressão de perfusão) independentemente da ação local de agentes vasoconstritores. As células endoteliais, quando presentes, são frequentemente hipertróficas. As veias que drenam o sangue do espaço interviloso penetram na placa basal e unem-se às tributárias das veias uterinas. A presença de um seio venoso marginal, que até aqui foi descrito como uma característica constante da periferia da placenta que se comunica livremente com o espaço interviloso, não foi confirmada.

Estudos anatômicos e *in vivo* recentes mostram que a placentação humana não é de fato verdadeiramente hemocorial na gravidez inicial (Jauniaux *et al.*, 2003). A partir do período de implantação, o trofoblasto extraviloso não apenas invade os tecidos uterinos, mas também forma uma camada contínua no nível da decídua. As células desta camada não apenas ancoram a placenta no tecido materno, mas também formam um coágulo nas extremidades das artérias uteroplacentárias (Burton *et al.*, 1999). A camada e os coágulos agem como uma interface labiríntica que filtra o sangue materno, permitindo uma reduzida infiltração de plasma, mas não fluxo sanguíneo no espaço interviloso. Este é suplementado por secreções das glândulas uterinas, que são liberadas no espaço interviloso por até pelo menos 10 semanas (Burton *et al.*, 2002). A comparação destas características anatômicas com dados fisiológicos obtidos no útero revela que a estrutura do saco gestacional do primeiro trimestre humano é formada para expor o feto apenas à quantidade de oxigênio estritamente necessária para o seu desenvolvimento. Desta forma, criam-se uma hipóxia placentária fisiológica que pode proteger o embrião em desenvolvimento contra os efeitos deletérios e teratogênicos do oxigênio, e também um gradiente uterino de O_2 que exerce um efeito regulatório no desenvolvimento e no funcionamento do tecido placentário. Em particular, ele influencia a diferenciação e a proliferação do citotrofoblasto junto à via invasiva e à vasculogênese vilosa. No final do terceiro trimestre, os coágulos trofoblásticos são gradualmente deslocados, permitindo que o sangue materno progressivamente flua mais livremente e continuamente dentro do espaço interviloso. Durante a fase de transição, entre 10-14 semanas de gestação, os dois terços da placenta primitiva desaparecem, a cavidade coriônica é obliterada pelo crescimento do saco amniótico e o sangue materno flui progressivamente por toda a placenta (Jauniaux *et al.*, 2003). Estes eventos trazem o sangue materno para perto dos tecidos fetais, facilitando as trocas de nutrientes e de gases entre as circulações fetal e materna.

Estrutura de uma vilosidade placentária

As vilosidades coriônicas são estruturas envolvidas nas trocas entre a mãe e o feto. Por isso, os tecidos vilosos separando o sangue fetal e o materno têm importância funcional crucial. Da placa coriônica, uma ramificação progressiva ocorre na árvore vilosa, como nas vilosidades-tronco que se dividem em vilosidades intermediárias e terminais. Cada vilosidade possui um núcleo de tecido conjuntivo contendo colágenos dos tipos I, III, V e VI, assim como fibronectina. As fibras estriadas (30-35 nm) de colágeno do tipo I ocorrem frequentemente como feixes, enquanto o colágeno do tipo III está presente como fibras mais finas (10-15 nm) em forma de contas, que formam uma trama que frequentemente envolve as fibras mais espessas. Os colágenos dos tipos V e VI estão presentes como fibras de 6-10 nm estreitamente associadas aos colágenos dos tipos I e III. A laminina e o colágeno do tipo IV estão presentes no estroma associado à lâmina basal que envolve os vasos fetais e também a lâmina basal do trofoblasto. Sobrejacente a esta matriz estão presentes células cito- e sinciciotrofoblásticas banhadas pelo sangue materno no espaço interviloso (Figs. 9.4, 9.5 e 9.6). A coesão entre as células do citotrofoblasto e também entre o citotrofoblasto e o sincício é conferida por vários desmossomos entre as membranas plasmáticas adjacentes.

Nos estágios iniciais, o citotrofoblasto forma uma camada quase contínua na lâmina basal. Após o quarto mês, o citotrofoblasto gradualmente se consome para produzir o sincício, que passa a repousar sobre a lâmina

basal em uma área progressivamente maior (80% ao termo), e o sincício torna-se progressivamente mais fino. As células citotrofoblásticas persistem ao termo; entretanto, como o aumento da área de superfície vilosa excede a sua proliferação, geralmente elas estão dispostas isoladamente. No primeiro e no segundo trimestres, os brotos citotrofoblásticos cobertos por sincício estão presentes e representam um estágio no desenvolvimento da nova vilosidade. As colunas citotrofoblásticas nas extremidades das vilosidades de ancoragem estendem-se da lâmina basal vilosa até o estroma materno da decídua.

As células do citotrofoblasto viloso (células de Langhans) são pouco coradas com uma leve basofilia. Apresentam um citoplasma mais eletrontranslúcido e relativamente poucas organelas. Elas contêm filamentos intermediários, associados aos desmossomos. Entre os desmossomos, as membranas das células adjacentes estão separadas por aproximadamente 20 nm. Às vezes, o intervalo intercelular amplia-se para acomodar projeções de microvilos das superfícies celulares, e ocasionalmente contém manchas de fibrinoide. Uma população menor de citotrofoblasto intermediário pode também ser encontrada na vilosidade coriônica. Esta população pós-mitótica representa um estado de diferenciação parcial entre a célula-tronco citotrofoblástica e o sincício sobrejacente.

O sincício é uma camada de tecido muito ativa através da qual a maior parte do transporte transplacentário deve ocorrer. Ele é uma barreira seletivamente permeável que permite que água, oxigênio, outras substâncias nutritivas e hormônios passem da mãe para o feto e que alguns dos produtos de excreção passem do feto para a mãe. Ele secreta hormônios placentários na circulação materna. O citoplasma sincicial é mais fortemente basofílico do que as células citotrofoblásticas e contém organelas que caracterizam o seu fenótipo secretor. A lâmina basal é frequentemente recoberta por citoplasma na região em que a membrana plasmática a toca, ao passo que a superfície que limita o espaço interviloso é coberta por numerosos microvilos longos, que constituem a borda em escova vista na microscopia de luz.

Acredita-se que o glicogênio esteja presente em ambas as camadas do trofoblasto em todos os seus estágios, embora não seja sempre possível demonstrar histoquimicamente a sua presença. As gotículas lipídicas ocorrem em ambas as camadas e estão livres no centro das vilosidades. No trofoblasto, elas são encontradas principalmente dentro do citoplasma, mas também ocorrem no espaço extracelular entre o citotrofoblasto e o sincício, e entre as células individuais do citotrofoblasto. As gotículas diminuem em número com o avanço da idade e podem representar o trânsito de gordura da mãe para o feto e/ou um conjunto de precursores para a síntese de esteroides. Os corpos granulares revestidos por membrana com densidade eletrônica moderada estão presentes no citoplasma, particularmente no sincício, alguns dos quais sendo provavelmente grânulos de secreção. Outros corpos revestidos por membrana, os lisossomos e os fagossomos, estão envolvidos na degradação de materiais acumulados no espaço interviloso.

Na placenta imatura, os brotos sinciciais representam o primeiro estágio no desenvolvimento da nova vilosidade terminal, que posteriormente se torna invadida pelo citotrofoblasto e pelo mesênquima viloso. Ocasionalmente, os brotos sinciciais adjacentes fazem contato e fundem-se para formar pontes sinciciais mais finas. Os brotos podem se descolar e passar para os pulmões, formando a embolia sincicial materna. Foi observado que cerca de 100.000 brotos passam diariamente para a circulação materna. Nos pulmões, eles provocam pouca reação local e aparentemente desaparecem por lise. Entretanto, podem ocasionalmente formar focos de crescimento neoplásico. Os brotos sinciciais estão presentes na placenta ao termo, mas estão em degeneração.

Os nós sinciciais são agregados de núcleos deteriorados e podem representar um fenômeno de sequestro pelo qual o material nuclear senescente é removido das áreas metabolicamente ativas adjacentes do sincício. Os depósitos fibrinoides são frequentemente encontrados na superfície vilosa de áreas que perderam o sinciciotrofoblasto. Eles podem constituir um mecanismo de reparo no qual o fibrinoide cobre a superfície da lesão que é subsequentemente reepitelizada pelo trofoblasto. A tenascina, uma glicoproteína da matriz extracelular, foi localizada no estroma adjacente a estas áreas.

O centro da vilosidade contém células reticulares pequenas e grandes, fibroblastos e macrófagos (células de Hofbauer). As células mesenquimais iniciais provavelmente se diferenciam de células reticulares pequenas, que, em seguida, produzem fibroblastos e células reticulares grandes. As células reticulares pequenas parecem delimitar um sistema de canais estromais livres de colágeno através dos quais as células de Hofbauer migram. O colágeno mesenquimal cresce de uma rede de fibras finas nas vilosidades mesenquimais iniciais até um estroma densamente fibroso dentro da vilosidade-tronco no segundo e terceiro trimestres. Após aproximadamente 14 semanas, os canais estromais encontrados nas vilosidades intermediárias imaturas estão preenchidos por colágeno para dar ao estroma fibroso características de vilosidade-tronco.

Os vasos fetais incluem as arteríolas e os capilares. Os pericitos podem ser encontrados em justa associação com o endotélio dos capilares e posteriormente, a partir do primeiro trimestre, os vasos são rodeados externamente por uma lâmina basal. A partir do segundo trimestre (e um pouco mais tarde nas vilosidades terminais), capilares dilatados com parede fina são encontrados imediatamente adjacentes ao trofoblasto viloso; sua respectiva lâmina basal aparentemente se funde para produzir uma interface vasculossincicial.

Transporte através das vilosidades placentárias

O mecanismo de transferência de substâncias através da barreira (membrana) placentária é complexo. O volume de sangue materno circulando através do espaço interviloso foi estimado em 500 mL por minuto. A difusão simples é suficiente para explicar as trocas gasosas. A transferência de íons e outros solutos solúveis em água acontece por difusão e trans-

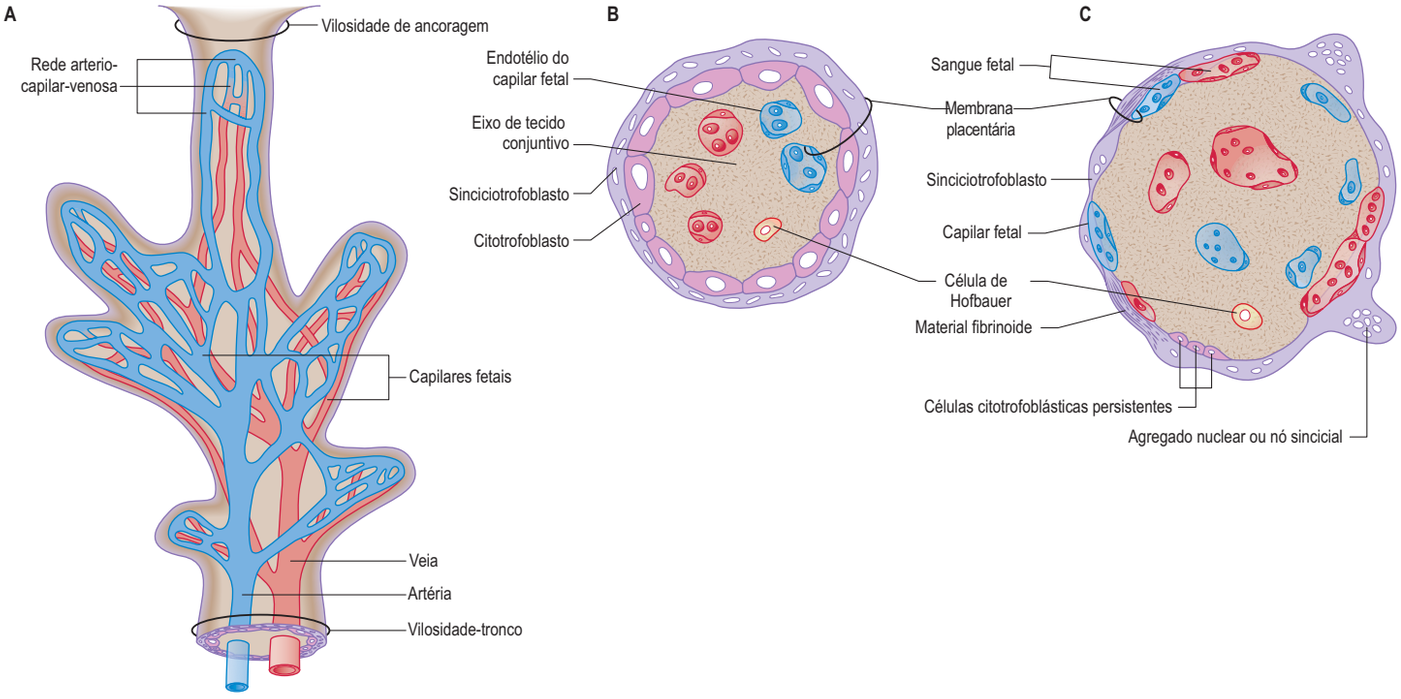


Fig. 9.6 A, Vilosidade coriônica e seu sistema arteriocapilar-venoso que transporta o sangue fetal. A artéria transporta o sangue desoxigenado e os restos metabólicos do feto, e a veia transporta o sangue oxigenado e os nutrientes para o feto. Cortes através de uma vilosidade coriônica com 10 semanas, **B**, e ao termo, **C.** A vilosidade estaria dentro do espaço interviloso banhado externamente pelo sangue materno. A membrana placentária, composta pelos tecidos fetais, separa o sangue materno do sangue fetal.

porte transcelulares e paracelulares: a importância relativa de cada um destes para a maioria dos solutos individuais não é conhecida e a via paracelular é morfologicamente indefinida. O transporte de glicose envolve a difusão facilitada, enquanto os mecanismos de transporte ativo carregam cálcio e alguns aminoácidos. As vitaminas solúveis em água e em gordura provavelmente atravessam a barreira placentária com diferentes graus de facilidade. As vitaminas B e C solúveis em água passam imediatamente. A água é intercambiada entre o feto e a mãe (em ambas as direções), aproximadamente 3,5 L por hora. A transferência de substâncias de alto peso molecular, tais como açúcares complexos, alguns lipídios e proteínas hormonais e não hormonais, varia fortemente em porcentagem e grau, e não está bem compreendida: os mecanismos de transporte seletivos dependentes de energia incluindo a transcitose mediada por receptor provavelmente estão envolvidos.

Os lipídios podem ser transportados sem alteração através e entre as células do trofoblasto para o centro da vilosidade. A passagem de anticorpos maternos (imunoglobulinas) através da barreira placentária confere algum grau de imunidade passiva ao feto: é largamente aceito que a transferência acontece por micropinocitose. A investigação dos mecanismos transplacentários é complicada pelo fato de o trofoblasto ser a área de síntese e de estocagem de certas substâncias, como glicogênio.

A placenta é um importante órgão endócrino. Alguns hormônios esteroides, vários estrógenos, β-endorfinas, progesterona, hCG e somatomamotrofina coriônica humana (hCS), que também é conhecida como lactógeno placentário (hPL), são sintetizados e secretados pelo sincício. O trofoblasto também contém um sistema de enzimas que estão associadas à síntese de hormônios esteroides.

Foi sugerido que leucócitos podem migrar do sangue materno através da barreira placentária para os capilares fetais. Também foi mostrado que algumas hemácias maternas podem atravessar a barreira. O transporte pode ter importantes consequências, como a incompatibilidade de Rhesus.

A maioria das drogas são moléculas pequenas e suficientemente lipofílicas para passar pela barreira placentária. Muitas são toleradas pelo feto, mas algumas podem exercer efeitos teratogênicos no embrião em desenvolvimento (p. ex., talidomida). Uma associação bem documentada existe entre a ingestão de álcool e anomalias fetais. A dependência do feto a substâncias maternas tais como a cocaína e a heroína pode ocorrer.

Várias bactérias, espiroquetas, protozoários e vírus, incluindo o vírus da imunodeficiência humana (HIV), podem atravessar a barreira placentária da mãe para o feto, embora o mecanismo de transferência seja incerto. A presença da rubéola materna nos meses iniciais da gravidez é de importância especial devido à indução de anomalias congênitas.

MEMBRANAS FETAIS

O concepto implantado é formado inicialmente por três cavidades e seus epitélios envolventes. A cavidade blastocística original, rodeada pelo trofoblasto, é agora chamada de cavidade coriônica (sinônimo de celoma extraembrionário). É uma grande cavidade contendo a cavidade amniótica bem menor e o saco vitelino secundário (Fig. 9.1). A região de aposição das duas cavidades delimita a extensão inicial do embrião. A cavidade coriônica torna-se revestida pelo mesoblasto extraembrionário que também é refletido acima da superfície externa do âmnio e do saco vitelino. Uma quarta cavidade, o alantoide, desenvolve-se posteriormente como um divertículo hipoblástico caudal que se torna circundado por mesênquima extraembrionário, formando o pedículo de conexão do embrião. Ele não possui uma cobertura mesotelial direta.

Córion

O córion é formado pelo trofoblasto em desenvolvimento e pelo mesotélio extraembrionário. Temporal e espacialmente, ele varia em espessura durante o desenvolvimento. Ele é mais espesso na área de implantação por toda a gestação como o córion frondoso e depois a placenta, e é mais fino à medida que a gestação progride sobre o remanescente de sua superfície como o córion liso (Fig. 9.3). Ao termo, o córion é formado por uma camada celular interna que contém fibroblastos e por uma camada reticular de fibroblastos e de células de Hofbauer, que lembram o mesênquima de uma vilosidade intermediária. A camada externa é formada por citotrofoblasto (3 a 10 células), que descansa sobre uma pseudomembrana basal que se estende abaixo e entre as células. As vilosidades obliteradas observadas ocasionalmente na camada trofoblástica são os restos das vilosidades presentes no córion frondoso do primeiro trimestre. Embora a interface entre o trofoblasto e a decídua parietal seja irregular, nenhuma infiltração de trofoblasto ocorre na decídua parietal.

Saco vitelino

Quando o saco vitelino secundário se forma, ele delimita uma cavidade revestida pelo hipoblasto parietal, e às vezes visceral, que é contínuo ao endoderma da linha primitiva em desenvolvimento (Cap. 10). O saco vitelino secundário é a primeira estrutura que pode ser detectada por ultrassonografia dentro da cavidade coriônica (Jauniaux *et al.*, 1991). Seu diâmetro aumenta discretamente entre 6 e 10 semanas de gestação, alcançando um máximo de 6-7 mm, após o que o seu tamanho diminui.

As células internas do saco vitelino (denominadas endoderma em muitos estudos, embora esta camada seja restrita ao embrião) exibem poucos microvilos curtos e estão ligadas por junções justaluminais (Jones & Jauniaux 1995). Seu citoplasma contém numerosas mitocôndrias, cisternas de retículo endoplasmático granular, corpos do complexo de Golgi e gotículas secretoras, que lhe dão a aparência de células sintéticas altamente ativas. Com o desenvolvimento posterior, o epitélio torna-se dobrado, formando uma série de túbulos ou estruturas semelhantes a cistos, sendo que apenas algumas se comunicam com a cavidade central. As células sintetizam várias proteínas do soro junto com o fígado fetal, tais como a alfa-fetoproteína (AFP), a alfa-1-antitripsina, a albumina, a pré-albumina e a transferrina (Jauniaux & Gulbis 2000). Com raras exceções, a secreção da maioria das proteínas é confinada aos compartimentos embrionários.

O saco vitelino torna-se coberto pelo mesênquima extraembrionário, que forma as camadas mesenquimais e mesoteliais. Um plexo capilar difuso desenvolve-se entre a camada mesotelial e a parede do saco vitelino secundário subjacente, e subsequentemente drena através das veias vitelinas para o fígado em desenvolvimento. A camada mesotelial sustenta uma densa cobertura de microvilos: a presença de invaginações revestidas e de vesículas de pinocitose dá-lhe a aparência de um epitélio absortivo (Jones & Jauniaux 1995).

O saco vitelino secundário possui um papel importante no desenvolvimento de todos os mamíferos. Em roedores de laboratório, é uma das áreas iniciais da hematopoese. Dados recentes em humanos indicam que ele possui papel de absorção de moléculas de origens materna e placentária encontradas na cavidade coriônica (Gulbis *et al.*, 1998) e medeia o movimento das moléculas que passam da cavidade coriônica para o saco vitelino, subsequentemente para o intestino embrionário e para a circulação.

Após a nona semana, os componentes celulares da parede do saco vitelino secundário começam a degenerar, e a sua função está incluída nas trocas da placa coriônica placentária. Com o desenvolvimento embrionário do intestino médio, a conexão do saco vitelino com o embrião torna-se atenuada por um ducto vitelino achatado e alongado. Tanto o saco vitelino quanto seu ducto permanecem dentro do celoma extraembrionário (cavidade coriônica) por toda a gestação, localizados entre o âmnio e o córion quando eles se fundem, perto da inserção do cordão umbilical na placenta.

Alantoide

O divertículo alantoentérico (Fig. 10.1) surge inicialmente na terceira semana como um crescimento endodérmico e sólido da parte dorsocaudal do saco vitelino em direção ao mesênquima do pedículo de conexão. Ele logo se torna canalizado. Quando o intestino posterior se desenvolve, a parte proximal (entérica) do divertículo é incorporada em sua parede ventral. A parte distal (alantoide) permanece como um ducto do alantoide e é carregada ventralmente para se abrir na face ventral da cloaca ou na parte terminal do intestino posterior (Fig. 9.7A). O alantoide é uma área de angiogênese, dando origem aos vasos sanguíneos que se conectam à circulação placentária. O mesênquima extraembrionário ao redor do alantoide forma o pedículo de conexão, que é posteriormente incorporado ao cordão umbilical.

No feto, o ducto do alantoide, que está confinado à extremidade proximal do cordão umbilical, alonga-se e afina-se. Entretanto, ele pode persistir como uma série interrompida de cordões epiteliais ao termo, caso em que o cordão proximal é frequentemente contínuo no umbigo ao úraco intra-abdominal mediano, que é posteriormente contínuo ao apêndice da bexiga.

Âmnio (cório-âmnio)

As células amnióticas originais desenvolvem-se das margens do epiblasto do disco embrionário que no final formam a interface com a pele na região umbilical. Entre a 10ª e a 12ª semanas de gravidez, a cavidade amniótica expande-se até que faça contato com o córion para formar o cório-âmnio, uma membrana avascular que persiste ao termo. A membrana amniótica estende-se ao longo do pedículo de conexão e forma a cobertura externa do cordão umbilical. Após o nascimento, a área desta junção embrionária/extraembrionária é importante, porque as linhagens celulares extraembrionárias morrerão, causando a degeneração e o descolamento do cordão umbilical da parede corporal. Nos casos de desenvolvimento anormal da parede corporal ventral, como gastrosquise e exonfalia, os reflexos do âmnio junto com o cordão umbilical em formação podem estar incompletos (ver a seguir).

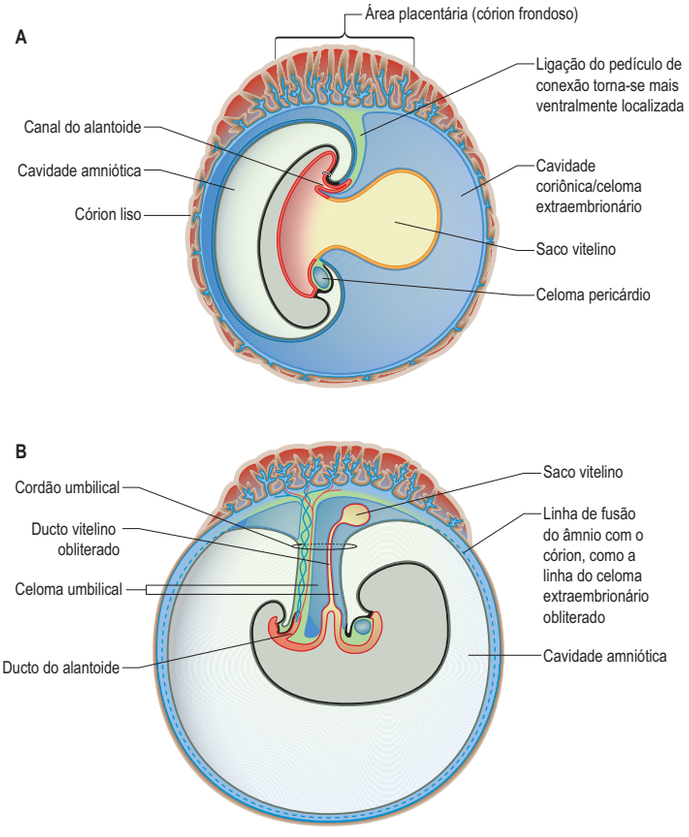


Fig. 9.7 A, Corte longitudinal de um concepto mostrando as cavidades associadas ao desenvolvimento. A cavidade amniótica e o saco vitelino estão recobertos por mesoblasto extraembrionário. Eles estão contidos dentro da cavidade coriônica, que está revestida pelo mesoblasto extraembrionário. O embrião está ligado ao córion frondoso pelo pedículo de conexão no qual o alantoide se projeta. **B,** Corte longitudinal do concepto em estágio posterior mostrando a redução da cavidade coriônica, a expansão da cavidade amniótica, atenuação relativa do saco vitelino e as estruturas que dão origem ao cordão umbilical.

A superfície interna do âmnio é formada por um epitélio cúbico simples. Ele possui uma superfície apical com microvilos e abaixo dela há uma rede cortical de filamentos intermediários e microfilamentos. Não há complexos juncionais de adesão entre as células adjacentes e corantes catiônicos penetram entre as células até a lâmina basal. As fendas intercelulares apresentam desmossomos espalhados, mas em outros lugares as fendas ampliam-se e contêm microvilos. Estas características são consistentes com as propriedades de permeabilidade seletiva. O epitélio sintetiza e deposita matriz extracelular na camada compacta de estroma acelular localizada abaixo da lâmina basal, assim como na própria lâmina basal.

Próximo ao final da gestação, muitas células amnióticas sofrem apoptose. As células apoptóticas destacam-se do âmnio e são encontradas na cavidade amniótica ao termo. A incidência mais alta é nas semanas 40-41, independentemente do começo do trabalho de parto. A apoptose pode possuir um papel no aumento da fragilidade e na ruptura das membranas fetais ao termo.

Acredita-se que as células amnióticas humanas são pluripotentes, porque elas surgem logo no início do concepto. Podem ser distinguidas das células epiblásticas do dia 8. As células amnióticas perdem o antígeno do complexo de histocompatibilidade principal e assim o âmnio pode ser exposto ao sistema imunológico materno sem produzir uma resposta imunológica na mãe. As células epiteliais humanas cultivadas expressam vários marcadores neuronais e gliais, incluindo a proteína ácida fibrilar glial, a proteína básica da mielina, a vimentina e as proteínas neurofilamentosas, sugerindo que estas células podem fornecer fatores neurotróficos ao líquido amniótico. Elas também parecem expressar genes de hepatócitos, pois produzem albumina, e estocam glicogênio e secretam albumina em cultura. Foi demonstrado que a quantidade de albumina secretada por elas é 30 vezes maior em cultura de órgãos do que em cultura de monocamada, e elas também secretam a alfa-1-antitripsina (Takashima *et al.*, 2004). O âmnio é usado no reparo de córneas após um trauma e como um material de enxerto para reconstruir vaginas em mulheres com anomalias cloacais.

LÍQUIDO AMNIÓTICO

O líquido amniótico é derivado de múltiplas fontes ao longo da gestação. Elas incluem as secreções do epitélio amniótico, a filtração de líquido dos vasos maternos via decídua parietal e amniocórion, a filtração dos vasos fetais via placa coriônica ou cordão umbilical, a urina fetal e as secreções pulmonares fetais. Na gravidez inicial, a difusão a partir dos vasos intracorpóreos através de pele fetal promove outra fonte. Logo que o intestino se forma, a deglutição fetal do líquido amniótico é uma ocorrência normal: o líquido é absorvido pela circulação fetal e passa, via barreira placentária, para a circulação materna. Há uma rápida troca entre o líquido amniótico e as circulações fetal e materna via placenta e rins fetais.

Nos estágios iniciais, o líquido amniótico assemelha-se ao plasma sanguíneo em composição e é provável que seja amplamente formado pelo transporte através da membrana amniótica. Quando a gravidez avança, ele torna-se progressivamente mais diluído, parcialmente pela adição da urina fetal. Ele contém menos do que 2% de sólidos, incluindo ureia, sais inorgânicos, uma pequena quantidade de proteína e frequentemente um traço de açúcar. As secreções de glicoproteínas pelo epitélio amniótico incluem a fibronectina. Os produtos de secreção da decídua materna, incluindo a prolactina e a proteína 1 ligada ao fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-BP1), estão presentes no líquido amniótico. Há evidências experimentais de um fluxo rápido e considerável de água através da membrana amniótica.

A quantidade de líquido amniótico tem aumento considerável progressivamente até o sexto e sétimo meses e então diminui discretamente. No final da gestação, o volume é, geralmente, um pouco menor do que um litro. Ele promove um meio leve que suporta os tecidos delicados do jovem embrião e permite o movimento livre do feto durante os estágios finais da gravidez. Ele também diminui o risco de lesão ao feto.

Um volume de líquido amniótico superior a dois litros geralmente é considerado anormal e caracteriza poli-hidrâmnios. A deficiência é chamada de oligo-hidrâmnios e a ausência de líquido amniótico de anhidrâmnios. (Para informação sobre o volume de líquido amniótico e as suas taxas durante a gestação, consulte Brace & Wolf 1989.) Os oligo-hidrâmnios no segundo e no terceiro trimestres são geralmente o resultado da ruptura prematura das membranas, da insuficiência uteroplacentária ou de malformações no trato urinário, como agenesia renal bilateral ou obstrução do aparelho urinário inferior. A preocupação principal com os oligo-hidrâmnios durante o período inferior a 20 semanas é o risco significante de hipoplasia pulmonar e morte neonatal. O mecanismo para o desenvolvimento da hipoplasia pulmonar está pouco compreendido, mas a perda de líquido pulmonar e a compressão do tórax são fatores que contribuem. Inversamente, o volume aumentado de líquido amniótico (poli-hidrâmnios) é encontrado principalmente em duas situações: deglutição fetal reduzida ou absorção de líquido amniótico e liberação de urina fetal aumentada. A deglutição fetal reduzida pode ocorrer devido a malformações congênitas, como anencefalia, obstrução do trato intestinal superior (atresia esofágica), doenças pulmonares compressivas (hérnia diafragmática congênita) e comprometimento neuromuscular da deglutição. A causa para o volume anormal de líquido amniótico pode frequentemente ser elucidada através do exame pré-natal com ultrassom.

CORDÃO UMBILICAL

A formação do pedículo de conexão é descrita no Capítulo 10 e a formação inicial do cordão umbilical é descrita na página 1209. O cordão umbilical é formado, essencialmente, por uma cobertura externa de células epiteliais amnióticas e por uma massa interior de mesênquima de diferentes origens (Fig. 9.7). Ele contém dois tubos de origem hipoblástica, ductos vitelointestinal e do alantoide e seus vasos sanguíneos (umbilical) vitelino e do alantoide associados. O saco vitelino e o ducto contínuo estendem-se ao longo do cordão, enquanto o ducto do alantoide se estende apenas pela sua parte proximal.

O centro mesenquimal é derivado do mesênquima extraembrionário da somatopleura cobrindo as pregas amnióticas, o mesênquima extraembrionário da esplacnicopleura do saco vitelino (que contém os vasos vitelinos e cobre o ducto vitelino), e o mesênquima alantoide similar ao pedículo de conexão (que cobre o ducto do alantoide e inicialmente carrega duas artérias umbilicais e duas veias umbilicais). Estes vários compartimentos mesenquimais fundem-se e gradualmente são transformados no tecido conjuntivo frouxo (geleia de Wharton) que caracteriza o cordão mais maduro. O tecido é formado por fibroblastos alongados e espaçados, separados por uma rede tridimensional delicada de fibras

colágenas finas, que contém vários glicosaminoglicanos, e é particularmente rico em ácido hialurônico.

Os vasos do alantoide (umbilicais) e vitelino, que são inicialmente simétricos, tornam-se modificados como resultado de mudanças na circulação. Os vasos vitelinos involuem, enquanto a maior parte dos vasos do alantoide (umbilical) persiste. A veia umbilical direita desaparece, mas as duas artérias umbilicais normalmente permanecem. Ocasionalmente, uma artéria umbilical pode desaparecer; há alguma correlação com anomalias estruturais, mais frequentemente cardíacas, em tais casos. Os vasos do cordão umbilical são raramente retos, são geralmente tortuosos, formando uma hélice cilíndrica direcionada para a direita ou para a esquerda. O número de voltas varia de poucas a até mais de 300. Esta conformação pode ser produzida pelo crescimento inadequado dos vasos ou por forças de torção impostas pelo movimento fetal. O seu significado funcional é obscuro: talvez as pulsações e as contrações dos vasos helicoidais ajudem no retorno venoso para o feto pela veia umbilical.

As anomalias da parede abdominal anterior, tais como a exonfalia e a gastrosquise, podem afetar o arranjo da cobertura celular externa do âmnio ao longo da extremidade proximal do cordão umbilical. A exonfalia surge de uma falência das pregas laterais ao longo da superfície ventral do embrião, comprometendo a regressão normal da hérnia embrionária, saída do intestino médio do pedículo umbilical. Os conteúdos abdominais, incluindo os intestinos, o fígado ou o baço, cobertos por um saco de peritônio parietal e de âmnio, são herniados na base do cordão umbilical. Na gastrosquise, a inserção do cordão umbilical está intacta e há visceração do intestino através de um pequeno defeito na parede abdominal geralmente localizado à direita do cordão umbilical, o que resulta em alças intestinais livres na cavidade amniótica. As teorias relacionadas à etiologia deste defeito incluem a involução anormal da veia umbilical direita ou o rompimento da artéria onfalomesentérica por isquemia.

Os vasos umbilicais maduros, particularmente as artérias, têm uma capa muscular forte que contrai imediatamente em resposta ao estímulo mecânico. Os feixes mais externos continuam um curso espiral entrelaçado e, quando contraem, produzem o encurtamento do vaso e o espessamento da média, com o dobramento da interna e o estreitamento considerável da luz. Esta ação pode causar a formação das constrições periódicas rígidas, chamadas de válvulas de Hoboken, que caracterizam estes vasos.

O cordão umbilical completamente desenvolvido possui uma média de 50 cm de altura e 1-2 cm de diâmetro. Seu comprimento varia de 20-120 cm: cordões excepcionalmente curtos ou longos estão associados a problemas fetais e a complicações durante o trabalho de parto. Um cordão umbilical longo pode prolapsar através do colo na vagina, quando as membranas fetais se rompem, o que pode ser exacerbado por condições que impedem que a cabeça do feto ocupe completamente a pélvis materna, como tumores pélvicos (fibroides), cistos ovarianos, placenta prévia e prematuridade. A compressão do cordão por uma parte do feto ou por um espasmo da artéria umbilical levará à hipóxia fetal e à morte se não tratada. O risco da morte perinatal é aumentado quando o intervalo do diagnóstico até o parto aumenta. O tratamento é a substituição funicular (empurrando o cordão para trás acima da cabeça do feto) ou mais comumente a cesariana imediata, dependendo de fatores como a viabilidade fetal.

A extremidade fetal do cordão umbilical geralmente se liga à porção central da placenta, mas em uma minoria dos casos a inserção velamentosa nas membranas é observada, o que pode estar associado à vulnerabilidade à lesão e à hemorragia fetal. Isto é especialmente importante se a placenta apresenta inserção baixa e pode estar associado à vasa prévia, caso em que os vasos sanguíneos fetais passam através do óstio interno. A ruptura involuntária dos vasos fetais durante o trabalho de parto espontâneo ou no período de amniotomia (a ruptura artificial das membranas para induzir o trabalho de parto) causará hemorragia fetal e pode ser fatal (ver as variações placentárias).

REFERÊNCIAS

Brace RA, Wolf EJ 1989 Normal amniotic fluid volume changes throughout pregnancy. Am J Obstet Gynaecol 161: 382–8.

Burton GJ, Jauniaux E, Watson AL 1999 Maternal arterial connections to the placental intervillous space during the first trimester of human pregnancy; the Boyd Collection revisited. Am J Obstet Gynecol 181: 718–24.

Burton GJ, Watson AL, Hempstock J, Skepper JN, Jauniaux E 2002 Uterine glands provide histiotrophic nutrition for the human fetus during the first trimester of pregnancy. J Clin Endocrinol Metab 87: 2954–9.

Gulbis B, Jauniaux E, Cotton F, Stordeur P 1998 Protein and enzyme pattern in the fluid cavities of the first trimester human gestational sac: Relevance to the absorptive role of the secondary yolk sac. Mol Hum Reprod 4: 857–62.

Jauniaux E, Gulbis B, Burton GJ 2003 The human first trimester gestational sac limits rather than facilitates oxygen transfer to the foetus: A review. Placenta-Trophoblast Res 24: S86–S93.

Jauniaux E, Jurkovic D, Henriet Y, Rodesch F, Hustin J 1991 Development of the secondary human yolk sac: Correlation of sonographic and anatomic features. Hum Reprod 6: 1160–6.

Jauniaux E, Gulbis B 2000 Fluid compartments of the embryonic environment. Hum Reprod Update 6: 268–78.

Jones CPJ, Jauniaux E 1995 Ultrastructure of the materno-embryonic interface in the first trimester of pregnancy. Micron 2: 145–73.

Takashina S, Ise H, Zhao P, Akraike T, Nikaido T 2004 Human amniotic epithelial cells possess hepatocyte-like characteristics and functions. Cell Struct Funct 3: 13–84.

CAPÍTULO 10

Populações de células na gastrulação

CONCEPTO COM UM DISCO EMBRIONÁRIO BILAMINAR

No estágio 6, o concepto é composto por paredes de três cavidades: a cavidade coriônica maior é rodeada por uma rede de trofoblasto e de vilosidades em desenvolvimento e é revestida pelo mesoblasto extraembrionário. O córion, o trofoblasto e o mesoblasto extraembrionário encerram o celoma extraembrionário e contêm a cavidade amniótica muito menor e o saco vitelino (Fig. 9.1). Estas últimas cavidades encontram-se no disco embrionário bilaminar, onde o epiblasto epitelial e o hipoblasto visceral se aproximam. Uma quarta cavidade, o alantoide, se formará como um divertículo hipoblástico no estágio 7. O "disco bilaminar", comumente referido pelos textos de Embriologia, ainda não possui as camadas definitivas de ectoderma e endoderma embrionários que darão origem às estruturas embrionárias. Apenas o epiblasto dará origem ao embrião; todas as outras camadas produzidas até agora são extraembrionárias. O âmnio e o córion (e o mesoblasto envolvente) são parte da somatopleura extraembrionária, enquanto o saco vitelino, o alantoide e o mesoblasto extraembrionário constituem a esplancnopleura extraembrionária. Na zona juncional que envolve as margens da área embrionária, onde as paredes do âmnio e do saco vitelino convergem, a somatopleura e a esplancnopleura do mesoblasto extraembrionário são contínuas.

Os termos epiblasto e hipoblasto são usados para fazer a distinção entre as camadas do disco bilaminar inicial e as camadas embrionárias posteriores. O epiblasto e o hipoblasto contêm populações mistas de células com pouca diferenciação (pág. 193), que estabelecem as estruturas placentárias e os tecidos extraembrionários antes da produção das linhagens celulares na gastrulação. A terminologia mais antiga que descreve as três camadas germinativas que dão origem à pele, ao revestimento do intestino e aos tecidos intervenientes está incorreta para os discos embrionários bilaminar e trilaminar. A aplicação e a retenção desta velha terminologia para os estágios iniciais da embriologia continuam causando confusão e inibem o desenvolvimento de uma linguagem descritiva mais pertinente para descrever estes eventos iniciais.

No estágio 6 inicial, o epiblasto está produzindo o mesênquima extraembrionário a partir da sua margem caudal. Com o surgimento da linha primitiva, um processo começa assim que as células do epiblasto passam por baixo da camada epiblástica para formar as populações de células dentro do embrião, ou permanecem na face dorsal do embrião para se tornarem o ectoderma embrionário. Embora os embriões humanos não formem uma "gástrula" como tal, o termo gastrulação é usado aqui para denotar um período inicial do desenvolvimento durante o qual rearranjos significativos, migrações e dobramentos do embrião inicial ocorrem. A linha primitiva é a área de células organizadoras análogas àquelas encontradas nos embriões que se submetem à gastrulação. Por isso, o surgimento da linha primitiva marca o início de um período quando alterações crescentes na morfologia e rearranjos complexos das populações celulares ocorrem. Durante este período, o epiblasto dará origem a uma estrutura multilaminar complexa com um eixo craniocaudal definido. Aproximadamente no final da gastrulação, as populações de células de diferentes regiões do disco embrionário, com frequência amplamente separadas, se tornarão espacialmente relacionadas e a forma embrionária será produzida.

Linha primitiva e nó primitivo

Visto da face dorsal (epiblástica), no estágio 6, o disco embrionário parece alongado. A linha primitiva é inicialmente vista na região caudal do disco embrionário neste estágio como um conjunto de células pluripotentes, orientadas ao longo do eixo mais longo no plano mediano, conferindo o futuro eixo craniocaudal do embrião (Figs. 10.1 e 10.2). Embora as futuras regiões craniais e caudais do embrião estejam exatamente dentro dos limites do disco embrionário, na prática denomina-se a região do disco mais próxima da linha primitiva como região "caudal" e a região do disco mais distante da linha primitiva como região "cranial" ou região "rostral".

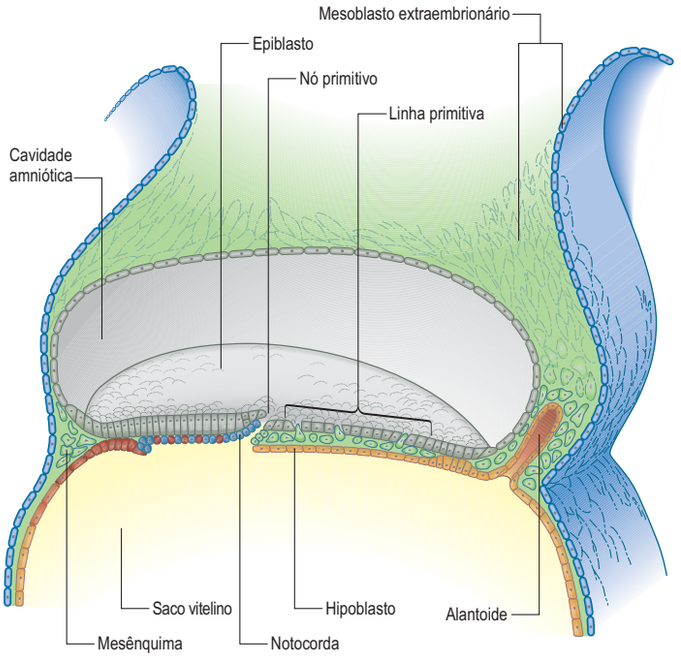


Fig. 10.1 Corte longitudinal através de um concepto inicial. O ingresso do mesoblasto está ocorrendo na linha primitiva e a notocorda está ingressando através do nó primitivo (de Hensen).

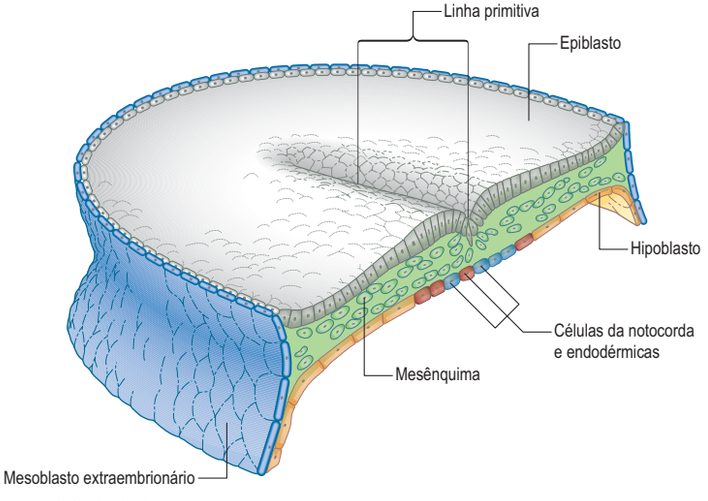


Fig. 10.2 Corte transversal através da placa embrionária no nível da linha primitiva para mostrar o movimento inicial do mesoblasto entre o epiblasto e o hipoblasto subjacente.

Com o desenvolvimento da linha primitiva, os termos medial e lateral podem ser usados. As dimensões relativas da linha primitiva e os destinos das células que passam através dela mudam com o estágio de desenvolvimento. Assim, a linha estende-se até a metade do caminho ao longo do disco no estágio 6, alcança o seu maior comprimento relativo no estágio 7 e seu comprimento máximo no estágio 8.

A formação da linha primitiva é induzida pelo hipoblasto visceral subjacente que permanece abaixo da linha mesmo nos estágios finais. A linha primitiva pode ser considerada geralmente homóloga ao blastóporo dos vertebrados inferiores (p. ex., anfíbios), com a região nodal correspondendo aos lábios dorsais. Experimentos mostram claramente que os lábios do blastóporo são uma borda dinâmica através da qual as células são transportadas para o interior a fim de formar a raiz do arquêntero, uma situação análoga ao ingresso através do nódulo da placa precordal e do endoderma. A linha primitiva, similarmente, pode ser considerada análoga aos lábios laterais, fundidos ou combinados do blastóporo e à membrana cloacal, e seus arredores imediatos são considerados análogos aos lábios ventrais do blastóporo.

Na linha primitiva, as células epiblásticas submetem-se a um período de proliferação intensa, a taxa de divisão é muito mais rápida do que a dos blastômeros durante a clivagem. A formação da linha está associada à produção local de várias camadas celulares, ao rompimento extensivo da lâmina basal, ao aumento nas placas adesivas e nas junções comunicantes, à síntese de vimentina e à perda de citoqueratinas pelas células emergentes.

Quando as células epiblásticas proliferam, dois sulcos são formados em cada lado da linha primitiva, que parecem penetrar entre eles. A porção mediana mais inferior da linha é chamada de sulco primitivo. O processo pelo qual as células tornam-se parte da linha e então migram para fora dela abaixo do epiblasto é chamado de ingresso.

O nó primitivo, ou nódulo de Hensen, é a região mais rostral da linha primitiva. Ele parece uma camada curva de células, similar à forma da parte superior de uma fechadura antiga. As células que ingressam no sulco passam pela fosseta primitiva (a parte mais rostral do sulco primitivo) e migram rostralmente abaixo do epiblasto. O nó primitivo foi observado em todo o estágio 7 em embriões humanos: ele produz as populações celulares axiais, a placa precordal, a notocorda, o endoderma embrionário e as metades mediais dos somitos. A remoção experimental do nó resulta na ausência completa da notocorda e numa falência na neurulação.

Posição e tempo de ingresso através da linha primitiva

Estudos do destino das células têm mostrado que as células do epiblasto que passarão pela linha primitiva estão aleatoriamente localizadas no epiblasto antes de seu ingresso, e este destino do epiblasto é determinado antes ou no momento do ingresso através da linha, indicando que a passagem através da linha primitiva é o fator mais importante para a futura diferenciação.

A posição e o tempo do ingresso através da linha primitiva ou do nó afetam diretamente o destino das células em desenvolvimento. A passagem através da linha é especificada de acordo com a sua posição, através do nó, das regiões rostral, medial ou caudal da linha. As células que ingressam através do nó primitivo dão origem às linhagens celulares axiais, ao mesênquima precordal, à notocorda, ao endoderma e às metades mediais dos somitos. A porção rostral da linha primitiva produz as células para as metades laterais dos somitos, enquanto a linha mediana produz o mesoblasto da placa lateral. A porção caudal adjacente da linha dá origem às células germinativas primordiais, que podem ser distinguidas histológica e histoquimicamente, e a maior parte da porção caudal da linha contribui para as células do mesoblasto extraembrionário até que os somitos sejam visíveis. Uma combinação de informações da posição de ingresso através da linha e do nó é mostrada na Figura 10.3. As células epiblásticas que não passam através da linha, mas, ao contrário, permanecem dentro da população do epiblasto dão origem ao ectoderma neural e superficial do embrião.

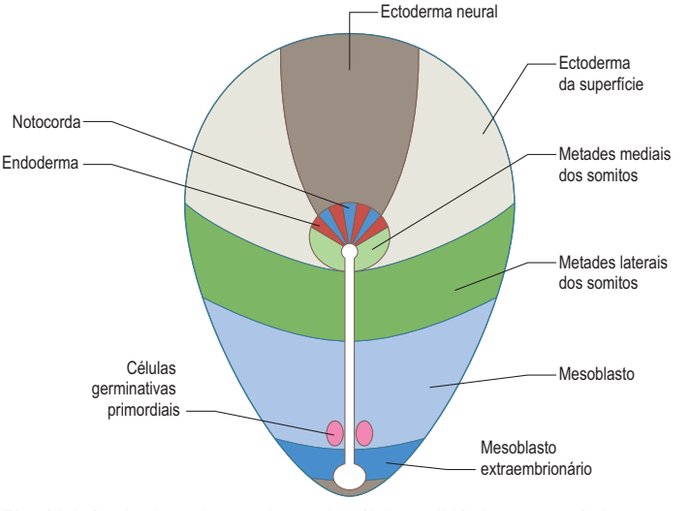


Fig. 10.3 Os destinos da população de células epiblásticas no período em que a linha primitiva está presente.

Placa precordal

As células mais iniciais que migram através do nó primitivo e da linha primitiva dão origem ao endoderma embrionário e à notocorda. A placa precordal é primeiramente vista no estágio 7. Ela foi definida como um espessamento do endoderma localizado da região rostral ao processo notocordal, embora seja vista como uma massa mesenquimal altamente desenvolvida em contato com o assoalho do sulco neural, rostral ao processo notocordal, e não como uma camada epitelial. A placa precordal é um grupo temporário de células localizado abaixo da placa neural durante o estágio 9. Ela é composta por células que são similares, ou maiores e mais esféricas do que as células endodérmicas ingressadas (Müller & O'Rahilly 2003). Nos embriões no estágio 8, a placa precordal apresenta até oito células de profundidade e estende-se ao longo do maior eixo do disco embrionário. Nos estágios 9 e 10, as células na margem lateral da placa começam a migrar lateralmente como células mesenquimais livres e a placa reduz a sua altura para duas células de profundidade. No estágio 11, o mesênquima precordal migrante forma as condensações mesenquimais pré-mandibulares e não é mais uma estrutura mediana. A quantidade de células precordais que permanece dentro do endoderma não é clara.

Notocorda

A notocorda, também chamada de cordamesoderma, processo da cabeça ou corda, surge de células epiblásticas da parte mediana do nó primitivo. Ela passa por vários estágios durante o desenvolvimento. As células do processo notocordal inicial expressam marcadores miogênicos transitoriamente quando migram para baixo do epiblasto, mas posteriormente elas tornam-se epiteliais, formando junções e uma lâmina basal. As células notocordais estão intimamente misturadas às células endodérmicas, pois ambas as linhagens celulares ingressam no mesmo período (Figs. 10.1, 10.2 e 10.4). No embrião no estágio 8, as células notocordais que ingressam permanecem na região mediana ao longo do eixo cefalocaudal. Elas formam uma parte rostral, que é composta por uma massa celular contínua ao mesênquima precordal, uma porção mediana na qual as células estão arranjadas em um tubo com um canal notocordal central, e a camada epitelial caudal de células, a placa notocordal, que é contínua ao endoderma embrionário e forma um teto para o saco vitelino secundário. Há uma abertura transitória entre o nó primitivo (e a cavidade amniótica) e o saco vitelino secundário chamado de canal neuroentérico (assim denominado porque a sua abertura superior está no futuro assoalho caudal do sulco neural e a sua abertura inferior está no arquêntero, o intestino primitivo); ele ainda pode ser encontrado no estágio 9, e a área do canal neuroentérico pode ser reconhecida nos embriões no estágio 10. O ingresso das células notocordais no nó primitivo está combinado à especificação das células ectodérmicas neurais sobrejacentes, e assim a placa notocordal está combinada em comprimento ao futuro assoalho da placa neural. Tanto a notocorda quanto a região da placa do assoalho do tubo neural podem surgir de células progenitoras comuns. A notocorda inicial é importante para a manutenção e o desenvolvimento subsequente do assoalho da placa neural e a indução de neurônios motores. A remoção da notocorda resulta na eliminação do assoalho da placa neural e dos neurônios motores, e na expressão de tipos celulares sensoriais.

Eminência caudal

A partir dos estágios 9 e 10, a região entre o canal neuroentérico e a membrana cloacal (ver a seguir), incluindo a linha primitiva, é chamada de eminência caudal. Ela é formada pela região caudal do tronco composta por mesênquima derivado da linha primitiva e do epiblasto, coberta pelo ectoderma da superfície. Enquanto o ingresso das células através da linha primitiva dá origem às placas precordais e notocordais, e às células rostrais ao canal neuroentérico (ver a seguir), as células da eminência caudal surgem da divisão local de uma população mesenquimal posicionada caudalmente no canal neuroentérico. As porções caudais da notocorda, que surgem de populações celulares que se formam posteriormente no desenvolvimento quando os processos secundários de neurulação começam, às vezes são chamadas de junção ou dobradiça caudoneural (pág. 361). Este tecido é mais espesso e mais avançado na diferenciação do que os tecidos derivados da linha primitiva inicial.

Endoderma embrionário

Antes do ingresso, as células endodérmicas embrionárias definitivas são encontradas no epiblasto localizado no nó primitivo e na linha primitiva

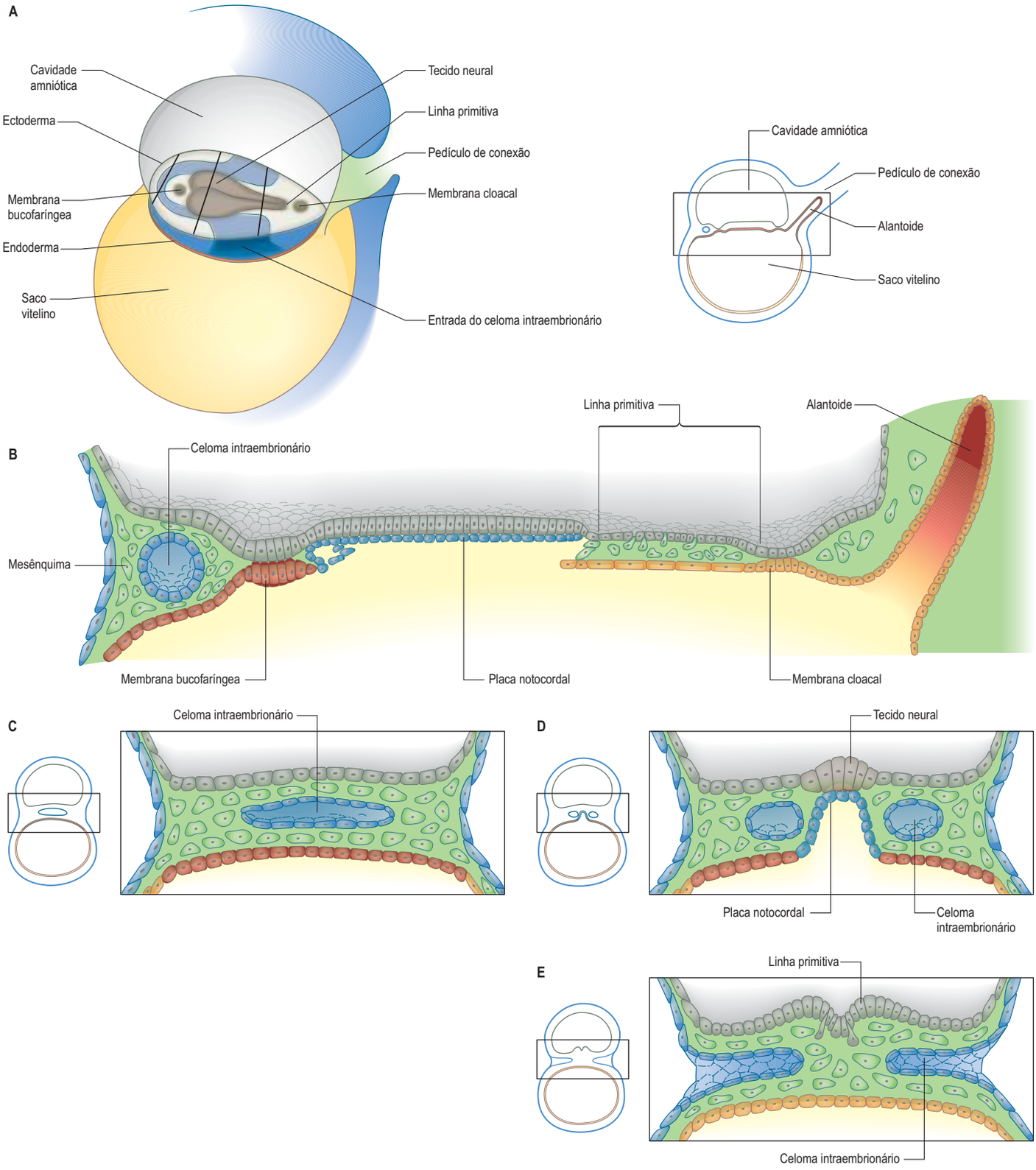


Fig. 10.4 A, Embrião mostrando a disposição do celoma embrionário dentro do disco embrionário. As linhas que cruzam o embrião mostram o nível dos cortes transversos através do disco. **B,** Corte longitudinal através do disco. **C-E,** Cortes transversais através do disco nos pontos indicados em **A**.

rostral. Em camundongos, as células endodérmicas repousam abaixo do epiblasto principalmente na região mediana, intercaladas com futuras células notocordais, formando o teto do saco vitelino secundário. O endoderma que ingressa desloca o hipoblasto visceral na parede do saco vitelino secundário por uma expansão que é provavelmente induzida por uma mudança na morfologia das células (Figs. 10.1, 10.2 e 10.4). As supostas células endodérmicas são células epiteliais cúbicas dentro do nó, mas tornam-se achatadas na camada do endoderma, o que poderia resultar em um aumento de quatro vezes na área superficial coberta pelas células. Um rearranjo completo do hipoblasto visceral ainda não foi confirmado, e pode haver uma população misturada de células na camada endodérmica nos estágios iniciais. O ingresso das células através da linha e do nó nos humanos é visível no estágio 6 e, aproximadamente no estágio 7, uma população de células do endoderma e da notocorda está presente abaixo do epiblasto (Figs. 10.1, 10.2 e 10.4). Durante os estágios 6-11, o teto mediano do saco vitelino secundário torna-se povoado principalmente pela placa notocordal, que permanece no seguimento lateral direto com as células endodérmicas. Até o estágio 11, quando a notocorda definitiva está completamente formada, as células do endoderma não podem se unir acima da região mediana. Para o destino do endoderma embrionário durante o desenvolvimento, ver a Figura 12.3.

Mesoblasto intraembrionário (mesênquima)

As células epiblásticas ingressam individualmente através das partes craniais e medianas da linha, mantendo os seus contatos epiteliais apicais enquanto se alongam ventralmente. As células adquirem a forma de uma garrafa, com as regiões apicais afinadas e as regiões basais largas. As superfícies basais e laterais formam lamelipódios e filopódios, e a região apical fica livre. As células são agora células mesoblásticas livres, e sua morfologia fibroblástica semelhante a uma estrela reflete a liberação da camada epitelial. Uma vez na linha, as células migram para fora dela, usando a lâmina basal do epiblasto sobrejacente e a matriz extracelular como um substrato. As células fazem contato umas com as outras através de filopódios e lamelipódios, através dos quais elas também entram em contato com a lâmina basal. As junções comunicantes foram observadas entre os filopódios e os corpos celulares. Com o surgimento do mesoblasto, os espaços formados entre o epiblasto e o hipoblasto visceral são preenchidos por uma matriz extracelular rica em glicosaminoglicanos. O mesoblasto em migração possui uma margem frontal de células que abre as rotas de migração e as células seguintes parecem ser puxadas ao longo como uma massa coordenada em movimento. O mesoblasto formado pelas células que migram do nó primitivo e da linha primitiva rostral formará o mesênquima paraxial, enquanto as células que migram da região mediana da linha até a região caudal formarão o mesênquima da placa lateral (Figs. 10.1, 10.2 e 10.6).

Ectoderma embrionário

Quando o ingresso das células através da linha primitiva está completo, as células epiteliais que permanecem na camada epiblástica são chamadas de células ectodérmicas embrionárias. Esta camada ainda contém uma população misturada, porque as células ectodérmicas da superfície e as células ectodérmicas neurais estão presentes. Acredita-se que estas células se originaram da metade cranial do disco quando a linha primitiva surgiu, período no qual as células destinadas ao tecido neural estavam mais próximas da linha e as células ectodérmicas da superfície eram mais craniais (Fig. 10.3). O processo de neurulação primário muda de lugar a maioria das células neuroepiteliais (ver a seguir).

Células germinativas primordiais

Embora os estudos iniciais com embriões humanos tenham relatado as células germinativas primordiais e descrito o seu desenvolvimento a partir do endoderma inicial do saco vitelino e do alantoide, está claro atualmente, a partir de experimentos com animais, que as células germinativas primordiais surgem do epiblasto que ingressa na extremidade caudal da linha primitiva (Fig. 10.3). Não se sabe se estas células se originam das regiões rostrais que migram para a linha ou das regiões caudais locais. A segregação extremamente precoce das células germinativas, quando a camada do epiblasto consiste em apenas 10-13 células, foi demonstrada. Foi sugerido que as células germinativas primordiais permanecem sequestradas no mesênquima extraembrionário na extremidade caudal do embrião até que o endoderma embrionário seja produzido e a gastrulação se complete. Quando o dobramento do embrião começa, estas células começam a migrar ao longo do endoderma do alantoide e do intestino posterior. A formação da prega caudal traz a porção proximal do alantoide para dentro do corpo, reduzindo assim a distância final pela qual as células migram para as cristas genitais. O desenvolvimento posterior das células germinativas é descrito na página 1318.

DISCO TRILAMINAR

Embora o embrião no estágio 8 seja chamado de disco trilaminar, o conceito de três camadas epiteliais formando um disco trilaminar está incorreto: a camada média, o mesoblasto, contém várias células com matriz extracelular espessa interveniente. O embrião neste estágio, aproximadamente no dia 23 após a ovulação, tem forma de pera e é mais largo cranialmente do que caudalmente (Fig. 10.5). As células epiblásticas mais superiores são altas e formam uma camada epitelial cilíndrica pseudoestratificada com lâmina basal, exceto na linha primitiva, onde as células estão ingressando para formar outras camadas. O epiblasto localizado mais centralmente dará origem ao endoderma neural (o neuroectoderma) e o epiblasto localizado mais lateralmente dará origem ao ectoderma da superfície. O futuro ectoderma neural é visto como uma placa neural que se compara em comprimento à placa notocordal exatamente abaixo, sendo levemente mais larga perto da placa precordal. O endoderma embrionário mais inferior, uma camada pavimentosa simples com uma lâmina basal em desenvolvimento, não está sempre completo neste estágio, particularmente na região caudal mediana até a placa precordal, que ainda é ocupada pelo processo ou pela placa notocordal.

A camada média, o mesoblasto, é composta por células livres que migram cranial, lateral e caudalmente da linha primitiva (Fig. 10.4). Elas produzem a matriz extracelular, que separa o epiblasto e o endoderma da área embrionária e permite a sua passagem. O fluxo do mesoblasto estende-se entre o epiblasto e o endoderma acima de toda a área do disco exceto cranialmente na membrana orofaríngea (onde o endoderma e o ectoderma se tornam apostos logo que o mesênquima precordal migra lateralmente) e caudalmente na membrana cloacal (um sinal do endoderma espessado, similar à membrana orofaríngea, caudal à linha primitiva). O mesoblasto de cada lado da notocorda é chamado de mesênquima paraxial.

O mesoblasto, que passa em uma direção cranial, segue ao lado da placa notocordal e passa ao redor da região da placa precordal, convergindo medialmente para se fundir à região mediana do outro lado de sua margem cefálica. Esta massa transmediana, na qual o coração e o pericárdio se desenvolverão, é inicialmente chamada de mesoblasto cardiogênico. Ela funde-se com a zona juncional do mesoblasto extraembrionário ao redor da margem cefálica extrema da área embrionária. Esta região formará o septo transverso e o mesentério ventral primitivo do intestino anterior. O mesoblasto que passa lateralmente à linha logo se aproxima e se torna confluente ao mesoblasto extraembrionário ao redor das margens do disco, como na zona juncional, onde os estratos esplâncnico e somático do mesoblasto embrionário emergem. O mesoblasto, que flui caudalmente à linha primitiva, ultrapassa as margens da membrana cloacal, converge em direção à extremidade caudal mediana do disco embrionário e então se torna contínuo ao mesoblasto extraembrionário do pedículo de conexão. Não está claro se a camada inferior da membrana cloacal consiste no hipoblasto visceral, semelhante à linha primitiva mais cranial (o hipoblasto é necessário para a manutenção da linha), se ela é substituída pelo endoderma embrionário em migração ou se há uma região para o ingresso do endoderma na extremidade caudal da linha similar ao nó, cranialmente.

Ainda mais caudalmente, o disco embrionário desenvolve um divertículo mediano adjacente à membrana cloacal. Este divertículo, o alantoide, projeta-se no pedículo de conexão extraembrionário (Figs. 10.4, 10.6 e pág. 180). Há pouca informação sobre as células que formam o alantoide: não se sabe se ele é composto pelo hipoblasto visceral, pelo hipoblasto parietal ou pelo endoderma embrionário. Posteriormente, o alantoide desenvolve um fluxo sanguíneo por anastomose ao seu redor, da mesma forma que o saco vitelino.

A geração de células no nó primitivo produz o endoderma mediano, a notocorda e o assoalho da placa do futuro tubo neural. Quando a notocorda cresce e se alonga, há um crescimento combinado das células do assoalho da placa neural até que ambos os revestimentos celulares se estendam até a membrana bucofaríngea. A região do epiblasto lateral até o mediano contém os ectodermas neurais e superficiais. O ectoderma neural torna-se arranjado entre o nó primitivo e a membrana bucofaríngea: as células destinadas a serem da placa neural repousam medialmente e aquelas destinadas à crista neural repousam lateralmente (Fig. 10.5). Uma subpopulação menor de células neuronais, os placodes ectodérmicos, está arranjada próximo à crista neural ou dentro do limite rostral da própria placa neural.

DOBRAMENTO DO EMBRIÃO

Em um esquema do disco embrionário trilaminar antes do dobramento e visto pela face ectodérmica, toda a futura superfície externa do corpo

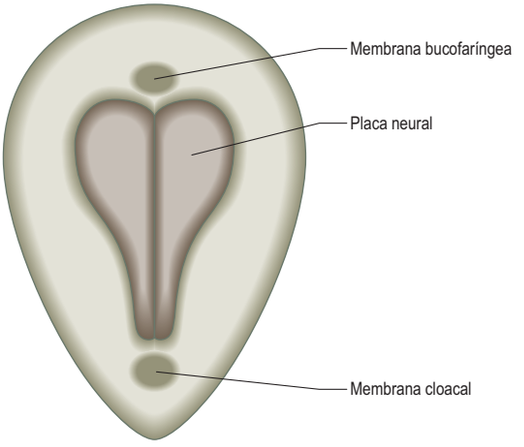


Fig. 10.5 Extensão e forma da placa neural em um embrião não dobrado.

está delimitada (Fig. 10.5). As extremidades do tubo intestinal estão especificadas na superfície ectodérmica nas membranas bucofaríngea e cloacal, que são as regiões onde o ectoderma e o endoderma subjacente estão opostos sem o mesoblasto entre eles. Na região mediana entre estas membranas, a proliferação do ectoderma neural combina-se com a migração subjacente do mesoblasto da linha primitiva, assim que a placa neural cobre o mesênquima paraxial de cada lado da notocorda (Fig. 10.6E). Quando o mesênquima paraxial se segmenta (pág. 763), a formação dos somitos epiteliais eleva as margens da placa neural e inicia a neurulação primária (Figs. 10.6F e 10.8). A própria placa neural submete-se a mudanças morfológicas simultâneas. A maioria das células medianas adquire uma forma de cunha, formando o sulco neural. A elevação adicional das margens do sulco neural permite a fusão das populações neuronais na região mediana do dorso para formar o tubo neural. O

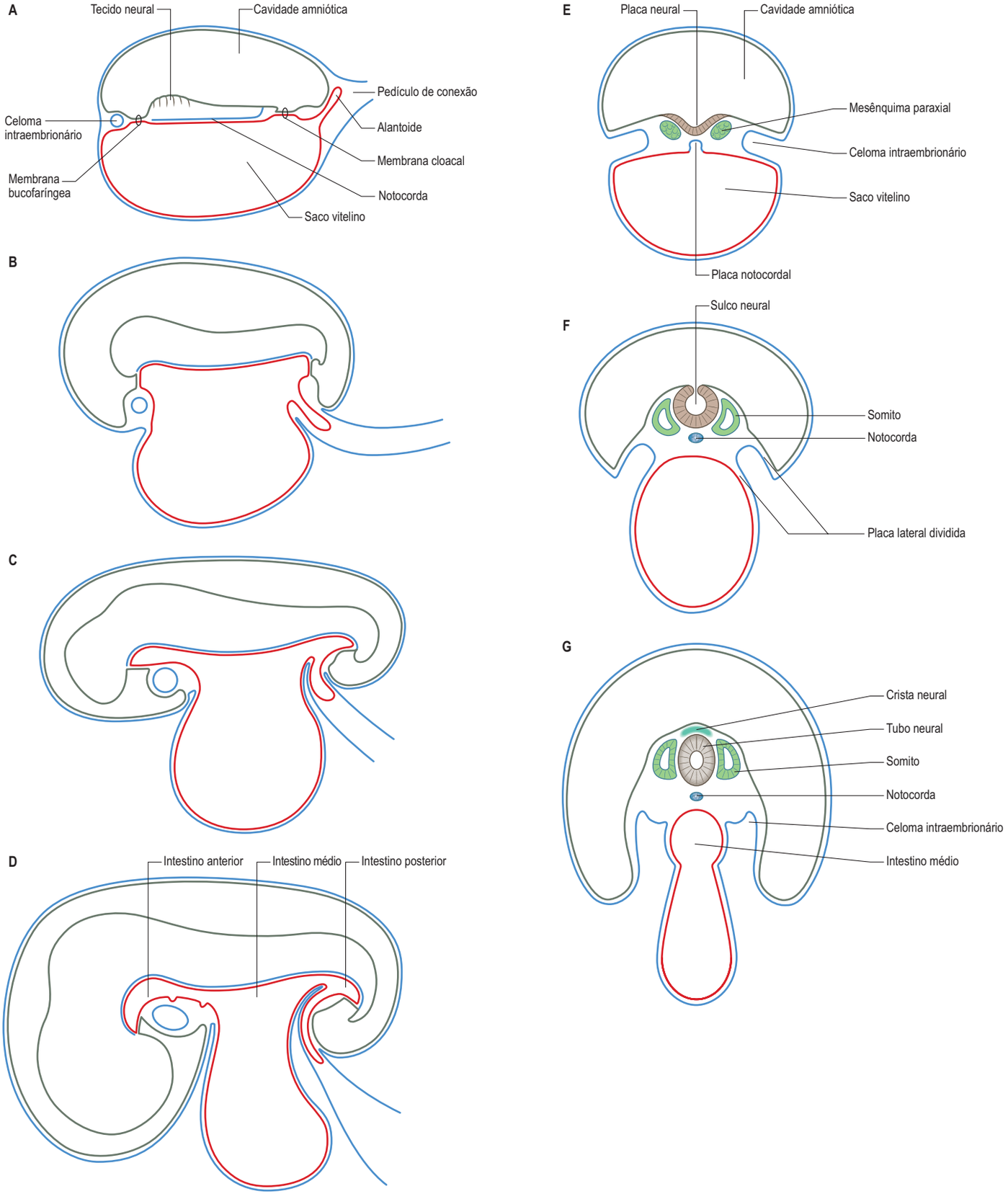


Fig. 10.6 Pregas cefálica e caudal do embrião, e pregas laterais. **A-D,** Cortes sagitais medianos (longitudinal e axial) através do disco embrionário em estágios sucessivos; as posições relativas das membranas bucofaríngea e cloacal foram mantidas, assim o movimento da maior parte das porções rostral e caudal do disco pode ser seguido. À medida que estas porções do disco se movem ventralmente, o saco vitelino inicialmente grande torna-se constringido e as divisões em intestinos anterior e posterior podem ser vistas; o intestino médio é a região que permanece em ampla conexão com o saco vitelino. **E-G,** Cortes transversais através do ponto médio do disco embrionário nos estágios sucessivos para ilustrar o dobramento lateral que ocorre à medida que a neurulação progride.

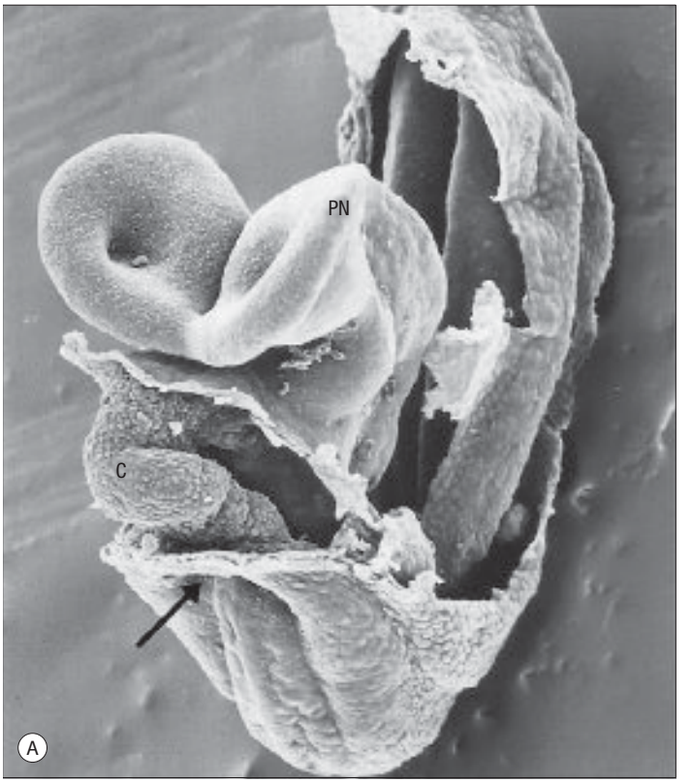


Fig. 10.7 Micrografias eletrônicas de varredura de um embrião de rato no período da neurulação. **A,** Vista ventral, mostrando a prega neural (PN) e o coração (C) com a somatopleura pericárdica e o ectoderma superficial removidos; a seta indica a entrada para o intestino anterior através da entrada intestinal cranial. **B,** Vista dorsolateral; as setas indicam a extensão da formação rostral (para a direita) e caudal (para a esquerda) do tubo neural. (Fotografias por P. Collins; publicadas por S Cox, Electron Microscopy Unit, Southampton General Hospital.

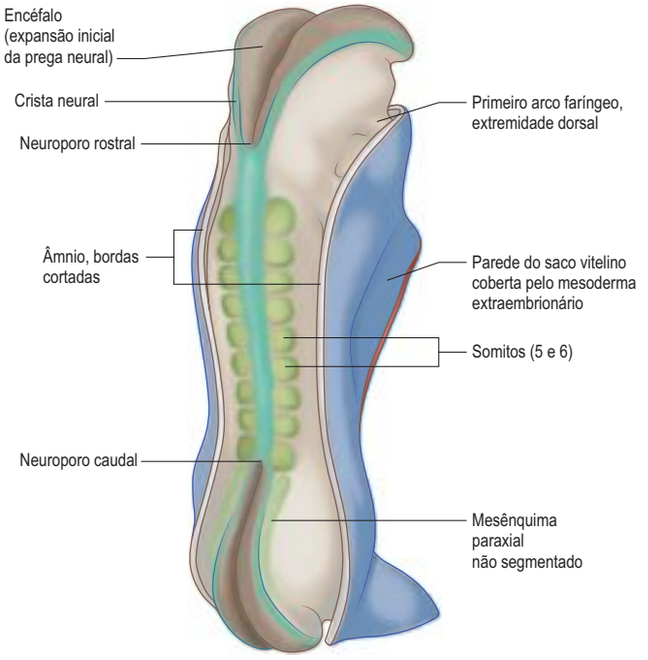


Fig. 10.8 Um embrião humano no estágio 10, 2,1 mm de comprimento, com nove somitos: faces lateral e dorsal direita. Quase todo o saco vitelino e o âmnio caudal foram retirados.

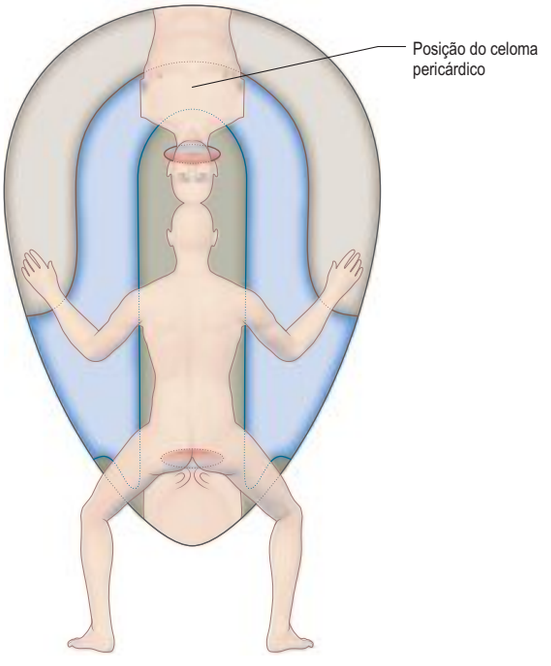


Fig. 10.9 Representação de uma pessoa sobre o disco embrionário achatado. A posição do sistema nervoso central foi adaptada às dimensões da placa neural e a posição do coração no tórax à posição do celoma pericárdico. Os membros, embora representados neste diagrama, não estão presentes no disco neste estágio. A utilidade deste esquema está na ilustração da extensão da parede anterior do corpo rostral à membrana bucofaríngea e caudal à membrana cloacal. As futuras regiões dorsais do corpo são encontradas medialmente no disco, enquanto as regiões ventrais do corpo estão situadas lateral e perifericamente no disco. Após os dobramentos cefálico e caudal e o dobramento lateral, a margem periférica do disco torna-se reduzida como a margem do umbigo.

ectoderma da superfície forma a epiderme dorsal (Figs. 10.6G e 10.8). As células na margem lateral da placa neural, chamadas de células da crista neural, permanecem como uma população mesenquimal arranjada linearmente entre estes dois epitélios. A fusão do tubo neural começa na futura região rombencefálica do embrião e progride rostral e caudalmente até o nível do somito 29. A neurulação é descrita posteriormente no Capítulo 24. Uma população de células epiteliais neurais permanece dentro do ectoderma superficial; neste estágio elas são chamadas de placodes ectodérmicos.

A representação de uma pessoa no disco trilaminar (Fig. 10.9) mostra, em alguma extensão, a direção na qual o posicionamento das principais estruturas corporais já está marcado no embrião não dobrado. A porção do ectoderma lateral à placa neural e ao mesênquima paraxial formará estruturas dentro das costas. A porção do disco entre a membrana buco-

faríngea e a borda do disco se tornará a parede torácica ventral e a parede abdominal ventral cranial ao umbigo. Caudalmente, na metade do caminho ao longo do eixo neural, as porções laterais do disco se tornarão as paredes abdominais lateral e ventral do tronco. A porção do disco além da membrana cloacal formará a parede abdominal ventral caudal ao umbigo. A circunferência do disco, onde o tecido embrionário encontra as membranas extraembrionárias, se tornará restrita à conexão entre a parede abdominal ventral e o cordão umbilical, ou seja, o umbigo.

O dobramento cefálico começa no estágio 9, quando a placa neural cranial em fusão se ergue acima do ectoderma superficial e a porção do disco rostral à membrana bucofaríngea (que contém o mesênquima cardiogênico) se move para repousar ventralmente ao encéfalo em desenvolvimento (Fig. 10.6). O prosencéfalo e a membrana bucofaríngea são agora a maior parte das estruturas rostrais do embrião. A região previamente achatada do ectoderma, que pode conter células da placa precordal, é agora modificada em um tubo profundo, o intestino anterior primitivo. A prega caudal pode ser vista em embriões no estágio 10, quando o embrião inteiro se ergue acima do nível do saco vitelino. O movimento similar da parte do disco caudal à membrana cloacal resulta em seu reposicionamento ventral à placa neural. Geralmente, quando o embrião se ergue acima das margens do disco, as regiões laterais do disco são puxadas ventral e medialmente, contribuindo para o dobramento lateral do embrião.

FORMAÇÃO DO CELOMA INTRAEMBRIONÁRIO

Exatamente antes e no estágio 9 (antes da formação do dobramento cefálico), vesículas aparecem entre as células mesenquimais craniais à membrana bucofaríngea e dentro do mesênquima cranial da placa lateral. Na periferia das vesículas, as células mesenquimais desenvolvem os complexos juncionais e a polaridade apical e formam um epitélio. As vesículas tornam-se confluentes para formar um tubo em forma de ferradura de cavalo, o celoma intraembrionário, que se estende caudalmente ao nível do primeiro somito e lateralmente no mesênquima da placa lateral em direção ao mesênquima extraembrionário. Os celomas intra e extraembrionários não se comunicam neste estágio. O mesênquima da placa lateral desenvolve assim o epitélio celômico somatopleural subjacente ao ectoderma e um epitélio celômico esplancnicopleural próximo ao endoderma embrionário (Figs. 10.4, 12.2C[iv]).

Durante o desenvolvimento da prega cefálica, os movimentos morfológicos que organizam a membrana bucofaríngea e o intestino anterior têm um efeito profundo na forma do celoma intraembrionário. A porção mediana do celoma em forma de ferradura de cavalo originalmente achatada move-se ventralmente, levando os braços caudais da ferradura de cavalo para a sua posição original. Desta forma, a parte mediana do celoma, que era originalmente apenas rostral à membrana bucofaríngea, repousa ventralmente ao intestino anterior (caudal à membrana bucofaríngea) e as duas extensões laterais do celoma passam próximas de cada lado das paredes laterais do intestino anterior. As porções caudais do celoma (os dois braços da ferradura de cavalo), que no disco não dobrado se comunicavam lateralmente com o celoma extraembrionário, giram 90° para repousar lateralmente ao intestino, e comunicam-se ventralmente com o celoma extraembrionário.

Os compartimentos do celoma que posteriormente darão origem às cavidades corporais em desenvolvimento já podem ser vistos. A porção ventral mediana, caudal à membrana bucofaríngea, torna-se a cavidade pericárdica. Os canais laterais ao intestino anterior (canais pericardioperitoneais) tornam-se as cavidades pleurais e a parte mais superior da cavidade peritoneal. A porção restante do celoma torna-se a cavidade peritoneal. Aproximadamente no estágio 11, o celoma intraembrionário dentro do mesênquima da placa lateral estende-se caudalmente ao nível da parede caudal do saco vitelino. Os celomas intra e extraembrionários comunicam-se amplamente de cada lado do intestino médio ao longo do comprimento do embrião no nível do quarto somito (Figs. 10.10, 12.1).

No embrião inicial, o celoma intraembrionário promove uma rota para a circulação do líquido celômico e, com os batimentos do tubo cardíaco, funciona como uma circulação primitiva que leva o líquido nutritivo profundamente ao embrião, até ser substituída pelo sistema vascular sanguíneo. O canal celômico e a circulação primitiva que passa através dele são de extrema importância após o estágio 13. Apesar de os tecidos superficiais do embrião receberem nutrientes através dos líquidos dos sacos amniótico e vitelino, os tecidos mais profundos estão, até a formação do celoma, sob condições similares àquelas encontradas em cultura de tecidos. A partir do estágio 10, o líquido exocelômico, empurrado pelas primeiras contrações do coração em desenvolvimento, entra em contato com o mesênquima localizado profundamente. Esta "circulação" inicial assegura que um fluxo adequado de nutrientes alcance rapidamente a grande quantidade de tecidos embrionários e abasteça a maior parte das necessidades dos derivados mesenquimais mais profundos. A partir do estágio 12, o sistema endotelial expande-se e preenche-se rapidamente com plasma, que atravessa localmente o epitélio celômico diminuído para os canais hepatocardíacos maiores que se projetam nos canais pericardioperitoneais no nível do sétimo somito.

Apesar da importância do celoma em definir as cavidades celômicas e do epitélio celômico na produção das principais populações mesenquimais do tronco (Fig. 12.2), apenas poucos estudos consideram a contribuição completa do celoma e de seu epitélio para o embrião (Streeter 1942, Langemeijer 1976). O celoma pode ser descrito como um órgão tubular único comparável ao tubo neural que possui uma parede especializada encerrada em uma cavidade. Certamente, o epitélio celômico em proliferação possui muitas similaridades com o ectoderma neural. Ele é um epitélio pseudoestratificado cilíndrico com uma camada germinativa interna a partir da qual os progenitores celulares migram. Após a fase germinativa, ambos os epitélios formam o revestimento de uma cavidade, como o epêndima para o epitélio neural e o mesotélio para o epitélio celômico. O epitélio celômico, semelhante ao epitélio neural, produz células destinadas a diferentes regiões de diferentes áreas e em diferentes períodos de desenvolvimento. As células celômicas são semelhantes ao epitélio neural, pois elas possuem especializações epiteliais apicais e reduzem os processos basais que estão em contato direto com o mesênquima subjacente, sem uma lâmina basal interveniente. A possibilidade de os processos formarem sinais direcionados para os progenitores em migração, similar à glia radial do tubo neural, não foi examinada.

POPULAÇÕES DE CÉLULAS EMBRIONÁRIAS NA GASTRULAÇÃO

Após a gastrulação, as células do embrião contribuem para os dois tipos fundamentais de tecido, denominados epitelial e mesenquimal. A diferenciação das células sanguíneas circulantes especializadas e dos outros tipos de células ocorre na sequência. Os tipos embrionários e fetais são substituídos posteriormente no desenvolvimento ou após o nascimento.

Epitélios

As populações epiteliais do embrião têm muitas características de epitélio diferenciado, ou seja, são compostas por uma camada de células justapostas, com espaços intercelulares estreitos contendo o material extracelular mínimo e uma lâmina basal desenvolvida contendo proteínas específicas sintetizadas pelo próprio epitélio. As células geralmente apresentam especializações de superfície lateral justaluminal tais como desmossomos, junções de oclusão, junções comunicantes etc., e especializações de superfície apical, tais como microvilos e cílios. Caracteristicamente, os epitélios recobrem as superfícies interna e externa como camadas celulares simples ou compostas com que separam regiões com composições diferentes (p. ex., o ambiente externo e os líquidos teciduais subepiteliais; líquidos intra e extravasculares etc.). O tráfego de materiais através dos espaços intercelulares é limitado. O tráfego ocorre através das células, porque suas membranas limitantes, que funcionam como barreiras seletivas dependentes de energia, aumentam a passagem de alguns materiais e impedem a passagem de outros.

Os epitélios embrionários diferem daqueles no feto e no adulto. Dois tipos distintos podem ser identificados. Os epitélios germinativos iniciais que dão origem às populações epitelial e mesenquimal do embrião e conferem o seu padrão inicial são chamados de organizadores, como a linha primitiva. Os epitélios germinativos posteriores dão origem à população progenitora sistema-específica, como a zona ventricular do tubo neural. Todos os epitélios, exceto os epitélios germinativos especializados, dividem-se para permitir o crescimento embrionário por todo o desenvolvimento e podem reter células-tronco que se dividirão por toda a vida.

Mesênquima

Os termos mesoblasto e mesênquima são usados neste texto em um padrão específico e não são intercambiáveis. Previamente, as células que formam uma população entre o epiblasto e o hipoblasto foram chamadas de mesoderma e, mais recentemente, de mesênquima. Os termos mesênquimas primário e secundário foram usados respectivamente para distinguir aquelas células que surgem do ingresso através da linha primitiva daquelas que surgem do ingresso das células da crista. As células mesenquimais primárias revertem-se em um epitélio em seus destinos. Entretanto, enquanto algumas células mesenquimais primárias se tornam epiteliais dentro de um curto espaço de tempo, como somitos e a placa lateral, outras células podem se transformar posteriormente, como o epitélio que reveste os vasos sanguíneos. Para superar estes conflitos de terminologia, a população misturada de células epiblásticas que ingressa através da linha primitiva e repousa entre o epiblasto e o endoderma embrionário é chamada de mesoblasto até que as células migrem para sua

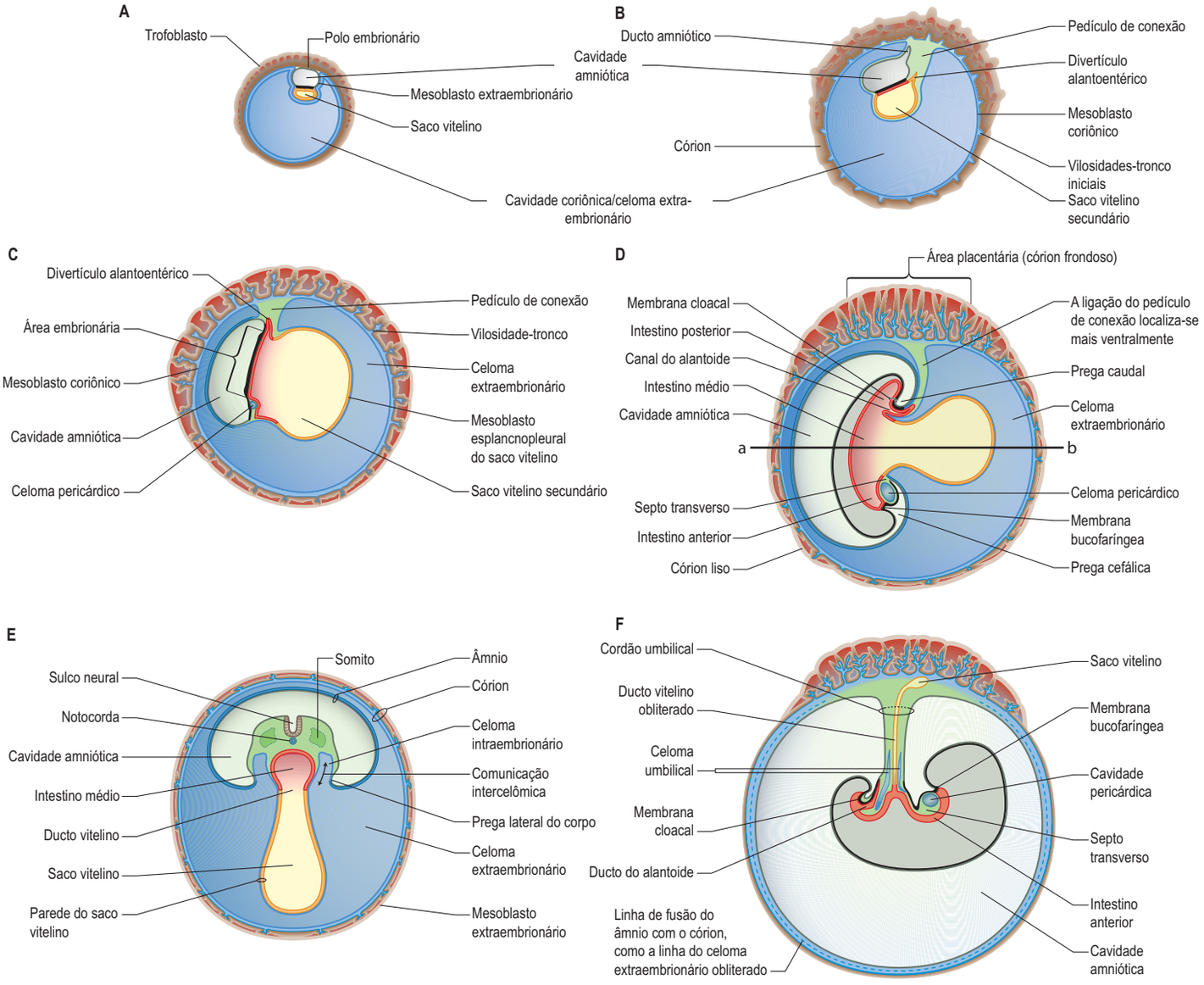


Fig. 10.10 A, Estágio inicial no desenvolvimento de um blastocisto humano. **B,** Blastocisto seccionado através do eixo longitudinal de um embrião, mostrando a formação inicial do alantoide e do pedículo de conexão. **C,** Corte longitudinal de um embrião em um estágio posterior de desenvolvimento; a cavidade pericárdica pode ser vista na parte mais rostral da área embrionária. **D,** Corte longitudinal de um embrião em estágio posterior, mostrando a formação das pregas cefálica e caudal, a expansão do âmnio e a delimitação do umbigo. **E,** Corte transversal ao longo da linha a-b em **D**; observa-se que o celoma intraembrionário se comunica livremente com o celoma extraembrionário. **F,** Corte longitudinal de um embrião em um estágio posterior, mostrando a expansão completa da cavidade amniótica e do cordão umbilical.

posição final, na qual as populações de mesênquima podem ser identificadas e seus destinos inferidos.

As células mesoblásticas e mesenquimais não possuem polaridade. Elas formam complexos juncionais, que não são exclusivamente justaluminais, e produzem moléculas e fibras da matriz extracelular a partir de toda a superfície celular. As populações mesenquimais são formadas por vários epitélios germinativos e pela proliferação direta de células mesenquimais, e ocupam todas as regiões entre as camadas epiteliais descritas antes. O termo mesoblasto é reservado aos epitélios celômicos que posteriormente formam o mesotélio.

As células mesenquimais suportam os epitélios por todo o corpo em desenvolvimento, tanto localmente, contribuindo para a membrana basal e formando a lâmina própria e o músculo liso dos tubos, quanto generalizadamente, diferenciando-se em tecido conjuntivo. As populações mesenquimais específicas controlam a padronização de regiões locais do epitélio (p. ex., a zona de atividade polarizada na borda pós-axial do membro posterior à crista ectodérmica apical).

Matriz extracelular

O espaço abaixo do epitélio e entre as células mesenquimais é preenchido pela matriz extracelular: as células epiteliais e as mesenquimais sintetizam moléculas e fibras da matriz extracelular e seus receptores. As células epiteliais produzem uma lâmina basal bidimensional, que contém várias moléculas da matriz incluindo a laminina, a fibronectina, o colágeno do tipo IV e vários proteoglicanos. As moléculas específicas podem variar durante o desenvolvimento de acordo com os padrões espaciais e temporais, resultando em mudanças no comportamento das células mesenquimais subjacentes (p. ex., no padrão das regiões basais do crânio). As células mesenquimais produzem moléculas da matriz extracelular em três dimensões. Aquelas adjacentes a uma camada epitelial se conectarão a sua lâmina basal, formando uma membrana basal que fixa a camada epitelial ao tecido subjacente. As células profundas dentro de uma população mesenquimal podem sintetizar moléculas da matriz (fibrilar ou granular) para separar as células localmente, entrar em rotas de migração ou levar informações para a matriz agindo sobre as populações de células em um período tardio.

As moléculas da matriz extracelular são complexas: elas incluem mais que 19 tipos individuais de colágenos (alguns dos quais são capazes de se combinar individualmente em mais de 100 variações), proteoglicanos e glicoproteínas (que vêm de várias formas, com e sem proteínas de ligação), e fibras elásticas. O ácido hialurônico, um glicosaminoglicano, possui uma vasta capacidade de se ligar a moléculas de água e assim criar e sustentar um espaço entre as células mesenquimais, produzindo deste modo a maior parte da forma geral de um embrião. A remoção experimental do ácido hialurônico impede a formação de rotas de migração celular, remove o suporte do epitélio sobrejacente e perturba a ramificação normal dos sistemas glandulares.

A fibronectina depositada extracelularmente ao longo de uma via de migração afetará as células que posteriormente a tocam, causando o realinhamento dos filamentos de actina intracelulares e assim a sua orienta-

ção; ela também induz a migração celular. Os receptores para moléculas da matriz extracelular, tais como a fibronectina e a laminina, foram originalmente chamados de integrinas, porque integram as proteínas extracelulares e os elementos intracelulares do citoesqueleto (via subunidades α e β que atravessam a membrana celular), permitindo que elas ajam juntas: a preferência de ligação das integrinas depende da sua combinação de subunidades e das condições ambientais.

A matriz extracelular é mais organizada e não aleatória. As populações celulares epiteliais e mesenquimais podem construir o espaço ao redor pela secreção de moléculas da matriz particulares ou de fatores de crescimento, que um após o outro podem organizar as células que entram em contato com elas. As interações célula-matriz e matriz-célula controlam a posição das rotas de migração e as "decisões" celulares para migrar ou começar a se diferenciar. As moléculas da matriz propagam instruções para o desenvolvimento de célula para célula e formam um mecanismo de comunicação com quatro dimensões de longo alcance.

Transição entre os estados epitelial e mesenquimal

As transformações morfológicas celulares de epitélio para mesênquima, e vice-versa, ocorrem em lugares e períodos específicos durante o desenvolvimento e podem ser interpretadas como vias de dispersão de centros germinativos com restrição elevada. A primeira transição epitélio-mesênquima ocorre na linha primitiva, um epitélio germinativo que confere a especificação embrionária da população mesoblástica resultante. O mesoblasto assim formado migra e as células submetem-se a transições mesênquima-epitélio, quando alcançam o seu destino final. Vários centros germinativos epiteliais pequenos, os somitos, são formados à medida que surgem camadas epiteliais germinativas maiores e mais extensas revestindo as paredes do celoma intraembrionário. As paredes celômicas, especificamente aquelas derivadas da somatopleura e da esplancnopleura, formam os epitélios germinativos que dão origem às populações mesenquimais principais que formam as vísceras. Os somitos epiteliais iniciais submetem-se às transições epitélio-mesênquima adicionais locais para formar os esclerótomas, e subsequentemente formam vários epitélios germinativos da placa epitelial de cada somito. As transições mesênquima-epitélio adicionais não estão associadas à formação dos epitélios germinativos: a mais comum envolve a transição de mesênquima no endotélio do sistema vascular (pág. 1017). Os néfrons dos sistemas mesonéfricos e metanéfricos também se formam da transição mesênquima-epitélio (pág. 1308).

REFERÊNCIAS

Müller F, O'Rahilly R 2003 The prechordal plate, the rostral end of the notochord and nearby median features in staged human embryos. Cells Tissues Organs 173: 1–20.

Langemeijer RATM 1976 Le coelome et son revètement comme organoblasteme. Bull Ass Anat 60: 547–58.

Streeter GL 1942 Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age group XI, 13 to 20 somites, and age group XII, 21 to 29 somites. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 30: 211–45.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 11

Indução embrionária e divisão celular

INDUÇÃO EMBRIONÁRIA E DIVISÃO CELULAR

As populações de células do embrião interagem para possibilitar a integração do desenvolvimento e o controle fino necessários para que ocorra a morfogênese dos tecidos. No embrião em estágio inicial, tais interações só podem ocorrer se determinadas regiões estiverem presentes, como os centros de sinalização ou organizadores. À medida que o embrião amadurece, algumas interações entre populações celulares adjacentes tendem a ocorrer, como o epitélio e o mesênquima, e posteriormente entre tecidos vizinhos em diferenciação, como entre nervos e músculo ou entre músculo e elementos esqueléticos. As interações entre epitélios adjacentes e o tecido conjuntivo subjacente continuam por toda a vida embrionária e fetal e estendem-se até a vida pós-natal. No adulto, essas interações também permitem o surgimento de alterações metaplásicas nos tecidos em resposta a condições ambientais locais.

As interações teciduais resultam em modificações ou na reorganização de um ou dos dois tecidos, eventos que não ocorreriam na ausência dessas interações. O processo de interação tecidual é chamado também de indução, já que um tecido induz outro. A capacidade de um tecido de responder a sinais indutores é denominada competência e indica a capacidade de uma população de células de se desenvolver em resposta aos ambientes presentes no embrião em um estágio particular. Depois que uma população de células é induzida a se desenvolver seguindo uma determinada via, ela perde sua competência e torna-se restrita. Uma vez restritas, as células ficam presas a uma via específica do desenvolvimento. Após várias escolhas binárias (restrições adicionais), passam a ser chamadas de células determinadas. As células determinadas estão programadas para seguir um processo de desenvolvimento que leva à diferenciação. O estado determinado é uma característica herdável das células e corresponde à etapa final da restrição. Assim que uma célula se torna determinada, ela evolui para um fenótipo diferenciado, se os fatores ambientais forem adequados.

O processo de determinação e diferenciação pelo qual passam as populações celulares do embrião reflete-se na capacidade dessas populações de produzir proteínas específicas. As proteínas primárias (coloquialmente denominadas proteínas de manutenção, do inglês *housekeeping proteins*) são consideradas essenciais para o metabolismo celular, enquanto as proteínas sintetizadas pelas células que se tornaram determinadas, aquelas específicas para o estado de determinação, são denominadas proteínas secundárias. Por exemplo, as células do fígado e dos rins, mas não as células dos músculos, produzem arginase. As células totalmente diferenciadas produzem proteínas terciárias, que nenhuma outra linhagem celular é capaz de sintetizar, como a hemoglobina dos eritrócitos.

À medida que as populações de células se tornam progressivamente determinadas, elas podem ser descritas dentro de uma hierarquia do desenvolvimento celular como células amplificadoras transitórias, células progenitoras, células-tronco e células definitivamente diferenciadas.

Células amplificadoras transitórias Essas células sofrem mitose celular proliferativa e produzem células igualmente determinadas. Em algum estágio, e como consequência de um estímulo indutor, essas células entram em um ciclo quântico que culmina em mitose quântica. Como resultado, há um aumento da restrição das células filhas, que continuarão a sofrer mitoses proliferativas em um nível crescente de determinação. A mitose quântica corresponde ao momento da escolha binária, quando o comprometimento das células filhas é diferente do comprometimento da célula mãe.

Células progenitoras Essas células já estão determinadas a seguir uma via específica. Podem seguir essa via de diferenciação isoladamente ou proliferar e produzir uma grande quantidade de células progenitoras similarmente determinadas que mais tarde se diferenciarão. Os neuroblastos e os mioblastos são exemplos de células progenitoras.

Células-tronco Individualmente ou em população, essas células são capazes de produzir células filhas determinadas e de se autorreproduzir. Em geral, acredita-se que as células-tronco sofram divisões assimétricas, nas quais uma célula filha permanece como célula-tronco enquanto a outra segue uma via de diferenciação. Por outro lado, a divisão celular proliferativa pode ser simétrica e produzir células filhas com uma determinação idêntica. As células-tronco do embrião humano (hESC) são células pluripotentes que podem (1) derivar da massa celular interna de blastocistos humanos *in vitro*; (2) ser obtidas do excedente de programas de fecundação *in vitro*; ou (3) ser geradas de oócitos doados e fecundados para esse propósito. Apesar de ainda não ter sido realizado, espera-se que as hESCs possam ser persuadidas a seguir certas vias, sob condições farmacêuticas apropriadas, para produzir células diferenciadas eficazes na reversão de algumas doenças degenerativas (p. ex., neurônios produtores de dopamina para a doença de Parkinson e células produtoras de insulina para o diabetes) ou na reposição de tecidos lesados com gravidade (p. ex., neurônios motores para a lesão aguda da medula espinal e cardiomiócitos para o infarto agudo do miocárdio). A viabilidade dessa técnica foi demonstrada em alguns modelos animais e, atualmente, células-tronco progenitoras hematopoéticas provenientes do sangue do cordão umbilical humano são utilizadas como terapia alternativa ao transplante de medula óssea para tratamento de alguns distúrbios genéticos hereditários (talassemia) e de cânceres sanguíneos (leucemias).

Células definitivamente diferenciadas Em virtude de sua especialização extrema, essas células não são mais capazes de se dividir. Os eritrócitos e os neurônios são exemplos desse tipo de célula. A apoptose é um tipo especial de diferenciação terminal no qual o resultado final é a morte de células individuais ou de populações de células. Ela ocorre no membro em desenvolvimento, onde as células situadas nos limites pré-axial e pós-axial da crista ectodérmica apical morrem, limitando dessa forma sua extensão, e também ocorre nas células entre os dedos, possibilitando sua separação.

Interações teciduais

Há dois tipos de interação celular e tecidual: a permissiva e a instrutiva.

Na interação permissiva, é necessário que um tecido justaposto envie um sinal para que o tecido respondedor sofra uma autodiferenciação bem-sucedida. Isto significa que uma determinada população celular (ou de moléculas matriciais secretadas pelas células que ela contém) mantém a atividade mitótica de uma população de células adjacente. Visto que várias populações celulares diferentes podem permitir que uma população celular específica sofra mitose e diferenciação celular, nenhum sinal ou instrução específicos que possam limitar as opções de desenvolvimento do tecido respondedor estão envolvidos. Portanto, esse sinal não influencia a via do desenvolvimento selecionada, e não ocorre restrição. O tecido respondedor tem a capacidade intrínseca de se desenvolver e necessita apenas de condições ambientais apropriadas para expressar essa capacidade. As interações permissivas ocorrem com frequência nas fases mais avançadas do desenvolvimento, quando um tecido cujo destino já foi determinado é mantido e estabilizado por outro.

Uma interação (indução) instrutiva (diretiva) altera o tipo celular do tecido respondedor, de modo que a população celular se torna restrita. Wessells (1977) propôs quatro princípios gerais para a maioria das interações instrutivas:

1. Na presença do tecido A, o tecido B respondedor desenvolve-se em determinada direção.
2. Na ausência do tecido A, o tecido B respondedor não se desenvolve nessa direção.
3. Na ausência do tecido A, mas na presença do tecido C, o tecido B não se desenvolve nessa direção.
4. Na presença do tecido A, um tecido D, que normalmente se desenvolveria de modo diferente, sofre uma alteração e passa a se desenvolver como o tecido B.

Os princípios 1-4 são exemplificados durante a indução da vesícula do cristalino pelo cálice óptico (pág. 699). Um exemplo do princípio 4 é a associação experimental entre o ectoderma do flanco da galinha e o mesênquima mamário de camundongo, que resulta na morfogênese de estruturas semelhantes à glândula mamária: as galinhas normalmente não desenvolvem glândulas mamárias.

As interações teciduais continuam na vida adulta e provavelmente são responsáveis pela manutenção da heterogeneidade funcional dos tecidos e órgãos dos adultos. Este fato é exemplificado pela complexa heterogenei-

dade tecidual, com limites nitidamente compartimentados, o que existe na cavidade oral. As junções entre a mucosa do vestíbulo e o lábio e entre a borda vermelha e a pele da face são limites claros de diferenciação epitelial e mesenquimal específica, e há quase certeza de que esses limites são mantidos por contínuas interações epitélio-mesênquima na vida adulta. A perturbação dessas interações por todo o corpo pode ser a causa de várias doenças no adulto e provoca a suscetibilidade ao câncer e a distúrbios proliferativos.

Sinalização entre células e tecidos embrionários

As interações celulares podem ser sinalizadas por quatro mecanismos principais: (1) contato intercelular direto, (2) moléculas de adesão celular e seus receptores, (3) moléculas da matriz extracelular e seus receptores e (4) fatores de crescimento e seus receptores. Muitos desses mecanismos interagem e é provável que combinações entre eles estejam envolvidas no desenvolvimento. A Figura 11.1 ilustra com um diagrama algumas vias por meio das quais células mesenquimais podem enviar sinais para células epiteliais. Um conjunto adicional de mecanismos idênticos pode atuar na sinalização celular epitélio-mesênquima. Evidentemente, a complexidade desses mecanismos aumenta nas interações recíprocas. Além disso, uma única molécula pode ter efeitos diferentes sobre células epiteliais e mesenquimais.

O contato intercelular direto permite a construção de junções comunicantes, que são importantes para a comunicação e a transferência de informações entre as células. A produção transitória de junções comunicantes é vista enquanto os somitos epiteliais são formados, entre as células neuroepiteliais dos rombômeros, e na túnica média da via de saída do coração. Acredita-se também que campos elétricos endógenos desempenhem algum papel na comunicação intercelular. Tais campos foram demonstrados em vários embriões de anfíbios e também em embriões de vertebrados durante a migração de células pela linha primitiva. As células neuroepiteliais estão unidas eletricamente, independentemente da sua posição em relação aos limites inter-romboméricos.

A distribuição espacial e temporal de várias moléculas de adesão celular foi determinada no embrião em estágio inicial. O surgimento dessas moléculas está correlacionado com vários eventos morfogenéticos que envolvem a agregação e a desagregação de células. Por exemplo, a resposta inicial dos grupos de células às influências indutoras embrionárias é a expressão de caderinas, moléculas de adesão dependentes de cálcio encontradas normalmente em populações epiteliais. Outras moléculas encontradas na matriz extracelular, como a fibronectina e a laminina, são capazes de modular a adesão celular por meio do grau de glicosilação. A auto-organização ou a ligação cruzada das moléculas da matriz pode afetar a adesão celular, aumentando a disponibilidade de sítios de ligação ou encobrindo-os.

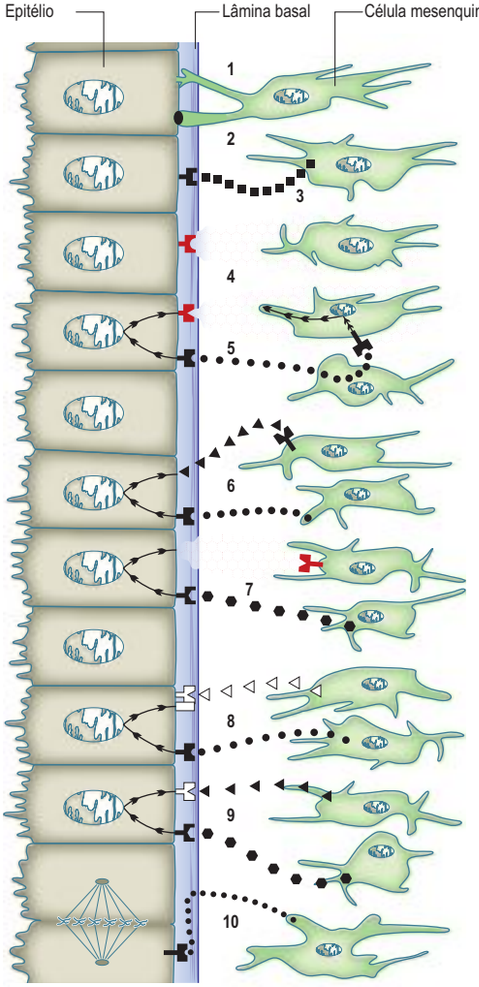
As moléculas da matriz extracelular incluem as moléculas da lâmina basal, como a laminina, a fibronectina e associações complexas muito maiores de colágeno, os glicosaminoglicanos, os proteoglicanos e as glicoproteínas entre as células mesenquimais. As mutações dos genes que codificam as moléculas da matriz extracelular dão origem a vários distúrbios congênitos. Por exemplo, as mutações do gene do colágeno tipo I produzem *osteogenesis imperfecta*, as do gene do colágeno tipo II produzem distúrbios nas cartilagens e as do gene da fibrilina estão associadas à síndrome de Marfan.

Os fatores de crescimento são diferentes das moléculas da matriz extracelular. Eles podem ser liberados e agir de vários modos: endócrino, autócrino, parácrino, intrácrino, justácrino e matrícrino (Fig. 11.2). Muitos fatores de crescimento são secretados em forma latente, associados, por exemplo, a um pró-peptídeo (peptídeo associado à latência), no caso do fator transformante do crescimento β, ou unido a uma proteína de ligação, no caso dos fatores de crescimento semelhantes à insulina.

MORFOGÊNESE E FORMAÇÃO DE PADRÕES

A morfogênese pode ser descrita como a adoção de uma forma pelo embrião em desenvolvimento ou por parte dele. O termo morfogênese é utilizado para indicar o movimento de populações celulares e a forma em transformação de um embrião, sobretudo durante o desenvolvimento inicial.

Os exemplos mais óbvios de morfogênese são as grandes migrações que ocorrem durante a gastrulação. Os exemplos locais incluem a morfogênese das ramificações, que ocorre, por exemplo, nos pulmões e rins em desenvolvimento e na maioria dos órgãos glandulares. O desenvolvimento de ramificações em um ducto tubular dá-se no decorrer de um intervalo de tempo. A interação entre o epitélio do ducto em proliferação e o mesên-



1 Contato intercelular direto pelas junções comunicantes.

2 Contato intercelular por meio de moléculas de adesão celular.

3 Um fator solúvel (fator de crescimento) reage com um receptor específico situado nas células epiteliais.

4 Molécula da matriz extracelular secretada pelas células mesenquimais interage com um receptor da célula epitelial.

5 Um fator solúvel (fator de crescimento) secretado pela célula mesenquimal tem ação bifásica: (i) interage com um receptor da célula epitelial, que, como consequência, expressa um receptor específico para a molécula da matriz extracelular; (ii) interage com um receptor da célula mesenquimal, que, como consequência, secreta uma molécula específica da matriz extracelular, que por sua vez interage com o receptor epitelial induzido.

6 Um fator solúvel (fator de crescimento) secretado por uma célula mesenquimal interage com um receptor da célula epitelial, que, como consequência, expressa um receptor que interage com outro fator sintetizado ou secreta um fator que interage com um receptor expresso por outra célula mesenquimal.

7 Um fator solúvel secretado por uma célula mesenquimal interage com um receptor da célula epitelial, que, como consequência, sintetiza uma molécula da matriz extracelular (ou um receptor para essa molécula), que por sua vez interage com um receptor específico situado em outra célula mesenquimal.

8 Um fator solúvel secretado por uma célula mesenquimal interage com um receptor da célula epitelial, que, como consequência, sintetiza uma molécula que estabiliza ou intensifica a interação entre um fator derivado do mesênquima e seu receptor epitelial.

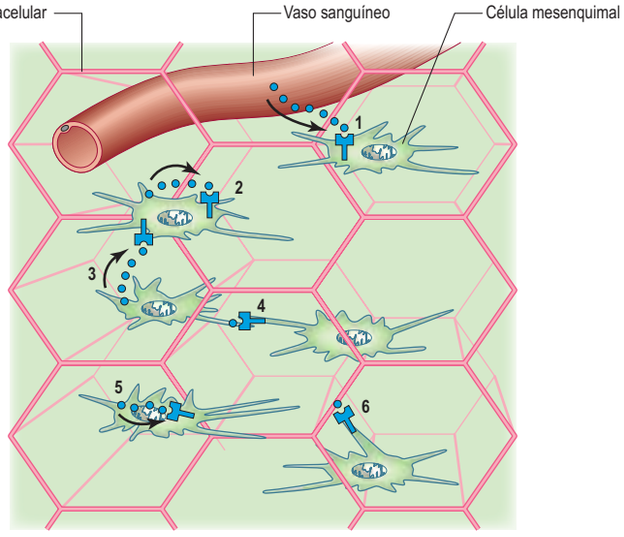
9 Um fator solúvel secretado por uma célula mesenquimal interage com um receptor da célula epitelial, causando a inibição da síntese de um fator ou da produção de um receptor.

10 Um fator solúvel secretado por uma célula mesenquimal liga-se à matriz extracelular da lâmina basal, onde permanece ativo e subsequentemente interage com um receptor da célula epitelial que surge em uma etapa posterior do desenvolvimento.

Fig. 11.1 As várias maneiras que podem ser utilizadas pelas células mesenquimais para enviar sinais para as células epiteliais. Os mesmos mecanismos podem atuar no sentido inverso, ou seja, do epitélio para o mesênquima.

quima e a matriz extracelular circundantes produz um padrão de ramificação característico (Fig. 11.3). Durante o desenvolvimento tubular e acinar, a hialuronidase secretada pelas células mesenquimais subjacentes rompe a lâmina basal produzida pelas células epiteliais. Esse fato aumenta localmente as mitoses epiteliais e produz um ácino em expansão. A formação das fendas é iniciada pelo mesênquima, que produz fibrilas de colágeno tipo III dentro das futuras fendas. (Se o colágeno for retirado, as fendas não se desenvolverão e, se o colágeno em excesso não for removido, surgirão fendas supranumerárias.) O colágeno age protegendo a lâmina basal dos efeitos da hialuronidase, o que significa que os epitélios sobrejacentes têm uma taxa de mitose reduzida localmente. Como consequência, a região de mitoses rápidas na extremidade do ácino é cindida em duas e desenvolvem-se duas ramificações a partir desse ponto.

A formação de padrões diz respeito aos processos por meio dos quais os membros de uma massa de células, no início aparentemente homogêneos, seguem várias rotas distintas de diferenciação que estão estritamente relacionadas umas com as outras de modo organizado no espaço e no tempo. Os padrões englobados pelo termo aplicam-se não apenas a regiões com geometria regular, como o cristalino do olho, mas também a estruturas assimétricas, como os membros. Para que tal processo ocorra, cada célula precisa ser informada de sua posição dentro do embrião e utilizar essa informação para a diferenciação adequada. A padronização de regiões é vista na zona de progresso e na zona de atividade polarizante dos membros; nos destinos das metades medial e lateral e, posteriormente, das metades cranial e caudal dos somitos; no mesênquima da crista neural presente nos arcos faríngeos. Para obter detalhes sobre a padronização no desenvolvimento dos vertebrados, consulte Tickle (2003).



1 Endócrina Liberação de fator de crescimento na corrente sanguínea de um local de síntese distante da célula-alvo mesenquimal.

2 Autócrina Síntese e secreção de fator de crescimento por uma célula, ligação desse fator a um receptor de superfície situado em outra parte da mesma célula e, por fim, ativação desse receptor.

3 Parácrina Síntese e secreção de fator de crescimento por uma célula, difusão do fator até uma célula (ou grupo de células) adjacente, ligação do fator a um receptor da superfície da célula adjacente e, por fim, ativação desse receptor.

4 Justácrina Síntese de fator de crescimento por uma célula. Esse fator permanece na superfície da célula e liga-se a um receptor situado em uma célula imediatamente adjacente, ativando-o.

5 Intrácrina Síntese de fator de crescimento no citoplasma de uma célula. O fator segue para o núcleo da mesma célula e liga-se a receptores nucleares, ativando-os.

6 Matrícrina Síntese de um fator de crescimento que é exportado para fora da célula. Ligação desse fator à matriz extracelular, onde permanece ativo, e, posteriormente, ligação do fator a um receptor específico situado na própria célula ou em outra célula; por fim, ativação do receptor.

Fig. 11.2 As células também podem se comunicar por meio de recepção, produção e secreção de fatores de crescimento. Uma célula mesenquimal embrionária típica pode receber e produzir fatores de crescimento desse modo.

Genes Hox no desenvolvimento

Dois assuntos relacionados emergiram dos estudos experimentais do desenvolvimento. O primeiro diz que o controle da morfologia embrionária de vertebrados e invertebrados foi altamente conservado durante a evolução, e o segundo, que esse controle envolve famílias de genes codificadores de proteínas que atuam como reguladores transcricionais.

A mosquinha-das-frutas, *Drosophila*, possui oito genes homeóticos que especificam as estruturas que se desenvolvem em cada segmento do corpo. A identificação desses genes nos vertebrados aumentou a possibilidade de que sua função no desenvolvimento de vertebrados e invertebrados seja similar. Esses genes são denominados *homeobox* (abreviados como Us no camundongo e como HOX no humano) e estão agrupados em quatro grupos conhecidos como A, B, C e D. Cada gene recebe um número de 1 a 13: o número 1 é um gene cefálico e o número 13 é o gene situado mais caudalmente.

Acredita-se que os genes *homeobox* sejam responsáveis, pelo menos em parte, pela origem evolucionária do plano do corpo do embrião (Robert 2001). O estudo experimental de animais transgênicos cujos genes *homeobox* foram inativados fornece algumas evidências da função desses genes. Contudo, como os processos do desenvolvimento possibilitam uma recuperação significativa dessa alteração, alguns dos resultados não podem ser interpretados diretamente como uma prova do efeito da perda de tais genes.

Abordagens experimentais da embriologia

Uma das técnicas mais empolgantes que fornece informações sobre os movimentos e destinos das células durante o desenvolvimento consiste no uso de embriões quiméricos. Pequenas porções de um embrião são extirpadas e substituídas por porções similares do embrião de uma espécie diferente no mesmo estágio, e o desenvolvimento resultante é então estudado. Essa técnica tem sido particularmente eficaz em embriões de pinto e codorna, porque o nucléolo das células da codorna é especialmente proeminente, enquanto o nucléolo das células de pinto, não. Como consequência, as células da codorna podem ser identificadas com facilidade no embrião de pinto depois do transplante quimérico (Le Douarin 1969). Essa técnica também confirmou a reciprocidade da interação tecidual entre as espécies embrionárias, um fenômeno que no passado foi demonstrado, durante um período limitado de tempo, em coculturas de tecidos embrionários de aves e mamíferos. O desenvolvimento dos somitos e a formação das vértebras foram estudados em quimeras camundongo-pinto (Fontaine-Pérus 2000). A produção *in vitro* de linhagens celulares quiméricas humano-animal e a introdução de vetores com cromossomos humanos artificiais em células de animais para o estudo dessa interação estão possibilitando novas maneiras de estudar as vias celulares.

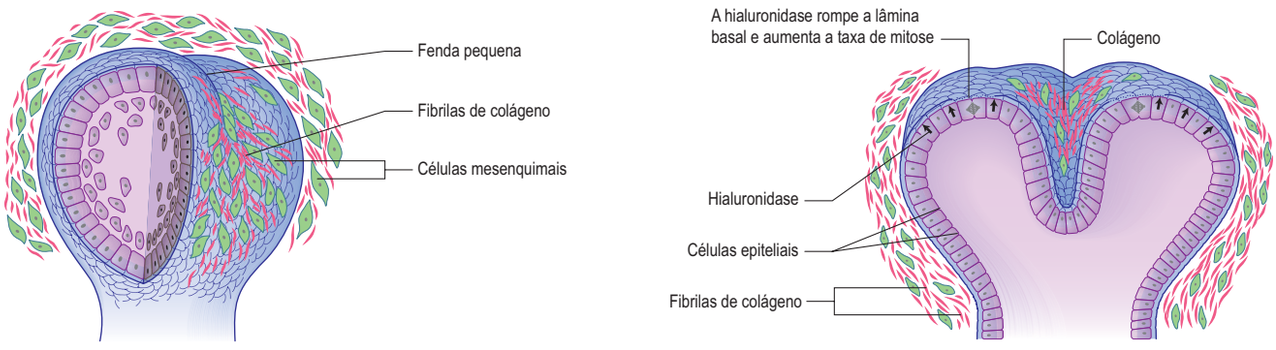


Fig. 11.3 A ramificação de um ducto tubular pode ocorrer como consequência da interação entre o epitélio do ducto em proliferação e o mesênquima e a matriz extracelular circundantes. As células mesenquimais iniciam a formação de fendas pela produção local de fibrilas de colágeno III nas fendas em desenvolvimento e de hialuronidase sobre outras partes do epitélio. O colágeno III impede a degradação local da lâmina basal do epitélio pela hialuronidase e reduz a taxa de mitose das células epiteliais sobrejacentes. Nas regiões onde o colágeno III não é produzido, a hialuronidase rompe a lâmina basal do epitélio e aumenta a taxa de mitose local, formando um ácino expandido. (Obtido de Gilbert SF 1991 Developmental Biology. Sunderland, MA: Sinauer Associates.)

REFERÊNCIAS

Fontaine-Pérus J 2000 Mouse–chick chimera: an experimental system for study of somite development. Curr Top Dev Biol 48: 269–300.

Le Douarin NM 1969 Particularités du noyau interphasique chez la Caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*). Utilisation de ces particularités comme 'marquage biologique' dans les recherches sur les interactions tissulaires et les migrations cellulaires au cours de l'ontogenèse. Bull Biol Fr Belg 103: 435–52.

Robert JS 2001 Interpreting the homeobox: metaphors of gene action and activation in development and evolution. Evol Dev 3: 287–95.

Tickle C 2003 Patterning in Vertebrate Development. Oxford: Oxford University Press.

Wessells NK 1977 Tissue Interaction and Development. Menlo Park CA: Benjamin.

Populações celulares no início da organogênese

CAPÍTULO 12

DETERMINAÇÃO DOS EIXOS E PLANOS DO CORPO

Pode-se imaginar a construção dos embriões ocorrendo sobre três eixos ortogonais espaciais (cefalocaudal, dorsoventral e laterolateral), além de um eixo temporal. No entanto, não é possível determinar os eixos nos primeiros estágios dos embriões de mamíferos. Eles só podem ser definidos depois da formação das estruturas extraembrionárias iniciais e da visualização da massa celular interna. Nos embriões humanos, a posição do futuro epiblasto pode ser prevista quando o blastocisto oco se forma. A massa celular interna posiciona-se (aparentemente) ao acaso no lado interno do trofoectoderma e forma uma população de células epiblásticas subjacente ao trofoblasto. Essa região é a primeira a se implantar. Não se sabe se o trofoectoderma em contato com a massa celular interna dá início à implantação, de modo que a futura superfície dorsal do embrião fique mais próxima dos vasos maternos rompidos no local da implantação ou se a massa celular interna é capaz de viajar pelo lado interno do trofoblasto até alcançar a posição subjacente ao local de implantação assim que a implantação tenha começado.

É possível atribuir eixos ao disco embrionário, que no início é achatado e predominantemente bidimensional. Contudo, a orientação desses eixos no embrião tridimensional dobrado será completamente diferente. As estruturas dorsais do embrião dobrado formam-se a partir da elipse circunscrita central do disco embrionário achatado inicial (Fig. 10.5). As estruturas laterais e ventrais formam-se a partir do restante do disco e, no final, a borda periférica do disco converge para o umbigo (Figs. 10.9 e 10.10). Embora se considere que o surgimento de parte do epiblasto determina a superfície dorsal do embrião, a camada interna, ou seja, o hipoblasto, não é por consequência uma estrutura embrionária ventral.

O eixo primário, cefalocaudal, é determinado pelo surgimento da linha primitiva no disco bilaminar. A linha primitiva padroniza as células que passam por ela e, dessa forma, determina também o eixo dorsoventral que se torna aparente após o dobramento do embrião. O local da linha por onde as células mesenquimais em formação entram confere a elas características axiais, mediais ou laterais. As populações axiais e mediais permanecem como estruturas dorsais no embrião dobrado, e o ectoderma superficial acima delas exibirá características dorsais. O mesênquima da placa lateral assume as posições lateral e ventral depois do dobramento do embrião, e o ectoderma superficial acima dessa população ganhará características ventrais.

O terceiro e último eixo espacial é o eixo bilateral, ou laterolateral, que surge como consequência do desenvolvimento dos dois primeiros eixos. No início, as metades direita e esquerda do corpo do embrião são bilateralmente simétricas. Projeções laterais, que correspondem aos membros superiores e inferiores, desenvolvem-se em dois locais de cada um dos lados da parede do corpo (somatopleura).

Após o estabelecimento do último eixo, a modificação temporal dos eixos embrionários originais pode ser vista. O arranjo segmentar do eixo cefalocaudal é muito evidente no embrião em estágio inicial e mantém-se em muitas estruturas da vida adulta. De modo similar, as estruturas embrionárias dorsais permanecem dorsais e sofrem relativamente pouca alteração. Entretanto, as estruturas que originalmente eram medianas ou ventrais, sobretudo aquelas derivadas do mesênquima esplancnopleural, como o sistema cardiovascular e o intestino, estão sujeitas a grandes mudanças, e seu arranjo, que era bilateralmente simétrico, passa a ser quiral, ou seja, com lados direito e esquerdo distintos.

O desenvolvimento de todos os órgãos e sistemas do corpo – a organogênese – começa depois dos eventos impressionantes da gastrulação, quando o embrião adquire um plano corporal reconhecível. Nos embriões humanos, essa fase corresponde ao final do estágio 10 (Fig. 12.1). As pregas cefálica e caudal estão bem formadas, e os intestinos anterior e posterior (proêntero e metêntero) estão fechados, embora o intestino médio (mesoêntero) ainda esteja parcialmente ligado ao saco vitelino. A protuberância do encéfalo anterior predomina na extremidade craniana do embrião, e a membrana bucofaríngea e a saliência cardíaca são ventrais e caudais a ela. A saliência cardíaca contém a cavidade pericárdica transmediana, que se comunica dorsocaudalmente com os canais pericardioperitoneais direito e esquerdo. Estes passam dorsalmente ao mesênquima do septo transverso e abrem-se caudalmente no celoma extraembrionário em cada um dos lados do intestino médio. O mesênquima intraembrionário começou a se diferenciar, e o mesênquima paraxial está sendo segmentado em somitos. O fechamento do sulco neural progride caudalmente e, como consequência, forma-se um tubo neural entre os somitos recém-segmentados. Rostralmente, é possível distinguir as primeiras regiões do encéfalo, que ainda não se fundiram. O neuroepitélio está separado da face dorsal do intestino pela notocorda. Os primeiros vasos sanguíneos já surgiram e o coração tubular primitivo ocupa o pericárdio. A circulação coriônica está prestes a ser estabelecida e, quando isso ocorrer, o embrião rapidamente passará a depender por completo da corrente sanguínea materna para satisfazer suas necessidades. O embrião está ligado à placenta em desenvolvimento por um pedículo de conexão mesenquimal, dentro do qual os vasos umbilicais se desenvolvem; ele também contém o alantoide, um divertículo do intestino posterior. As paredes laterais do corpo ainda estão muito separadas. O embrião está em contato com três vesículas diferentes: o âmnio, que está em contato com o ectoderma superficial; o saco vitelino, que está em contato com o endoderma; e a cavidade coriônica, que contém o celoma extraembrionário e está em contato com o revestimento celômico intraembrionário (Fig. 10.10).

O primeiro plano corporal do embrião é segmentado. Os limites entre os segmentos são mantidos pela expressão diferencial de genes e proteínas que restringem a migração celular nessas regiões. Os processos organogenéticos conservam o plano segmentar, como os nervos espinais, ou substituem-no localmente, como as modificações dos vasos somáticos intersegmentares pelo desenvolvimento de anastomoses longitudinais. As anormalidades podem resultar da especificação incorreta dos segmentos do eixo cefalocaudal e podem interromper a formação do plano segmentar adequadamente modificado.

O grau de restrição do desenvolvimento dos embriões de vertebrados nesse período do desenvolvimento é controverso. Estudos comparativos sobre a época na qual estruturas embrionárias específicas surgem – a heterocronia – mostraram que embriões de outras espécies não seguem a mesma sequência de desenvolvimento em relação aos embriões humanos (Richardson & Keuck 2002). Embora alguns mecanismos do desenvolvimento estejam altamente conservados, como os códigos dos genes *homeobox*, outros mecanismos podem ter sido dissociados e modificados em diferentes espécies de vertebrados durante a evolução.

A organogênese – o desenvolvimento posterior de órgãos e regiões do corpo, que é descrito em outra parte deste livro – começa por volta do estágio 10 (aproximadamente aos 28 dias). Apesar de ser comum e conveniente considerar o desenvolvimento posterior de cada sistema corporal de maneira individual, os sistemas não apenas se desenvolvem simultaneamente como também interagem e modificam uns aos outros à medida que se desenvolvem. Essa interdependência necessária é corroborada pelas evidências da embriologia experimental e reforçada pelas anomalias do crescimento, que ultrapassam as fronteiras artificiais dos sistemas na maioria dos casos. Por isso, recomenda-se que o desenvolvimento de um sistema ou região do corpo seja estudado juntamente com outros sistemas ou regiões, sobretudo com aqueles mais intimamente relacionados com a parte em estudo, seja espaçotemporalmente, seja causalmente.

POPULAÇÕES DE CÉLULAS EMBRIONÁRIAS NO INÍCIO DA ORGANOGÊNESE

Os processos do desenvolvimento que atuaram no embrião entre os estágios 5 e 9 possibilitaram a construção dos discos embrionários bilaminar e trilaminar, do celoma intraembrionário e de novos epitélios proliferativos. A partir do final do estágio 10, várias populações epiteliais e mesenquimais locais interagem agora para produzir vísceras e apêndices. As influências indutoras sobre esses tecidos e seu repertório de respostas são muito diferentes daqueles vistos no início da gastrulação. Os

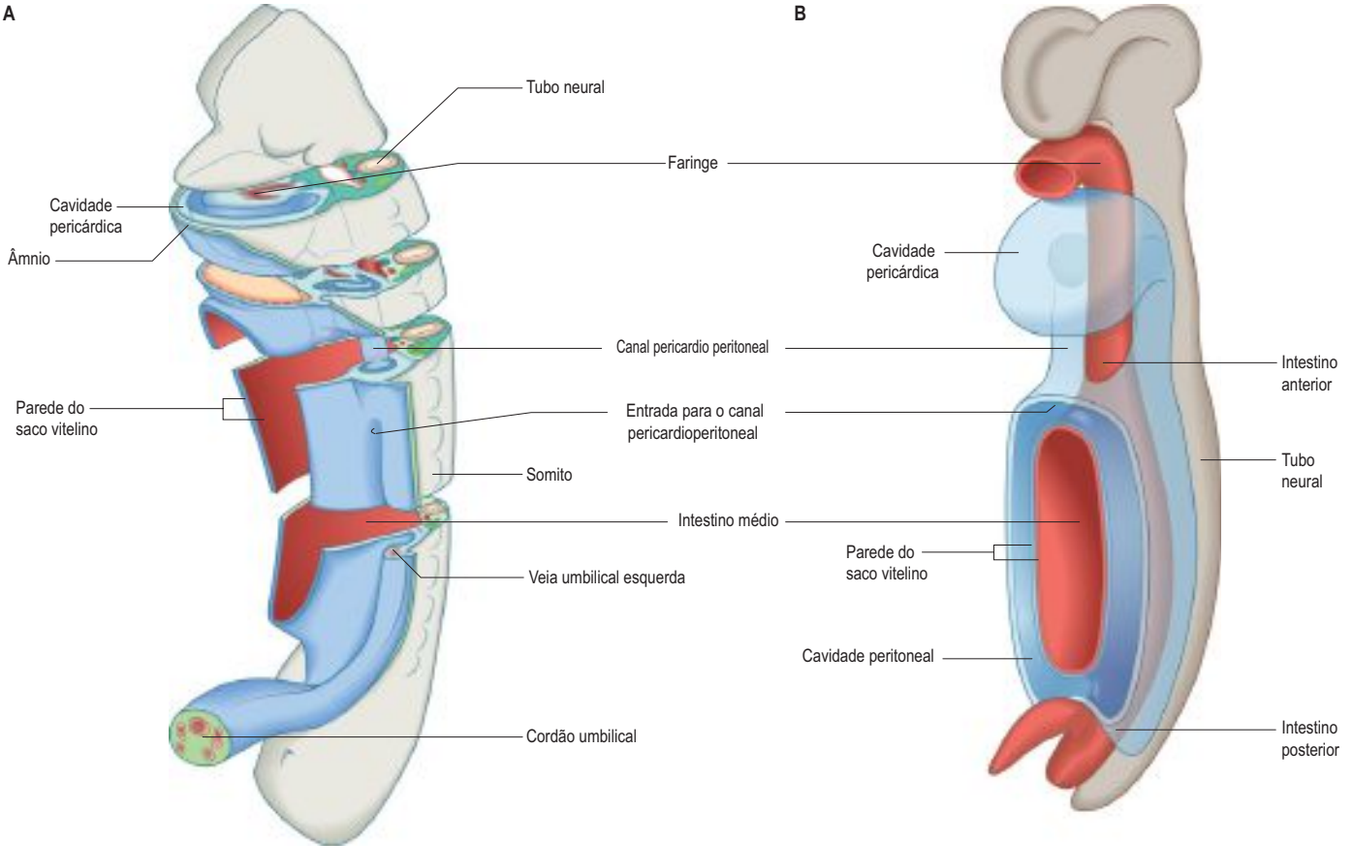


Fig. 12.1 A, Embrião no estágio 11. A figura mostra a posição do celoma intraembrionário (envolto pelas paredes em azul). **B,** As três principais populações epiteliais de um embrião no estágio 11 vistas de uma posição ventrolateral. O tubo neural é dorsal ao intestino. Ventralmente, o celoma intraembrionário atravessa a linha média ao nível dos intestinos anterior e posterior, mas é lateral ao intestino médio e a uma porção do intestino anterior.

vários tecidos presentes no início da organogênese, quando o plano corporal é nítido, são apresentados a seguir e mostrados nas Figuras 12.1 e 12.2. A Figura 12.3 traz um resumo dos destinos das populações de células embrionárias.

Populações epiteliais do embrião

Ectoderma superficial

Durante a embriogênese, algumas regiões do ectoderma superficial exibem espessura diferente. O ectoderma sobre a região dorsal da cabeça e do tronco é fino, assim como a cobertura pericárdica. Esse fato foi interpretado como uma consequência da expansão desse epitélio sobre estruturas que estão aumentando rapidamente de tamanho à medida que o desenvolvimento prossegue. Após o ectoderma superficial ter realizado várias interações iniciais, ele forma a periderme, que permanece durante toda a vida fetal e se diferencia em epiderme.

Anel ectodérmico e placodes ectodérmicos

O ectoderma da cabeça e das bordas laterais do embrião exibe uma zona de espessamento epitelial — o anel ectodérmico — que pode ser identificada a partir do estágio 10 e está concluída por volta do estágio 12. Rostralmente, ela contém populações de células neuroectodérmicas (que permanecem no ectoderma após a neurulação primária) que são denominadas placodes ectodérmicos: considera-se que esses placodes sejam constituídos por células neuroepiteliais que permanecem dentro do ectoderma superficial até que o desenvolvimento do sistema nervoso central tenha progredido o suficiente para a inclusão dessas células nos epitélios sensitivos e nos gânglios dos nervos cranianos. Os placodes neuronais podem invaginar *in toto* e formar uma vesícula, permanecer como uma camada neuronal ou contribuir individualmente para a formação de estruturas neuronais com células de outras origens. O espessamento ectodérmico na linha média — o placode adeno-hipofisário — invagina-se, forma a bolsa de Rathke e depois uma vesícula imediatamente rostral à membrana bucofaríngea. Em seguida, o anel ectodérmico passa a circundar bilateralmente os placodes olfatório e óptico, que dão origem ao epitélio sensitivo olfatório e ao cristalino do olho, respectivamente. Depois reveste os arcos faríngeos, onde dá origem aos placodes epibranquiais que se afastam do ectoderma no estágio 10-11, e associa-se às células da crista neural dentro dos gânglios sensitivos cranianos que inervam os arcos. O anel ectodérmico também forma especializações do ectoderma sobre os processos frontonasal, maxilar e mandibular que dão origem aos germes dentários e ao revestimento externo dos dentes. O par de placodes óticos localizado sobre o rombencéfalo, na porção lateral do segundo arco faríngeo, invagina e forma as vesículas óticas, que dão origem ao labirinto membranoso da orelha. Em seguida, o anel ectodérmico passa sobre as partes occipital e cervicotorácica do embrião, superficialmente aos quatro somitos occipitais e mais tarde superficialmente à junção occipitocervical. Mais caudalmente, o anel está associado à área do membro superior, onde dará origem à crista ectodérmica apical. O'Rahilly & Müller (1985) denominaram a porção do anel situada entre os membros superiores e inferiores de parte intermembral. Ela reveste o celoma intraembrionário subjacente e mais tarde (entre os estágios 12 e 13) o ducto e a crista mesonéfricos. Nos estágios 14 e 15, essa porção do anel ectodérmico dá origem à linha mamária. Caudal à área do membro inferior, no embrião não dobrado, o anel passa distalmente à membrana cloacal. No embrião dobrado, essa região torna-se superior à membrana cloacal e corresponde ao ectoderma associado à genitália externa, especialmente ao tubérculo genital e às saliências urogenitais.

Ectoderma neural

Na época da neurulação primária, o neuroepitélio é pseudoestratificado. Na linha média do neuroepitélio, há uma região em dobradiça que, juntamente com as células em cunha da parede lateral do sulco neural, promove a formação do tubo neural. Os processos do neuroepitélio são contíguos às membranas limitantes interna e externa. Esse epitélio prolifera, forma todas as linhagens celulares do sistema nervoso central e, por meio da formação da crista neural, todas as linhagens celulares do sistema nervoso periférico.

Notocorda

Durante o estágio 10, a placa notocordal sofre um processo similar à neurulação, porém em imagem especular a ela, e forma um tubo epitelial, da porção caudal até a rostral, que termina na faringe. A placa notocordal forma um sulco profundo, cujas bordas verticais se movem medialmente, tocam-se e, em seguida, o epitélio endodérmico de cada lado funde-se ventralmente à notocorda. As células incham e desenvolvem uma pressão interna (turgor) que confere rigidez à notocorda. A notocorda é circundada por uma lâmina basal, que no início é denominada bainha perinotocordal, mas esse termo é subsequentemente aplicado às populações mesenquimais que envolvem a notocorda. Depois do estágio 11, a notocorda tubular fica em contato com o tubo neural dorsalmente e com o endoderma ventralmente. Apesar de não ser um epitélio proliferativo, a notocorda tem efeitos

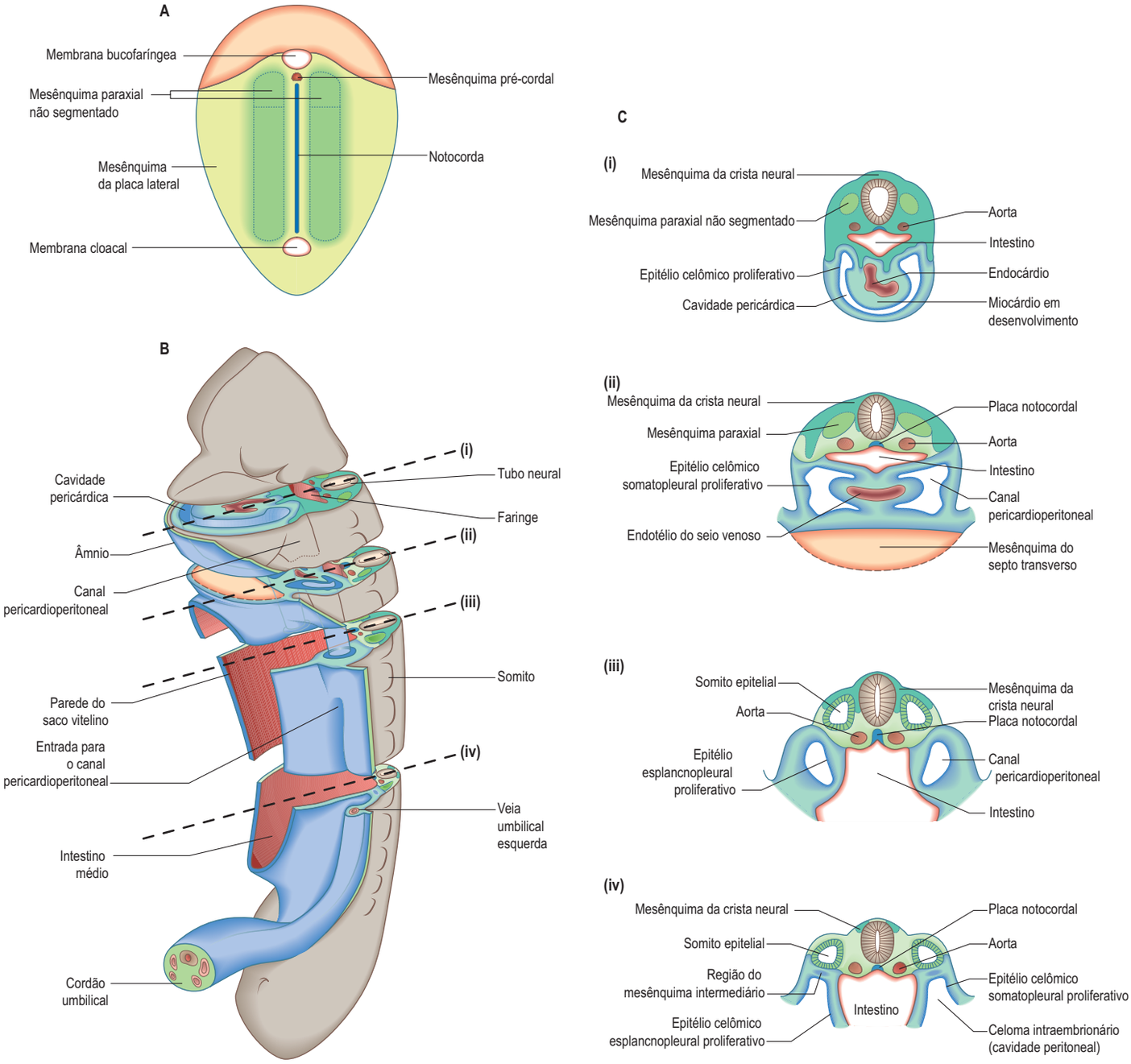


Fig. 12.2 A, Populações mesoblásticas do disco embrionário inicial. **B,** Embrião no estágio 11. A figura mostra a posição do celoma intraembrionário (envolto pelas paredes em azul) e as posições dos cortes (i) a (iv), mostrados em **C**. **C,** Cortes transversos, dispostos craniocaudalmente, de um embrião no estágio 11. As populações mesenquimais e os locais de proliferação mesenquimal estão indicados.

indutores sobre o tubo neural sobrejacente e os somitos adjacentes e, mais tarde, torna-se um ponto de convergência para a migração esclerotomal.

Endoderma

A progressão craniocaudal do desenvolvimento indica que o endoderma do estomodeu primitivo se desenvolve antes de outras partes do epitélio endodérmico. O desenvolvimento dos arcos e bolsas faríngeos (Cap. 35) está intimamente associado ao desenvolvimento do ectoderma neural e à proliferação da crista neural. O divertículo respiratório surge um pouco mais tarde, quando o intestino pós-faríngeo também pode ser identificado (págs. 1033 e 1203). O endoderma dá origem ao revestimento epitelial dos tratos respiratório e gastrointestinal, do sistema biliar (pág. 1207), da bexiga e da uretra (pág. 1307 e 1310).

Epitélio celômico

O epitélio celômico reveste o celoma intraembrionário, que está subdividido em uma cavidade pericárdica na linha média, dois canais pericardioperitoneais bilaterais e as cavidades peritoneais inicialmente bilaterais. As últimas são contínuas ao celoma extraembrionário. O epitélio celômico é um epitélio germinativo. Ele produz o miocárdio (pág. 189), populações do tecido conjuntivo relacionadas com as vísceras (pág. 1033) e também dá origem às células de suporte das células germinativas (pág. 1314), ao revestimento epitelial do trato urogenital (pág. 1313) e ao revestimento mesotelial das cavidades pericárdica, pleural (pág. 1013) e peritoneal (pág. 1314).

A Figura 12.1 mostra a disposição relativa dos epitélios neural, endodérmico e celômico.

Populações mesenquimais do embrião

No estágio 10, as principais populações mesenquimais do embrião estão em seus lugares. O mesoblasto ainda está sendo produzido na linha primitiva e está seguindo em direção à população mesenquimal pré-somítica adjacente à notocorda. Parte do mesoblasto também contribui para a formação das regiões laterais do embrião. São apresentadas a seguir as diferentes populações mesenquimais do embrião a partir do estágio 10. A Figura 12.2 mostra a disposição relativa das primeiras populações mesenquimais.

Mesênquima axial

As primeiras células epiblásticas a entrar pela linha primitiva formam o endoderma e a notocorda e ocupam inicialmente a linha média. A primeira população de células endodérmicas rostral à placa notocordal é denominada placa pré-cordal. As células da notocorda permanecem na região

Epitélio endodérmico	Epitélio da parede celômica	Mesênquima
Intestino primitivo **Intestino anterior** – recessos, divertículos e glândulas da faringe. Células das glândulas mucosas e de revestimento dos ductos e as principais células foliculares da tireoide. Epitélio das bolsas faríngeas (tonsila, cavidade da orelha média, timo, paratireoides 3 e 4, células C da tireoide), adenoides, revestimento epitelial da tuba auditiva, cavidade timpânica, antro mastóideo, lâmina interna da membrana timpânica. **Trato respiratório –** revestimento epitelial, células secretoras e de revestimento da traqueia, brônquios, bronquíolos e sacos alveolares. Revestimento epitelial, células secretoras e de revestimento do esôfago, do estômago e do duodeno. Hepatócitos, trato biliar, células endócrinas e exócrinas do pâncreas. **Intestino médio –** revestimento epitelial, células glandulares e de revestimento do duodeno, jejuno, apêndice, ceco, parte do colo transverso. **Intestino posterior –** revestimento epitelial, células glandulares e de revestimento de parte do colo transverso, colo descendente, sigmoide, reto, parte superior do canal anal. **Alantoide –** bexiga urinária, vagina, uretra, células secretoras da próstata e glândulas uretrais.	**Paredes do celoma intraembrionário** **Pericárdio primitivo –** miocárdio, pericárdio parietal. **Canais pericardioperitoneais –** pleuras visceral, parietal e mediastinal, membranas pleuroperitoneais que contribuem para a formação do diafragma. *Epitélio esplancnopleural* **–** peritônio visceral do estômago, peritônio dos omentos menor e maior, ligamento falciforme, ligamentos esplenorrenal e gastroesplênico. *Epitélio somatopleural* **–** peritônio parietal. **Cavidade peritoneal primitiva** Epitélio esplancnopleural – revestimento peritoneal visceral dos intestinos médio e posterior, mesentério, mesocolo transverso e mesossigmoide. Pronefro, revestimento epitelial dos ductos mesonéfricos, ducto deferente, epidídimo, vesículas seminais, ducto ejaculatório, ureteres, trígono vesical. Ductos müllerianos, revestimento epitelial das tubas uterinas, corpo e colo do útero, vagina, ligamento largo do útero. Epitélio germinativo das gônadas (note que as células germinativas não estão incluídas neste quadro por causa de seu sequestro precoce para os tecidos extraembrionários). Epitélio germinativo que forma o córtex da glândula suprarrenal. *Epitélio somatopleural* **–** peritônio parietal, túnica vaginal dos testículos.	**Mesênquima paraxial (somitos e somitômeros)** *Esclerótomo* **–** vértebras e porções do neurocrânio, esqueleto axial. *Miótomo* **–** todos os músculos voluntários de cabeça, tronco e membros. *Dermátomo* **–** derme da pele sobre as regiões dorsais. **Mesênquima intermediário –** tecido conjuntivo das gônadas, néfrons mesonéfricos e metanéfricos, músculo liso e tecidos conjuntivos dos tratos genitais. **Septo transverso –** epicárdio, pericárdio fibroso, porção do diafragma, mesentério esofagiano, sinusoides do fígado, tecido do interior do omento menor e ligamento falciforme. **Mesênquima da placa lateral** *Camada esplancnopleural* – músculo liso e tecidos conjuntivos do trato respiratório e das glândulas associadas. Músculo liso e tecidos conjuntivos do trato intestinal, glândulas associadas e mesentérios abdominais. Músculo liso e tecido conjuntivo dos vasos sanguíneos (ver também a seguir). *Camada somatopleural* **–** esqueleto apendicular, tecido conjuntivo dos membros e tronco, inclusive cartilagens, ligamentos e tendões. Derme da parede ventral do corpo e dos membros. Mesênquima da genitália externa. **Mesênquima angiogênico** Endocárdio do coração, endotélio dos vasos sanguíneos e linfáticos, vasos do plexo corióideo, sinusoides do fígado e do baço, células sanguíneas circulantes, micróglia, macrófagos teciduais.

Epitélio ectodérmico superficial	Epitélio da placa neural	Crista neural
Placodes ectodérmicos Adeno-hipófise. Neurônios sensitivos dos gânglios dos nervos cranianos V, VII, VIII, IX, X. Células receptoras olfatórias e epitélio olfatório. Paredes epiteliais do labirinto membranoso, órgão espiral da cóclea. Cristalino. Órgão do esmalte dos dentes. **Estruturas cranianas** Células secretoras e do revestimento dos ductos das glândulas lacrimais, nasais, labiais, palatinas, orais e salivares. Epitélios da córnea e da conjuntiva. Revestimento epitelial do meato acústico externo e epitélio externo da membrana timpânica. Revestimento epitelial dos canalículos lacrimais e ducto nasolacrimal. Revestimento epitelial dos seios paranasais, lábios, bochechas, gengivas e palato. **Estruturas epidérmicas** A maioria das células epidérmicas cutâneas, as células secretoras, de revestimento dos ductos e mioepiteliais das glândulas sudoríferas, sebáceas e mamárias. Cabelo e unhas. Epitélio do proctodeu e epitélio da uretra terminal masculina.	**SNC – Encéfalo e medula espinal** Neuro-hipófise. Prosencéfalo (telencéfalo e diencéfalo) – hemisférios cerebrais, núcleos da base. Mesencéfalo – pedúnculos cerebrais, teto, tegmento. Rombencéfalo (metencéfalo e mielencéfalo) – cerebelo, ponte, bulbo. Medula espinal. Todos os nervos motores cranianos e espinais. Todos os neurônios do SNC, inclusive os neurônios eferentes pré-ganglionares, com o corpo celular dentro do SNC. Astrócitos e oligodendrócitos. Revestimento do epêndima dos ventrículos cerebrais, aqueduto e canal central do encéfalo e medula espinal, tanicitos, células que cobrem os plexos corióideos, células circunventriculares. Retina e nervo óptico (II), epitélio da íris, corpo e processos ciliares.	**Derivados neurais** Neurônios sensitivos dos gânglios dos nervos cranianos V, VII, VIII, IX, X. Neurônios sensitivos dos gânglios das raízes dorsais dos nervos espinais e seus receptores sensitivos periféricos. Células satélites de todos os gânglios sensitivos. Gânglios e plexos simpáticos: neurônios e células satélites. Gânglios e plexos parassimpáticos: neurônios e células satélites. Plexos entéricos: neurônios e células gliais. Células de Schwann de todos os nervos periféricos. Medula da glândula suprarrenal. Células cromafins. Células tipo I do glomo carótico (e células tipo satélite, tipo II). Células produtoras de calcitonina (células C). Melanócitos. **Derivados mesenquimais da cabeça** Ossos frontal, parietal, temporal escamoso, nasal, vômer, palatino, maxila e mandíbula. Meninges. Coroide e esclera do olho. Tecido conjuntivo das glândulas lacrimais, nasais, labiais, palatinas, orais e salivares. Dentina dos dentes. Tecidos conjuntivos da cabeça, que incluem cartilagens, ligamentos e tendões. Tecidos conjuntivos da glândula tireoide e das bolsas faríngeas, ou seja, das glândulas paratireoides, timo. Túnica média da via de saída do coração e dos grandes vasos.

Fig. 12.3 Estruturas que derivam de populações epiteliais e mesenquimais específicas do embrião em estágio inicial. SNC, sistema nervoso central.

medial, e as células endodérmicas posteriormente se achatam e se disseminam para os lados. A população de células que permanece na forma de mesênquima e em contato com o assoalho do sulco neural, imediatamente rostral à placa notocordal, é denominada mesênquima pré-cordal (Fig. 12.4). Essas células do mesênquima axial estão firmemente compactadas, diferentemente do que ocorre com as células paraxiais mais laterais, porém, ao contrário da notocorda, elas não estão envoltas por uma bainha extracelular. Elas estão deslocadas lateralmente na época da flexão da cabeça e formam condensações bilaterais de mesênquima pré-mandibular. Associam-se ao mesênquima paraxial local. Enxertos ortotópicos demonstraram que essas células deixam as bordas do mesênquima pré-cordal e migram lateralmente para o mesênquima periocular, onde dão origem a todos os músculos extrínsecos dos olhos (pág. 702).

Mesênquima paraxial

As células epiblásticas que migram através do nó primitivo e da parte rostral da linha primitiva durante a gastrulação formam células mesoblásticas que migram para uma posição lateral à notocorda e inferior à placa neural em desenvolvimento. As células que entram pelo nó primitivo formam a parte medial desse mesênquima paraxial, e as células que entram pela porção rostral da linha formam a parte lateral (Fig. 10.3). O mesênquima paraxial estende-se cranialmente desde a linha primitiva até a placa pré-cordal imediatamente rostral à notocorda. Antes da formação dos somitos, esse mesênquima também é chamado de mesênquima pré-somítico ou não segmentado nos mamíferos (análogo à placa segmentar das aves). Antigamente, acreditava-se que o mesênquima paraxial rostral à vesícula ótica não se segmentava. Contudo, o mesênquima dessa região mostra anéis concêntricos de corpos e processos celulares que formam cilindros pares bilaterais denominados somitômeros.

Caudal à vesícula ótica, o mesênquima paraxial de cada lado do rombencéfalo segmenta-se em somitos à medida que as pregas neurais se elevam e a neurulação começa: os somitos são, portanto, pós-óticos. Durante a somitogênese, as células mesenquimais mostram alterações na forma e na adesão intercelular e organizam-se em somitos epiteliais. Esse processo começa no oitavo somitômero, que é imediatamente caudal ao centro da placa notocordal. O somito 1 também é denominado primeiro somito occipital. Os somitos podem ser vistos em cada um dos lados do tubo neural em fusão no embrião humano a partir do estágio 9. O desenvolvimento prossegue na direção craniocaudal, portanto o mesênquima paraxial não segmentado é uma estrutura transitória. Ele forma somitos a partir de sua extremidade cranial, enquanto o mesênquima é adicionado à sua extremidade caudal pela linha primitiva em regressão. Os somitos dão origem à base do crânio (pág. 610), à coluna vertebral e às costelas (pág. 764), e aos músculos esqueléticos do corpo, inclusive os músculos dos membros (pág. 699).

Septo transverso

O mesênquima primitivo que invagina pela parte média da linha primitiva assume uma posição rostral à membrana bucofaríngea, onde as células formam a parede epitelial do celoma pericárdico. À medida que esse epitélio prolifera, a parede pericárdica visceral dá origem ao miocárdio. A parede pericárdica parietal forma mesênquima, inicialmente denominado mesênquima pré-cardíaco, ou cardíaco, que é capaz de induzir a proliferação do epitélio endodérmico hepático. Após nova proliferação, o mesênquima pré-cardíaco forma uma massa ventral, caudal ao coração — o septo transverso —, que separa o endoderma do intestino anterior do celoma pericárdico (Fig. 12.2). Por volta do estágio 11, o septo transverso estende-se dorsalmente em cada lado do intestino em desenvolvimento e torna-se contínuo às populações mesenquimais que proliferam das paredes dos canais pericardioperitoneais. As células do septo transverso dão origem aos sinusoides do fígado (pág. 1207), às porções centrais do diafragma (pág. 1014) e ao epicárdio (pág. 1206).

Crista neural

A crista neural é especial. Ela dá origem a populações neurais na cabeça e no tronco e também fornece uma grande população mesenquimal para a cabeça, com características semelhantes, em relação à padronização, ao mesênquima somatopleural. As células da crista neural têm origem em células situadas inicialmente nas bordas mais externas da placa neural, entre a futura epiderme e o tubo neural. Essas células estão comprometidas com a linhagem da crista neural antes de a placa neural começar a se dobrar. Após a neurulação, as células da crista neural formam uma população axial transitória, em seguida se dispersam, às vezes migrando por distâncias consideráveis, e têm destinos diferentes no processo do desenvolvimento. Ao contrário do mesoblasto, que é produzido a partir da linha primitiva, nenhuma das células que têm origem na crista neural se transforma em epitélio. Visto que o desenvolvimento e o destino das células da crista neural da cabeça e do tronco são muito diferentes, essas células serão examinadas em separado.

Crista neural do tronco

A crista neural do tronco é formada à medida que o tubo neural se fecha craniocaudalmente. Como consequência, vários estágios do desenvolvimento da crista podem ser vistos nas regiões mais caudais de um embrião. À medida que o tubo neural começa a se fundir dorsalmente na linha média, as células da crista neural perdem suas conexões juncionais e as características epiteliais, e formam uma faixa de células mesenquimais com arranjo frouxo na região imediatamente dorsal ao tubo neural e embaixo do ectoderma. No início, a maioria das células da crista apresenta seu eixo maior perpendicular ao eixo maior do tubo neural. Mais tarde, a população celular expande-se lateralmente e ao redor do tubo neural como uma lâmina. As células da crista neural do tronco migram de sua posição, que é dorsal ao tubo neural, por três rotas (Fig. 24.11): (1) dorsolateralmente, para formar os gânglios das raízes dorsais em todo o tronco, (2) ventralmente, para formar os gânglios simpáticos, os nervos entéricos e a medula suprarrenal, e (3) rostrocaudalmente ao longo da aorta, para formar os gânglios pré-aórticos. Em uma segunda rota de migração, as células da crista passam dorsolateralmente entre o ectoderma e a placa epitelial do somito até a somatopleura, onde finalmente formam os melanócitos da pele.

Crista neural da cabeça

Ao contrário de sua contraparte no tronco, a crista neural da cabeça migra antes que o tubo neural se feche. Desenvolvem-se duas populações de células da crista. Algumas células mantêm a linhagem neuronal e contribuem para a formação dos gânglios sensitivos somáticos e parassimpáticos da cabeça e do pescoço (pág. 364). Outras produzem grandes populações mesenquimais: a população de células da crista que surge da cabeça é maior que a encontrada em qualquer nível do tronco. Cada região do encéfalo tem a própria população de células da crista que migra dorsolateralmente ao redor do tubo neural até alcançar o lado ventral da cabeça. As células da crista circundam as vesículas prosencefálica e óptica e ocupam cada um dos arcos faríngeos (Cap. 35). Elas fornecem células mesenquimais que produzirão o tecido conjuntivo de partes do neurocrânio e do viscerocrânio. As cartilagens, os ossos, os ligamentos, os tendões, os componentes dérmicos e o estroma glandular da cabeça derivam da crista neural da cabeça. A crista neural da cabeça também contribui para a formação da túnica média das artérias do arco aórtico.

Placa lateral

Placa lateral é o termo utilizado para a população mesoblástica não segmentada primitiva, lateral ao mesênquima paraxial. As células mesoblásticas, que se originam da porção média da linha primitiva (mesênquima primário), migram cranial, lateral e caudalmente até alcançar seus destinos, onde se transformam novamente em epitélio e formam uma camada contínua que adere ao ectoderma dorsalmente e ao endoderma ventralmente. O epitélio está voltado para a nova cavidade intraembrionária — o celoma intraembrionário —, que se torna confluente com o celoma extraembrionário e fornece uma rota para a circulação do líquido celômico através do embrião. Uma vez formada, a parede celômica intraembrionária transforma-se em um epitélio proliferativo que produz novas populações de células mesenquimais. A população mesenquimal subjacente ao ectoderma é denominada mesênquima somatopleural e é produzida pelo epitélio celômico somatopleural. A população mesenquimal que circunda o endoderma é denominada mesênquima esplancnopleural e é produzida pelo epitélio celômico esplancnopleural (Fig. 12.2).

É importante destacar que esses termos são aplicáveis apenas à região caudal ao terceiro arco faríngeo. Na região rostral, entre a faringe e o ectoderma superficial, há uma população mesenquimal esparsa que é anterior à migração da crista neural da cabeça, e não existem pontos de referência com os quais separar o mesênquima lateral do paraxial. Acredita-se que a placa lateral não dividida contribua para a formação das cartilagens cricoide e aritenoide, dos anéis traqueais e do tecido conjuntivo associado.

Mesênquima somatopleural

O mesênquima somatopleural produz uma população mista de tecidos conjuntivos e tem um efeito organizador significativo nos membros em desenvolvimento. O padrão de desenvolvimento dos membros é controlado pelas informações contidas no mesênquima somatopleural. As regiões dos membros são determinadas pela interação entre o ectoderma superficial (crista ectodérmica apical) e o mesênquima somatopleural subjacente. Juntos, esses tecidos formam a zona de progresso do membro (pág. 899). O mesênquima somatopleural do broto do membro também determina a borda pós-axial do membro em desenvolvimento.

O mesênquima somatopleural, portanto, dá origem aos elementos do tecido conjuntivo do esqueleto apendicular, que inclui as cinturas escapular e pélvica, os ossos e cartilagens dos membros e os ligamentos e tendões a eles associados. Também origina a derme da pele das paredes ventral e lateral do corpo e dos membros.

Os músculos dos membros provêm de células musculares progenitoras somíticas derivadas da região paraxial.

Mesênquima esplancnopleural

O mesênquima esplancnopleural circunda o intestino e os tubos respiratórios em desenvolvimento e contribui com células do tecido conjuntivo

POPULAÇÕES CELULARES NO INÍCIO DA ORGANOGÊNESE

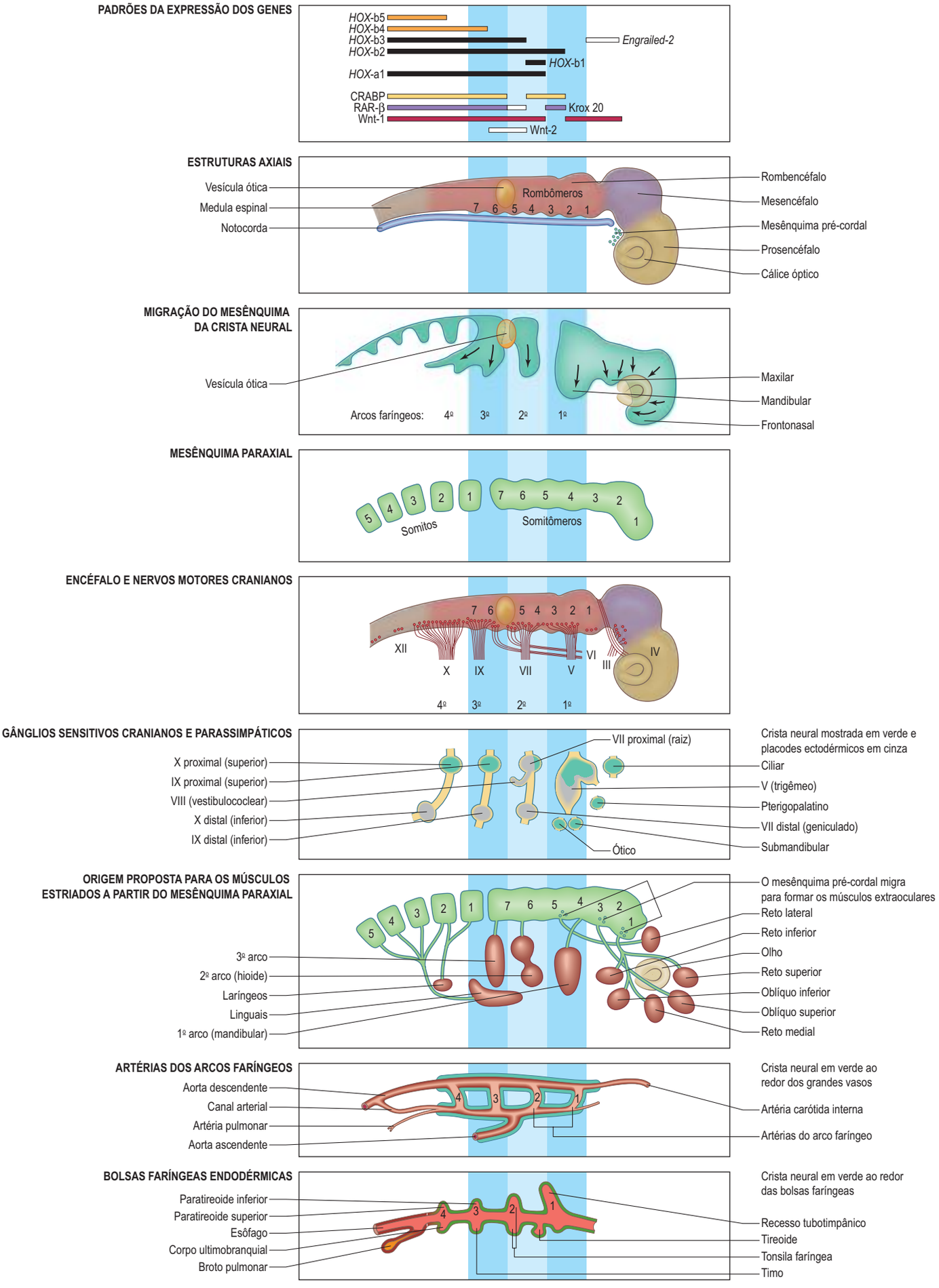


Fig. 12.4 Organização da cabeça e da faringe de um embrião por volta do estágio 14. Os componentes dos tecidos foram separados, mas estão alinhados em ordem através das zonas numeradas.

para a formação da lâmina própria e da submucosa e com células do músculo liso para a formação da *muscularis mucosae* e da *muscularis externa*. Desempenha um papel padronizador no desenvolvimento endodérmico, determinando a região e o tipo de vilosidade do intestino (pág. 1203) e o padrão da ramificação do trato respiratório (pág. 1032).

Mesênquima intermediário

O mesênquima intermediário é um conjunto frouxo de células encontrado entre os somitos e a placa lateral (Fig. 12.2). Seu desenvolvimento está intimamente relacionado com o progresso da diferenciação dos somitos e com o epitélio celômico em proliferação do qual deriva. O mesênquima intermediário não está presente antes da somitogênese ou da formação do oitavo somito. Nos embriões com oito a dez somitos, ocupa uma posição lateral ao sexto somito, mas não se estende cranialmente. As células mesenquimais estão dispostas em camadas: uma contínua com o lado dorsal do mesênquima paraxial e a somatopleura e a outra contínua com o lado ventral do mesênquima paraxial e a esplancnopleura.

À medida que o desenvolvimento prossegue, o mesênquima intermediário forma um cordão de células dorsolateral frouxamente compactado, que se estende até a extremidade caudal e no final se une à cloaca. Ele dá origem ao sistema néfrico, às gônadas e aos ductos genitais (págs. 1305, 1311).

Mesênquima angioblástico

As células mesenquimais que dão origem aos elementos celulares do sangue, ao endotélio e às camadas mesenquimais da túnica externa e da adventícia dos vasos sanguíneos e linfáticos provêm de fontes intraembrionárias e extraembrionárias. Evidências sugerem que tecidos endodérmicos são necessários para a diferenciação endotelial. O mesênquima angioblástico forma-se no início da terceira semana do desenvolvimento a partir do mesênquima extraembrionário e é encontrado na esplancnopleura do saco vitelino, no pedículo do corpo (que contém o alantoide) e na somatopleura do córion. As células periféricas achatam-se como um endotélio vascular, enquanto as células centrais se transformam em hemácias primitivas. Mais tarde, as ilhas contíguas fundem-se e formam assim uma rede contínua de vasos finos. Os vasos sanguíneos intraembrionários são vistos pela primeira vez na interface endoderma-mesênquima dentro do mesênquima esplâncnico lateral, nas margens caudolaterais do intestino anterior. A competência angioblástica foi demonstrada dentro dos mesênquimas ventrais (esplancnopleurais) com os quais o endoderma interage. Contudo, a notocorda e a placa pré-cordal não contêm células angiogênicas. De modo semelhante, os tecidos ectodérmicos não parecem dar origem a células angiogênicas. Foi mostrado que os somitos, derivados do mesênquima paraxial, são a fonte dos angioblastos que se diferenciam com os derivados dos somitos, ou migram para o tubo neural, a parede ventrolateral do corpo, os brotos dos membros, os mesonefros e a parte dorsal da aorta.

As primeiras células mesenquimais angiogênicas formam vasos sanguíneos por vasculogênese, o processo através do qual novos vasos (p. ex., os tubos endoteliais cardíacos, as aortas dorsais, os vasos umbilicais e os vasos vitelinos primitivos) se desenvolvem *in situ*. Mais tarde, os vasos desenvolvem-se por angiogênese, brotando do endotélio dos vasos preexistentes e ramificando-se. A maior parte dos demais vasos desenvolve-se dessa forma. O padrão final dos vasos é controlado pelo mesênquima não angiogênico circundante: os vasos tornam-se morfologicamente específicos para o órgão no qual se desenvolvem e também imunologicamente específicos, expressando proteínas específicas do órgão.

REFERÊNCIAS

O'Rahilly R, Müller F 1985 The origin of the ectodermal ring in staged human embryos of the first 5 weeks. Acta Anat 122: 145–57.

Richardson MK, Keuck G 2002 Haeckel's ABC of evolution and development. Biol Rev Camb Philos Soc 77: 495–528.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
13

Circulação embrionária primitiva

A circulação embrionária primitiva é simétrica (Fig. 13.1). Ela é modificada durante todo o desenvolvimento para produzir uma circulação fetal funcional, que está conectada à placenta, e muda rapidamente ao nascimento para acomodar a desconexão da placenta e o início das trocas gasosas nos pulmões. A principal reestruturação dos vasos iniciais ocorre à medida que o embrião cresce: anastomoses formam-se e em seguida desaparecem, capilares fundem-se e dão origem a artérias ou a veias, e a direção do fluxo sanguíneo pode se inverter várias vezes antes que o arranjo final dos vasos termine.

Os componentes circulatórios mais precoces desenvolvem-se através da vasculogênese nos tecidos extraembrionários. Os tubos cardíacos endoteliais, as aortas dorsais, e os vasos umbilicais e vitelinos iniciais surgem por vasculogênese no interior do embrião. O subsequente desenvolvimento dos vasos ocorre por um processo de angiogênese, no qual angioblastos, que surgem nos tecidos esplâncnico e somítico, geram brotamentos e ramos endoteliais aos vasos previamente formados. Nenhum dos principais vasos do adulto surge como um tronco único no embrião. Uma rede capilar é primeiramente construída ao longo do trajeto de cada vaso; as maiores artérias e veias são definidas pela seleção e pelo aumento de determinadas vias nesta rede. Os vasos linfáticos desenvolvem-se após as principais artérias e veias terem sido formadas: eles surgem inicialmente por angiogênese a partir das veias cardinais e subsequentemente por proliferação de linfangioblastos para formar capilares linfáticos.

Os primeiros vasos sanguíneos são inicialmente circundados por uma matriz rica em fibronectina que será mais tarde incorporada à lâmina basal endotelial juntamente com laminina, um constituinte particularmente precoce. Várias camadas de células que expressam fibronectina são vistas ao redor dos vasos maiores, tais como as aortas dorsais. O endotélio não sintetiza a lâmina basal nas regiões onde o remodelamento e a angiogênese estão ativos, e o mesênquima ao redor de tal endotélio não expressa α-actina ou laminina até que a formação de ramos tenha parado e a diferenciação da túnica média inicie depois que um padrão vascular estável tenha se formado. Não se sabe como a diferenciação dos pericitos e das células musculares lisas é induzida; a maioria das artérias acumula músculo liso em sua camada média a partir do mesênquima circunjacente.

No início do desenvolvimento, as artérias do embrião são desproporcionalmente grandes e suas paredes consistem em um pouco mais do que uma única camada de endotélio. Os orifícios cardíacos também são relativamente grandes e a força da contração cardíaca é fraca, consequentemente a circulação é lenta, apesar da rápida frequência de contração do coração em desenvolvimento. Entretanto, os tecidos são capazes de obter nutrição não somente a partir dos capilares, mas também a partir das grandes artérias e do fluido celômico intraembrionário.

Tem sido sugerido que o sistema cardiovascular em rápida expansão seja preenchido com plasma através do movimento de fluido a partir do celoma intraembrionário para as veias. Em geral, a parede do celoma intraembrionário é composta por células em proliferação que produzem as populações mesenquimais da esplancnopleura e da somatopleura. No entanto, as paredes de uma porção dos canais pericárdio-peritoneais são mais delgadas e possivelmente mais permeáveis ao fluido celômico, no momento em que estes circundam os canais hepatocardíacos (veias). Estes canais encontram-se entre o plexo hepático e o seio venoso; o canal hepatocardíaco do lado direito é mais desenvolvido e o do lado esquerdo é mais plexiforme, com somente uma conexão transitória para o seio venoso. A diferenciação desta região celômica específica ocorre justamente no avanço da expansão e no preenchimento dos átrios direito e esquerdo, por volta do estágio 12.

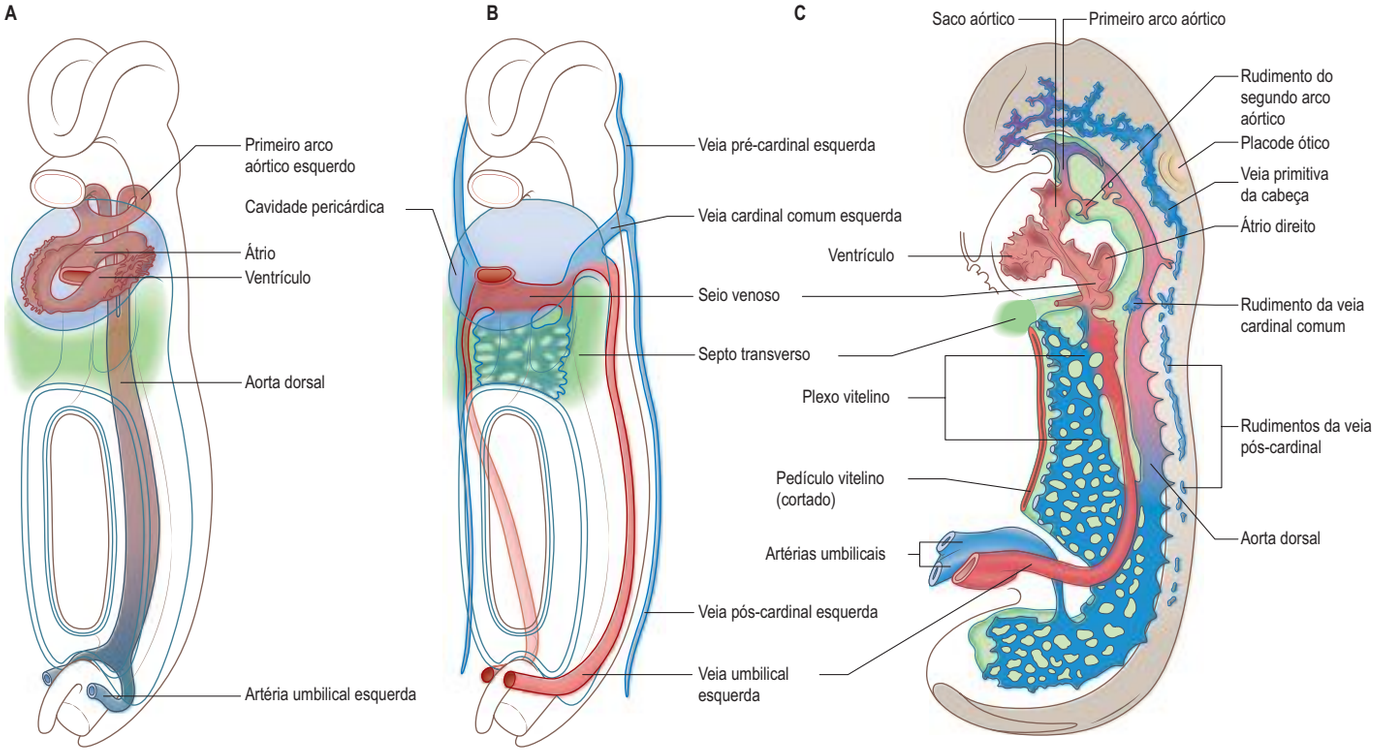


Fig. 13.1 O sistema vascular sanguíneo primitivo e simétrico. **A,** Vista ventrolateral do perfil endotelial do coração, das artérias do primeiro arco aórtico e da aorta dorsal, mostradas em relação às principais populações epiteliais. **B,** Vista ventrolateral dos canais venosos principais mostrados em relação às principais populações epiteliais. **C,** Vista lateral esquerda do sistema vascular sanguíneo de um embrião humano no estágio 11; apenas o revestimento endotelial do tubo cardíaco está mostrado. Neste estágio, as artérias e veias estão em processo de desenvolvimento e não há uma circulação de fato estabelecida.

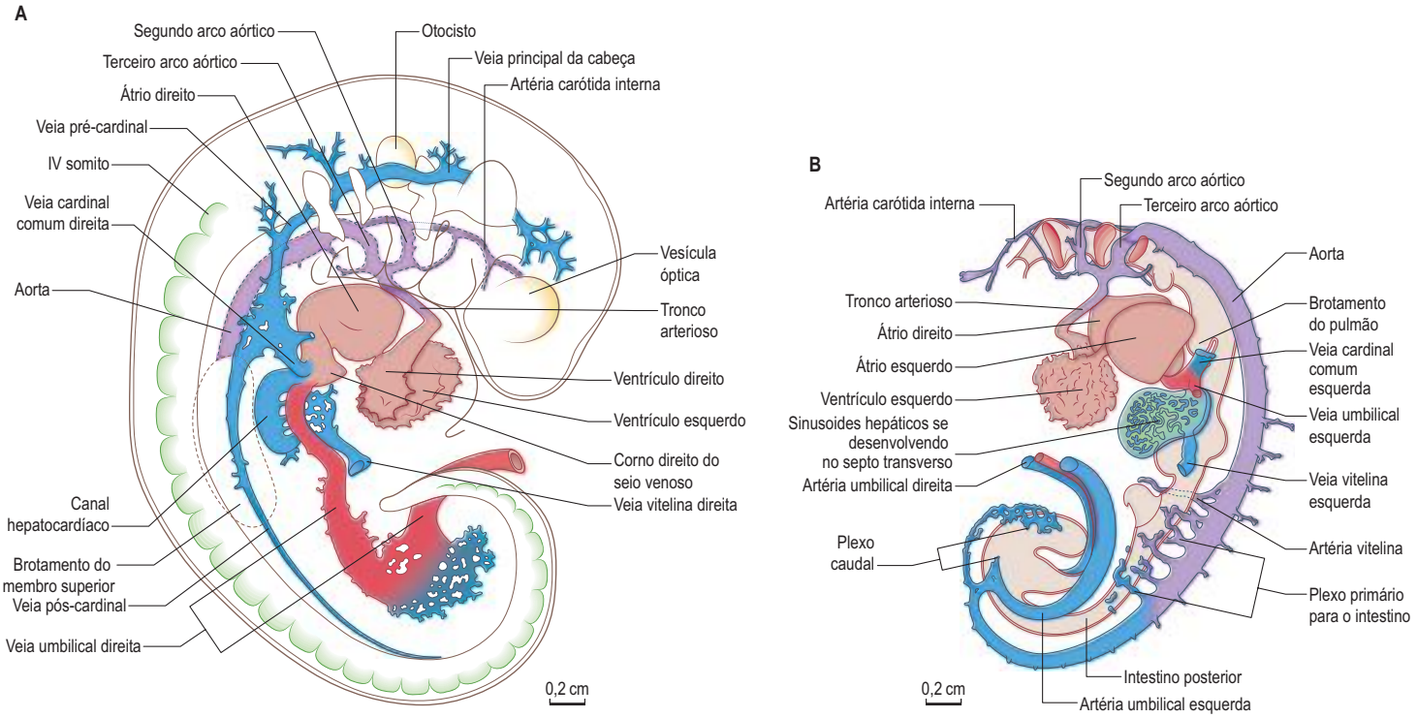


Fig. 13.2 Reconstruções em perfil do sistema vascular sanguíneo de um embrião humano no estágio 13. A circulação primitiva é agora assimétrica, com os vasos venosos aumentando à direita e diminuindo à esquerda. **A,** Lado direito: os principais canais venosos para o coração podem ser vistos. **B,** Lado esquerdo: as artérias dos arcos aórticos, os principais vasos que surgem a partir da aorta dorsal, e as artérias umbilicais estão mostradas. Observe: Apenas o revestimento endotelial das câmaras cardíacas está mostrado e, por ter sido omitida a parede muscular, a cavidade pericárdica aparece muito maior que o coração que ela contém.

À medida que o músculo cardíaco se espessa, se torna compacto e se distende, os orifícios cardíacos tornam-se relativa e absolutamente reduzidos em tamanho, as valvas aumentam sua eficiência e as grandes artérias adquirem suas paredes musculares e sofrem uma redução relativa de tamanho. Deste momento em diante, o embrião é dependente da nutrição proporcionada pelos leitos capilares em expansão, e a função das grandes artérias torna-se restrita à de canais de distribuição controlável para manter os tecidos embrionários constante e apropriadamente supridos.

O coração começa a bater precocemente, antes do desenvolvimento do sistema de condução, e uma circulação é estabelecida antes que um mecanismo valvular competente tenha se formado. O débito cardíaco aumenta em proporção ao peso do embrião e a frequência cardíaca aumenta com o desenvolvimento. Entretanto, a maior parte do aumento no débito cardíaco resulta de um aumento geométrico no volume ejetado. Quando o fluxo sanguíneo aórtico dorsal é equiparado ao peso embrionário, o fluxo sanguíneo permanece constante por um aumento de mais de 150 vezes na massa do embrião.

Após a formação da prega cefálica, o embrião tem aortas primitivas bilaterais, cada uma consistindo em partes ventral e dorsal contínuas através do primeiro par de arcos aórticos embrionários (Cap. 35). As aortas ventrais fundem-se e formam um saco aórtico dilatado. As aortas dorsais seguem caudalmente, uma de cada lado da notocorda. Na quarta semana, elas fundem-se na altura aproximada do nível do quarto segmento torácico até o nível do quarto segmento lombar para formar uma única aorta descendente definitiva (Figs. 13.1A e C, 13.2B). Em geral, os canais endoteliais mais maduros são vistos em regiões rostrais mais avançadas do embrião, enquanto mais caudalmente um plexo capilar se remodela constantemente até se tornar confluente com os canais vasculares do pedículo de conexão do embrião. A continuação dorsal das aortas dorsais primitivas direciona o sangue para uma rede anastomosada ao redor do alantoide que formará as artérias umbilicais. O sangue é conduzido de volta para o coração em desenvolvimento a partir do alantoide pelas veias umbilicais, a partir de anastomoses no saco vitelino primitivo através das veias vitelinas e a partir do corpo através das veias pré-cardinais e pós-cardinais que se unem para formar as veias cardinais comuns (Figs. 13.1B e C, 13.2A).

ARTÉRIAS EMBRIONÁRIAS

Inicialmente, as aortas dorsais são os únicos vasos longitudinais presentes. Todos os seus ramos correm em ângulos retos ao longo do eixo do embrião. Mais tarde, estas artérias transversais conectam-se por canais que se anastomosam longitudinalmente, os quais persistem em parte, formando artérias tais como as vertebrais, torácicas internas, epigástricas superior e inferior, e gastroepiploica. Cada aorta dorsal primitiva dá origem às artérias somáticas (ramos intersegmentares para a parede do corpo), a uma continuação caudal que passa por dentro do pedículo do embrião (as artérias umbilicais), às artérias esplâncnicas laterais (ramos segmentares pares para a crista mesonéfrica), e às artérias esplâncnicas ventrais (ramos segmentares pares para o tubo digestório).

Artérias somáticas

As artérias somáticas estão em posição intersegmentar. Elas persistem, quase inalteradas, nas regiões torácica e lombar, como as artérias intercostais posteriores, subcostais e lombares. Cada uma dá origem a um ramo dorsal, o qual passa por trás do intervalo intersegmentar e se divide em ramos medial e lateral para suprir os músculos e os tecidos superficiais do dorso (Fig. 13.3). O ramo dorsal também origina um ramo espinal, que entra no canal vertebral e se divide em uma série de ramos que suprem as paredes e as articulações do canal osteoligamentoso, e ramos neurais para a medula espinal e para as raízes dos nervos espinais. Após dar origem ao seu ramo dorsal, cada artéria intersegmentar segue ventralmente na parede do corpo, origina um ramo lateral e termina nos ramos musculares e cutâneos.

Artérias umbilicais primitivas

Inicialmente, as artérias umbilicais são a continuação caudal direta das aortas dorsais primitivas. Elas estão presentes no pedículo do embrião antes que quaisquer ramos vitelinos ou viscerais surjam, indicando a dominância da circulação alantóidea sobre a circulação vitelina no embrião humano (em uma base comparativa, os vasos umbilicais são corioalantóideos e, por isso, "somatoviscerais"). Após a fusão das aortas dorsais, as artérias umbilicais surgem a partir de suas faces ventrolaterais e passam medialmente ao ducto excretor principal para o umbigo. Mais tarde, a parte proximal de cada artéria umbilical é unida por um novo vaso que sai da aorta em sua terminação e passa lateralmente ao ducto excretor principal. Esta, possivelmente a quinta artéria intersegmentar lombar, constitui a raiz dorsal da artéria umbilical (o tronco original, a raiz ventral). A raiz dorsal origina a artéria axial do membro inferior, ramos para as vísceras pélvicas e, mais proximalmente, a artéria ilíaca externa. A raiz ventral desaparece inteiramente e a artéria umbilical agora surge a partir daquela parte de sua raiz dorsal distalmente à artéria ilíaca externa, isto é, a artéria ilíaca interna.

Artérias esplâncnicas laterais

As artérias esplâncnicas laterais suprem, a cada lado, o mesonefro, o metanefro, o testículo ou o ovário, e a glândula suprarrenal. Todas essas

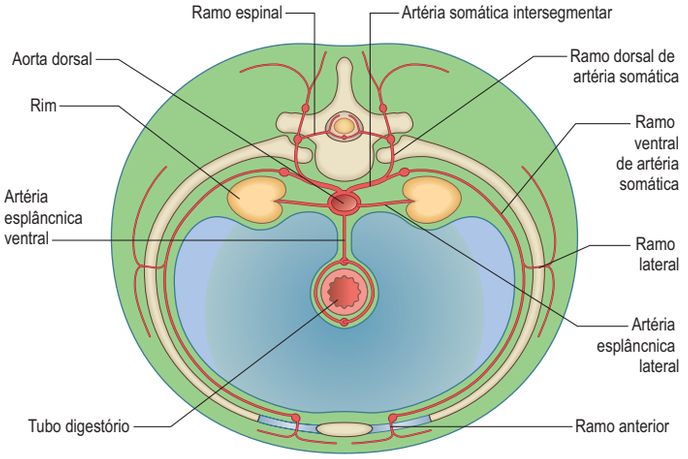


Fig. 13.3 Artérias segmentares e intersegmentares. Observe as posições das anastomoses longitudinais (pequenas dilatações vermelhas).

estruturas desenvolvem-se, no todo ou em parte, a partir do mesênquima intermediário (mesoderma intermediário), mais tarde denominado de região aorta-gônada-mesonefro. Uma artéria testicular ou ovárica e três artérias suprarrenais persistem a cada lado. A artéria frênica ramifica-se a partir da artéria suprarrenal mais cranial e a artéria renal surge da mais caudal. Artérias renais adicionais estão frequentemente presentes e podem ser consideradas ramos de artérias esplâncnicas laterais persistentes.

Artérias esplâncnicas ventrais

As artérias esplâncnicas ventrais são originalmente vasos pares distribuídos para o plexo capilar na parede do saco vitelino. Após a fusão das aortas dorsais, elas mesclam-se como troncos ímpares que são distribuídos para o tubo digestório primitivo, que está progressivamente se delimitando e se estendendo. Canais anastomóticos longitudinais conectam estes ramos ao longo das faces dorsal e ventral do tubo, formando anastomoses esplâncnicas dorsais e ventrais (Fig. 13.3). Estes vasos eliminam a necessidade das muitas artérias esplâncnicas ventrais "subdiafragmáticas", reduzindo-as a três, o tronco celíaco e as artérias mesentéricas superior e inferior. À medida que as vísceras supridas descem para o interior do abdome, suas origens migram caudalmente por crescimento diferencial: a origem da artéria celíaca é transferida do nível do sétimo segmento cervical para o nível do 12º segmento torácico; a origem da artéria mesentérica superior muda do segundo segmento torácico para o primeiro segmento lombar; e a origem da artéria mesentérica inferior muda do décimo segundo segmento torácico para o terceiro segmento lombar. Todavia, acima do diafragma, um número variável de artérias esplâncnicas ventrais persiste, usualmente quatro ou cinco, suprindo o esôfago torácico. A anastomose esplâncnica dorsal persiste nos ramos gastroepiploico, pancreaticoduodenal e nos ramos principais das artérias cólicas, enquanto a anastomose esplâncnica ventral forma as artérias gástricas direita e esquerda e a artéria hepática.

VEIAS EMBRIONÁRIAS

As veias embrionárias iniciais são frequentemente segregadas em dois grupos, o visceral e o somático, por conveniência e aparente simplicidade. O grupo visceral contém os derivados das veias vitelinas e umbilicais, e o grupo somático inclui todas as veias restantes. Deve-se observar que, com o tempo, as veias embrionárias mudam dos principais tecidos que elas drenam. Elas podem receber radículas a partir de tecidos parietais respectivos, que se tornam confluentes com canais de drenagem que são claramente viscerais, formando deste modo um vaso composto. O arranjo das veias embrionárias primitivas é inicialmente simétrico. O retorno venoso para o coração tubular simétrico primitivo dá-se através dos cornos direito e esquerdo do seio venoso, que estão inicialmente embebidos no mesênquima do septo transverso. Cada corno recebe, mais medialmente, a terminação da veia vitelina principal; mais lateralmente, a veia umbilical; e mais lateralmente ainda, circundando o canal pleuroperitoneal, a veia cardinal comum. Este padrão simétrico modifica-se à medida que o coração e o tubo digestório se desenvolvem, e o retorno cardíaco é desviado para o lado direito do coração.

Veias vitelinas

As veias vitelinas drenam plexos capilares desenvolvidos no mesênquima da esplancnopleura do saco vitelino secundário. Com a formação das pregas cefálica, caudal e laterais, os recessos superiores do saco vitelino são incorporados ao embrião como o tubo digestório esplancnopleural, que se estende da membrana bucofaríngea no estomodeu até a membrana cloacal no proctodeu. Os derivados a partir de todos esses níveis possuem uma drenagem venosa que é originalmente vitelina.

Veias umbilicais primitivas

As veias umbilicais formam-se através da convergência de vênulas que drenam a esplancnopleura do alantoide extraembrionário. O alantoide humano, de derivação endodérmica, é muito pequeno; ele projeta-se para a extremidade embrionária do pedículo embrionário, sendo portanto considerado como um mesênquima alantoideano formado precocemente, enquanto os vasos umbilicais são considerados alantoideanos. As vênulas periféricas drenam os centros mesenquimais dos vilos-tronco coriônicos maiores e dos vilos terminais (estruturas formadas pela somatopleura extraembrionária). Estas são as radículas da veia umbilical ímpar (usualmente única) que atravessam o mesênquima compacto e misto do cordão umbilical para atingir a borda caudal do umbigo. Aqui, a veia umbilical única divide-se em veias umbilicais primitivas direita e esquerda. Cada uma curva-se rostralmente na margem lateral da somatopleura do umbigo, isto é, onde as somatopleuras intraembrionária e extraembrionária (ou amniótica) se continuam, dispondo-se lateralmente à comunicação entre os celomas intraembrionário e extraembrionário. Rostrolateralmente ao umbigo, as duas veias umbilicais alcançam, entram e atravessam o mesênquima juncional do septo transverso, e conectam-se com os plexos capilares septais. Em seguida, elas continuam, entrando nos cornos correspondentes do seio venoso cardíaco, lateralmente às terminações das veias vitelinas. Esta disposição simétrica inicial das veias vitelinas e anastomoses, veias umbilicais e cardinais comuns, e o local do complexo primordial hepático, está resumida nas Figuras 13.1B e 13.2A. Para o subsequente desenvolvimento das veias vitelinas e umbilicais, veja o Capítulo 73 (Figs. 73.8 e 73.9).

Veias cardinais e complexos venosos somáticos

Os canais venosos iniciais no desenvolvimento embrionário precoce têm sido tradicionalmente denominados de cardinais por causa de sua importância neste estágio. Os complexos venosos cardinais são primeiramente representados por dois grandes vasos de cada lado, sendo a porção pré-cardinal rostral ao coração e a porção pós-cardinal caudal ao coração. As duas veias a cada lado unem-se para formar uma curta veia cardinal comum, que segue ventralmente, lateral ao canal pleuropericárdico, para se abrir no corno correspondente do seio venoso cardíaco (Figs. 13.1B, 13.2A, 13.4B). As veias pré-cardinais sofrem remodelamento à medida que a cabeça se desenvolve. As veias pós-cardinais, que drenam a parede do corpo no embrião precoce, são canais insuficientes para o retorno venoso a partir dos mesonefros e gônadas em desenvolvimento e para a parede do corpo em crescimento. À medida que o embrião aumenta de tamanho, elas são suplementadas por uma gama de canais longitudinais bilaterais que se anastomosam com o sistema cardinal posterior e entre si. Estes canais são as veias subcardinais, supracardinais, da linha ázigos, subcentrais e pré-costais (Fig. 13.4).

Veias subcardinais

As veias subcardinais formam-se nas partes ventromediais das cristas mesonéfricas e conectam-se às veias pós-cardinais por um número de vasos que atravessam a parte medial das cristas. As veias subcardinais assumem a drenagem dos mesonefros e intercomunicam-se por um plexo anastomótico pré-aórtico, que mais tarde constituirá a parte da veia renal esquerda que cruza anteriormente a aorta abdominal.

Veias supracardinais

As veias supracardinais formam-se dorsolateralmente à aorta e lateralmente ao tronco simpático, e assumem a drenagem venosa intersegmentar a partir da veia cardinal posterior. As veias supracardinais também são referidas como a linha toracolombar ou veias da linha simpática lateral.

Veias da linha ázigos

As veias da linha ázigos formam-se dorsolateralmente à aorta e medialmente ao tronco simpático. Estes canais, também referidos como veias da linha simpática medial, gradualmente assumem a drenagem venosa intersegmentar a partir das veias supracardinais. As veias intersegmentares agora atingem seu canal longitudinal, passando medialmente ao tronco autônomo, uma relação que as veias lombares e intercostais subsequentemente mantêm. Cranialmente, as linhas ázigos juntam-se às extremidades craniais persistentes das veias cardinais posteriores.

Veias subcentrais

As veias subcentrais formam-se diretamente dorsais à aorta no intervalo entre as origens das artérias intersegmentares pares. Estas veias comuni-

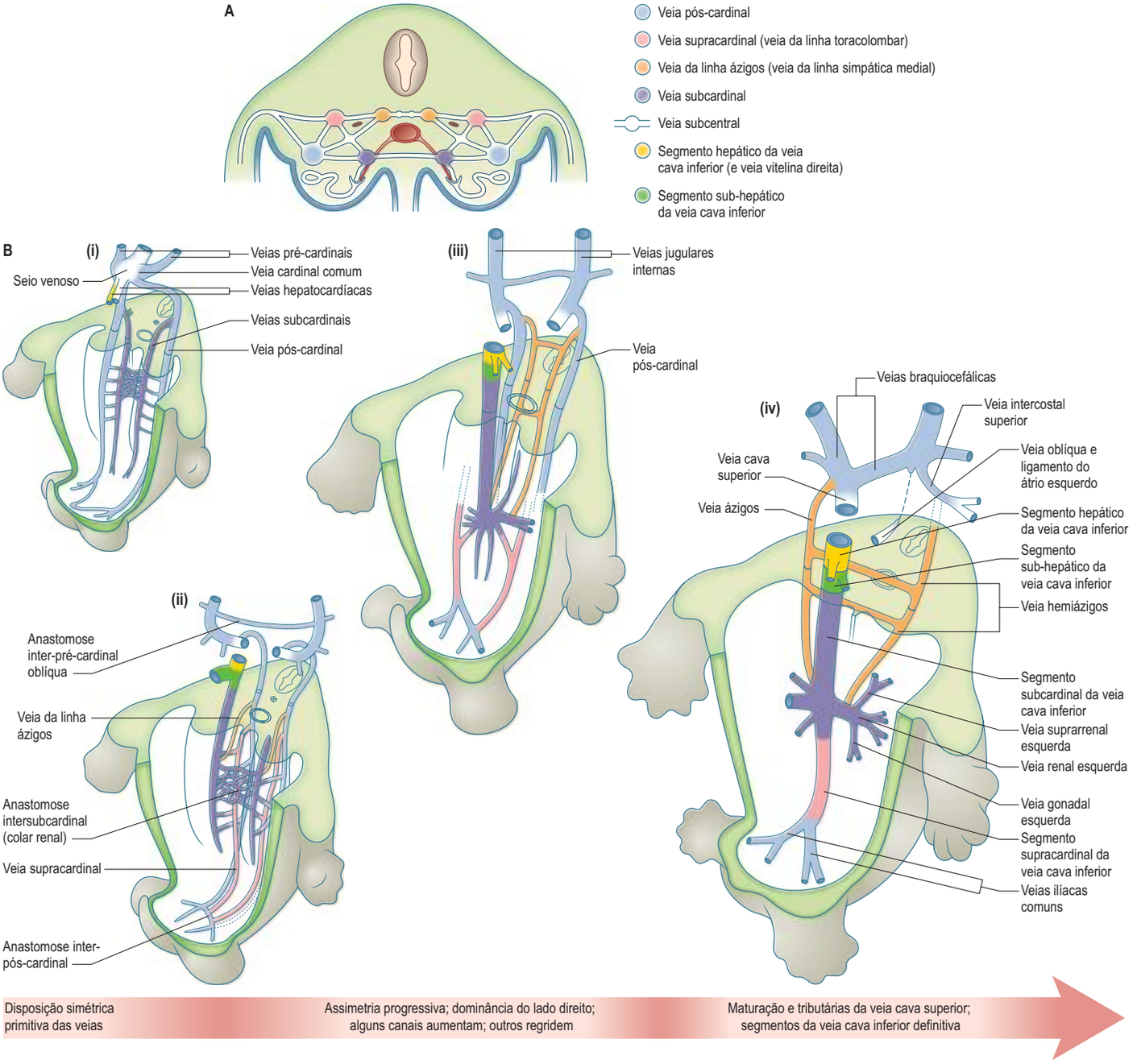


Fig. 13.4 Desenvolvimento venoso somático. **A,** Corte esquemático através do tronco do embrião. As veias longitudinais principais estão codificadas por cores. As interconexões e as veias intersegmentares permanecem sem cor. **B,** Plano de desenvolvimento das veias somáticas principais a partir do estado simétrico primitivo, passando por estágios de assimetria progressiva, até o arranjo definitivo.

cam-se livremente umas com as outras e com as veias da linha ázigos; estas conexões finalmente formam as partes retroaórticas das veias lombares esquerdas e das veias hemiázigos.

A linha venosa pré-costal ou lombocostal

A linha venosa pré-costal ou lombocostal, anterior ao elemento vertebrocostal e posterior à veia supracardinal, é reconhecida por alguns autores. Um possível derivado é a veia lombar ascendente.

Desenvolvimento posterior das veias somáticas

As veias supracardinais encontram-se lateralmente à aorta e aos troncos simpáticos, que, por sua vez, estão situados entre elas e as linhas ázigos (Fig. 13.4). Elas comunicam-se caudalmente com as veias ilíacas e cranialmente com as veias subcardinais na origem da anastomose intersubcardinal pré-aórtica. As veias supracardinais também se comunicam livremente uma com a outra através das linhas ázigos e das veias subcentrais. A mais cranial destas conexões, juntamente com as anastomoses supracardinal-subcardinal e intersubcardinal, completa um anel venoso ao redor da aorta, abaixo da origem da artéria mesentérica superior, denominado "colar renal".

O arranjo definitivo destas veias cardinais longitudinais abdominais e torácicas embrionárias pode ser resumido da seguinte maneira. A parte terminal da veia pós-cardinal esquerda forma a parte distal da veia intercostal superior esquerda. Do lado direito, sua extremidade cranial persiste como a parte terminal da veia ázigos. A parte caudal da veia subcardinal é em parte incorporada na veia testicular ou ovárica, e parcialmente desaparece. A extremidade cranial da veia subcardinal direita é incorporada à veia cava inferior e também forma a veia suprarrenal direita. A veia subcardinal esquerda, cranial à anastomose intersubcardinal, é incorporada à veia suprarrenal esquerda. As veias renal e testicular ou ovárica de ambos os lados juntam-se à anastomose supracardinal-subcardinal. Do lado esquerdo, esta conecta-se diretamente à parte da veia cava inferior que é de natureza subcardinal através de uma anastomose intersubcardinal. A veia supracardinal direita forma grande parte do segmento pós-renal (caudal) da veia cava inferior. A veia supracardinal esquerda desaparece inteiramente. A linha ázigos direita persiste em sua parte torácica para formar toda a veia ázigos, com exceção de sua parte terminal. Sua parte lombar pode ser usualmente identificada como um pequeno vaso que sai da veia ázigos sobre o corpo da 12ª vértebra torácica e desce sobre a

coluna vertebral, profundamente ao pilar direito do diafragma, para se unir à face posterior da veia cava inferior, na extremidade superior de seu segmento pós-renal. A linha ázigos esquerda forma as veias hemiázigos. As veias subcentrais dão origem às partes retroaórticas das veias lombares esquerdas e das veias hemiázigos (Fig. 13.4).

VASOS LINFÁTICOS EMBRIONÁRIOS

Os vasos linfáticos mais primitivos surgem do brotamento de células endoteliais linfáticas a partir das veias cardinais para formar os sacos linfáticos (Eichman *et al.*, 2005). Seis sacos linfáticos primitivos podem ser identificados, sendo dois pareados (os sacos linfáticos jugulares e posteriores) e dois ímpares (o saco retroperitoneal e a cisterna do quilo). Em mamíferos inferiores, um par adicional (sacos subclávios) está presente, mas no embrião humano estes sacos são meras extensões dos sacos jugulares.

O saco linfático jugular é o primeiro a aparecer, na junção da veia subclávia com a veia pré-cardinal, com prolongamentos subsequentes ao longo das veias jugulares externa e interna; o saco linfático posterior circunda a veia ilíaca comum esquerda; o saco retroperitoneal aparece na raiz do mesentério, próximo às glândulas suprarrenais; e a cisterna do quilo aparece em posição oposta às terceira e quarta vértebras lombares (Fig. 13.5). Os vasos linfáticos brotam a partir dos sacos linfáticos ao longo de linhas que correspondem mais ou menos intimamente ao trajeto dos vasos sanguíneos embrionários (mais comumente veias); muitos também surgem *de novo* no mesênquima e estabelecem conexões com vasos existentes. Na parede do corpo e na parede do intestino, os plexos mais profundos são os primeiros a se desenvolver; os vasos nas camadas superficiais são gradualmente formados por crescimento contínuo.

LINFONODOS E TECIDOS LINFOIDES

Os vasos linfáticos podem ser vistos no embrião na região cervical a partir do estágio 16. Os linfonodos, que geram focos proliferativos regionais de linfócitos, são identificados a partir da 9ª semana. Os sacos linfáticos primitivos infiltram-se por células linfoides e a porção externa de cada saco torna-se o seio subcapsular do linfonodo. A diferenciação morfológica dos compartimentos cortical e medular não é observada até o final da 10ª semana (Tonar *et al.*, 2001). Ao mesmo tempo que estes linfonodos primitivos estão se desenvolvendo, a parede da nasofaringe é infiltrada por células linfoides, sobre as quais se acredita que sejam o prenúncio do desenvolvimento das tonsilas tubárias e faríngea.

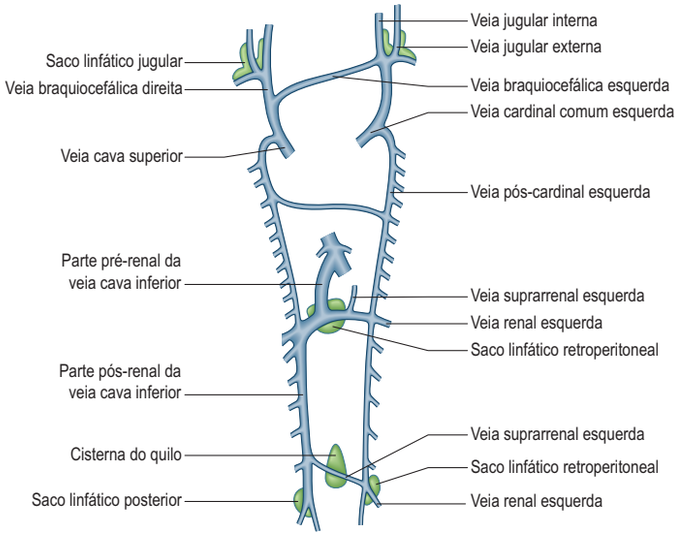


Fig. 13.5 Posições relativas dos principais sacos linfáticos (conforme originalmente determinado por Sabin, 1912).

No recém-nascido, uma proporção considerável da quantidade total de tecido linfoide está localizada nos linfonodos: o subsequente aumento na quantidade de tecidos linfoides que ocorre durante a infância reflete o crescimento destes linfonodos. Os folículos definitivos com centros germinativos são formados durante o primeiro ano pós-natal. A tonsila faríngea atinge seu desenvolvimento máximo aos seis anos e sua subsequente involução é completada na puberdade. Detalhes do desenvolvimento do tecido linfoide associado ao tubo digestório são fornecidos no Capítulo 73.

REFERÊNCIAS

Eichman A, Yuan Li, Moyon D, Lenoble F, Pardanaud L, Bréant C 2005 Vascular development: from precursor cells to branched arterial and venous networks. Int J Dev Biol 49: 259–67.

Sabin FR 1912 On the origin of the abdominal lymphatics in mammals from the vena cava and the renal glands. Anat Rec 6: 335–42.

Tonar Z, Kocova J, Liska V, Slipkja J 2001 Early development of the jugular lymphatics. Sb Lek 102: 217–25.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
14

Desenvolvimento pré e pós-natal

ESTÁGIOS PRÉ-NATAL

O tamanho absoluto de um embrião ou de um feto não corresponde fielmente à idade cronológica ou ao estágio de organização estrutural, embora gráficos baseados em médias de muitas observações tenham sido feitos com o intuito de criar uma proporção adequada. Estes estudos têm dificuldades em determinar qual é o exato momento da fecundação em humanos. Quando ocorre nascimento normal ou aborto, costuma-se calcular a idade desde o primeiro dia do último período menstrual da mãe, mas como a ovulação normalmente ocorre próximo ao 14º dia do ciclo menstrual, esta suposta idade menstrual é uma superestimativa em aproximadamente duas semanas. Onde um único coito pode ter sido o responsável pela fertilização ou concepção, a idade de coito pode ser estabelecida e a idade de fertilização não pode ser muito menor do que a de coito, devido à viabilidade limitada de ambos os gametas. Acredita-se que esta diferença seja de vários dias, o que é um intervalo bastante significativo nos estágios iniciais do desenvolvimento embrionário. Apesar de a duração da ovulação e do coito ser conhecida em um aborto espontâneo, algumas incertezas persistem em relação à duração da fertilização, embora ainda reste um período indefinido entre o término do desenvolvimento e a recuperação atual da concepção.

Para superar essas dificuldades, embriões iniciais foram classificados com base nos estágios do desenvolvimento embrionário ou "horizontes", de acordo com características internas e externas. Segundo Streeter (1942, 1945, 1948) e a continuação deste trabalho por O'Rahilly & Müller (1987), o estudo com embriões da coleção de Carnegie gerou e continua gerando uma vertente para o estudo com embriões e médias de comparações entre os estágios do desenvolvimento fetal e os estágios de animais geralmente usados para estudos experimentais, como galinha, camundongo e rato. O recente uso da ultrassonografia para exames de embriões humanos e fetos *in utero* confirmou muitos desses períodos.

O desenvolvimento humano desde a fertilização até o nascimento é dividido em dois períodos, o embrionário e o fetal. O período embrionário foi descrito por Streeter como oito semanas pós-fertilização ou 56 dias. Essa escala de tempo é dividida em 23 estágios de Carnegie, um termo introduzido por O'Rahilly & Müller (1987) para substituir o desenvolvimento em horizontes. A designação de estágio é baseada em critérios morfológicos externos e internos e não mais através do comprimento ou da idade.

Estágios embrionários

Os estágios embrionários 1-10 estão ilustrados em detalhe na Figura 8.1. É importante ressaltar que as estimativas em relação ao comprimento de embriões devem ser 1-5 mm menor do que equivalentes *in vivo*, devido à retração provocada por processamento com fixação, que são inevitáveis em estudos embriológicos. O'Rahilly & Müller (2000) revisaram algumas idades que foram previamente classificadas em estágios iniciais do desenvolvimento embrionário, mostrando que esta variação interembrionária pode ser maior do que se imaginava e que algumas idades podem ter sido subestimadas. Eles notaram que, como guia, a idade de um embrião pode ser razoavelmente estimada pelo tamanho do embrião dentro da faixa de 3-30 mm, ao adicionar 27 mm ao comprimento. Correlacionar a idade de qualquer estágio de desenvolvimento a dias aproximados pode não ser muito confiável, por isso uma generalização em números de semanas passou a ser mais apropriada atualmente.

Os estágios do desenvolvimento abrangem todos os aspectos das mudanças morfogenéticas internas e externas, que ocorrem dentro do embrião durante o período do estágio. Esses estágios são usados para transmitir de maneira instantânea o estado de desenvolvimento corporal num determinado período de tempo. A Figura 14.1 exibe a aparência externa de embriões do estágio 6 ao estágio 23, com detalhes de tamanhos e idade em dias. A correlação entre a aparência externa do embrião e o desenvolvimento interno é ilustrada na Figura 14.2.

Sem dúvida as características externas proveem um guia para as mudanças internas do embrião durante os sucessivos estágios. O número de somitos está relacionado com os estágios embrionários iniciais e, uma vez que o número de somitos é grande demais para contar com precisão, o grau de desenvolvimento dos arcos faríngeos é frequentemente usado. O estagiamento externo torna-se mais evidente à medida que os brotos dos membros começam a aparecer. O broto do membro superior é claramente visível no estágio 13 e por volta do estágio 16 é característico o aparecimento da membrana distal acima do broto do membro superior. No estágio 18, o broto do membro inferior tem agora uma placa distal, enquanto o broto do membro superior tem raios digitais que começam a se separar. No estágio 23, o embrião tem a cabeça quase ereta e arredondada, e as pálpebras estão começando a se formar. Os membros estão longe de alcançar a proporção e os dedos das mãos e dos pés estão separados. Nesta fase, os genitais externos são bem desenvolvidos, embora não sejam suficientemente desenvolvidos para a determinação exata do sexo.

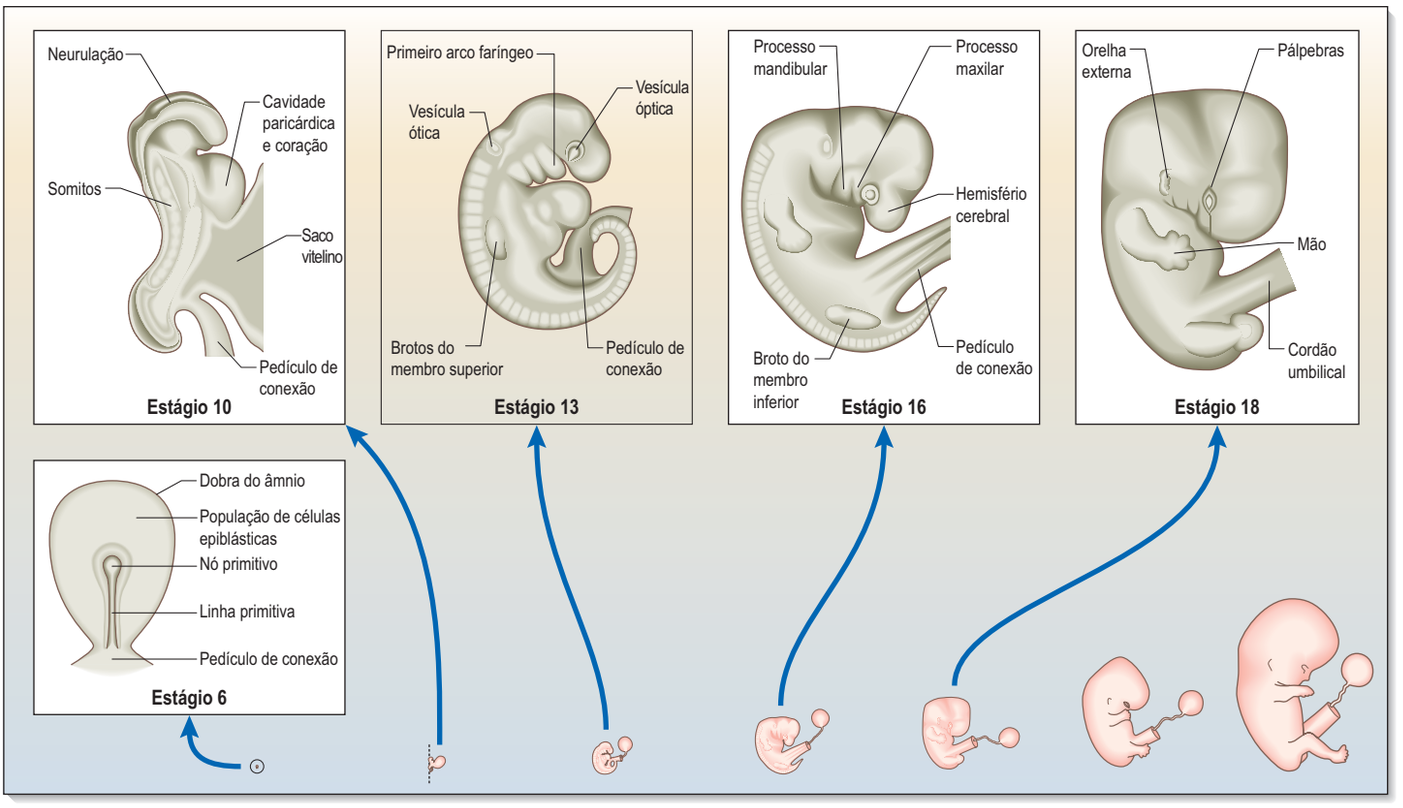
Historicamente, o princípio da formação da medula óssea no úmero foi usado por Streeter para indicar o final da fase embrionária e o início do período fetal da vida pré-natal. O período fetal ocupa o restante da vida intrauterina: o crescimento é acentuado, embora os processos de diferenciação continuem antes e após o nascimento. Globalmente, o feto aumenta em comprimento de 30 mm a 500 mm, e aumenta o peso de 2-3 g para acima de 3.000 g.

Estágios fetais

Atualmente, não existe qualquer estagiamento satisfatório para o desenvolvimento durante o período fetal, e a terminologia usada para descrever este período reflete esta confusão. Os termos "gestação", "idade gestacional" e "semanas de gestação" são considerados ambíguos por O'Rahilly & Müller (2000), que recomendam que seu uso seja evitado. No entanto, eles são amplamente utilizados coloquialmente na prática obstétrica. O estagiamento do desenvolvimento e do crescimento fetal é baseado numa estimativa da duração da gravidez. Considerando que o desenvolvimento de um ser humano a partir da fertilização até a plena formação tem em média 266 dias, ou 9,5 meses lunares (com 28 dias), o início da gravidez é tradicionalmente determinado clinicamente pela contagem de dias a partir do último período menstrual; estimada desta forma, a gravidez tem duração média de 280 dias, ou 10 meses lunares (40 semanas). A Figura 14.3 mostra a escala de tempo embrionária utilizada em todas as descrições do desenvolvimento embrionário e o calendário obstétrico utilizado para medir o estágio da gestação. Os estudos que discutem o desenvolvimento fetal e a idade gestacional dos recém-nascidos, especialmente daqueles que nasceram antes de 40 semanas de gestação, utilizam uma estimativa clínica de estágios e de idade somente se estiverem especificamente corrigidos para isso. Se um sistema de idade fetal é utilizado, deve ser lembrado que a idade do feto pode ser acrescida de duas semanas se comparada à de um feto que foi classificado a partir dos dias pós-ovulação.

A data prevista de formação a termo e de parto é revista após uma série de exames de rotina através de ultrassonografias do feto. Estimativas feitas no início da gestação através da ultrassonografia aumentam as chances de ocorrer partos prematuros (formação completa em <37 semanas) quando comparadas com estimativas com base na data do último período menstrual (Yang *et al.*, 2002), possivelmente porque o atraso na ovulação é mais frequente do que seu adiantamento: a previsão da idade de um feto estimada a partir da data do último período menstrual pode diferir em mais de duas semanas a partir de estimativas de dias após a fertilização.

Uma série de índices biométricos utilizados para determinar o crescimento fetal no útero é avaliada através de ultrassonografias; o consenso diz ser necessário que algumas revisões da idade de gestação fetal sejam feitas com base em biometria fetal e que o uso de menos variáveis biométricas para a estimativa produz um maior erro padrão. Os gráficos de crescimento do primeiro trimestre baseados em diâmetro biparietal, circunferência da cabeça e circunferência abdominal de fetos normais, correlacionados com o comprimento cabeça-nádega (a partir de 45-84 mm) são considerados mais precisos do que a idade gestacional (Salomon *et al.*, 2003). O'Rahilly & Müller (2000) recomendam que o termo "comprimento cabeça-nádega" deve ser substituído pelo termo maior comprimento, exclusivo dos membros inferiores no exame ultrassonográfico. A relação de comprimento fêmur/circunferência cefálica pode ser uma razão mais forte para caracterizar proporções fetais do que o comprimento do



Estágios embrionários	6	10	13	16	18	20	23
Tamanho (mm)	0.4	1,5–3	4–6	8–11	13–17	21–23	28–30
Idade aproximada (dias)	16–18	26–29	30–33	35–40	41–45	46–50	53–58

Fig. 14.1 A aparência externa e o tamanho dos embriões entre os estágios 6 e 23. No início do desenvolvimento, características externas são usadas para descrever o estágio, como somitos, arcos faríngeos ou brotos dos membros. (Adaptado com permissão de Rodeck CH, Whittle MJ 1999 Fetal Medicine. London: Churchill Livingstone.)

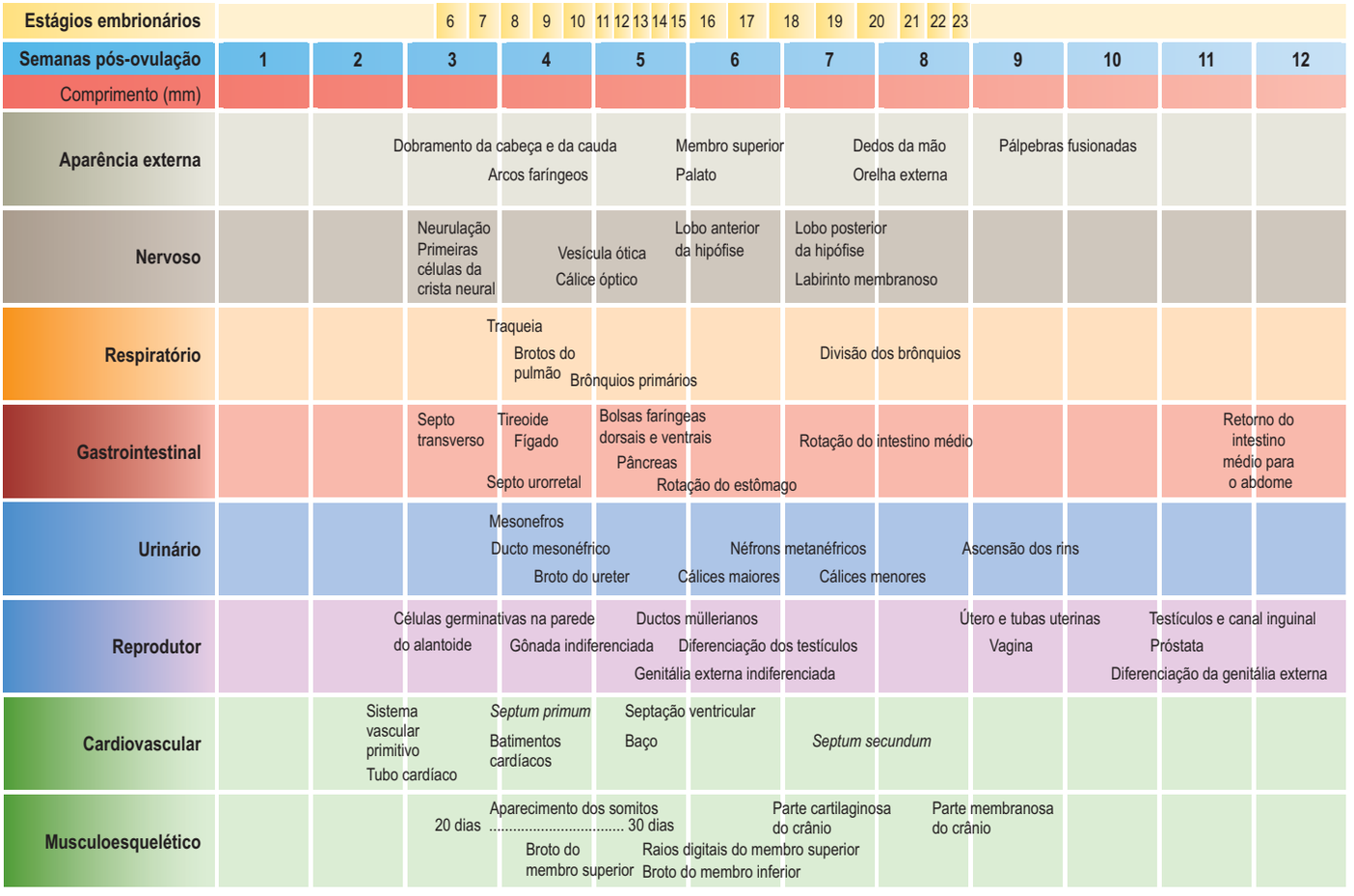


Fig. 14.2 Calendário de desenvolvimento do organismo. O desenvolvimento de sistemas individuais progride da esquerda para a direita. Fases embrionárias, semanas do desenvolvimento e comprimento do embrião são mostrados. Estágios embrionários estão associados a características morfológicas externas e internas, em vez do comprimento do embrião. Para identificar os sistemas e órgãos de risco a qualquer momento do desenvolvimento, siga a progressão vertical de cima para baixo.

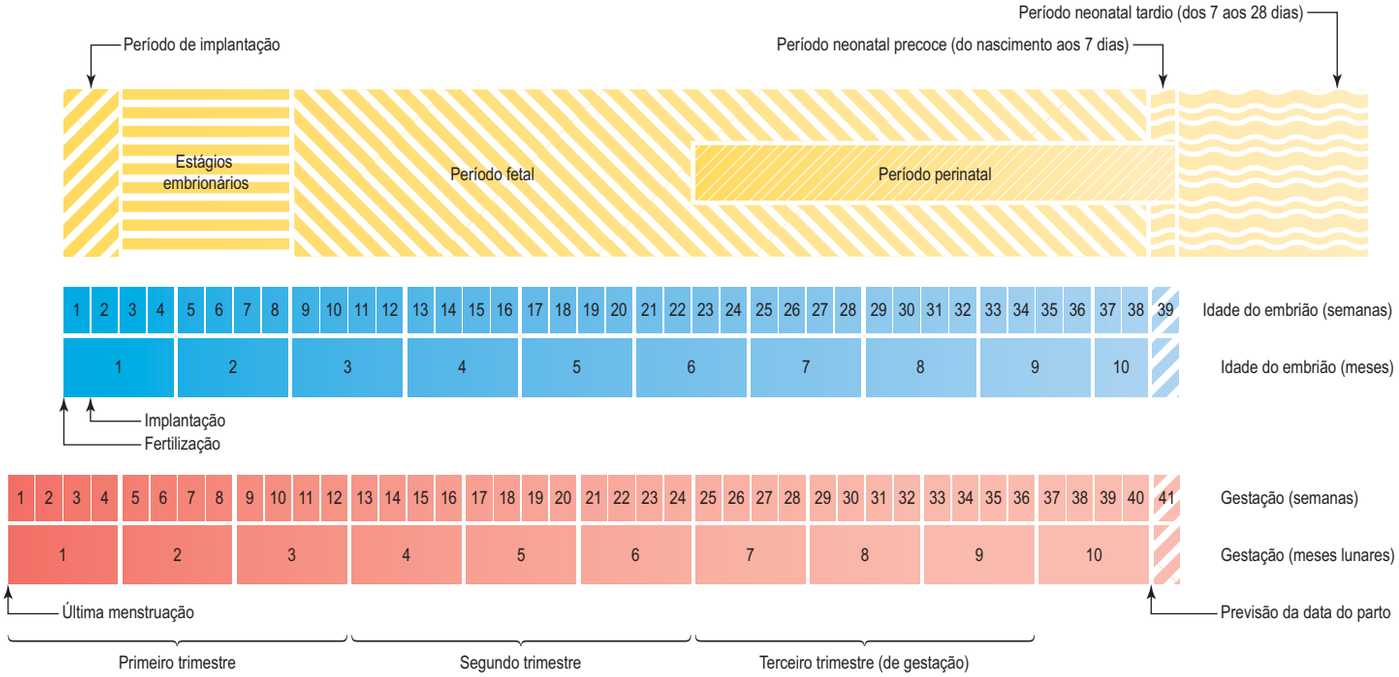


Fig. 14.3 Os dois calendários utilizados para descrever o desenvolvimento humano. Desenvolvimento embrionário, na escala superior, é contado a partir da fertilização (ou da ovulação, isto é, em dias pós-ovulatórios; O'Rahilly & Müller, 1987). Ao longo deste livro, os períodos indicados para o desenvolvimento baseiam-se nesta escala. A estimativa clínica da gravidez é contada a partir do último período menstrual, que está indicado na escala inferior; além disso, no decorrer deste livro, as idades fetais relacionadas à anatomia neonatal e ao crescimento serão derivadas da escala inferior. Note que existe uma diferença de duas semanas entre essas escalas. O período perinatal é muito longo, já que inclui todos os partos de prematuros.

fêmur/diâmetro biparietal (Johnsen *et al.*, 2005), e combinar o comprimento de rim, diâmetro biparietal, circunferência cefálica e comprimento do fêmur também aumenta a precisão na classificação da datação (Konje *et al.*, 2002). Johnsen *et al.* (2004) relataram que a análise das medidas do diâmetro biparietal e da circunferência cefálica com 10-24 semanas de gestação gera uma avaliação da idade gestacional com 3-8 dias a mais do que gráficos no atual estudo.

Construções de gráficos biométricos através de ultrassonografia para classificação da idade fetal passaram a levar em consideração a etnia da população em estudo e é recomendado que sejam usados gráficos desenvolvidos localmente, específicos para população em estudo. A utilização destes gráficos significa que os fatores que possam vir a influenciar a biometria fetal, incluindo a idade materna e o estado nutricional, podem ser identificados, facilitando a previsão precisa de fetos pequenos para a idade ou de crescimento retardado.

Embora os estágios morfológicos precisos não estejam disponíveis para o período fetal, a progressão do desenvolvimento é amplamente clara. Durante o quarto e o quinto meses, o feto tem cabeça e membros superiores ainda desproporcionalmente grandes. Embora as taxas de crescimento do tronco e dos membros inferiores aumentem durante o restante da vida intrauterina, a desproporção está presente após o nascimento e, em grau decrescente, é mantida durante toda a infância e os anos da puberdade. A cobertura dos pelos primários, o lanugo, aparece. Por volta do final deste período, as glândulas sebáceas tornam-se ativas; o sebo secretado mistura-se com células epidérmicas que estão descamando, para formar uma cobertura caseosa sobre a pele, o verniz caseoso, que geralmente é considerada fundamental para a proteção da pele contra a maceração provocada pelo líquido amniótico. Por volta deste período, a mãe torna-se consciente da movimentação do feto, formalmente denominada *quickening*.

Aos seis meses, o lanugo escurece, o verniz caseoso é mais abundante e a pele torna-se acentuadamente enrugada. As pálpebras e as sobrancelhas estão agora bem desenvolvidas. Durante o sétimo mês, os pelos do couro cabeludo sofrem alongamento e as sobrancelhas e os cílios estão bem desenvolvidos. As pálpebras separam-se uma da outra e a membrana pupilar desaparece. O corpo torna-se mais roliço e de contorno arredondado e a pele perde a sua aparência enrugada como resultado do aumento da deposição de gordura subcutânea. O comprimento fetal aumenta para cerca de 350 mm e o peso para aproximadamente de 1,5 kg. No final deste mês, o feto é viável: se nascer prematuramente, será capaz de sobreviver sem a assistência tecnológica encontrada em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal, e o desenvolvimento pós-natal pode ocorrer normalmente.

Ao longo do restante dos meses lunares da gestação normal, a cobertura do verniz caseoso está proeminente. Ocorre uma perda progressiva de lanugo, exceto para os pelos sobre as pálpebras, as sobrancelhas e o couro cabeludo. A forma física torna-se cada vez mais infantil, mas, apesar de alguma aceleração em seu crescimento, as pernas ainda não se igualaram proporcionalmente aos braços em comprimento, mesmo no momento do nascimento. O tórax alarga-se em relação à cabeça e a parede abdominal infraumbilical mostra um relativo aumento na área, de modo que o umbigo se situa progressivamente de maneira mais central. A média de comprimento e de peso para o oitavo, o nono e o décimo meses são 40, 45 e 50 cm e 2, 2,5 e 3-3,5 kg, respectivamente. A taxa de crescimento fetal reduz entre 36-40 semanas, em resposta à limitação física imposta pelo útero materno. O peso ao nascer reflete então o ambiente maternal mais do que o genótipo do filho. Esta redução na taxa de crescimento permite que uma criança geneticamente grande dentro de uma mãe pequena nasça sem complicações. Após o nascimento, a taxa de crescimento do neonato aumenta e a taxa de ganho de peso atinge um pico em cerca de dois meses pós-natal.

Logo antes de nascer, o lanugo quase desaparece, o umbigo está centralizado. Os testículos, que começaram a descer com o processo vaginal do peritônio durante o sétimo mês e se aproximam do escroto no nono mês, estão em posição escrotal usual. Os ovários não estão ainda em sua posição final ao nascimento; embora tenham atingido sua relação final com as pregas uterinas, ainda estão acima do nível da borda pélvica.

Estágios obstétricos

Na prática obstétrica, a duração do período de gestação é de nove meses, que corresponde a aproximadamente 270 dias. O período de gestação é dividido em terços, denominados trimestres. O primeiro e o segundo trimestres, cada um, cobrem um período de 12 semanas, e o terceiro trimestre abrange o período a partir de 24 semanas até o nascimento. Embora a data prevista para o parto seja calculada em 40 semanas de gestação, o período de gravidez, ou seja, a sua conclusão resultando no parto, é considerado normal entre 37 e 42 semanas. Os neonatos nascidos antes de 37 semanas são chamados pré-termo (ou prematuro); os nascidos após 42 semanas são chamados de pós-termo. O período a partir do final da semana 24 e de até sete dias após o nascimento é denominado período perinatal. Já os fetos paridos que morrem antes de 24 semanas são considerados abortos espontâneos, embora os avanços tecnológicos na assistência neonatal possam hoje fornecer cuidados a bebês com menos de 24 semanas. Os bebês que nascem após 24 semanas de gestação e posteriormente morrem são classificados como natimortos e contribuem para as estatísticas de mortalidade perinatal.

O NEONATO

O período neonatal estende-se desde o nascimento até 28 dias pós-natal, e está dividido em um período neonatal precoce do nascimento até os sete dias, e num período neonatal tardio, de 7 a 28 dias.

Nas sociedades ocidentais, os avanços tecnológicos permitem uma boa manutenção dos prematuros, muitos em idades que até uma ou duas décadas atrás eram consideradas inviáveis. Processos de maturação, envolvendo interações locais e padrões de formação, ainda orientam o desenvolvimento local e os níveis sistêmicos em prematuros. A liberação repentina desses fetos em um ambiente aéreo, com temperatura variável, com a gravidade plena e com uma gama de microrganismos, promove a rápida maturação de alguns sistemas e o crescimento compensatório de outros (em termos de respostas ao efeito da gravidade ou alimentação enteral, ou ainda a exposição aos microrganismos). Para compreender a

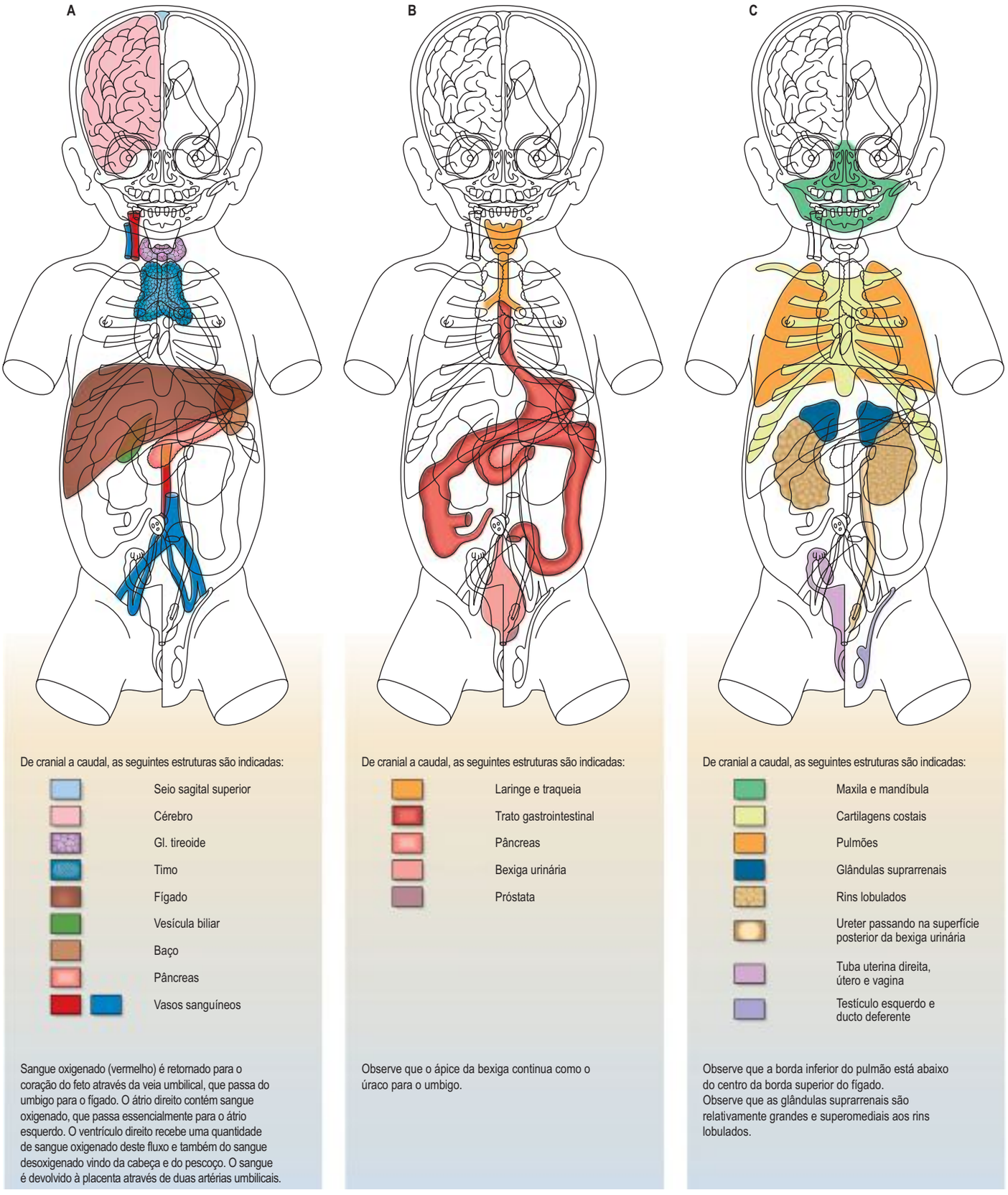


Fig. 14.4 A-C, Representação topográfica da anatomia de um neonato a termo. Algumas marcações de superfície de todos os órgãos são mostradas com cores e outras apenas no esboço. O aparelho genital feminino é mostrado do lado direito do corpo e o aparelho genital masculino do lado esquerdo.

multiplicidade de mecanismos que operam dentro de um feto recém-nascido, é necessário o máximo de informação possível em relação à embriologia normal e ao desenvolvimento fetal.

Detalhes das posições relativas das vísceras e do esqueleto em um neonato a termo são mostrados na Figuras 14.4-14.6. O recém-nascido não é uma miniatura de um adulto e os bebês extremamente prematuros não são como os a termo. Existem imensas diferenças nas relações de algumas estruturas entre o neonato a termo, a criança e o adulto; além disso, também existem grandes diferenças entre fetos com 20 semanas de gestação e fetos com 40 semanas, pouco antes do nascimento. O estudo da anatomia fetal nas 20ª, 25ª, 30ª e 35ª semanas é vital para os procedimentos investigativos e de sobrevida realizados atualmente em recém-nascidos prematuros.

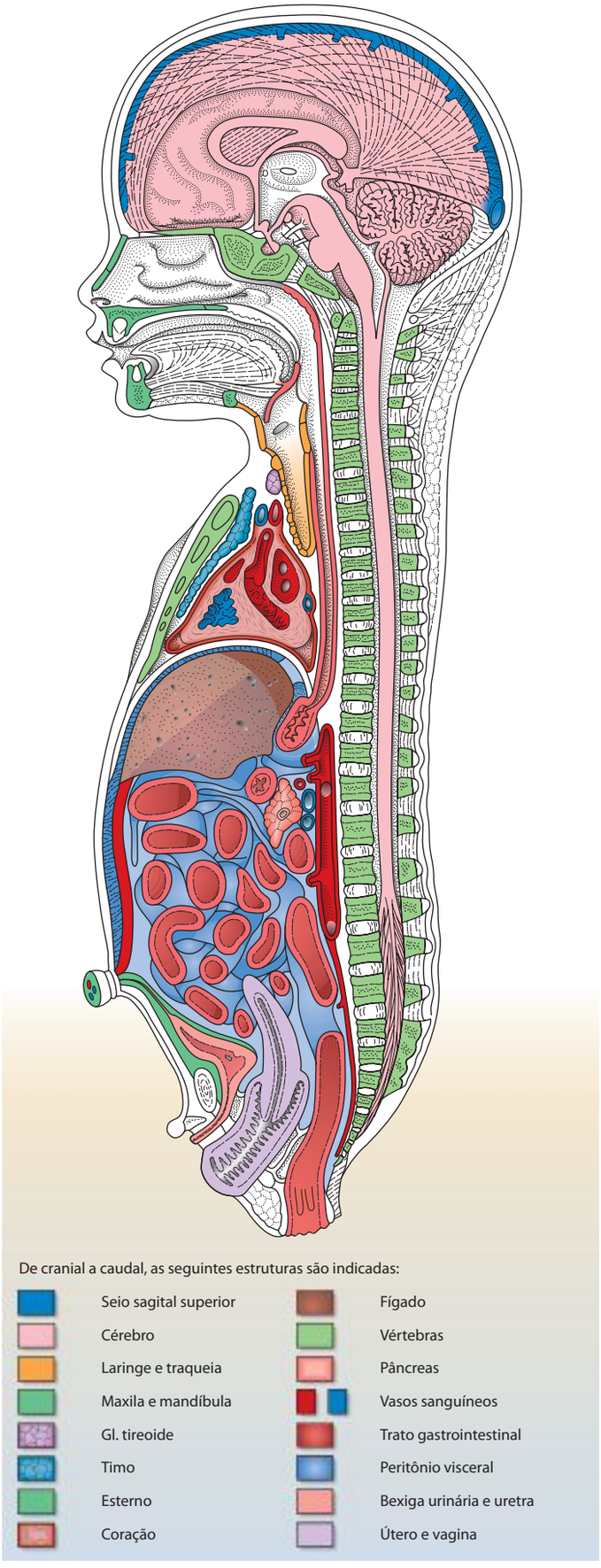


Fig. 14.5 Representação topográfica da anatomia de neonatos a termo do sexo feminino. As superfícies dos cortes dos órgãos estão com as mesmas cores da **Figura 14.4**.

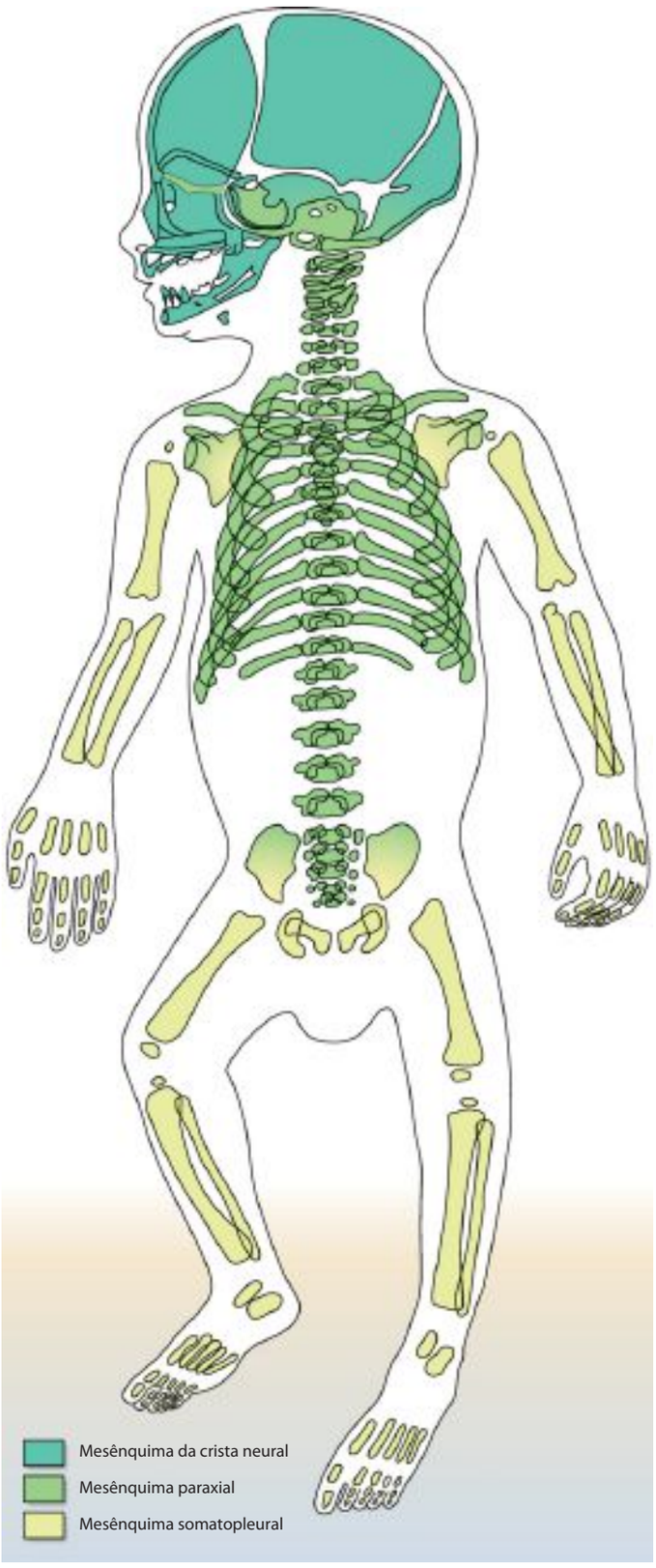


Fig. 14.6 Extensão do esqueleto ossificado em neonato a termo. Note a derivação das partes do esqueleto: o crânio é derivado do mesênquima paraxial e do mesênquima da crista neural; o esqueleto axial, as vértebras e as costelas são derivados do mesênquima paraxial; os elementos esqueléticos nos membros são obtidos a partir do mesênquima somatopleural, que forma os brotos dos membros.

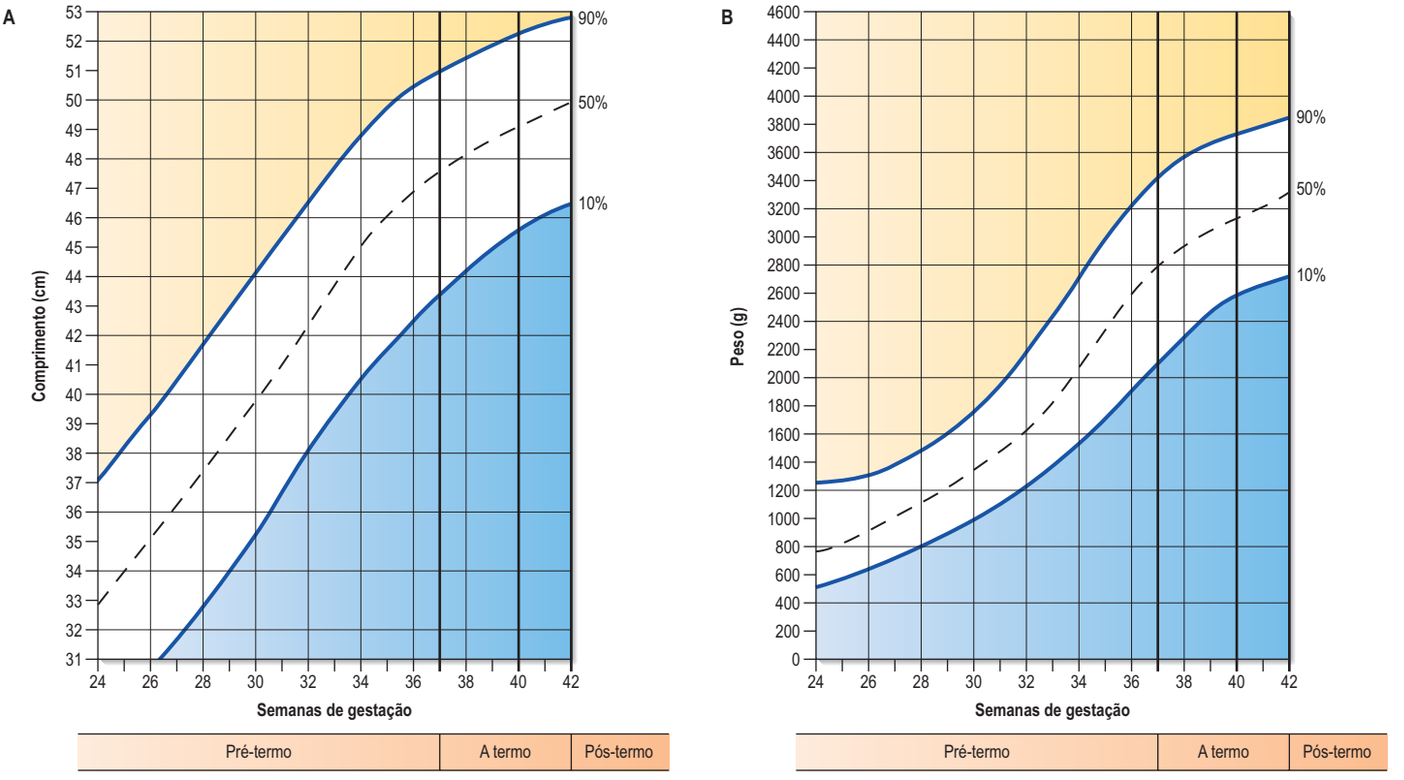


Fig. 14.7 Gráficos padronizados do comprimento fetal (**A**) e do peso fetal (**B**) a partir de 24 semanas de gestação, mostrando porcentagens de 10%, 50% e 90%.

Medidas neonatais e período de duração *in utero*

De 10% a 90% dos neonatos a termo alcançam um comprimento de 48 a 53 cm (Fig. 14.7A). O comprimento do recém-nascido é medido a partir da cabeça até o calcanhar. No útero, o comprimento tem sido estimado através do comprimento cabeça-nádega, ou seja, a maior distância entre o vértice do crânio e as tuberosidades isquiáticas, com o feto na posição naturalmente curvada, ou a partir do maior comprimento exclusivo dos membros inferiores. O maior comprimento é independente de pontos fixos e, portanto, muito mais simples para medir. Ele é geralmente considerado a altura do bebê sentado na vida pós-natal, e é a medida recomendada por O'Rahilly & Müller (2000) como padrão em exames ultrassonográficos. As faixas de peso de 10% a 90% dos neonatos a termo variam de 2.700 a 3.800 g (Fig. 14.7B), sendo a média de 3.400 g; 75-80% deste peso é água corporal e outros 15-28% são compostos de tecido adiposo. Após o nascimento, há uma diminuição geral na água corporal total, mas ocorre um aumento relativo no fluido intracelular. Normalmente, o recém-nascido perde cerca de 10% do seu peso aos 3-4 dias do período pós-natal, em virtude da perda do excesso de fluido extracelular e do mecônio. Em um ano, a água corporal total ocupa 60% do peso corporal.

O baixo peso ao nascer foi definido como menor que 2.500 g, muito baixo peso ao nascer, como menor que 1.500 g, e extremamente baixo peso ao nascer, como menor que 1.000 g. Bebês podem pesar menos de 2.500 g e não ser prematuros pela idade gestacional. As medidas das faixas de pesos que os fetos podem alcançar antes do nascimento permitem a construção de gráficos de peso que descrevem a adequação do peso do bebê de acordo com a idade gestacional, isto é, pequeno, de acordo ou grande para a idade gestacional (Fig. 14.8). Bebês pequenos para a idade gestacional também são denominados "pequenos para a idade" e são muitas vezes o resultado de retardo no crescimento intrauterino. As causas desse crescimento restrito são muitas e fogem do objetivo deste texto.

Tanto para recém-nascidos prematuros quanto para recém-nascidos com crescimento retardado, é desejável que seja feita uma avaliação da idade gestacional que se correlacione estreitamente com a fase de maturidade. A idade gestacional ao nascimento está prevista por sua proximidade com a data estimada do parto e através dos resultados dos exames da ultrassonografia durante a gravidez. Atualmente, os neonatos são avaliados por uma série de sinais externos físicos e neuromusculares. O escore desses sinais resulta em uma pontuação cumulativa de maturidade que se aproxima à verdadeira idade do feto em aproximadamente duas semanas de gestação. O esquema de escore foi elaborado e melhorado ao longo de muitos anos. Para obter métodos de avaliação da idade gestacional em recém-nascidos, consulte Gandy (1992).

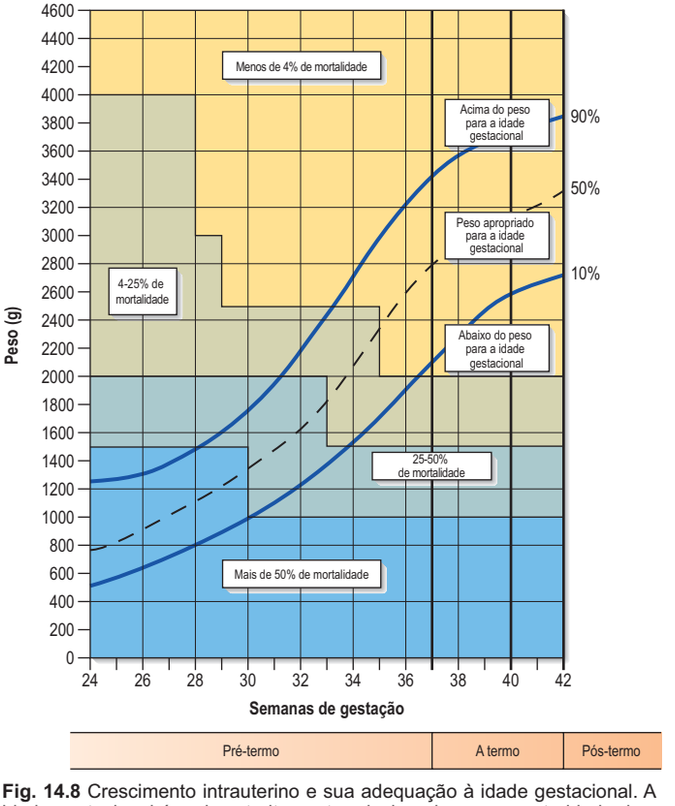
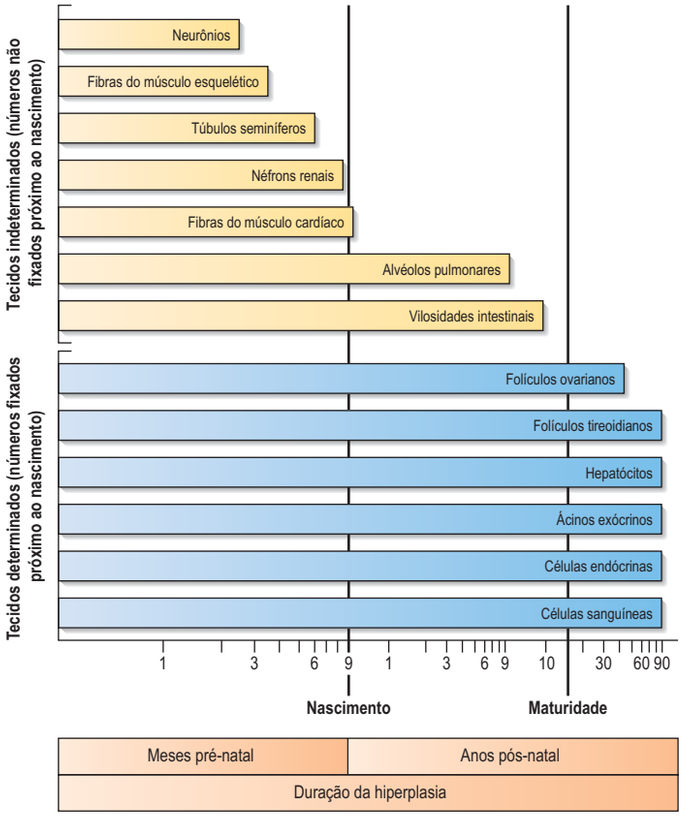


Fig. 14.8 Crescimento intrauterino e sua adequação à idade gestacional. A idade gestacional é mais estreitamente relacionada com a maturidade do que o peso ao nascer. A mortalidade devido ao peso está indicada.

INTEGRAÇÃO DOS TIPOS DE CRESCIMENTO DURANTE O DESENVOLVIMENTO

Nos últimos meses dos períodos pré-natal e pós-natal, os vários tipos de crescimento ocorrem em diferentes padrões. A extensão do crescimento dos tecidos nos órgãos depende da duração específica do crescimento multiplicativo dos tipos de células (Fig. 14.9). Diferentes populações de células completam sua proliferação inicial de desenvolvimento e tornam-se diferenciadas em diferentes tempos, sendo que a fase final de diferenciação geralmente é o encerramento da divisão celular.



Fig, 14.9 A duração do crescimento multiplicativo para os vários tecidos humanos.

O crescimento de um organismo pode ser descrito de dois modos, o isométrico e o alométrico. O crescimento isométrico implica um progressivo aumento proporcional em todos os órgãos e sistemas durante o tempo: ele não ocorre no embrião em desenvolvimento, que mostra justamente diferentes taxas de crescimento. O crescimento alométrico descreve as diferenças nas taxas relativas de crescimento entre uma parte do corpo e outra, e é mais evidente nas mudanças nas proporções corporais de fetos, recém-nascidos, crianças e adultos. Entre 6 e 7 semanas após a fertilização, a cabeça compreende quase a metade do comprimento total do embrião. Posteriormente, cresce proporcionalmente de maneira mais lenta e, no nascimento, corresponde a um quarto do comprimento total. Durante a infância, este padrão de crescimento continua com o alongamento do tronco e dos membros, até que, em adultos, a cabeça corresponde a um oitavo do comprimento total (Fig. 14.10).

O crescimento do fígado, do baço e dos rins e tecidos musculares e esqueléticos geralmente segue as curvas de crescimento pré-natal e pós-natal dadas para todo o organismo. Outros tecidos têm taxas muito diferentes de crescimento: o cérebro, o crânio, os tecidos linfoides e os órgãos reprodutores, todos apresentam diferentes taxas de crescimento durante a infância e a adolescência (Fig. 14.11).

A quantidade e a distribuição de tecido adiposo no corpo mudam com a idade e com o estado hormonal. Os depósitos de gordura subcutânea são estimados por medidas tomadas por compasso aplicado à medida da prega de gordura pinçada a partir da musculatura subjacente, geralmente sobre o tríceps e sob o ângulo da escápula. A gordura é depositada no feto a partir de 34 semanas e sua quantidade aumenta até o nono mês pós-natal. Após este período, a gordura subcutânea diminui (*i.e.*, tem uma velocidade de crescimento negativa), até 6-8 anos, quando ela começa a aumentar novamente. Esta diminuição inicial de gordura é menos acentuada nas meninas do que nos meninos, de modo que, após um ano, as meninas têm mais gordura do que os meninos. A partir dos sete anos, o aumento de gordura ocorre em ambos os sexos. Na adolescência, a gordura nos membros (medições tricipitais) diminui em meninos e não volta à quantidade inicial até o final dos 20 anos, enquanto as meninas mostram uma ligeira desaceleração do depósito de gordura nos membros, mas sem ocorrer perda. Neste momento, o depósito de gordura no tronco (medida subescapular) para de aumentar em meninos, mas revela um aumento constante nas meninas. Numa fase após a puberdade, as meninas demonstram depósitos de gordura distribuídos em áreas sexuais secundárias, ou seja, nas mamas, nos braços, no abdome inferior e nas coxas, o mesmo não ocorre com os meninos. Os homens adultos são mais suscetíveis a depositar gordura ao redor da parede abdominal anterior.

CRESCIMENTO *IN UTERO*

Alterações na disponibilidade de nutrientes para o feto em determinadas fases da gravidez produzem respostas adaptativas pelo próprio feto que vão assegurar sua sobrevivência, porém isto pode resultar em patologia na vida adulta: por isso, o estado nutricional das gestantes é de fundamental importância para a saúde da próxima geração. A malnutrição, como em fases críticas da vida fetal, pode alterar permanentemente o padrão normal de desenvolvimento de uma gama de órgãos e tecidos, como do pâncreas

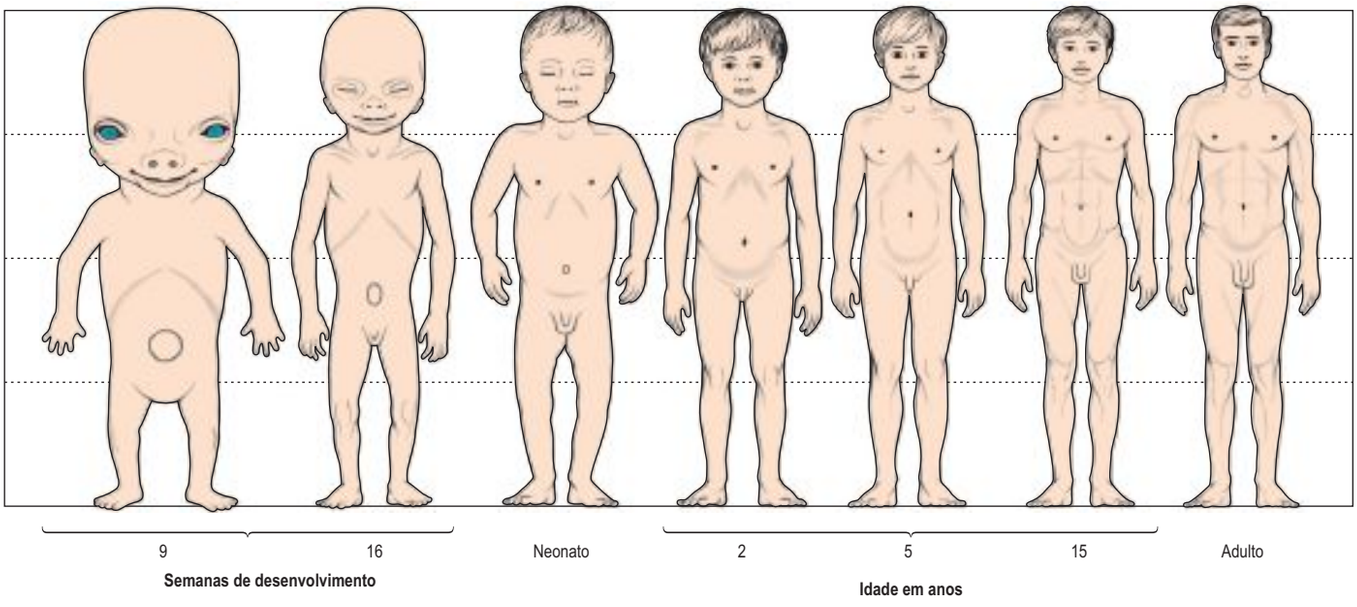


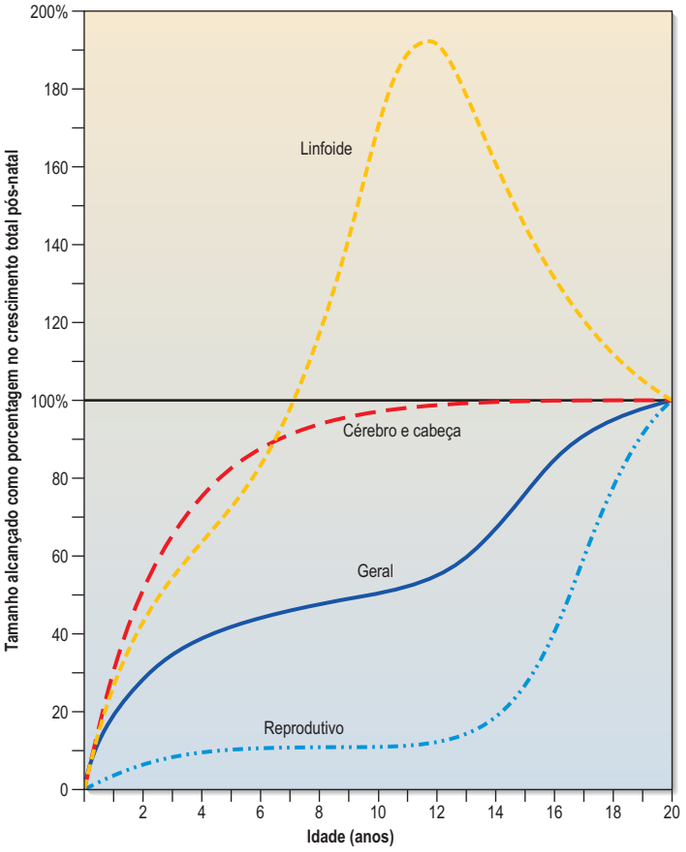
Fig. 14.10 Crescimento alométrico em seres humanos. A cabeça é muito grande em relação ao resto do corpo durante o período embrionário. Após este período, a cabeça cresce mais lentamente do que o tronco e os membros; já na idade adulta, a cabeça corresponde a só um oitavo do comprimento do corpo.

endócrino, do fígado e dos vasos sanguíneos, resultando em suas respostas patológicas a certas condições na vida adulta (Barker *et al.*, 1993). Um aumento no tamanho placentário ocorre durante a gravidez como uma resposta adaptativa à altitude elevada e à leve desnutrição, especialmente durante a metade da gravidez. Embora uma placenta maior possa ser mais capaz de suprir todas as necessidades nutricionais do feto, a perfusão da placenta maior não está isenta de problemas. Isto pode provocar mudanças no fluxo sanguíneo fetal, nas enzimas placentárias e na estrutura normal da parede dos vasos sanguíneos do feto ou em sua resposta a trofinas circulantes, como catecolaminas ou angiotensina II, que continuarão em idade adulta. Desnutrição no final da gravidez não produz as mesmas sequelas e o aumento placentário não ocorre. No entanto, o crescimento e o consumo fetal podem reduzir devido à redistribuição de oxigênio, glicose e aminoácidos para a placenta, para manter sua função.

A fome materna durante a gravidez reduz as concentrações fetal de IGF-I, que pode, juntamente com hipoglicemia geral, prejudicar o desenvolvimento das células β do pâncreas do feto. Além disso, a desnutrição fetal pode induzir resistência à insulina nos tecidos. A coexistência de resistência à insulina e do desenvolvimento prejudicado das células β do feto parece ser importante na patogênese do diabetes não insulino-dependente. O risco de desenvolvimento deste diabetes "tipo 2" é maior nos indivíduos com baixo peso ao nascimento e com um ano, e nos que se tornam obesos quando adultos, mudando assim um já prejudicado metabolismo glicose-insulina. As concentrações de IGF-1 fetal também são menores em bebês pequenos ao nascimento, como resultado de um longo período de desnutrição materna: estas pessoas têm uma resposta exagerada ao fator de liberação do hormônio de crescimento que, juntamente com baixas concentrações de IGF-1, sugere um grau de resistência ao hormônio do crescimento.

Imagina-se atualmente que o equilíbrio hormonal no ambiente intrauterino e no início da vida pós-natal é necessário para a saúde na futura vida adulta. A presença de concentrações alteradas de hormônios durante os períodos críticos de desenvolvimento pode atuar como teratógenos funcionais endógenos (Plagemann, 2004).

Fenótipos diferentes ao nascer foram correlacionados com diversas sequelas patológicas. Bebês magros ao nascimento, com um baixo índice ponderal (peso/comprimento^3), tendem a desenvolver uma combinação de resistência à insulina, hipertensão, diabetes não insulino-dependente e desordens lipídicas, enquanto aqueles que são pequenos em relação ao tamanho da cabeça tendem a desenvolver hipertensão e alta concentração plasmática de fibrinogênio. Essas associações foram relatadas em recém-nascidos pequenos para a idade, e não naqueles nascidos prematuramente. Alguns bebês de peso médio também desenvolvem patologias cardiovasculares: eles eram pequenos ao nascimento em relação ao tamanho da sua placenta, e eram magros ao nascimento ou, apesar do peso médio, eram pequenos em relação ao tamanho da cabeça e tinham ganho de peso abaixo da média durante o primeiro ano (Barker *et al.*, 1993). Para mais revisões recentes sobre este conceito, o leitor é direcionado para consultar Godfrey & Barker (2000) e Gluckman *et al.* (2005).



Fig, 14.11 Curvas de crescimento dos diferentes tecidos, regiões do corpo e sistemas. Observe que o crescimento do tecido linfoide, do timo, dos linfonodos e das massas linfáticas intestinais diminui após a puberdade. (Adaptado com permissão de Tanner JM 1962 Growth at Adolescence, 2nd edn. Oxford: Blackwell Publishing.)

CRESCIMENTO DURANTE A INFÂNCIA

As taxas de crescimento pré-natal e pós-natal podem ser indicadas pelo ganho em comprimento ou peso corporal; quando plotadas, as taxas formam uma curva de crescimento (Fig. 14.7). As curvas de crescimento podem ser traçadas para os indivíduos se medições precisas forem tomadas, de preferência pela mesma pessoa durante todo o período de crescimento, ou seja, um estudo longitudinal. Um método alternativo seria recolher uma série de médias a cada ano de idade a partir de diferentes indivíduos, ou seja, um estudo transversal. Estudos transversais são valiosos para a construção de padrões de peso e de altura alcançados por crianças saudáveis com idades específicas e podem estabelecer limites percentuais de crescimento normal, mas não podem revelar diferenças individuais, seja na taxa de crescimento, seja na duração de fases de crescimento particulares.

Os dados dos estudos longitudinal e transversal também podem ser utilizados para plotar incrementos de ganho de altura ou de peso de uma idade para a próxima. Isto produz uma curva de velocidade, que reflete

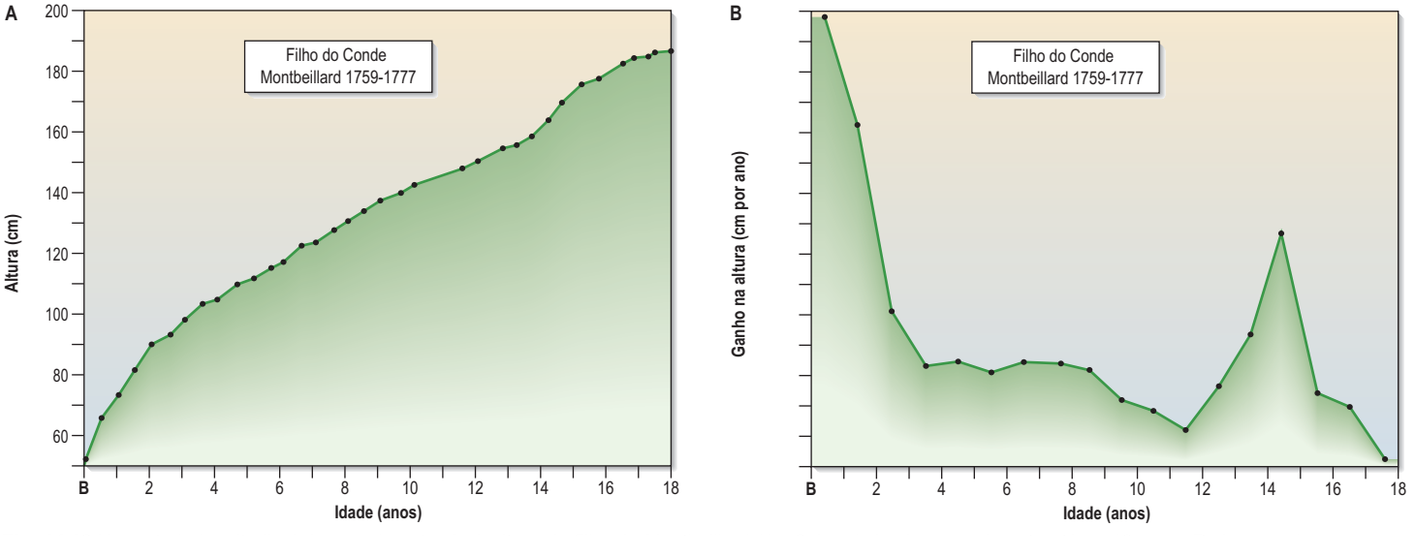


Fig. 14.12 Um estudo longitudinal do crescimento. **A,** A altura do filho de Montbeillard (1759-1777) desde o nascimento até os 18 anos. **B,** A curva de velocidade do crescimento, apresentando acréscimos na altura ano a ano. (Após D'Arcy Thompson, On Growth and Form, 1942, Cambridge University Press.)

melhor o estado da criança num momento particular do que a curva de crescimento, na qual cada ponto depende do anterior. O mais antigo estudo longitudinal publicado, ainda hoje de grande valor, foi feito pelo conde Philibert de Montbeillard sobre seu filho (Fig. 14.12). Ele demonstrou que a velocidade de crescimento em altura diminui do nascimento em diante e que uma aceleração do crescimento, a explosão de crescimento do adolescente, ocorre de 13 a 15 anos (ver a seguir; Fig. 14.13).

Dados de estudo transversal permitem comparar o crescimento pré-natal ao pós-natal. Gráficos do crescimento durante a infância são utilizados para prever o desenvolvimento normal. A curva de velocidade dos períodos pré-natal e pós-natal (Fig. 14.14) mostra que o pico de velocidade de comprimento é atingido por volta de quatro meses (observe que estes gráficos do pré-natal utilizam medições obstétricas do período gestacional, em que a idade fetal é estimada a partir do último período menstrual, duas semanas antes da fecundação). O ganho de peso geralmente atinge o seu pico de velocidade após o nascimento.

O crescimento tem sido sempre considerado um processo regular. Tanner (em Harrison *et al.*, 1964) observou que medidas tomadas com mais cuidado tornam a sucessão de pontos em uma curva do crescimento mais regular. No entanto, um estudo longitudinal do crescimento, medido semanalmente, semissemanalmente e diariamente, registrou que o crescimento em comprimento e em circunferência cefálica ocorreu por acréscimos saltatórios, com uma média de amplitude de 1,01 cm de comprimento (Lampl, 2002); crescimento estagnado, mudanças excessivas no crescimento e acréscimo no crescimento já foram todos registrados na infância, na puberdade e na adolescência (Caino *et al.*, 2006).

Gráficos de estatura e peso correlacionados à idade são compilados a partir de extensos estudos transversais do crescimento. Esses gráficos mostram a média de altura ou de peso atingida a cada idade, chamada de mediana, ou (50%), mais as linhas para 75%, 90% e 97%, além das de 25%, 9% e 2%. Os dados mostrados na Figura 14.15 provêm de referências transversais obtidas no Reino Unido. Qualquer comparação de uma curva de crescimento individual com estes dados deve também levar em consideração a etnia, o estado nutricional e a história familiar do indivíduo.

Traçar o crescimento de crianças nesses gráficos provê orientações para a previsão de crescimento normal e indica quando deve haver investigação sobre possíveis anormalidades de crescimento. As crianças que crescem em um ambiente que não impede seu crescimento apresentam um padrão de crescimento paralelo principalmente a uma determinada porcentagem, um fenômeno denominado homeorrese ou canalização (seguindo o mesmo "canal" imaginário sobre o gráfico de crescimento). Depois deste desvio de porcentagem como uma consequência da explosão de crescimento do adolescente, a maioria das crianças retorna à mesma posição na porcentagem durante a idade adulta, uma constatação que sugere que este padrão é geneticamente determinado nos indivíduos (Cameron, 2002). Para uma compreensão de todos os aspectos do crescimento pós-natal, o leitor é direcionado a consultar Crescimento e Desenvolvimento Humano (Cameron, 2002).

EXPLOSÃO DE CRESCIMENTO DURANTE A ADOLESCÊNCIA

Gráficos de crescimento revelam que o comprimento do corpo aumenta de um intervalo de 48-53 cm no neonato para aproximadamente 75 cm durante o primeiro ano após o nascimento, e aumenta em 12-13 cm no segundo ano. Posteriormente, 5-6 cm são adicionados a cada ano. Nas curvas de crescimento longitudinal individual, ocorre um aumento da velocidade de crescimento entre 10,5 e 11 anos nas meninas, e entre 12,5 e 13 anos nos meninos. Este rápido aumento no crescimento é a explosão do crescimento adolescente (Figs. 14.13 e 14.15). Em ambos os sexos, ela dura pelo menos 2-2,5 anos. Meninas ganham aproximadamente 16 cm de altura durante a explosão, com um pico de velocidade aos 12 anos de idade. Meninos ganham cerca de 20 cm de altura (principalmente pelo crescimento do tronco), com um pico de velocidade aos 14 anos de idade, durante os quais eles podem crescer à taxa de 10 cm por ano.

Os seres humanos parecem ser a única espécie que tem um intervalo longo e quiescente entre o rápido crescimento, que ocorre imediatamente após o nascimento, e a explosão de crescimento na adolescência. Sugere-se que esse intervalo permite que o cérebro amadureça e aprenda, antes que os indivíduos passem da puberdade e tornem-se sexualmente ativos.

O crescimento em altura continua a um ritmo mais lento após a explosão de crescimento da adolescência. Considera-se que o crescimento per-

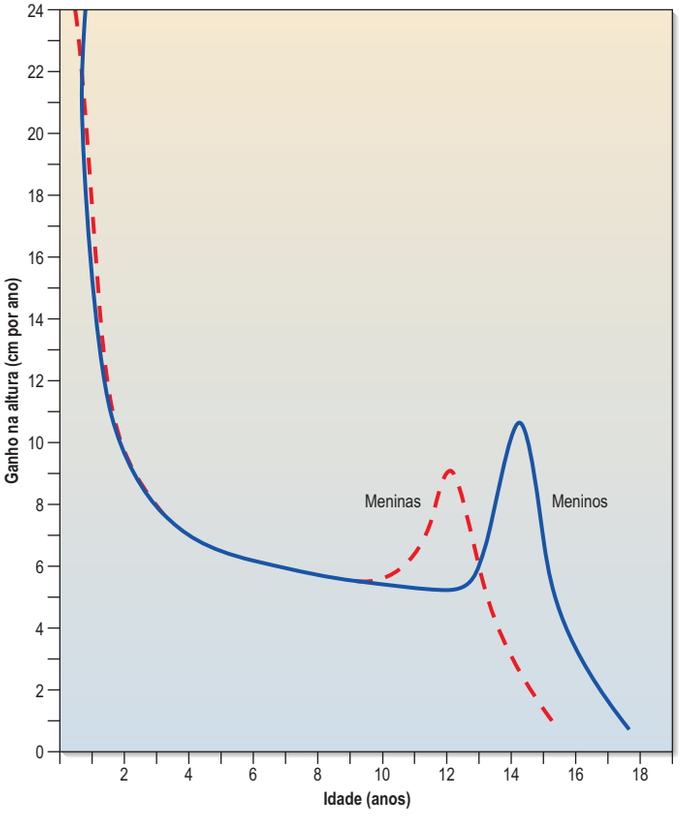


Fig. 14.13 Curvas típicas de velocidade individual para altura: meninos e meninas ingleses. (Após Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi IM 1966 Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity. Arch Dis Child 41: 454-71, com permissão de BMJ Publishing.)

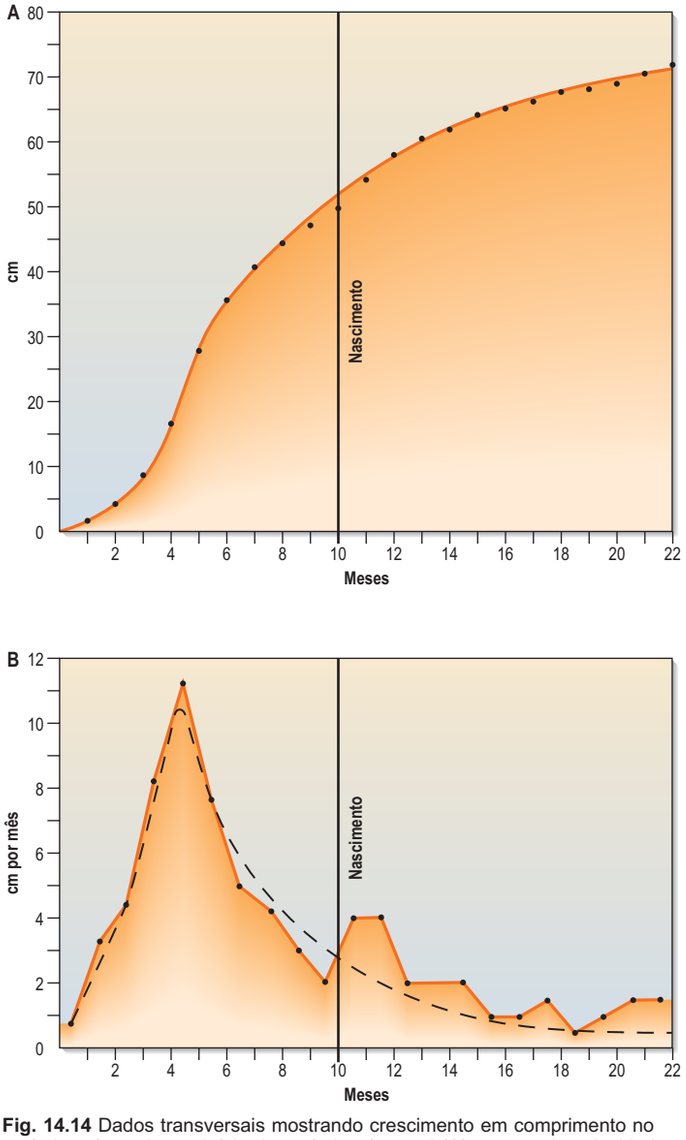
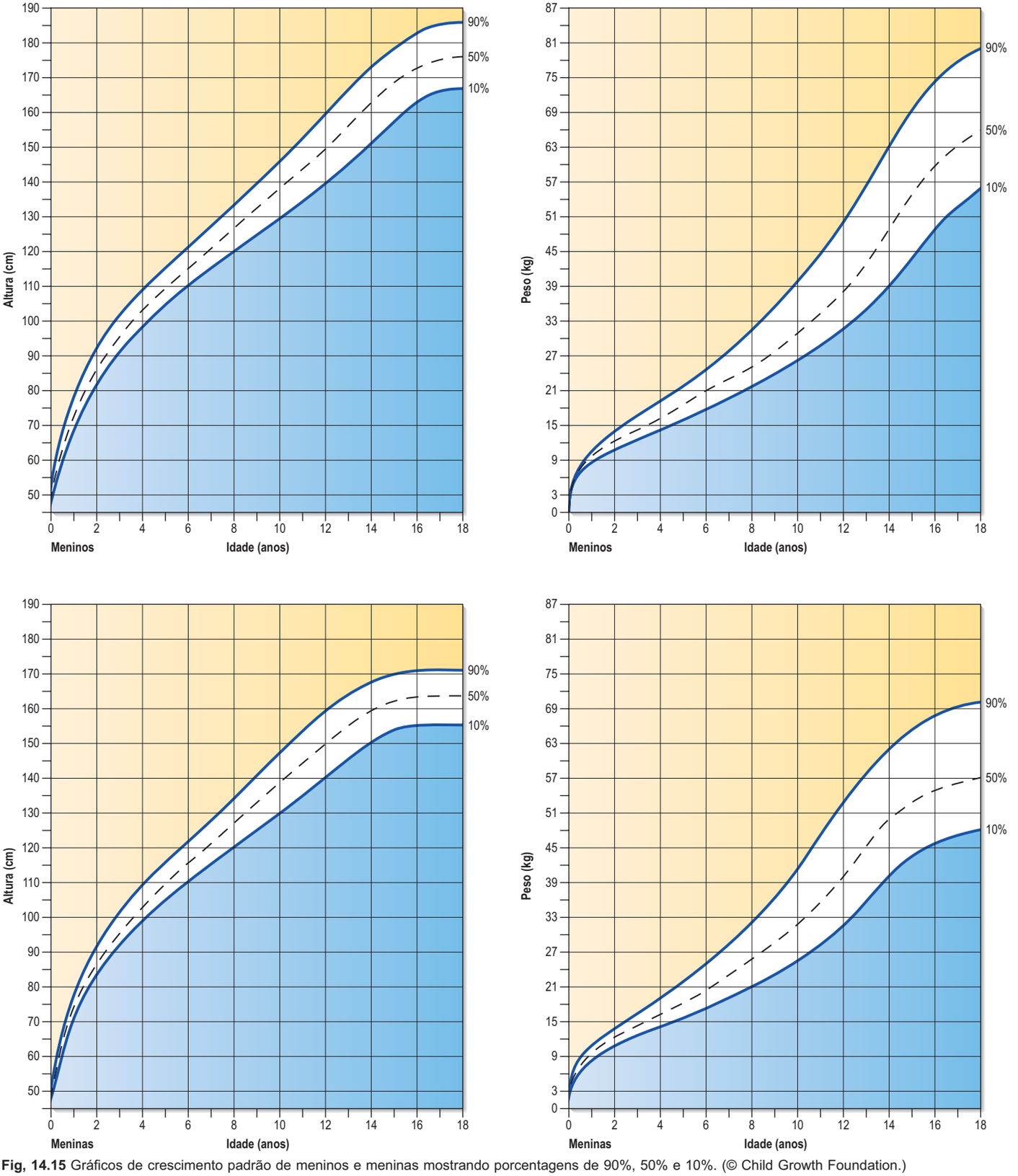


Fig. 14.14 Dados transversais mostrando crescimento em comprimento no período pré-natal e no início do período pós-natal (**A**) e curva de velocidade correspondente a este período (**B**). (Após D'Arcy Thompson, On Growth and Form, 1942, Cambridge University Press.)

ceptível para aos 18 anos no sexo feminino e aos 20 anos no sexo masculino (estudos longitudinais indicam um valor médio para tal, 16,25 anos para as moças e 17,75 anos para os rapazes, com uma variação normal de ± 2 anos (Harrison *et al.*, 1964). Após este tempo, qualquer incremento que ocorra como resultado do crescimento aposicional nas extremidades cranial e caudal dos corpos vertebrais e nos discos intervertebrais interpostos é tão pequeno quanto difícil de medir. Existe uma perda de altura depois da meia-idade.

As taxas de crescimento fenomenais da adolescência são mais evidentes no aumento da altura. O ganho de peso é mais variável. Ao nascer, o peso reflete o ambiente materno, o número de concepções, o sexo do bebê e o parto da mãe. Geralmente, os bebês a termo do sexo feminino são mais leves do que os do sexo masculino, gêmeos são mais leves que bebês únicos e as crianças nascidas mais tarde tendem a ser mais pesadas do que as que nasceram primeiro. Embora o peso ao nascer pareça independente da dieta materna, a menos que tenha ocorrido grave desnutrição, mães em grupos socioeconômicos mais baixos têm bebês menores do que aquelas de uma classe mais elevada, e as mães com baixa estatura também tendem a ter bebês menores.

O peso ao nascer é normalmente triplicado até o final do primeiro ano e quadruplicado até o final do segundo ano. Posteriormente, o peso aumenta de 2,25-2,75 kg ao ano até a explosão de crescimento na adolescência, quando os meninos podem acrescentar 20 kg no seu peso e as meninas 16 kg. O pico de velocidade de ganho de peso está atrás do pico de velocidade para a altura em aproximadamente três meses. Peso corporal não atinge valores adultos até algum tempo depois que a altura adulta seja atingida.



Fig, 14.15 Gráficos de crescimento padrão de meninos e meninas mostrando porcentagens de 90%, 50% e 10%. (© Child Growth Foundation.)

REFERÊNCIAS

Barker DJP, Osmond C, Simmonds SJ, Wield GA 1993 The relation of head size and thinness at birth to death from cardiovascular disease in adult life. BMJ 306: 422–6.
Fornece evidências para uma ligação entre o peso e o tamanho ao nascimento e previsões de patologia cardiovascular posteriores.

Caino S, Kelmansky D, Adamo P, Lejarraga H 2006 Short-term growth in healthy infants, schoolchildren and adolescent girls. Ann Hum Biol 33: 213–26.

Cameron N 2002 Human Growth and Development. New York: Academic Press.

Gandy GM 1992 Examination of the neonate including gestational assessment. In: Robertson NRC (ed) Textbook of Neonatology. Edinburgh: Churchill Livingstone: 199–215.
Apresenta as datas de maturação de características físicas usadas na avaliação da idade gestacional do recém-nascido.

Gluckman PD, Hanson MA, Morton SM, Pinal CS 2005 Life-long echoes: a critical analysis of the developmental origins of adult disease model. Biol Neonate 87: 127–39.

Godfrey KM, Barker DJ 2000 Fetal nutrition and adult disease. Am J Clin Nutr 71: 1344S–52S.

Harrison GA, Weiner JS, Tanner JM, Barnicot NA 1964 Human Biology, Ch. 19. Clarendon Press: Oxford.
Apresenta dados sobre a curva do crescimento humano.

Johnsen SL, Rasmussen S, Sollien R, Kiserud T 2004 Fetal age assessment based on ultrasound head biometry and the effect of maternal and fetal factors. Acta Obstet Gynecol Scand 83: 716–23.

Johnsen SL, Rasmussen S, Sollien R, Kiserud T 2005 Fetal age assessment based on femur length at 10–25 weeks of gestation, and reference ranges for femur length to head circumference ratios. Acta Obstet Gynecol Scand 84: 725–33.

Konje JC, Abrams KR, Bell SC, Talyor DJ 2002 Determination of gestational age after the 24th week of gestation from fetal kidney length measurements. Ultrasound Obstet Gynecol 19: 592–7.

Lampl M 2002 Saltation and stasis. In: Cameron N (ed) Human Growth and Development. New York: Academic Press, Ch. 12.
Apresenta evidências de crescimento saltatório em seres humanos.

O'Rahilly R, Müller F 1987 Developmental Stages in Human Embryos. Washington: Carnegie Institution.
Fornece a mais abrangente e detalhada descrição morfológica do desenvolvimento humano durante as primeiras 8 semanas de vida e estabelece a base para o sistema de estadiamento usada em embriões humanos.

O'Rahilly R, Müller F 1999 The Embryonic Human Brain. An Atlas of Developmental Stages, 2nd edn. New York: Wiley-Liss.

O'Rahilly R, Müller F 2000 Minireview: prenatal ages and stages – measures and errors. Teratology 61: 382–4.

Plagemann A 2004 'Fetal programming' and 'functional teratogenesis': on epigenetic mechanisms and prevention of perinatally acquired lasting health risks. J Perinat Med 32: 297–305.

Salomon LJ, Bernard JP, Duyme M, Dorion A, Ville Y 2003 Revisiting first-trimester fetal biometry. Ultrasound Obstet Gynecol 22: 63–6.

Streeter GL 1942 Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age group XI, 13 to 20 somites, and age group XII, 21 to 29 somites. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 30: 211–45.

Streeter GL 1945 Developmental horizons in human embryos. Description of age group XIII, embryos of about 4 or 5 millimeters long, and age group XIV, period of indentation of the lens vesicle. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 31: 27–63.

Streeter GL 1948 Developmental horizons in human embryos. Description of age groups XV, XVI, XVII, and XVIII, being the third issue of a survey of the Carnegie collection. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 32: 133–203.

Yang H, Kramer MS, Platt RW, Blondel B, Breat G, Mornin I, Wilkins R, Usher R 2002 How does early ultrasound scan estimation of gestational age lead to higher rates of preterm birth? Am J Obstet Gynecol 186: 433–7.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

SEÇÃO
3

NEUROANATOMIA

15. Considerações gerais do sistema nervoso 225
Parte central do sistema nervoso 226
Medula espinal 226
Encéfalo 227
Considerações gerais sobre as vias sensoriais ascendentes 227
Considerações gerais sobre as vias motoras descendentes 228
Parte periférica do sistema nervoso 230
Nervos espinais 230
Nervos cranianos 230
Divisão autônoma do sistema nervoso 232
Divisão autônoma do sistema nervoso 234
Divisão parassimpática do sistema nervoso 234
Parte entérica do sistema nervoso e neurônios intrínsecos 235
Vias aferentes viscerais 235
Paragânglios 236

16 Sistema ventricular e espaço subaracnóideo 237
Topografia e relações do sistema ventricular 237
Ventrículo lateral 237
Terceiro ventrículo 239
Aqueduto do mesencéfalo 239
Quarto ventrículo 240
Órgãos circunventriculares 240
Plexo corióideo e líquido cerebrospinal (LCS) 242
Plexo corióideo 242
Líquido cerebrospinal 242
Espaço subaracnóideo e circulação do LCS 242
Espaço subaracnóideo 242
Circulação do LCS 242
Pia-máter 244

17 Irrigação sanguínea e drenagem do encéfalo 247
Suprimento arterial do encéfalo 247
Artéria carótida interna 247
Artéria cerebral anterior 248
Artéria cerebral média 250
Artéria vertebral 250
Artéria basilar 250
Artéria cerebral posterior 251
Círculo arterial do cérebro 251
Artérias centrais ou perfurantes 252
Suprimento arterial regional do encéfalo 253
Tronco encefálico 253
Cerebelo 253
Quiasma óptico, trato óptico e radiação óptica 253
Diencéfalo 253
Núcleos da base 253
Cápsula interna 253
Córtex cerebral 253
Fluxo sanguíneo cerebral 254
Drenagem venosa do encéfalo 254
Drenagem venosa da fossa posterior 254
Drenagem venosa do hemisfério cerebral 255

18 Medula espinal: organização interna 257
Características externas e relações 257
Organização interna 257
Substância cinzenta espinal 257
Grupos celulares neuronais da medula espinal 257
Corno posterior 258
Corno lateral 260
Corno anterior 260
Reflexos espinais 261
Substância branca da medula espinal 262
Tratos ascendentes 262
Tratos descendentes 268
Vias propriospinais 271
Trato posterolateral (de Lissauer) 271
Lesões da medula espinal 271

19 Tronco encefálico 275
Considerações gerais sobre os nervos cranianos e seus núcleos 275
Bulbo (Medula oblonga) 275
Morfologia externa e relações 275
Morfologia interna 277
Ponte 284
Morfologia externa e relações 284
Estrutura interna 284
Mesencéfalo 287
Morfologia externa e relações 287
Morfologia interna 288
Formação reticular do tronco encefálico 292
Coluna mediana de núcleos reticulares 292
Coluna medial dos núcleos reticulares 293
Coluna lateral dos núcleos reticulares 293
Lesões do tronco encefálico 295

20 Cerebelo 297
Características externas e relações 298
Divisões funcionais do cerebelo 298
Estrutura interna 298
Núcleos cerebelares 298
Pedúnculos cerebelares 298
Córtex cerebelar 300
Conexões aferentes do cerebelo 303
Conexões eferentes do cerebelo 306
Funções cerebelares 308
Lesões cerebelares 309

21 Diencéfalo 311
Tálamo 311
Núcleos anteriores do tálamo 312
Núcleos mediais do tálamo 312
Núcleos laterais do tálamo 313
Núcleos intralaminares 315
Núcleos da linha média 316
Núcleo reticular 316
Hipotálamo 316
Núcleos do hipotálamo 317
Conexões do hipotálamo 320
Glândula hipófise 320
Subtálamo 323
Núcleo subtalâmico 323
Zona incerta e campos de Forel 323
Epitálamo 323
Núcleos habenulares e estria medular 323
Comissura posterior 324
Glândula pineal 324

22 Núcleos da base 325
Estriado 326
Globo pálido 331
Substância negra 331
Núcleo subtalâmico 332
Fisiopatologia das doenças dos núcleos da base 332

23 Hemisférios cerebrais 335
Giros, sulcos e lobos 335
Córtex cerebral 338
Estrutura microscópica 338
Visão geral da conectividade cortical 341
Lobo frontal 342
Lobo parietal 344
Lobo temporal 345
Ínsula 346
Lobo occipital 346
Lobo límbico 347
Substância branca do hemisfério cerebral 354
Assimetria cerebral 358
Funções neuropsicológicas 358

24 Desenvolvimento do sistema nervoso 361
Neurulação 361
Regiões encefálicas primordiais 362
Organização celular primordial do tubo neural 362
Falha da neurulação 364
Crista neural 364
Placoides ectodérmicos 366
Glândula hipófise 367
Neuróglia 368
Mecanismos do desenvolvimento neural 368
Histogênese do tubo neural 369
Linhagens e crescimento no sistema nervoso 369
Indução e padronização de padrões no encéfalo e na medula espinal 370
Segmentação no tubo neural 371
Sistema nervoso periférico 372
Nervos somáticos 371
Nervos espinais 371
Nervos cranianos 372
Sistema nervoso autônomo 374
Gânglios parassimpáticos 374
Gânglios simpáticos 374
Sistema nervoso entérico 375
Células cromafins 374
Sistema nervoso central 371
Medula espinal 375
Coluna cinzenta anterior (ventral) 375
Coluna cinzenta lateral 375
Coluna cinzenta posterior (dorsal) 375
Maturação da medula espinal 375
Encéfalo 376
Rombencéfalo: lâmina basal, lâmina alar, mielencéfalo, metencéfalo 380
Mesencéfalo 380
Prosencéfalo: diencéfalo, telencéfalo 380
Encéfalo neonatal e reflexos em neonatos 388
Meninges 390
Suprimento vascular 390
Artérias 390
Artérias cranianas 390
Artérias leptomeníngeas 390
Vascularização do encéfalo 391
Vasos da zona ventricular (matriz germinativa) 392
Veias 392
Veias cerebrais 392
Veias da cabeça 392

CAPÍTULO 15

Considerações gerais sobre o sistema nervoso

O sistema nervoso humano é o produto mais complexo da evolução biológica. Os padrões de atividade constantemente modificados de seus bilhões de unidades interativas proporcionam a base física fundamental para todos os aspectos do comportamento e da vivência dos seres humanos. Milhares de cientistas e clínicos em todo o mundo, motivados pela curiosidade intelectual ou pela busca de métodos melhores de prevenção e de tratamento das doenças, têm estudado o sistema nervoso há muitos anos. Apesar da enorme quantidade de dados já disponíveis, nosso conhecimento da complexa organização e função neural está longe de ser completo, assim como nossa capacidade de lidar com suas muitas patologias. Ainda assim, a pesquisa sobre o sistema nervoso é uma das áreas mais ativas da biologia e da medicina contemporâneas, e os avanços rápidos em numerosas frentes trazem consigo a perspectiva realista de melhoras na prevenção e no tratamento de muitos transtornos neurológicos no futuro.

As capacidades funcionais do sistema nervoso são produtos de sua vasta população de células nervosas ou neurônios em intercomunicação, cujo número é estimado como sendo da ordem de 10^{10} (Cap. 3). Em suma, os neurônios codificam informações, conduzem-nas, por vezes por distâncias consideráveis, e as transmitem então a outros neurônios ou a tecidos não neurais como músculos ou células glandulares. Muitos neurônios consistem em uma substância central de citoplasma dentro de uma membrana celular limitante, o corpo celular (ou soma), a partir do qual se estendem alguns processos ramificados, ou dendritos (Fig. 15.1). Um deles, o axônio ou fibra nervosa, é geralmente muito mais longo que os outros e conduz informações a partir do corpo celular. Os outros processos são denominados dendritos e tipicamente conduzem informações em direção ao corpo celular (soma). A membrana da célula nervosa é polarizada, estando o interior da célula aproximadamente – 70 mV negativos em relação ao exterior. As informações são codificadas sob a forma de despolarizações e repolarizações transitórias desse potencial de membrana, designadas como potenciais de ação ou impulsos nervosos. Eles são conduzidos ao longo das fibras nervosas (axônios), que podem ter ramos colaterais que permitem que a informação seja transmitida simultaneamente a diversos alvos. As fibras nervosas possuem terminações especializadas, ou terminais axônicos, que ficam em estreita justaposição à membrana da célula-alvo nas sinapses, onde as informações passam de uma célula para outra (Fig. 15.2). Os terminais axônicos podem fazer contatos sinápticos com dendritos (axodendríticos), corpos celulares (axossomáticos), outros axônios (axoaxônicos) ou com tecidos não neurais como células musculares (junção neuromuscular). A transmissão de informações a outras células ocorre quando os potenciais de ação causam a liberação de substâncias neurotransmissoras específicas, armazenadas em vesículas sinápticas nos terminais nervosos pré-sinápticos. O neurotransmissor se liga a receptores especializados que estão localizados na membrana pós-sináptica da célula-alvo e, dependendo da natureza do composto químico e do receptor, provoca uma resposta excitatória (despolarização) ou inibitória (repolarização) ou pode modular sistemas segundo mensageiros intracelulares.

A enorme complexidade do sistema nervoso reflete o fato de que neurônios individuais podem fazer sinapse com centenas, ou até mesmo milhares, de outros neurônios pela profusa colateralização axônica e ramificação (arborização) dendrítica. Esta última é exemplificada pelo extenso campo dendrítico da célula de Purkinje cerebelar, que é atravessada por milhares

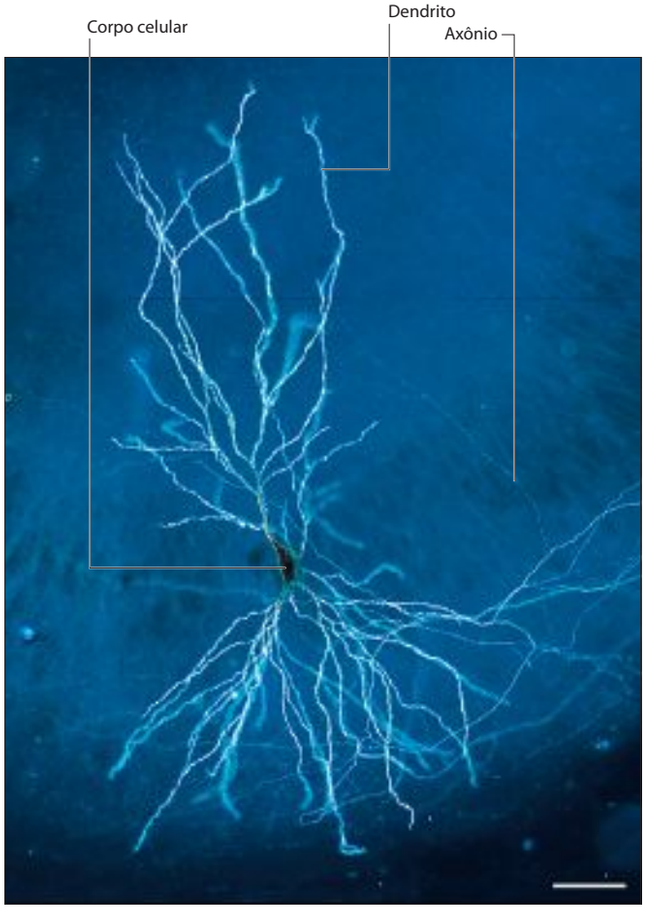


Fig. 15.1 Fotomicrografia em campo escuro de uma célula piramidal CA3 numa cultura de cortes do hipocampo, injetada intracelularmente com o corante biocitina. Barra de escala 50 μm. (Cortesia de Mathias Alberg e R Anne McKinney, Brain Research Institute, University of Zurich.)

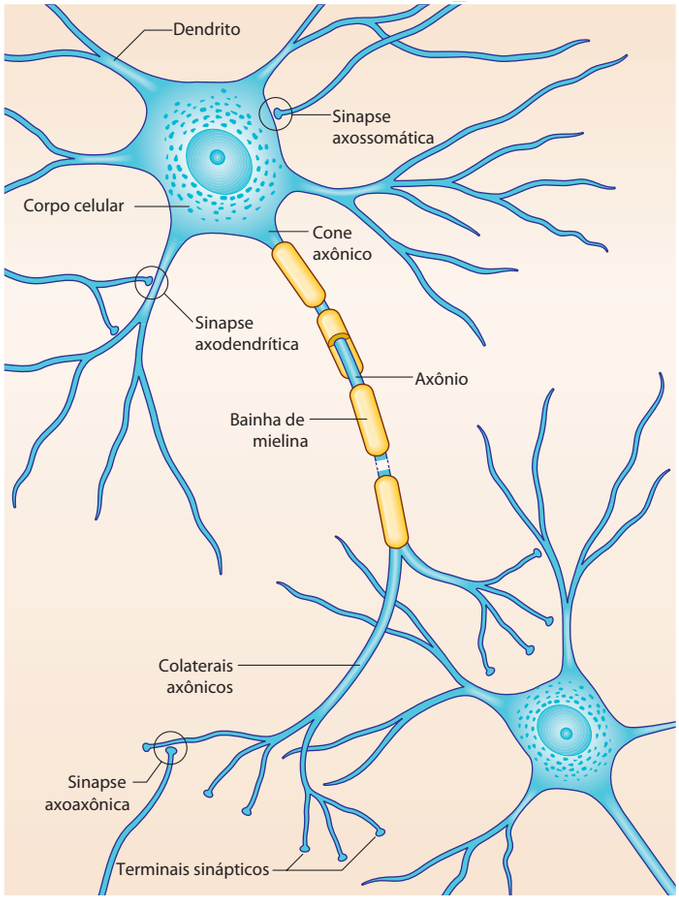


Fig. 15.2 Estrutura de um neurônio típico.

de axônios que fazem sinapse ao passar. Ao nível do neurônio individual, potenciais sinápticos excitatórios e inibitórios competidores recebidos pela célula são somados no tempo (somatório temporal) e entre sinapses (somatório espacial). Quando é despolarizado acima de um determinado limiar, o neurônio pós-sináptico emite potenciais de ação que são conduzidos ao longo da fibra nervosa (axônio) até as células-alvo subsequentes.

O sistema nervoso contém bem mais células de sustentação (neuróglia, glia) que neurônios. As células gliais são responsáveis por criar e manter um ambiente apropriado no qual os neurônios possam agir com eficiência. Subgrupos da glia secretam as bainhas de mielina que envolvem os axônios em muitas partes do sistema nervoso. As células gliais não são eletricamente excitáveis da mesma maneira que os neurônios.

Os três tipos funcionais básicos de neurônios no sistema nervoso – neurônios sensoriais (aferentes), motores (eferentes) e interneurônios – detectam alterações nos ambientes interno e externo do corpo e respondem a essas alterações. Os elementos sensoriais são capazes de detectar uma grande variedade de estímulos; eles medeiam os sentidos gerais (tato, dor, temperatura etc.) e os sentidos especiais (visão, audição, olfato, paladar e sensação vestibular). Os neurônios motores enviam axônios da parte central do sistema nervoso aos órgãos efetores, principalmente músculos e glândulas. Os interneurônios se limitam à parte central do sistema nervoso e não possuem nem terminais sensoriais nem motores; seu número é muito superior ao dos neurônios sensoriais e motores, e eles conferem ao sistema nervoso sua prodigiosa capacidade de analisar, integrar e armazenar informações.

O sistema nervoso é convencionalmente dividido em duas partes principais, a parte central do sistema nervoso (SNC) e a parte periférica do sistema nervoso (SNP). A SNC consiste do encéfalo e da medula espinal. A SNP consiste nos nervos cranianos e espinais e suas ramificações, e de alguns agrupamentos de corpos celulares que constituem os gânglios periféricos. Outra convenção divide funcionalmente o sistema nervoso em divisão somática e autônoma, com elementos tanto na SNC como na SNP. A divisão somática do sistema nervoso controla a contração dos músculos esqueléticos. A divisão autônoma do sistema nervoso, que pode ser subdividida em componentes simpático e parassimpático, consiste de neurônios que inervam as glândulas secretoras, o músculo cardíaco e os músculos lisos e, por esta razão, estão ligados principalmente ao controle do ambiente interno. Os neurônios na parede do trato gastrointestinal formam a divisão entérica do sistema nervoso e são capazes de manter uma atividade reflexa local que é independente da SNC (Cap. 73).

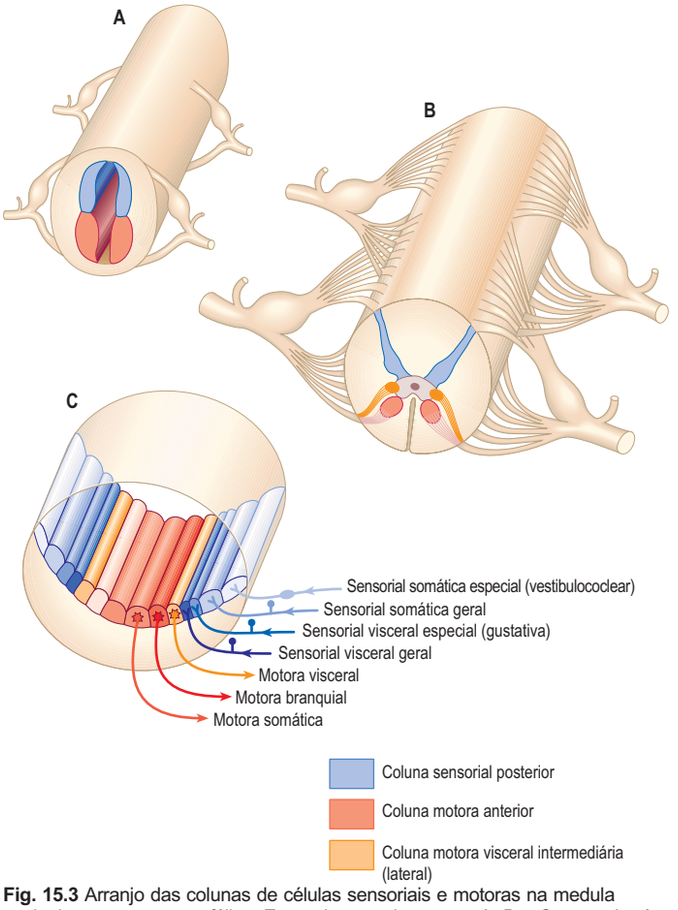


Fig. 15.3 Arranjo das colunas de células sensoriais e motoras na medula espinal e no tronco encefálico. Em cada uma das partes A, B e C, posterior é a face voltada para o topo do diagrama. **A** mostra a organização da medula espinal primitiva com uma coluna sensorial posterior, uma coluna motora anterior e raízes nervosas posteriores e anteriores dispostas segmentarmente. **B** mostra a medula espinal torácica adulta com colunas sensoriais e motoras somáticas e uma coluna motora visceral intermediária (lateral) adicional. **C** indica o arranjo de múltiplas colunas longitudinais no tronco encefálico, onde a coluna motora está subdividida em três colunas e a coluna sensorial, em quatro colunas. Consulte o Capítulo 24 para informações adicionais a respeito dos aspectos embriológicos do sistema nervoso em desenvolvimento. Consulte também a Figura19.1.

PARTE CENTRAL DO SISTEMA NERVOSO

O encéfalo e a medula espinal (Fig. 43.1A) contêm a grande maioria dos corpos celulares neuronais no sistema nervoso. Em muitas áreas da SNC, os corpos celulares neuronais estão agrupados e se encontram mais ou menos segregados dos axônios. O termo aplicado para essa coleção de corpos celulares é substância cinzenta. Pequenos agregados de corpos celulares neuronais, que têm geralmente um papel funcional comum, são designados como núcleos. Os dendritos neuronais e as interações sinápticas se limitam basicamente à substância cinzenta. Os axônios tendem a se agrupar para formar a substância branca, assim chamada porque os axônios estão com frequência envolvidos por uma bainha de mielina que lhes confere uma coloração mais pálida. Axônios que têm origens ou destinos semelhantes na SNC tendem a seguir juntos em vias bem definidas, ou tratos. Esses tratos frequentemente cruzam (decussam) a linha mediana, o que significa que uma das metades do corpo é, sob muitos aspectos, controlada pelo lado oposto do corpo e para ele envia informações.

Alguns grupos de neurônios na medula espinal e no tronco encefálico têm funções semelhantes e são organizados em colunas longitudinais. Os neurônios nessas colunas podem se concentrar em núcleos discretos e descontínuos em algumas áreas, como, por exemplo, os núcleos dos nervos cranianos no tronco encefálico, ou podem constituir faixas longitudinais mais ou menos contínuas, como em grande parte da medula espinal (Fig. 15.3). Os neurônios eferentes constituem três dessas colunas. Os axônios dos neurônios motores na coluna motora somática inervam músculos derivados de somitos da cabeça. As duas outras colunas estão relacionadas a características especializadas da morfologia da cabeça: os neurônios da coluna motora branquial inervam músculos derivados da parede da faringe embrionária (músculos branquiais), e a coluna motora visceral supre fibras pré-ganglionares parassimpáticas, glândulas e músculos lisos viscerais. Quatro colunas celulares longitudinais estão relacionadas a funções sensoriais. A coluna sensorial somática geral ocupa-se basicamente com informações sensoriais gerais da cabeça; os neurônios sensoriais (aferentes) somáticos especiais estão relacionados aos sentidos especiais e recebem estímulos vestibulares e auditivos; os neurônios sensoriais viscerais gerais conduzem informações de terminações sensoriais (aferentes) viscerais disseminadas e variadas; e os neurônios sensoriais viscerais especiais estão associados ao sentido especial do paladar.

O encéfalo e a medula espinal se comunicam com o restante do corpo pelos nervos cranianos e pelos nervos espinais, respectivamente. Esses nervos contêm fibras (axônios) aferentes que trazem informações de receptores sensoriais até a SNC e fibras eferentes que levam instruções da SNC aos órgãos efetores periféricos. A medula espinal e o tronco encefálico podem controlar muitos aspectos da função corporal por ações reflexas mediadas por interconexões de complexidade variável entre os componentes aferentes e eferentes dos nervos espinais e cranianos. Numerosas conexões descendentes a partir do encéfalo podem modular essa atividade. Os estímulos aferentes à medula espinal e ao tronco encefálico são canalizados para diversas vias (tratos) ascendentes, algumas das quais acabam por chegar ao córtex cerebral, ocasionando uma percepção consciente.

Para prover a energia exigida pela constante atividade neuronal, a SNC tem uma elevada razão metabólica basal e um rico suprimento vascular (Cap. 17). Uma barreira hematoencefálica controla o ambiente neuronal e impõe severas restrições aos tipos de substâncias que podem passar da corrente sanguínea para o tecido nervoso (Cap. 3).

MEDULA ESPINAL

A medula espinal se situa na coluna vertebral, nos dois terços superiores do canal vertebral, e é contínua superiormente com o bulbo (medula oblonga) do tronco encefálico (Cap. 43). Em sua maior parte, a medula espinal recebe estímulos aferentes do tronco do corpo e dos membros, e controla sua função. As conexões aferentes e eferentes entre a periferia e a medula espinal seguem por 31 pares de nervos espinais dispostos segmentarmente que se fixam à medula numa série linear de radículas posteriores e anteriores. Grupos adjacentes de radículas se unem e formam raízes posteriores (dorsais) e anteriores (ventrais) que se combinam para formar os nervos espinais propriamente ditos (Fig. 15.4). As raízes posteriores e anteriores são funcionalmente distintas. As raízes posteriores levam fibras nervosas aferentes primárias de corpos celulares neuronais localizados em gânglios da raiz posteriores, enquanto as raízes anteriores levam fibras eferentes de corpos celulares neuronais localizados na substância cinzenta espinal.

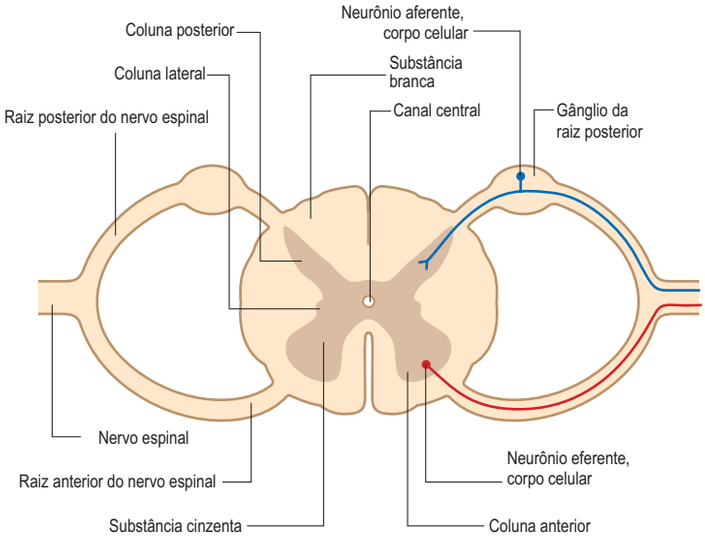


Fig. 15.4 Corte transversal através da medula espinal mostrando a disposição da substância cinzenta e da substância branca e a fixação das raízes nervosas espinais posteriores e anteriores.

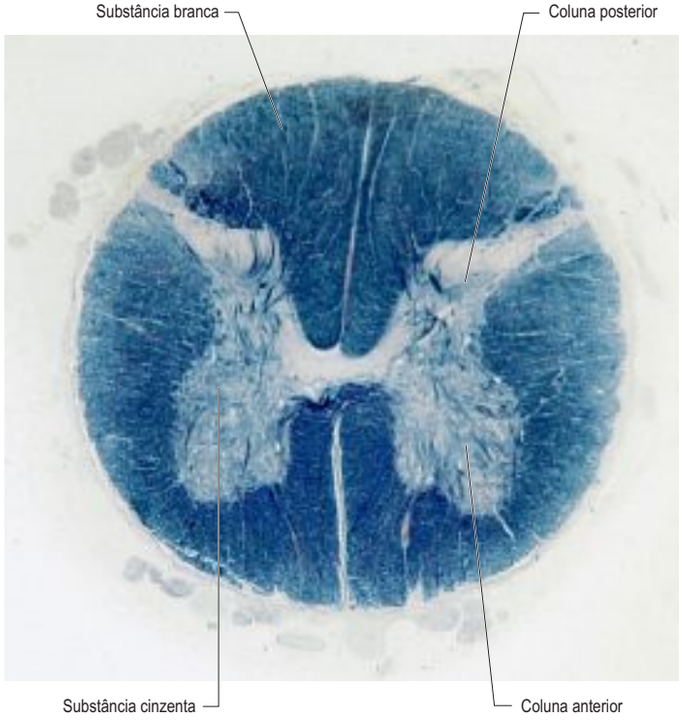


Fig. 15.5 Corte transversal através da medula espinal ao nível lombar. O corte foi corado para fibras nervosas, deixando a substância cinzenta relativamente pouco corada. (Figura realçada por B. Crossman.)

Internamente, a medula espinal consiste em uma região central de substância cinzenta circundada por substância branca. A substância cinzenta está configurada numa forma característica de H, ou de borboleta, que tem projeções designadas como colunas (cornos) posteriores ou anteriores (Fig. 15.5). De modo geral, os neurônios situados na coluna posterior estão ligados principalmente a funções sensoriais, enquanto aqueles na coluna anterior estão associados principalmente a atividades motoras. Em alguns níveis da medula espinal, está presente uma pequena coluna intermédia (lateral), marcando a localização dos corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares simpáticos. O canal central, um componente vestigial do sistema ventricular, se situa no centro da substância cinzenta espinal e em toda a extensão da medula espinal. A substância branca da medula espinal consiste em tratos ascendentes e descendentes, que ligam os segmentos da medula espinal entre si e ligam a medula espinal ao encéfalo.

ENCÉFALO

O encéfalo (cérebro) se situa no interior do crânio (Cap. 26). O encéfalo recebe informações do tronco do corpo e dos membros e controla suas atividades, principalmente através de conexões com a medula espinal. Ele também possui 12 pares de nervos cranianos, através dos quais ele se comunica principalmente com estruturas da cabeça e do pescoço. O encéfalo é dividido em grandes regiões com base no crescimento ontogenético e em princípios filogenéticos (Figs. 15.6, 15.7 e 15.8). Ascendendo em sequência a partir da medula espinal, as divisões principais são: o rombencéfalo ou encéfalo posterior, o mesencéfalo ou encéfalo médio, e o prosencéfalo ou encéfalo anterior.

O rombencéfalo é subdividido em mielencéfalo ou bulbo (medula oblonga), metencéfalo ou ponte, e cerebelo. O bulbo, a ponte e o mesencéfalo são coletivamente designados como tronco encefálico (cerebral), que se situa sobre as partes basais dos ossos occipital e esfenoide (clivo). O bulbo é a parte mais inferior do tronco encefálico e é contínuo com a medula espinal abaixo do nível do forame magno. A ponte se situa anterossuperiormente ao bulbo e é distinguida por uma massa de fibras nervosas transversas que a conectam ao cerebelo. O mesencéfalo é um segmento curto do tronco encefálico, anterossuperiormente à ponte. O cerebelo consiste de hemisférios pareados unidos por um verme mediano e se situa na fossa craniana posterior, posteriormente à ponte, ao bulbo e ao mesencéfalo inferior, tendo com todos eles numerosas conexões por fibras.

O prosencéfalo é subdividido em diencéfalo e telencéfalo. O diencéfalo compreende principalmente o tálamo e o hipotálamo, mas inclui também o epitálamo, de tamanho menor, e o subtálamo. O telencéfalo é constituído principalmente pelos dois hemisférios cerebrais. O diencéfalo está quase que inteiramente envolvido pelos hemisférios cerebrais e, portanto, está em grande parte oculto da superfície. O cérebro humano constitui a maior parte do encéfalo. Ele ocupa as fossas cranianas anterior e média e está diretamente relacionado à calvária (abóbada craniana). Consiste em dois hemisférios cerebrais. A superfície de cada hemisfério cerebral apresenta convoluções num padrão complexo de saliências (giros) e depressões (sulcos). Internamente, cada hemisfério tem uma camada externa de substância cinzenta, o córtex cerebral, sob o qual se encontra uma espessa camada de substância branca (Fig. 15.9). Um dos componentes mais importantes da substância branca encefálica, a cápsula interna (Fig. 15.11), contém fibras nervosas que passam do e para o córtex cerebral e níveis inferiores do neuroeixo. Vários grandes núcleos de substância cinzenta, designados habitualmente como núcleos da base, estão parcialmente incrustados na substância branca subcortical. As conexões entre áreas correspondentes dos dois hemisférios cerebrais cruzam a linha mediana em comissuras. A comissura maior é, sem dúvida, o corpo caloso, que liga regiões correspondentes dos dois hemisférios cerebrais.

Durante o desenvolvimento pré-natal, as paredes do tubo neural se espessam muito, mas não chegam a obliterar totalmente a luz central. Embora permaneça na medula espinal como o estreito canal central, esta última se expande muito no encéfalo e forma uma série de cavidades interligadas, designadas como sistema ventricular (Cap. 16). Em duas regiões, o prosencéfalo e o rombencéfalo, partes do teto do tubo neural não geram células nervosas, mas se tornam folhetos finos e dobrados de tecido secretor altamente vascularizado, os plexos corióideos. Esses folhetos secretam o líquido cerebrospinal que preenche os ventrículos. A cavidade do rombencéfalo se expande e forma o quarto ventrículo, que se situa posteriormente à ponte e à metade superior do bulbo. Inferiormente, o quarto ventrículo é contínuo com um canal que percorre no interior do bulbo e, através dele, continua com o canal central da medula espinal. O quarto ventrículo é contínuo com o espaço subaracnóideo por três aberturas em seu teto (os forames de Luschka e de Magendie). Em sua extensão anterossuperior, o quarto ventrículo é contínuo com um canal estreito, o aqueduto do mesencéfalo (cerebral), que passa pelo mesencéfalo. A extremidade anterossuperior do aqueduto do mesencéfalo se abre no terceiro ventrículo, uma cavidade estreita na linha mediana semelhante a uma fenda, que é limitada lateralmente pelo diencéfalo. Na extremidade anterossuperior do terceiro ventrículo, uma pequena abertura de cada lado leva ao grande ventrículo lateral que está localizado em cada hemisfério cerebral (Fig. 15.6C).

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS VIAS SENSORIAIS ASCENDENTES

As modalidades sensoriais são convencionalmente descritas como sendo sentidos especiais ou sentidos gerais. Os sentidos especiais são o olfato, a visão, o paladar, a audição e a função vestibular. As informações aferentes são codificadas por órgãos dos sentidos altamente especializados e são transmitidas ao encéfalo pelos nervos cranianos I, II, VII, VIII e IX (Cap. 25).

Os sentidos gerais incluem tato, pressão, vibração, dor, sensação térmica e propriocepção (percepção da postura e do movimento). Os estímulos dos ambientes externo e interno ativam uma gama variada de receptores na pele, nas vísceras, nos músculos, nos tendões e articulações (Cap. 3). Os impulsos aferentes do tronco e dos membros são transmitidos à medula espinal por nervos espinais, enquanto aqueles da cabeça são conduzidos até o encéfalo por nervos cranianos. A anatomia detalhada das complexas vias pelas quais os diversos impulsos sensoriais gerais chegam a níveis conscientes é compreendida da melhor maneira quando tomamos por referência alguns princípios

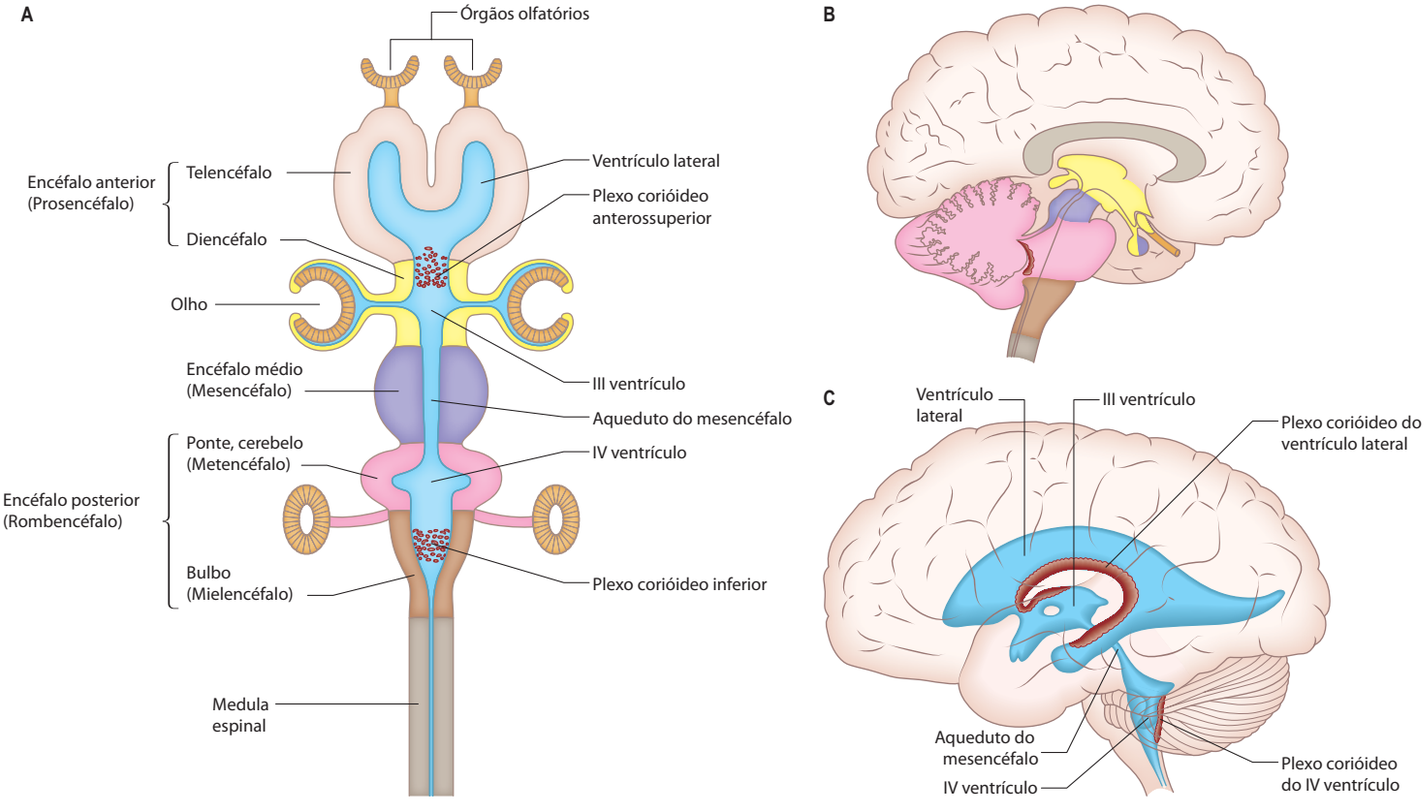


Fig. 15.6 Terminologia e arranjo das principais divisões do encéfalo. **A,** As características principais do plano básico do encéfalo, incluindo sua relação com os principais órgãos sensoriais especiais da cabeça. **B,** As regiões correspondentes no encéfalo adulto, vistas em corte sagital. **C,** A organização do sistema ventricular no encéfalo.

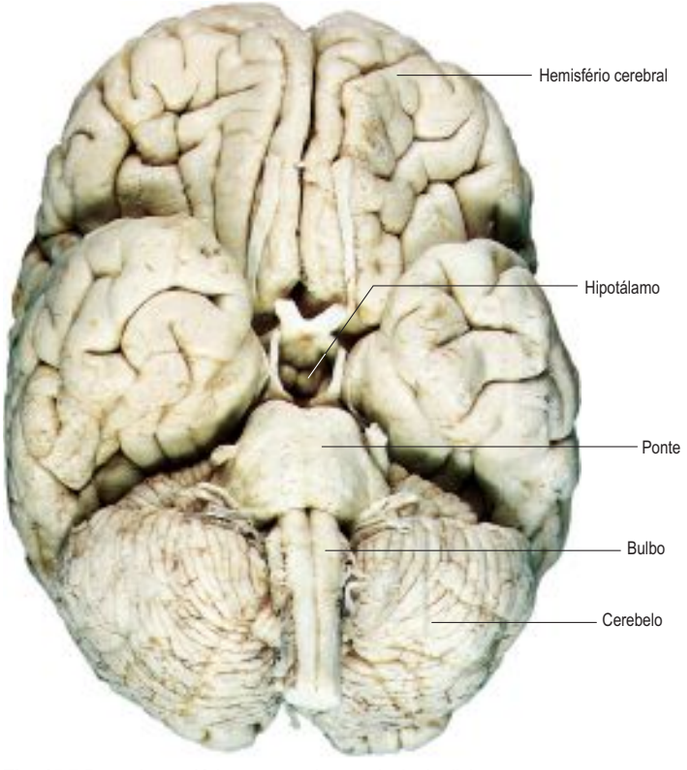


Fig. 15.7 Base do encéfalo, mostrando as principais divisões e os nervos cranianos. (Figura realçada por B. Crossman a partir de uma fotografia de Kevin Fitzpatrick em nome da GKT School of Medicine, London.)

organizacionais comuns. Embora sem dúvida excessivamente simplificado e sujeito a exceções, esse esquema é útil para enfatizar as semelhanças básicas existentes entre os sistemas sensoriais ascendentes.

Basicamente, as projeções sensoriais ascendentes relacionadas aos sentidos gerais consistem em uma sequência de três neurônios que se estendem do receptor periférico ao córtex cerebral contralateral (Fig. 15.10). Eles são frequentemente designados como neurônios primários, secundários e terciários, ou neurônios de primeira, de segunda e de terceira ordem. Os aferentes primários têm terminações sensoriais localizadas perifericamente e corpo celular situado em gânglios da raiz posterior (dorsal) ou nos gânglios sensoriais associados a alguns dos nervos cranianos. Suas fibras nervosas (axônios) entram na SNC através dos nervos espinais ou trigêmeos e terminam fazendo sinapse com os corpos celulares dos neurônios de segunda ordem ipsilaterais: a localização exata dessa terminação depende da modalidade.

As fibras aferentes primárias que levam informações de dor, temperatura e tato grosseiro/pressão do tronco e dos membros terminam na coluna posterior da substância cinzenta espinal, próximo de seu ponto de entrada na medula espinal. As fibras homólogas da cabeça terminam no núcleo sensorial do nervo trigêmeo no tronco encefálico. Os corpos celulares dos neurônios de segunda ordem estão localizados na coluna posterior ou no núcleo sensorial do nervo trigêmeo. Suas fibras nervosas (axônios) decussam e sobem até o núcleo anteroposterior do tálamo contralateral como o trato espinotalâmico ou trigeminotalâmico; elas fazem sinapse nos corpos celulares de neurônios de terceira ordem no tálamo. Os axônios dos neurônios de terceira ordem passam pela cápsula interna para chegar ao córtex cerebral, terminando no giro pós-central do lobo parietal, que é também designado como córtex somatossensorial primário.

As fibras aferentes primárias levando informações proprioceptivas e de tato fino (discriminativo) do tronco e dos membros ascendem ipsilateralmente pela medula espinal como as colunas posteriores (fascículos e núcleos grácil e fascículo cuneiforme, respectivamente); elas terminam fazendo sinapse com neurônios de segunda ordem nos núcleos da coluna posterior (núcleo grácil e núcleo cuneiforme) do bulbo. Os axônios dos neurônios de segunda ordem decussam no bulbo e ascendem então como lemnisco medial até o núcleo anteroposterior do tálamo contralateral, no qual fazem sinapse com os corpos celulares de neurônios de terceira ordem. Os axônios dos neurônios de terceira ordem passam pela cápsula interna para atingir o córtex cerebral, terminando no córtex somatossensorial primário. Há uma projeção homóloga semelhante para as fibras nervosas aferentes derivadas da cabeça.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS VIAS MOTORAS DESCENDENTES

As fibras corticofugais descem pela cápsula interna e chegam ao tronco encefálico, onde algumas delas (fibras corticobulbares) terminam. As fibras corticobulbares controlam a atividade dos neurônios do tronco encefálico, incluindo os neurônios motores nos núcleos dos nervos cranianos. A terminologia neuroanatômica atual não tem um termo geralmente aceito que

Fig. 15.8 Corte sagital do encéfalo. (Figura realçada por B Crossman.)

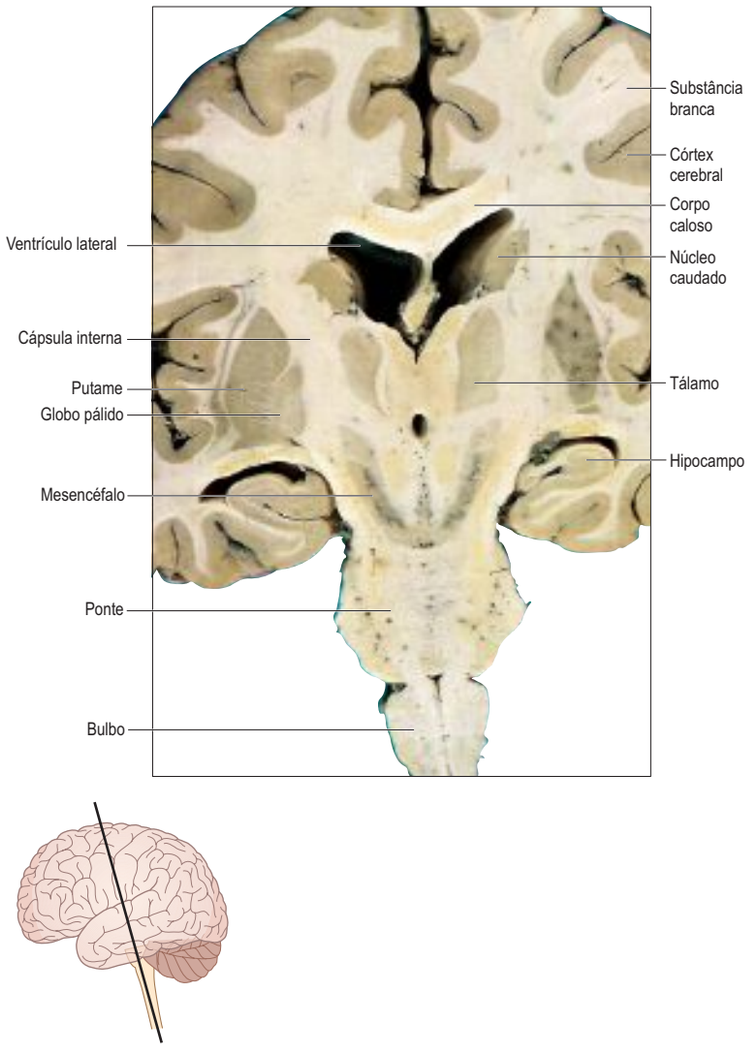


Fig. 15.9 Corte através do hemisfério cerebral e do tronco encefálico mostrando a disposição das substâncias cinzenta e branca, os núcleos da base e a cápsula interna. (Fotografia de Kevin Fitzpatrick em nome da GKT School of Medicine, London.)

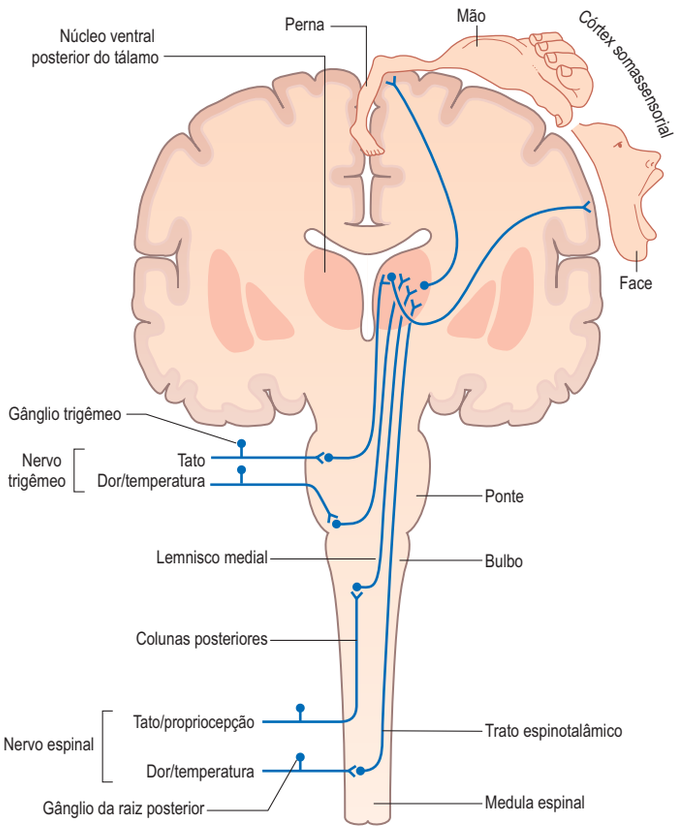


Fig. 15.10 Organização das vias sensoriais gerais mostrando neurônios de primeira, segunda e terceira ordem.

designe as projeções do córtex cerebral ao tronco encefálico como um todo. Esse termo, porém, é necessário para se fazer uma comparação clínica entre o trato corticospinal, que passa pelas pirâmides, e as fibras funcionalmente homólogas que terminam no tronco encefálico. Por vezes se usa o termo "corticonuclear", mas ele implica uma inervação específica dos núcleos dos nervos cranianos e ignora o fato de que numerosos eferentes corticais se projetam para outros locais, como a formação reticular. Também é por vezes usado o termo "corticobulbar", mas este, estritamente falando, designa as projeções para o "bulbo", um termo arcaico para a medula oblonga. Nesse texto, o termo "corticobulbar" é usado para denotar as projeções corticais ao tronco encefálico como um todo.

As fibras corticospinais (trato piramidal) se originam de regiões difusas do córtex cerebral, incluindo o córtex motor primário do lobo frontal, no qual a metade oposta do corpo está representada de maneira somatotópica detalhada. Elas descem por toda a extensão do tronco encefálico, com a maioria delas cruzando para o lado contralateral na decussação das pirâmides no bulbo (medula oblonga), continuando subsequentemente em sentido inferior como trato corticospinal lateral da medula espinal, que termina em associação a interneurônios e a neurônios motores da substância cinzenta medular espinal (Fig. 15.11). A função principal dos tratos corticospinal e corticobulbar é o controle de movimentos finos e fracionados, especialmente daquelas partes do corpo em que é necessário um controle muscular mais delicado. Esses tratos são particularmente importantes para a fala (trato corticobulbar) e para os movimentos da mão (trato corticospinal).

O conceito de neurônios motores superiores e inferiores é fundamental para a descrição clínica dos efeitos de lesões do sistema motor. Os sinais e os sintomas das lesões do neurônio motor superior e do neurônio motor inferior são muito diferentes e são indicativos do local anatômico da lesão. Os "neurônios motores inferiores" são os neurônios motores α que inervam

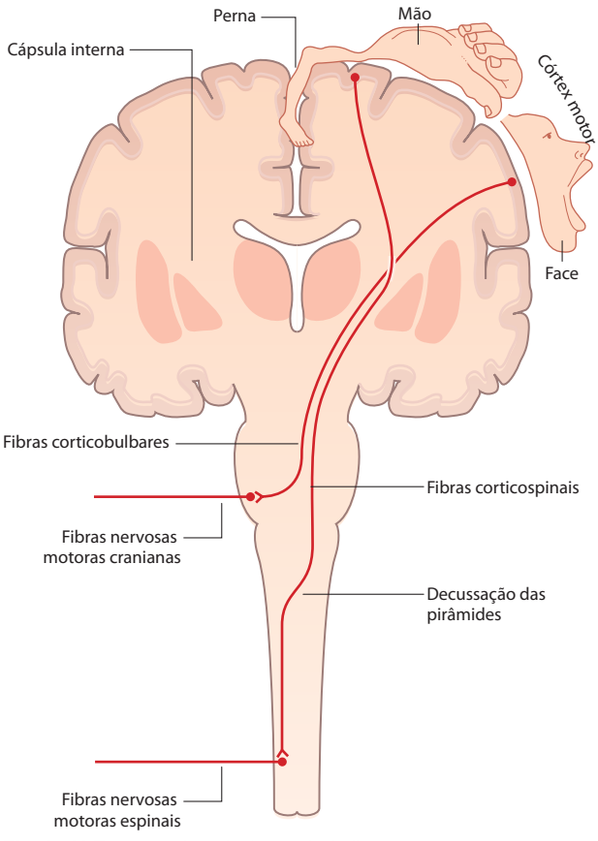


Fig. 15.11 Tratos corticospinal e corticobulbar.

as fibras musculares extrafusais dos músculos esqueléticos. Teoricamente, o termo "neurônio motor superior" designa coletivamente todas as fibras descendentes que têm impacto sobre a atividade dos neurônios motores inferiores. Na linguagem comum, porém, o termo equivale frequentemente ao trato corticospinal. Os termos lesão do neurônio motor superior e lesão do neurônio motor inferior são usados clinicamente para se distinguir, por exemplo, os efeitos de um acidente vascular encefálico na cápsula interna (uma típica lesão do neurônio motor superior) daqueles de uma doença dos neurônios motores (uma típica lesão do neurônio motor inferior).

As lesões do neurônio motor inferior causam paralisia ou paresia de músculos específicos, porque estes perdem sua inervação direta. Há também a perda ou redução da atividade reflexa dos tendões e uma redução do tônus muscular. Ocorrem contrações musculares espontâneas (fasciculações) e os músculos afetados se atrofiam com o tempo. As lesões do neurônio motor superior causam paralisia ou paresia dos movimentos em consequência da perda do controle superior. Há um aumento da atividade reflexa dos tendões e um aumento do tônus muscular, porém não há nenhuma atrofia muscular. Está presente um reflexo plantar (de Babinski) positivo. A combinação de paralisia, aumento da atividade reflexa tendínea e hipertonia é designada como espasticidade.

A fisiopatologia subjacente aos sintomas das lesões do neurônio motor superior é complexa. Isso ocorre porque existem muitas outras vias descendentes além do trato corticospinal, e essas vias também influenciam a atividade do neurônio motor inferior. Elas incluem projeções corticofugais para o tronco encefálico (p. ex., corticorreticular e corticopontina), que atravessam a cápsula interna, e numerosas vias que se originam do tronco encefálico propriamente dito (p. ex., reticulospinal, vestibulospinal). Essas vias podem ser claramente comprometidas em grau variável, dependendo do local da lesão. Seu envolvimento é considerado como sendo importante para os mecanismos fisiopatológicos que geram a espasticidade. Lesões puras do trato corticospinal, que são extremamente raras em seres humanos porque as fibras do trato corticospinal estão em relação íntima com outras vias durante a maior parte de seu trajeto, são consideradas especificamente como causadoras de déficits em movimentos fracionados delicados e como indutoras de reflexo plantar positivo.

Dois outros sistemas importantes que contribuem para o controle dos movimentos são os núcleos da base e o cerebelo. Os núcleos da base são um grupo de grandes núcleos subcorticais, sendo seus componentes principais o núcleo caudado, o putame e o globo pálido (Fig. 15.9; Cap. 22). Essas estruturas têm conexões importantes com o córtex cerebral, com alguns núcleos do tálamo e do subtálamo e com o tronco encefálico. Elas parecem estar envolvidas na seleção dos movimentos apropriados e na supressão daqueles que são inadequados. Os transtornos dos núcleos da base causam muito poucos movimentos (acinesia) ou movimentos involuntários anormais (discinesias), assim como tremor e anormalidades do tônus muscular. Os núcleos da base são por vezes descritos como fazendo parte do assim chamado "trato (motor) extrapiramidal". Esse termo é usado para se distinguir os efeitos de doenças dos núcleos da base daqueles de danos ao trato "piramidal" (corticospinal). Todavia, a elucidação progressiva da anatomia dos núcleos da base e da fisiopatologia dos transtornos motores revelou a estreita inter-relação funcional entre os dois "sistemas" e tornou praticamente obsoletos os termos que os distinguem (Brodal, 1981). O cerebelo (Cap. 20) tem ricas conexões com o tronco encefálico, especialmente os núcleos reticulares e vestibulares, e com o tálamo. Ele está ligado à coordenação dos movimentos: os transtornos cerebelares causam ataxia, tremor intencional e hipotonia.

PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO

A SNP é constituída principalmente de nervos espinais, nervos cranianos, seus gânglios e suas ramificações, que levam neurônios aferentes e eferentes entre a SNC e o restante do corpo. Ele inclui também a divisão autônoma da parte periférica do sistema nervoso, notadamente os troncos e gânglios simpáticos, e a divisão entérica da parte periférica do sistema nervoso, que é constituída de plexos de fibras nervosas e de corpos celulares na parede do trato alimentar.

NERVOS ESPINAIS

Os nervos espinais são os meios pelos quais a SNC recebe informações do tronco e dos membros e controla suas atividades. Os nervos espinais são considerados com detalhes em outro local numa base regional (Seções 5, 6, 8 e 9).

Em suma, há 31 pares de nervos espinais (8 cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais, 1 coccígeo), que contêm uma mistura de fibras sensoriais e motoras. Eles se originam da medula espinal como séries contínuas de radículas nervosas posteriores e anteriores. Grupos adjacentes de radículas se fundem formando raízes posteriores e anteriores, que se unem então formando os nervos espinais propriamente ditos. As raízes posteriores dos nervos espinais contêm fibras nervosas aferentes de corpos celulares localizados em gânglios da raiz posterior. Essas células emitem processos dirigidos tanto central como perifericamente e não têm sinapses em seu corpo celular. As raízes anteriores dos nervos espinais contêm fibras eferentes de corpos celulares localizados na substância cinzenta espinal. Elas incluem os neurônios motores que inervam os músculos esqueléticos e neurônios pré-ganglionares autônomos.

Os nervos espinais saem do canal vertebral por seus forames intervertebrais correspondentes. Eles se dividem então formando um grande ramo anterior (ventral) e um ramo posterior (dorsal) menor. Em termos gerais, o ramo anterior inerva os membros, juntamente com os músculos e a pele da parte anterior do tronco. O ramo posterior inerva os músculos pós-vertebrais e a pele das costas. As fibras nervosas nos ramos anteriores que servem os membros superiores e inferiores são redistribuídas em plexos cervicobraquial e lombossacral, respectivamente.

NERVOS CRANIANOS

Os nervos cranianos são os meios pelos quais o encéfalo recebe informações da cabeça e do pescoço e, em menor escala, das vísceras torácicas e abdominais, controlando suas atividades. As fibras componentes, sua via de saída da cavidade craniana, seu trajeto periférico subsequente, a distribuição e as funções dos nervos cranianos são considerados com detalhes em outro local numa base regional (Seções, 4, 7, 8). Sua origem, destino e suas conexões na SNC são considerados nesta seção.

Em suma, há 12 pares de nervos cranianos. Eles são designados e numerados (em algarismos romanos) individualmente numa sequência superoinferior (Tabela 15.1). Em contraste com os nervos espinais, apenas alguns nervos cranianos são mistos quanto à função, levando tanto fibras sensoriais quanto motoras. Outros são puramente sensoriais ou puramente motores. O primeiro nervo craniano (I; olfatório) tem uma linhagem antiga e deriva como precursor do hemisfério cerebral. Ele conserva sua posição singular através das conexões do bulbo olfatório e é o único nervo craniano sensorial que se projeta diretamente para o córtex cerebral, e não indiretamente através do tálamo. As áreas do córtex cerebral que recebem estímulos olfatórios têm uma organização celular primitiva e são parte integrante do lobo límbico, que está ligado aos aspectos emocionais do comportamento (Cap. 23). O segundo nervo craniano (II; óptico) consiste em axônios de neurônios visuais de segunda ordem que terminam no tálamo. Os outros 10 pares de nervos cranianos se fixam ao tronco encefálico e muitas de suas fibras componentes se originam dos núcleos dos nervos cranianos no tronco encefálico (Cap. 19) ou terminam nesses núcleos.

As fibras sensoriais em nervos espinais e cranianos individuais têm distribuições periféricas características, porém frequentemente superpostas. No que diz respeito à inervação da superfície corporal, a área que é suprida por um nervo espinal ou craniano específico é designada como dermátomo. Há uma superposição acentuada entre os dermátomos de nervos espinais adja-

Tabela 15.1 Resumo dos nervos cranianos

Nº	Nome	Componentes	Células de origem	Principais conexões centrais	Saída do crânio	Distribuição e ramos
I	Olfatório	Aferente somático especial	Células receptoras olfatórias na mucosa nasal	Com o bulbo olfatório, substância perfurada anterior, córtex piriforme	Foraminas da lâmina cribriforme	Olfato
II	Óptico	Aferente somático especial	Células ganglionares da retina	Com o núcleo geniculado lateral do tálamo, área pré-tectal do mesencéfalo	Canal óptico	Visão
III	Oculomotor	Eferente somático	Núcleo oculomotor	De áreas corticais visuais, fascículo longitudinal medial	Fissura orbital superior	Motor do m. reto medial, m. reto inferior, m. reto superior, m. oblíquo inferior, m. levantador da pálpebra superior
III	Oculomotor	Eferente visceral geral	Núcleo de Edinger-Westphal	De área pré-tectal do mesencéfalo	Fissura orbital superior	Parassimpático aos músculos esfíncter da pupila e ciliar, via gânglio ciliar, mediando a constricção pupilar e a acomodação
IV	Troclear	Eferente somático	Núcleo troclear	De áreas corticais visuais, fascículo longitudinal medial	Fissura orbital superior	Motor ao m. oblíquo superior
V	Divisões do trigêmeo					
	Oftálmico (Vi)	Aferente somático geral	Gânglio trigeminal (semilunar)	Com o núcleo sensorial do trigêmeo	Fissura orbital superior	Sensibilidade da fronte, couro cabeludo, pálpebras, nariz e olho, incluindo conjuntivas
	Maxilar (Vii)	Aferente somático geral	Gânglio trigeminal (semilunar)	Com o núcleo sensorial do trigêmeo	Forame redondo	Sensibilidade da parte média da face, pálpebra inferior, cavidade nasal e seios paranasais, lábio superior, dentes maxilares e palato
	Mandibular (Viii)	Aferente somático geral	Gânglio trigeminal (semilunar)	Com o núcleo sensorial do trigêmeo	Forame oval	Sensibilidade da parte inferior da face e do couro cabeludo, língua e assoalho da boca, dentes mandibulares e parte do ouvido externo
		Aferente somático geral	Parte mesencefálica do núcleo sensorial do trigêmeo	Com o núcleo sensorial do trigêmeo, cerebelo	Forame oval	Propriocepção dos músculos da mastigação, articulação temporomandibular
	Mandibular (Viii)	Eferente branquial (visceral especial)	Núcleo motor do trigêmeo	Do giro pré-central	Forame oval	Motor aos músculos da mastigação (m. temporal, m. masseter, pterigoides medial e lateral) e ao tensor do tímpano
VI	Abducente	Eferente somático	Núcleo abducente	De áreas corticais visuais, fascículo longitudinal medial	Fissura orbital superior	Motor ao m. reto lateral
VII	Facial	Aferente somático geral	Gânglio geniculado	Com o núcleo sensorial do trigêmeo, cerebelo	Meato acústico interno	Sensibilidade de parte da membrana timpânica, meato acústico externo e pele atrás da aurícula. Propriocepção de músculos faciais
VII	Facial	Aferente visceral especial	Gânglio geniculado	Com o núcleo solitário	Meato acústico interno	Paladar dos dois terços anteriores da língua
VII	Facial	Aferente visceral geral	Núcleo salivatório superior	De áreas olfatórias, núcleo solitário	Meato acústico interno	Parassimpático à glândula lacrimal, à membrana mucosa das cavidades nasal e oral (via gânglio pterigopalatino) e às glândulas salivares submandibulares e sublinguais (via gânglio submandibular), causando secreção e vasodilatação
VII	Facial	Eferente branquial (visceral especial)	Núcleo facial	Do giro pré-central	Meato acústico interno	Motor aos músculos da expressão facial, m. estapédio, ventre posterior do m. digástrico e m. estilo-hióideo
VIII	Vestibulococlear					
	Divisão vestibular	Aferente somático especial	Gânglio vestibular	Com os núcleos vestibulares, cerebelo	Meato acústico interno	Sensibilidade de equilíbrio e movimento
	Divisão coclear	Aferente somático especial	Gânglio espiral	Com os núcleos cocleares	Meato acústico interno	Audição
IX	Glossofaríngeo	Aferente visceral geral	Gânglios glossofaríngeos	Com o núcleo sensorial do trigêmeo	Forame jugular	Sensibilidade geral do terço posterior da língua, orofaringe e ouvido médio
IX	Glossofaríngeo	Aferente visceral geral	Gânglios glossofaríngeos	Com o núcleo solitário	Forame jugular	Sensibilidade do corpo carotídeo (quimiorreceptores) e seio carotídeo (barorreceptores)
IX	Glossofaríngeo	Aferente visceral especial	Gânglios glossofaríngeos	Com o núcleo solitário	Forame jugular	Paladar do terço posterior da língua
IX	Glossofaríngeo	Eferente visceral geral	Núcleo salivatório inferior	De áreas olfatórias, núcleo solitário	Forame jugular	Parassimpático à glândula salivar parótida (via gânglio ótico), causando secreção e vasodilatação
IX	Glossofaríngeo	Eferente branquial (visceral especial)	Núcleo ambíguo	Do giro pré-central	Forame jugular	Motor ao m. estilofaríngeo
X	Vago	Aferente somático geral	Gânglio superior (jugular)	Com o núcleo sensorial do trigêmeo	Forame jugular	Sensibilidade geral da faringe, laringe, traqueia, esôfago, parte da aurícula e do meato auditivo externo
X	Vago	Aferente visceral geral	Gânglio inferior (nodoso)	Com o núcleo solitário	Forame jugular	Sensibilidade de vísceras torácicas e abdominais Sensibilidade do arco aórtico (barorreceptores e dos corpos aórticos (quimiorreceptores)
X	Vago	Eferente visceral geral	Núcleo motor dorsal do vago	Do hipotálamo, núcleo solitário	Forame jugular	Parassimpático a glândulas e músculos lisos na faringe, laringe; vísceras torácicas e abdominais
X	Vago	Eferente branquial (visceral especial)	Núcleo ambíguo	Do giro pré-central, núcleos sensoriais do tronco encefálico	Forame jugular	Motor a músculos estriados faríngeos, laríngeos externos e do esôfago
XI	Acessório					
	Raiz craniana	Eferente branquial (visceral especial)	Núcleo ambíguo	Do giro pré-central, núcleos sensoriais do tronco encefálico	Forame jugular	Motor a músculos do palato mole e músculos intrínsecos da laringe (distribuído pelo vago)
	Raiz espinal	Eferente branquial (visceral especial)	Segmentos medulares espinais C1-C5	Do giro pré-central	Forame jugular	Motor ao m. esternocleidomastoide e m. trapézio
XII	Hipoglosso	Eferente somático	Núcleo hipoglosso	Do giro pré-central	Canal hipoglosso	Motor a todos os músculos intrínseos e extrínsecos da língua, exceto o palatoglosso

Chave

- *Aferente somático geral*
- *Aferente somático especial*
- *Aferente visceral geral*
- *Aferente visceral especial*
- *Eferente somático*
- *Eferente visceral geral*
- *Eferente branquial (visceral especial)*

centes, especialmente nos segmentos menos afetados pelo desenvolvimento dos membros, ou seja, do segundo torácico ao primeiro lombar. Em algumas regiões, como, por exemplo, a parede anterossuperior do tórax, os nervos cutâneos que suprem as áreas adjacentes não são de nervos espinais consecutivos e a superposição é mínima. Os mapas da distribuição dos dermátomos são úteis na neurologia clínica para identificar a localização da patologia em pacientes com déficits sensoriais periféricos. Os mapas dos dermátomos são relatados de maneira inconsistente por diferentes autores, refletindo o fato de que os mapas são construções compostas que foram compilados em grande parte por observações clínicas em pacientes portadores de patologias de nervos cranianos ou espinais (Fig. 15.12). Mapas detalhados dos dermátomos são descritos numa base regional (Caps. 42, 45, 79). Os axônios motores de nervos espinais e cranianos individuais tendem a inervar grupos anatômica e funcionalmente relacionados a músculos esqueléticos, que são designados como miótomos.

DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO

A divisão autônoma do sistema nervoso constitui o componente visceral do sistema nervoso. Ela consiste em neurônios localizados tanto na SNC como na SNP e que estão ligados ao controle do ambiente interno pela inervação de glândulas secretoras, músculo cardíaco e músculos lisos. Suas funções são, porém, estreitamente integradas àquelas da divisão somática do sistema nervoso.

As vias aferentes viscerais se assemelham até certo ponto às vias aferentes somáticas. Os processos periféricos dos aferentes viscerais passam por gânglios ou plexos autônomos, e possivelmente por nervos somáticos. Seus corpos celulares de origem são os neurônios unipolares localizados em gânglios sensoriais cranianos ou em gânglios da raiz posterior. Seus processos centrais acompanham as fibras aferentes somáticas através dos nervos cranianos ou das raízes espinais posteriores até a SNC, onde estabelecem conexões que medeiam os reflexos autônomos e a sensação visceral.

As vias eferentes viscerais diferem de seus equivalentes somáticos porque as primeiras são interrompidas por sinapses periféricas, havendo uma sequência de pelo menos dois neurônios entre a SNC e a estrutura-alvo (Fig. 15.13). Esses neurônios são designados como neurônios pré-ganglionares e pós-ganglionares, respectivamente. Os corpos celulares (somas) dos neurônios pré-ganglionares estão localizados nos núcleos eferentes viscerais do tronco encefálico e nas colunas cinzentas laterais da medula espinal. Seus axônios, que são em geral finamente mielinizados, saem da SNC através de alguns nervos cranianos e espinais e passam então para os gânglios periféricos, nos quais fazem sinapse com neurônios pós-ganglionares. Os axônios dos neurônios pós-ganglionares geralmente não são mielinizados. Os neurônios pós-ganglionares são mais numerosos que os pré-ganglionares. Um neurônio pré-ganglionar pode fazer sinapse com 15 a 20 neurônios pós-ganglionares, o que permite a distribuição ampla de muitos efeitos autônomos.

A divisão autônoma do sistema nervoso é separada em três partes principais: simpática, parassimpática e entérica. Essas partes diferem quanto à organização e à estrutura, mas são funcionalmente integradas. Muitas das estruturas inervadas pela divisão autônoma do sistema nervoso, porém não todas elas, recebem fibras tanto simpáticas quanto parassimpáticas, enquanto a parte entérica da divisão autônoma do sistema nervoso constitui uma rede de neurônios intrínsecos da parede do trato gastrointestinal.

Por muito tempo, dois dogmas foram muito prevalentes: de que as partes simpática e parassimpática da divisão autônoma do sistema nervoso são antagonistas funcionais (porque a ativação de seus respectivos eferentes tem ações opostas sobre as estruturas-alvo); e que as reações simpáticas são respostas em massa, enquanto as reações parassimpáticas são em geral mais localizadas. Um conceito mais preciso é de que os dois conjuntos de neurônios constituem um sistema integrado para a regulação neural coordenada de funções viscerais e homeostáticas. Além disso, embora possa ocorrer a ativação generalizada da parte simpática do sistema nervoso, como, por exemplo, em associação ao medo ou à raiva, reconhece-se que tal parte também é passível de ativação discreta. Em geral, a atividade simpática acarreta a constricção de artérias cutâneas (aumentando o suprimento vascular ao coração, a músculos e ao encéfalo), aceleração cardíaca, um aumento na pressão arterial, contração de esfíncteres e depressão do peristaltismo, todos os quais mobilizam as reservas corporais de energia para trabalhar com atividade aumentada. A atividade parassimpática acarreta na bradicardia e em aumento na atividade glandular e peristáltica

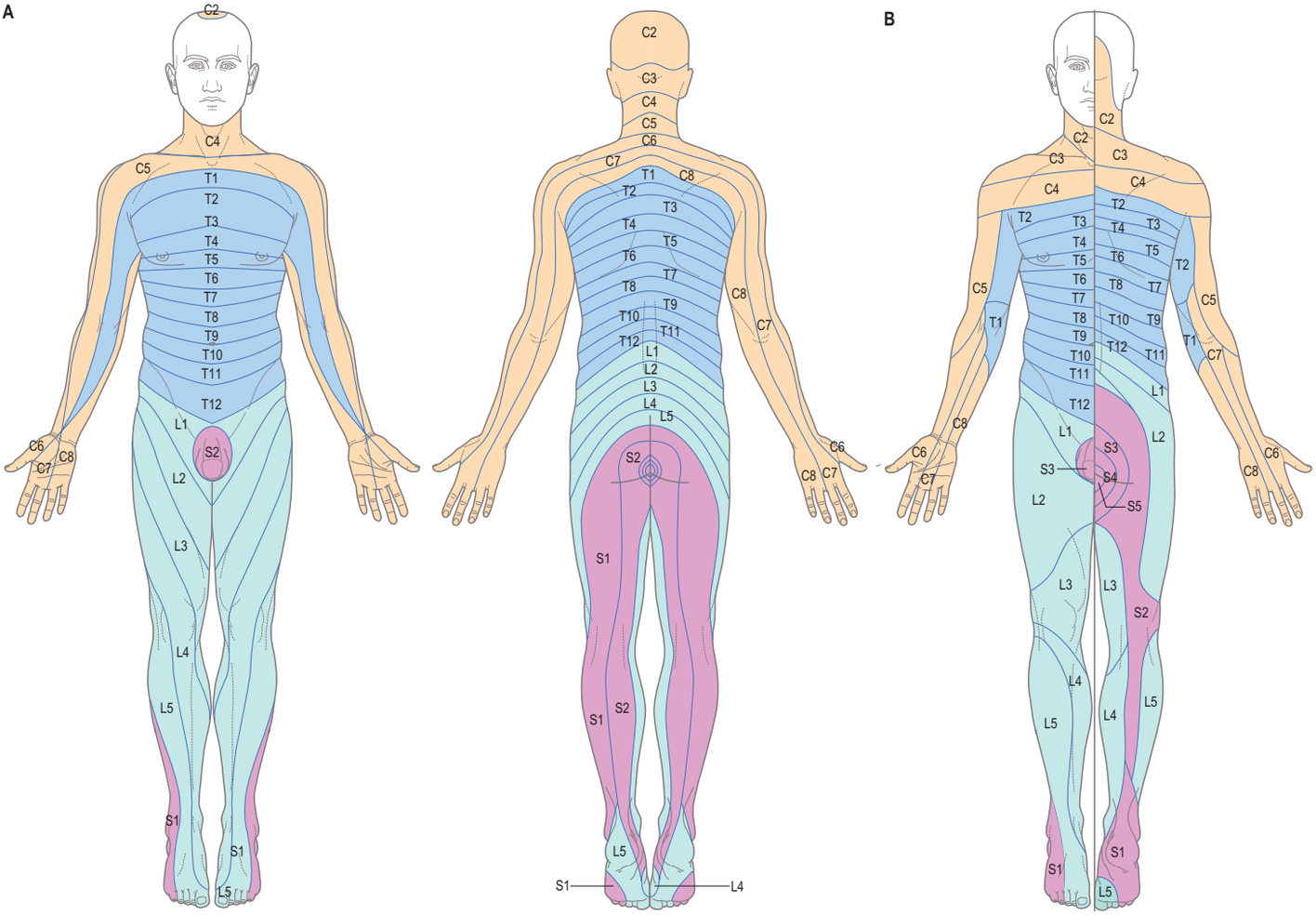


Fig. 15.12 Mapas dos dermátomos mostrando a variação relatada por diferentes autores. **A,** Mapa dos dermátomos baseado em Keegan JJ, Garrett FD 1948 The segmental distribution of the cutaneous nerves in the limbs of man. Anat Rec 102: 409-439. Usado principalmente na literatura dos EUA. **B,** Mapa dos dermátomos baseado em Moffat DB 1993 Lecture Notes on Anatomy, 2nd edn. Oxford: Blackwell Scientific. Usado principalmente na literatura do Reino Unido.

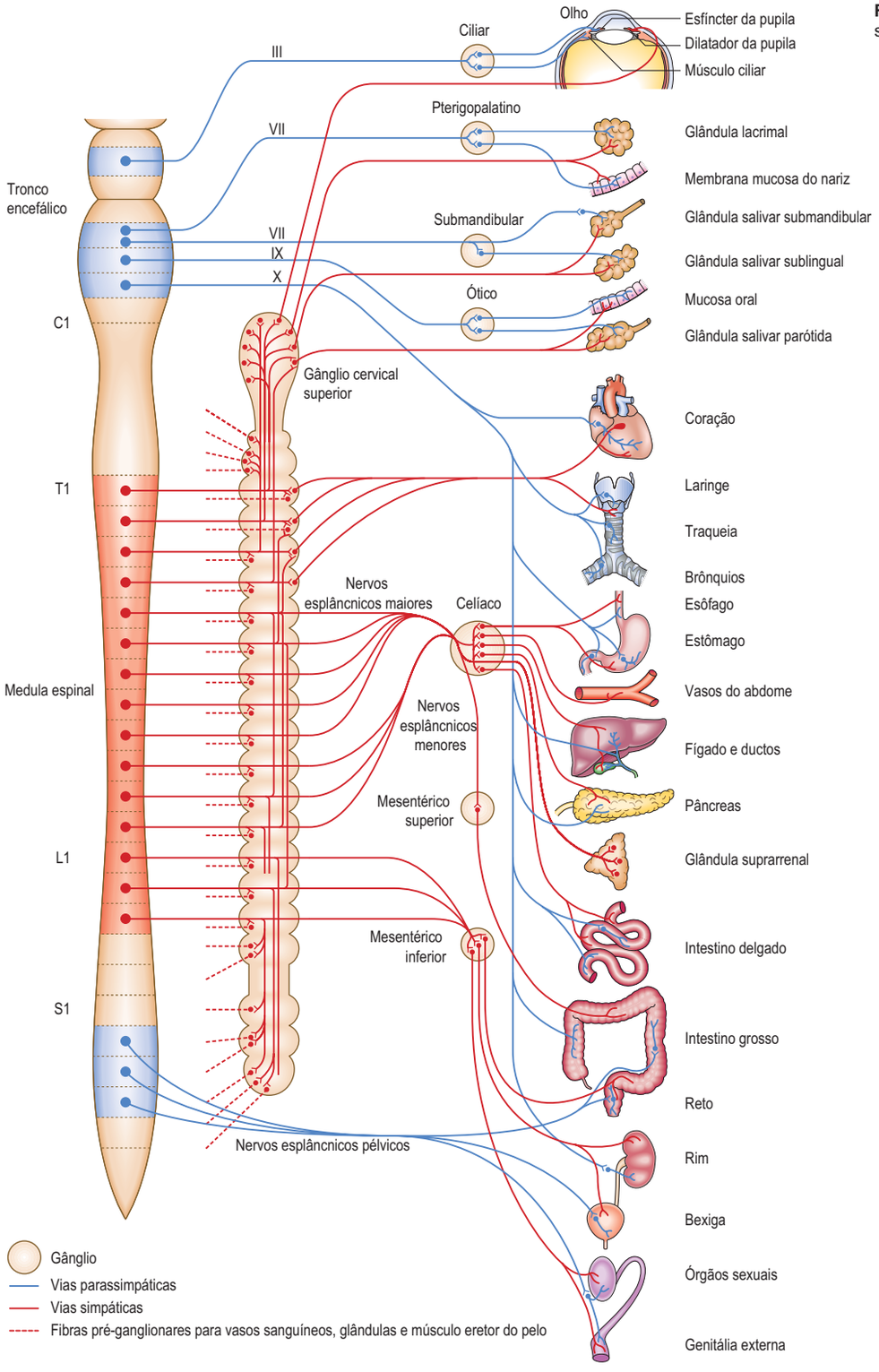


Fig. 15.13 Vias eferentes da divisão autônoma do sistema nervoso.

intestinal, o que pode ser considerado como conservadora das reservas corporais de energia.

A atividade autônoma não é iniciada ou controlada unicamente pelas conexões reflexas das vias aferentes viscerais gerais, nem os impulsos nessas vias ativam necessariamente aferentes viscerais gerais. Em muitas situações que exigem uma atividade simpática geral, por exemplo, o deflagrador é somático e se origina tipicamente dos sentidos especiais ou da pele. Elevações da pressão arterial e dilatação pupilar podem ocorrer em consequência da estimulação de receptores somáticos na pele e em outros tecidos. A atividade autônoma periférica é integrada em níveis superiores no tronco encefálico e no encéfalo, incluindo diversos núcleos da formação reticular do tronco encefálico, tálamo e hipotálamo, o lobo límbico e o neocórtex pré-frontal, juntamente com as vias ascendentes e descendentes que interligam essas regiões.

O conceito clássico da neurotransmissão autônoma é que os neurônios pré-ganglionares tanto do sistema simpático como do parassimpático são colinérgicos e que os neurônios pós-ganglionares parassimpáticos também são colinérgicos, enquanto aqueles da parte simpática do sistema nervoso são noradrenérgicos. A descoberta de neurônios que não conduzem acetilcolina nem noradrenalina (norepinefrina) como seu transmissor primário e o reconhecimento nos nervos autônomos de uma multiplicidade de substâncias que satisfazem os critérios de um neurotransmissor ou neuromodulador complicaram muito os conceitos neurofarmacológicos da divisão autônoma do sistema nervoso. Assim, a adenosina 5´-trifosfato (ATP), numerosos peptídeos e o óxido nítrico foram todos apontados como participantes dos mecanismos da sinalização celular na divisão autônoma do sistema nervoso. Os principais cotransmissores em nervos simpáticos são a ATP e o neuropeptídeo Y; em nervos parassimpáticos, o polipeptídeo intestinal vasoativo (PIV); e em nervos entéricos, a ATP, o PIV e a substância P.

DIVISÃO SIMPÁTICA DO SISTEMA NERVOSO

Os troncos simpáticos são dois cordões nervosos ganglionares que se estendem de cada lado da coluna vertebral desde a base do crânio até o cóccix (Cap. 55). Os gânglios se unem aos nervos espinais por curtos nervos de ligação denominados ramos comunicantes brancos e cinzentos. Os axônios pré-ganglionares se unem ao tronco pelos ramos comunicantes brancos, enquanto os axônios pós-ganglionares saem do tronco do corpo pelos ramos cinzentos. No pescoço, cada tronco simpático se situa posteriormente à bainha carotídea e anteriormente aos processos transversos das vértebras cervicais. No tórax, os troncos nervosos se situam anteriormente às cabeças das costelas; no abdome, eles se encontram anterolaterais aos corpos das vértebras lombares e, na pele, eles estão anteriormente ao sacro e medialmente aos forames sacrais anteriores. Os dois troncos se encontram anteriormente ao cóccix num gânglio terminal mediano único. Os gânglios simpáticos cervicais se reduzem geralmente a três por fusão. O nervo carotídeo interno, uma continuação do tronco simpático, sai do polo craniano do gânglio superior e acompanha a artéria carótida interna através de seu canal para dentro da cavidade craniana. Há de 10 a 12 gânglios torácicos (comumente 11), 4 gânglios lombares, e 4 ou 5 gânglios na região sacra.

Os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares simpáticos se localizam na coluna lateral da substância cinzenta espinal de todos os segmentos torácicos e dos três ou quatro segmentos lombares superiores (Fig. 15.14). Seus axônios são mielinizados e têm diâmetro entre 1,5-4 μm. Eles deixam a medula espinal através das raízes nervosas anteriores correspondentes e passam aos nervos espinais, mas logo saem por ramos brancos comunicantes e se unem ao tronco simpático (Fig. 15.15). Neurônios como aqueles na coluna cinzenta lateral existem em outros níveis da medula espinal, acima e abaixo da vazão toracolombar, e um número pequeno de suas fibras sai pelas raízes anteriores. Os neurônios pré-ganglionares simpáticos liberam acetilcolina como seu principal neurotransmissor.

Ao chegar ao tronco simpático, as fibras pré-ganglionares se comportam de diversas maneiras (Fig. 15.15). Elas podem fazer sinapse com neurônios no gânglio mais próximo ou atravessar esse gânglio e subir ou descer pela cadeia simpática para terminar em outro gânglio. Uma fibra pré-ganglionar pode terminar num gânglio único ou, por ramos colaterais, fazer sinapse com neurônios em vários gânglios. As fibras pré-ganglionares podem atravessar o gânglio mais próximo, subir ou descer e, sem fazer sinapse, emergir num dos ramos mais medialmente dirigidos do tronco simpático e fazer sinapse nos gânglios de plexos autônomos (situados principalmente na linha mediana, p. ex., em torno das artérias celíacas e mesentéricas). Mais de uma fibra pré-ganglionar pode fazer sinapse com um único neurônio pós-ganglionar. De maneira singular, a glândula suprarrenal é inervada por neurônios pré-ganglionares simpáticos que atravessam o tronco simpático e o gânglio celíaco sem fazer sinapse.

Os corpos celulares dos neurônios pós-ganglionares simpáticos estão localizados principalmente em gânglios do tronco simpático ou em gânglios de plexos mais periféricos. Os axônios dos neurônios pós-ganglionares, portanto, são geralmente mais longos que os dos neurônios pré-ganglionares, sendo exceções alguns daqueles que inervam as vísceras pélvicas. Eles se distribuem pelos órgãos-alvo de diversas maneiras. Aqueles de um gânglio no tronco simpático podem retornar ao nervo espinal de origem pré-ganglionar através de um ramo comunicante cinzento, que geralmente se une ao nervo num ponto imediatamente proximal ao ramo branco, e são distribuídos então por ramos espinais anteriores e posteriores a vasos sanguíneos, glândulas sudoríparas, pelos etc. na zona por eles suprida. As áreas segmentares variam quanto à extensão e se superpõem consideravelmente. O grau de inervação de diferentes sistemas efetores, como, por exemplo, vasomotores, sudomotores etc., por um nervo específico pode não ser o mesmo. Como alternativa, as fibras pós-ganglionares podem seguir num ramo medial de um gânglio diretamente para vísceras específicas, inervar vasos sanguíneos adjacentes ou passar externamente junto a eles em sua distribuição periférica. Elas podem ascender ou descer antes de sair do tronco simpático, conforme descrito anteriormente. Muitas fibras são distribuídas ao longo de artérias e ductos como plexos a efetores distantes.

O principal neurotransmissor liberado pelos neurônios pós-ganglionares simpáticos é a noradrenalina. O sistema simpático tem distribuição muito mais ampla que o parassimpático. Ele inerva todas as glândulas sudoríparas, os músculos eretores dos pelos, o coração, os pulmões e a árvore brônquica, as vísceras abdominopélvicas, o esôfago, os músculos da íris e os músculos não estriados do trato urogenital, das pálpebras e de outros locais.

As fibras pós-ganglionares simpáticas que retornam aos nervos espinais são vasoconstritoras para os vasos sanguíneos, secretomotoras para as glândulas sudoríparas, e motoras para os músculos eretores do pelo em seus dermátomos. Aquelas que acompanham os nervos motores até os músculos voluntários são provavelmente apenas dilatadoras. Muitos nervos periféricos, se não todos eles, contêm fibras pós-ganglionares simpáticas. Aquelas fibras que chegam até as vísceras estão ligadas à vasoconstricção geral, dilatações brônquica e bronquiolar, modificação da secreção glandular, dilatação pupilar, inibição da contração de músculos alimentares etc. Uma única fibra pré-ganglionar provavelmente faz sinapse com os neurônios pós-ganglionares em apenas um sistema efetor, o que significa que efeitos como ações sudomotoras e vasomotoras podem ser distintos.

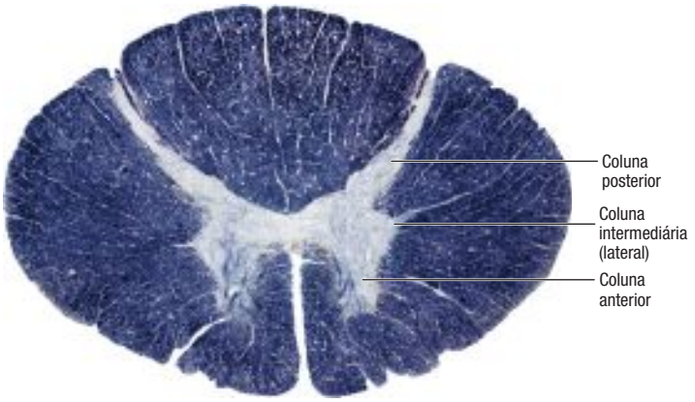


Fig. 15.14 Corte transversal através da medula espinal torácica mostrando a coluna lateral, na qual estão localizados os neurônios pré-ganglionares simpáticos. (Figura realçada por B Crossman.)

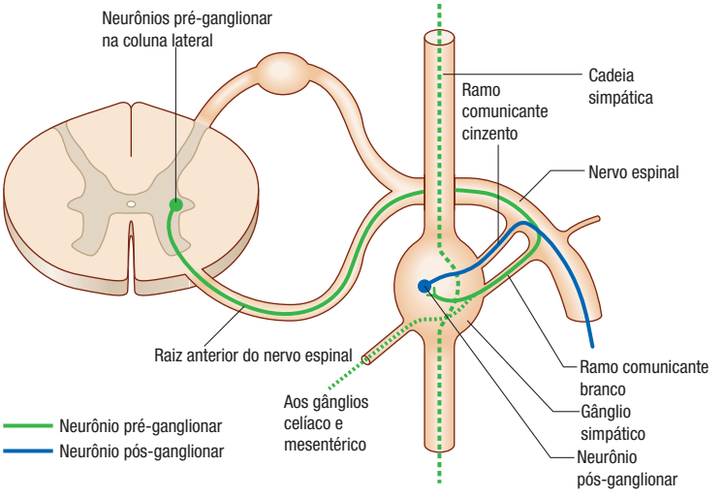


Fig. 15.15 Relação entre nervos espinais e o tronco simpático.

DIVISÃO PARASSIMPÁTICA DO SISTEMA NERVOSO

Os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares parassimpáticos estão localizados nos núcleos de alguns nervos cranianos no tronco encefálico (Fig. 19.1) e na substância cinzenta do segundo ao quarto segmentos sacrais da medula espinal. As fibras eferentes, que são mielinizadas, emergem da SNC somente pelo III, VII, IX e X nervos cranianos e pelo segundo ao quarto nervos espinais sacrais. Os neurônios pré-ganglionares parassimpáticos são colinérgicos.

Os corpos celulares dos neurônios pós-ganglionares parassimpáticos estão situados principalmente distantes da SNC, seja em gânglios discretos localizados próximo às estruturas inervadas, seja dispersos nas paredes das vísceras. Na parte craniana da divisão parassimpática, há quatro pequenos gânglios periféricos – os gânglios ciliar, pterigopalatino, submandibular e ótico –, que são todos descritos numa base regional na Seção 4. Estes são apenas gânglios parassimpáticos eferentes, ao contrário dos gânglios trigeminal, facial, glossofaríngeo e vago, todos ligados exclusivamente a impulsos aferentes e que contêm os corpos celulares de neurônios sensoriais. Os gânglios parassimpáticos cranianos também são atravessados por fibras aferentes, fibras simpáticas pós-ganglionares e, no caso do gânglio ótico, até mesmo por fibras eferentes branquiais; nenhuma dessas fibras faz sinapse nos gânglios. As fibras parassimpáticas pós-ganglionares geralmente não são mielinizadas e são mais curtas que seus correspondentes na divisão simpática, porque os gânglios em que as fibras parassimpáticas fazem sinapse estão nas vísceras que elas suprem ou próximo delas. Os neurônios parassimpáticos pós-ganglionares são colinérgicos.

PARTE ENTÉRICA DO SISTEMA NERVOSO E NEURÔNIOS INTRÍNSECOS

Muitos gânglios autônomos periféricos contêm neurônios derivados da crista neural durante o desenvolvimento embrionário que são anatomicamente distintos dos neurônios simpáticos e parassimpáticos clássicos. As conexões entre esses neurônios intrínsecos permitem que eles mantenham e modulem atividades viscerais por mecanismos reflexos locais. A parte entérica do sistema nervoso consiste em milhões de neurônios e de células gliais entéricas agrupados em plexos ganglionados situados na parede do trato gastrointestinal: gânglios contendo corpos celulares neuronais e glia estão ligados por feixes de axônios, formando plexos mioentéricos e submucosos que se estendem do esôfago até o esfíncter anal (Caps. 3 e 60). Esses circuitos intrínsecos medeiam inúmeras funções reflexas, incluindo as contrações dos estratos musculares lisos do trato gastrointestinal, a secreção do ácido gástrico, o transporte intestinal de água e eletrólitos, e a regulação do fluxo sanguíneo da mucosa. Embora haja interações complexas entre as partes entérica, simpática e parassimpática do sistema nervoso, a parte entérica é capaz de manter a atividade reflexa local independentemente da SNC.

Como os neurônios intrínsecos sobrevivem após a secção dos nervos extrínsecos simpáticos e parassimpáticos, os órgãos que são transplantados não ficam efetivamente denervados. A separação de sua estimulação autônoma muitas vezes não tem um impacto evidente sobre os músculos não estriados ou as glândulas inervadas por fibras autônomas: a contração pode não ser afetada e podem não sobrevir alterações estruturais. Isso foi atribuído à atividade continuada de plexos locais ou à atividade intrínseca de músculos viscerais. Em alguns casos importantes, porém, a denervação acarreta de fato a cessação da atividade, por exemplo, em glândulas sudoríparas, músculos pilomotores, músculos não estriados orbitais e na medula suprarrenal.

VIAS AFERENTES VISCERAIS

As fibras aferentes viscerais gerais das vísceras e dos vasos sanguíneos acompanham suas correspondentes eferentes e constituem os processos periféricos de corpos celulares unipolares localizados em alguns gânglios de nervos cranianos e da raiz posterior. Elas estão contidas nos nervos vago, glossofaríngeo e possivelmente outros nervos cranianos; no segundo ao quarto nervos espinais sacrais, distribuídos com os nervos esplâncnicos pélvicos; e em nervos espinais torácicos e lombares superiores, distribuídos por ramos comunicantes e ao longo da inervação simpática eferente de vísceras e vasos sanguíneos.

Os corpos celulares das fibras eferentes viscerais gerais do nervo vago estão nos gânglios vagais superior e inferior. Seus processos periféricos se distribuem a terminais nas paredes faríngeas e esofágicas nos quais, agindo em sinergismo com aferentes viscerais do nervo glossofaríngeo na faringe, eles estão ligados aos reflexos de deglutição. Os aferentes do nervo vago também são considerados como responsáveis pela inervação das glândulas tireoide e paratireoides. No coração, os aferentes do nervo vago inervam as paredes dos grandes vasos, os corpos aórticos e os receptores de pressão, onde são estimulados pelo aumento da pressão intravascular. Nos pulmões, eles são distribuídos pelos plexos pulmonares. Eles suprem a mucosa brônquica, na qual estão provavelmente envolvidos nos reflexos da tosse; os músculos brônquicos, nos quais eles circundam os miócitos e terminam entrelaçados, sendo por vezes considerados como fusos musculares e estimulados por alterações no comprimento dos miócitos; o tecido conectivo interalveolar, em que suas terminações semelhantes a "puxadores de portas", juntamente com os terminais nos miócitos, podem provocar reflexos de Hering-Breuer; a adventícia das artérias pulmonares, onde eles podem ser receptores de pressão; e a íntima das veias pulmonares, em que podem ser quimiorreceptores. As fibras aferentes viscerais do nervo vago também terminam nas paredes gástrica e intestinal, nas glândulas digestivas e nos rins. As fibras que terminam no intestino e em suas alças respondem à distensão ou à contração. Os impulsos gástricos podem provocar sensações de fome e de náusea.

Os corpos celulares das fibras aferentes viscerais gerais estão nos gânglios glossofaríngeos. Seus processos periféricos inervam a região posterior da língua, as tonsilas e a faringe, mas não inervam as papilas gustativas. Eles também inervam o seio e o corpo carotídeos, que contêm receptores sensíveis à tensão e a alterações na composição química do sangue. Os impulsos provenientes desses receptores são essenciais para os reflexos circulatórios e respiratórios.

As fibras aferentes viscerais que entram na medula espinal através das raízes nervosas espinais terminam na substância cinzenta espinal. Os processos centrais das fibras aferentes do nervo vago e glossofaríngeo terminam no núcleo do vago ou no núcleo solitário do bulbo. Os aferentes viscerais estabelecem conexões na SNC que medeiam os reflexos autônomos. Além disso, os impulsos aferentes medeiam provavelmente sensações viscerais como fome, náusea, excitação sexual, distensão vesical etc. As fibras nervosas aferentes viscerais de dor podem seguir essas vias. Embora as vísceras sejam insensíveis a corte, esmagamento ou queimadura, a tensão excessiva nos músculos lisos e algumas condições patológicas produzem dores viscerais. Nas doenças viscerais, dores vagas podem ser sentidas nas proximidades da própria víscera (dor visceral) ou numa área cutânea, ou num outro tecido cujos aferentes somáticos entrem em segmentos medulares espinais recebendo aferentes da víscera, um fenômeno designado como dor referida. Se uma inflamação se disseminar de uma víscera doente para a serosa parietal adjacente (p. ex., o peritônio), os aferentes somáticos vão ser estimulados, causando uma dor somática local, que é comumente espasmódica. A dor referida se associa comumente à hipersensibilidade cutânea local.

As fibras aferentes em nervos esplâncnicos pélvicos inervam vísceras pélvicas e a parte distal do colo do intestino. Os receptores vesicais estão bem disseminados em estratos musculares que se associam a fibras espessamente mielinizadas e são considerados como sendo receptores extensores, ativados possivelmente pela contração. As fibras aferentes sensoriais (de dor) da bexiga e da uretra proximal passam tanto pelos nervos esplâncnicos pélvicos como pelo plexo hipogástrico inferior, nervos hipogástricos, plexo hipogástrico superior e nervos esplâncnicos lombares para chegar a seus corpos celulares em gânglios das raízes espinais posteriores torácicas inferiores e lombares superiores. Não se tem certeza quanto à significância dessa dupla via sensorial. As lesões da cauda equina abolem a dor pela distensão vesical excessiva, mas a secção hipogástrica é ineficaz. As fibras aferentes sensoriais de dor provenientes do útero passam pelo plexo hipogástrico e por nervos esplâncnicos lombares para chegar aos corpos neuronais (somas) nos gânglios espinais torácicos inferiores e lombares superiores e a divisão hipogástrica pode aliviar a dismenorreia. As fibras aferentes do colo uterino passam pelos nervos esplâncnicos pélvicos para chegar a seu corpo celular (soma) em gânglios espinais sacrais superiores; a distensão do colo uterino causa dor, mas o mesmo não ocorre com a cauterização e a excisão por biópsia.

De modo geral, as fibras aferentes que acompanham as fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares simpáticas têm um arranjo segmentar e terminam em segmentos medulares espinais a partir dos quais as fibras pré-ganglionares inervam a região ou a víscera específica. Os aferentes viscerais gerais que entram em segmentos espinais torácicos e lombares superiores estão ligados principalmente à dor. Os impulsos nociceptivos da faringe, esôfago, estômago, intestino, rins, ureter, vesícula biliar e ductos biliares parecem ser levados por vias simpáticas. Os impulsos nociceptivos cardíacos entram na medula espinal pelo primeiro ao quinto nervos espinais torácicos, principalmente pelos nervos cardíacos médios e inferiores, mas algumas fibras passam

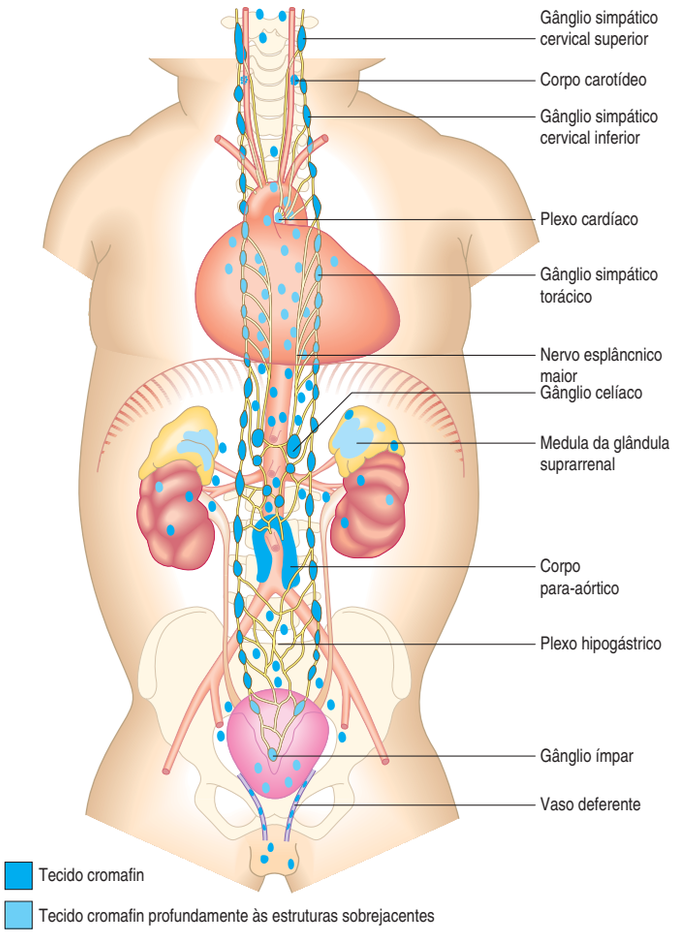


Fig. 15.16 Os principais agregados de tecido cromafin "clássico" em neonatos humanos. Os agregados num pontilhado azul se situam profundamente às estruturas sobrejacentes.

diretamente aos nervos espinais. Diz-se que não há aferentes viscerais gerais nos nervos cardíacos superiores. Perifericamente, as fibras passam pelos plexos cardíacos e ao longo das artérias coronárias. A anóxia miocárdica pode provocar sintomas de angina de peito, cuja dor é tipicamente retroesternal, e também é referida a grande parte do tórax esquerdo, e se irradia para o ombro esquerdo, a face medial do braço esquerdo, ao longo do lado esquerdo do pescoço até a região maxilar e a região occipital, e inferiormente até o epigástrio. As fibras aferentes cardíacas são levadas por ramos cardíacos do nervo vago e estão associadas à depressão reflexa da atividade cardíaca. As fibras de dor ureterais, também seguindo com as fibras simpáticas, estão presumivelmente envolvidas nas intensas cólicas renais que ocorrem após a obstrução por nefrolitíases (cálculos). As fibras aferentes do testículo e do ovário passam pelos plexos correspondentes para chegar a corpo neuronal no 10º e no 11º gânglios da raiz posterior.

Algumas fibras nervosas aferentes primárias, que têm seu corpo celular em gânglios cranianos e em gânglios da raiz posterior, também têm uma função eferente (os assim chamados nervos sensitivomotores). Já foi reconhecida a importância da regulação por nervos sensitivomotores em muitos órgãos, como o intestino, os pulmões, o coração e os vasos sanguíneos. Embora muitos desses nervos sejam presumivelmente sensoriais, alguns deles foram designados como sensitivomotores por liberarem transmissores de suas terminações periféricas durante o reflexo axônico e terem um papel motor e não sensorial. As principais substâncias liberadas dessa maneira são a substância P, o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (PRGC) e a ATP. Elas agem sobre as células-alvo produzindo diversas ações biológicas, que incluem vasodilatação, aumento da permeabilidade venular, alterações na contratilidade de músculos lisos, degranulação de mastócitos e vários efeitos sobre leucócitos e fibroblastos, um processo designado coletivamente como "inflamação neurogênica". A liberação local dessas substâncias pode ter um papel trófico na manutenção da integridade tecidual e no reparo desta em resposta a lesões.

PARAGÂNGLIOS

Os paragânglios são agregados extrassuprarrenais de tecido cromafin distribuídos nas proximidades ou no interior da parte autônoma do sistema nervoso (Fig. 15.16). Células como aquelas nos paragânglios ocorrem também nos gânglios simpáticos de várias vísceras e em vários locais retroperitoneais e mediastinais. Todas elas derivam da crista neural e todas elas sintetizam e armazenam catecolaminas. Suas funções diferem com a localização: algumas células agem como interneurônios; outras, como fontes de secreção neuroendócrina. A liberação paraganglionar de catecolaminas ocorre principalmente em resposta a estímulos químicos e não neurais, por exemplo, na medula da glândula suprarrenal. O tecido cromafin extrassuprarrenal é proeminente no feto e age como a principal fonte de catecolaminas enquanto a medula da glândula suprarrenal se encontra imatura. Embora muitos paragânglios degenerem logo após o nascimento, outros persistem até a idade adulta, frequentemente como paragânglios microscópicos.

Os paragânglios são bem vascularizados e suas células secretoras estão geralmente próximas de um ou mais capilares fenestrados. Muitos deles têm inervação simpática e agem como órgãos endócrinos, como, por exemplo, as células cromafins medulares das glândulas suprarrenais. Outros se associam à divisão parassimpática do sistema nervoso e suas secreções têm provavelmente atividades sobre terminações nervosas locais, por exemplo, o corpo carotídeo. Os paragânglios produzem peptídeos reguladores, especialmente encefalinas, e os armazenam em grânulos citoplasmáticos até que sejam estimulados a liberá-los. Suas secreções podem exercer uma ação parácrina sobre células vizinhas, além de ter efeitos endócrinos remotos.

REFERÊNCIAS

Björklund A, Hökfelt T, Owman C (eds) 1988 The Peripheral Nervous Systems. Handbook of Chemical Neuroanatomy. Vol. 6. Amsterdam: Elsevier.
Descrição dos nervos sensitivomotores.

Brodal A 1981 Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine, 3rd edn. Oxford: Oxford University Press.
Texto não convencional – mas de leitura extremamente fácil – de neuroanatomia, com forte ênfase na relevância clínica. Contém uma descrição particularmente boa das vias motoras.

Burnstock G 1990 Co-transmission. The fifth Heymans lecture. Arch Int Pharmacodyn Ther 304: 7–33.
Uma revisão da neurotransmissão no sistema nervoso autônomo.

Burnstock G (ed) 1992–95 The Autonomic Nervous System. Vols 1–14. Switzerland: Harwood Academic Publishers.
Contém extenso material sobre neurotransmissores do sistema nervoso autônomo.

Crossman AR, Neary D 2000 Neuroanatomy. An Illustrated Colour Text, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

England MA, Wakely J 1991 A Colour Atlas of the Brain and Spinal Cord. London: Wolfe Publishing.

Greenberg SA. 2003 The history of dermatome mapping. Arch Neurol 60: 126–31.

Haines DE 2000 Neuroanatomy. An Atlas of Structures, Sections and Systems, 5th edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Maggi CA 1991 The pharmacology of the efferent function of sensory nerves. J Auton Pharmacol 11: 173–208.

Vinken PJ, Bruyn GW (eds) 1999 The Autonomic Nervous System. Part 1. Normal Functions. Appenzeller O (volume ed). Amsterdam and London: Elsevier Science.

Vinken PJ, Bruyn GW (eds) 2000 The Autonomic Nervous System. Part 2. Dysfunctions. Appenzeller O (volume ed). Amsterdam and London: Elsevier Science.

Sistema ventricular e espaço subaracnóideo

CAPÍTULO 16

O sistema ventricular encefálico consiste de uma série de espaços e canais interligados no encéfalo (Fig. 16.1), que derivam da luz central do tubo neural embrionário e das vesículas encefálicas a que ele dá origem (Cap. 24). Cada hemisfério cerebral contém um grande ventrículo lateral que se comunica próximo a sua extremidade rostral com o terceiro ventrículo pelo forame interventricular (forame de Monro). O terceiro ventrículo é uma cavidade na linha mediana semelhante a uma fenda, situado entre o tálamo e o hipotálamo direitos e o tálamo e hipotálamo esquerdos. Caudalmente o terceiro ventrículo é contínuo com o aqueduto do mesencéfalo, um tubo estreito que passa por toda a extensão do mesencéfalo e que é contínuo, por sua vez, com o quarto ventrículo, uma ampla cavidade em forma de tenda situada entre o tronco cerebral e o cerebelo. O quarto ventrículo se comunica com o espaço subaracnóideo da cisterna magna pela abertura mediana do quarto ventrículo (forame de Magendie) e com aquele do ângulo cerebelopontino pela abertura lateral do quarto ventrículo (forame de Luschka); caudalmente ele é contínuo com o canal central vestigial da medula espinal.

O sistema ventricular contém o líquido cerebrospinal (LCS), que é secretado principalmente pelos plexos corióideos localizados nos ventrículos laterais, no terceiro e no quarto ventrículos. O LCS flui dos ventrículos laterais para o terceiro ventrículo, passa depois pelo aqueduto do mesencéfalo e chega ao quarto ventrículo. Ele sai do quarto ventrículo pela abertura mediana do quarto ventrículo (forame de Magendie) e pela abertura lateral do quarto ventrículo (forame de Luschka) para chegar ao espaço subaracnóideo que circunda o encéfalo.

TOPOGRAFIA E RELAÇÕES DO SISTEMA VENTRICULAR

VENTRÍCULO LATERAL

Visto por sua face lateral, o ventrículo lateral tem uma forma aproximada de um C. Essa forma é uma consequência da expansão de desenvolvimento das regiões frontal, parietal e occipital do hemisfério cerebral, que desloca o lobo temporal inferior e anteriormente. Tanto o núcleo caudado como o fórnice, que se situam na parede do ventrículo, adotaram uma morfologia semelhante, de modo que a cauda do núcleo caudado circunda o tálamo em forma de um C e o fórnice delineia o contorno do ventrículo para diante até o forame interventricular.

O ventrículo lateral é habitualmente dividido numa parte central e em cornos frontal (anterior), occipital (posterior) e temporal (inferior). O corno frontal se situa no lobo frontal. Ele é limitado anteriormente pela face posterior do joelho e do rostro do corpo caloso e seu teto é formado pela parte anterior do tronco do corpo caloso. Os cornos frontais dos dois ventrículos laterais são separados pelo septo pelúcido. O contorno coronal do corno frontal é, *grosso modo*, aquele de um triângulo achatado em que a cabeça arredondada do núcleo caudado forma a parede lateral e o assoalho (Figs. 16.2 e 16.3). O corno frontal se estende posteriormente até o forame interventricular. A parte central se situa entre os lobos frontal e parietal e se estende do forame interventricular até o esplênio do corpo caloso. As partes centrais dos ventrículos laterais estão separadas pelo septo pelúcido, que contém as colunas dos fórnices em sua margem inferior. A parede lateral da parte central do ventrículo é formada pelo núcleo caudado superiormente e pelo tálamo inferiormente. O limite entre o tálamo e o núcleo caudado é marcado por um sulco (Fig. 16.2), que é ocupado por um fascículo de fibras nervosas, a estria terminal, e pela veia talamoestriada (Fig. 22.5). O limite inferior da parte central do ventrículo e sua parede medial são formados pelo corpo do fórnice (Fig. 16.4). O fórnice é separado do tálamo pela fissura corióidea. O plexo corióideo oclui a fissura corióidea e cobre parte do tálamo e do fórnice. A parte central do ventrículo lateral se alarga posteriormente e se torna contínuo com os cornos occipital e temporal no trígono colateral ou no átrio. O corno occipital se curva posteromedialmente até o lobo occipital. Seu contorno tem geralmente a forma de um diamante ou de um quadrado e os dois lados são frequentemente assimétricos. As fibras do tapete do corpo caloso separam o ventrículo da radiação óptica e formam o teto e a parede lateral do corno occipital. As fibras do esplênio do corpo caloso

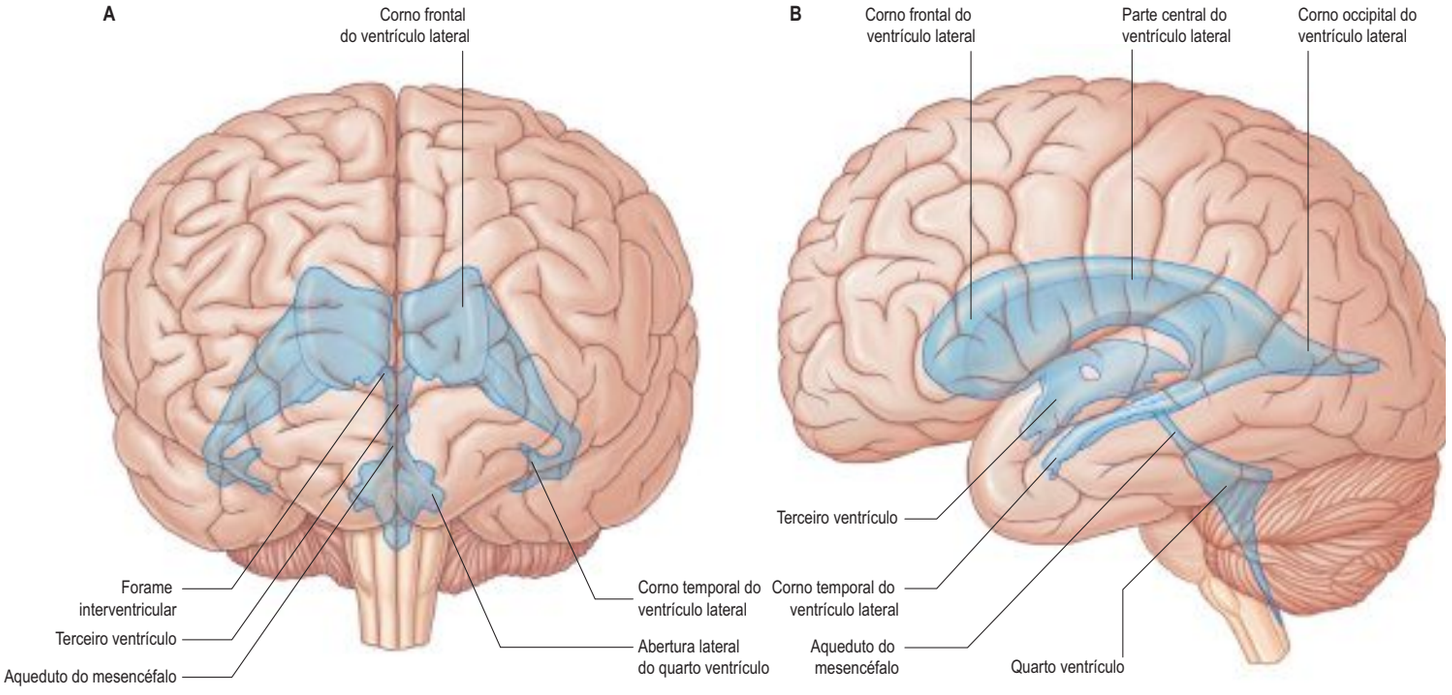


Fig. 16.1 O sistema ventricular. **A,** Vista anterior; **B,** vista lateral esquerda.

(fórceps occipital) passam medialmente ao se curvarem de volta ao lobo occipital e produzem uma elevação arredondada na parede medial superior do corno occipital. Mais abaixo uma segunda elevação, o *calcar avis*, corresponde ao córtex profundamente encoberto da parte anterior do sulco calcarino. O corno temporal é o maior compartimento do ventrículo lateral e se estende além até o lobo temporal. Ele se curva em torno da face posterior do tálamo (pulvinar do tálamo), dirige-se inferior e posterolateralmente e se curva então anteriormente para terminar a menos de 2,5 cm do polo temporal, próximo ao únco. Sua posição relativamente à superfície do hemisfério cerebral corresponde habitualmente ao sulco temporal superior. O teto do corno temporal é formado principalmente pelo tapete do corpo caloso, mas também pela cauda do núcleo caudado e pela estria terminal, que se estendem para diante no teto e terminam no corpo amigdaloide, na extremidade anterior do ventrículo lateral. O assoalho do ventrículo lateral consiste no hipocampo medialmente e na eminência colateral lateralmente, formada pela parte coberta do sulco colateral. A parte inferior da fissura corióidea se situa entre a fímbria do hipocampo (um feixe distinto de fibras eferentes que sai do hipocampo)

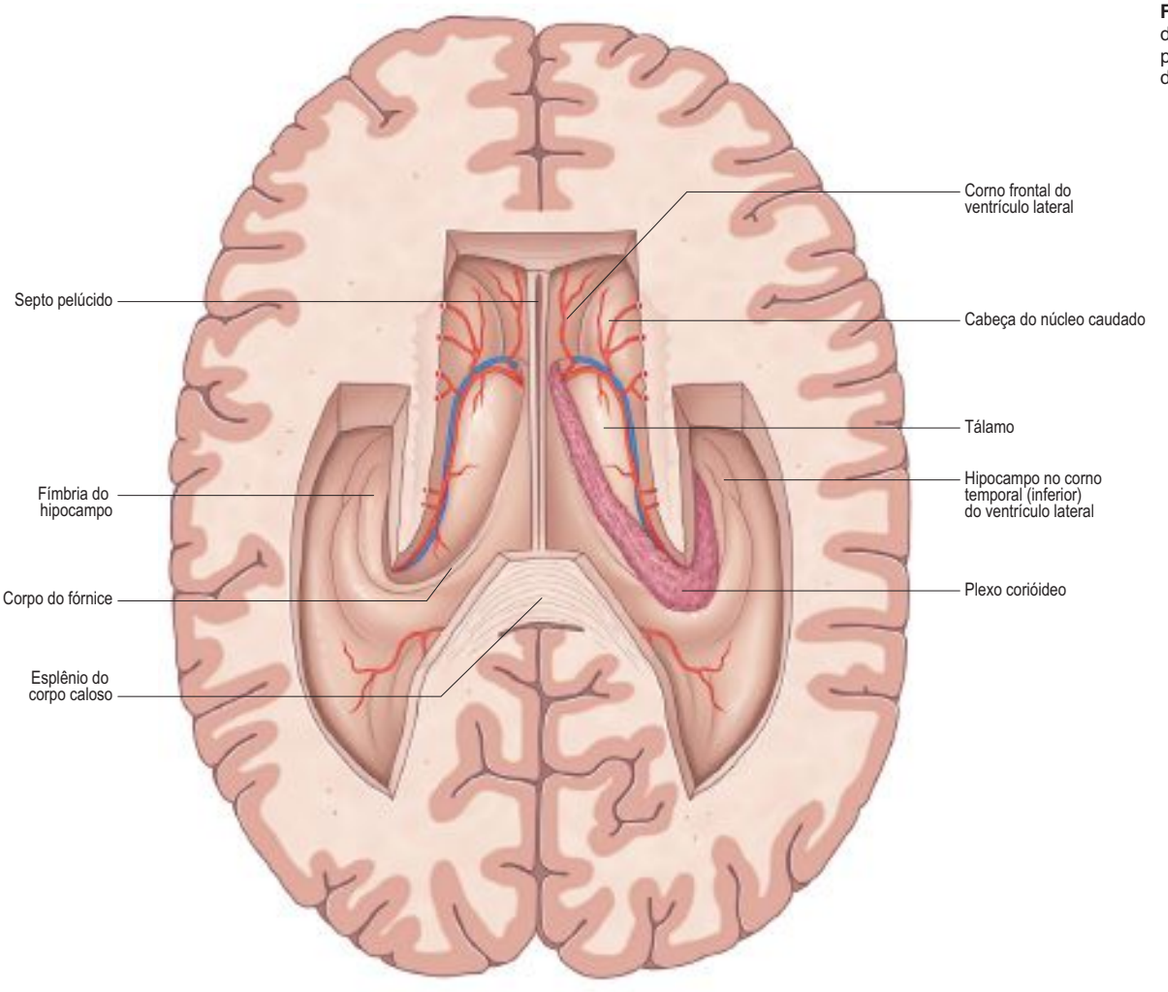


Fig. 16.2 Corte horizontal do encéfalo dissecado para remover as raízes dos ventrículos laterais.

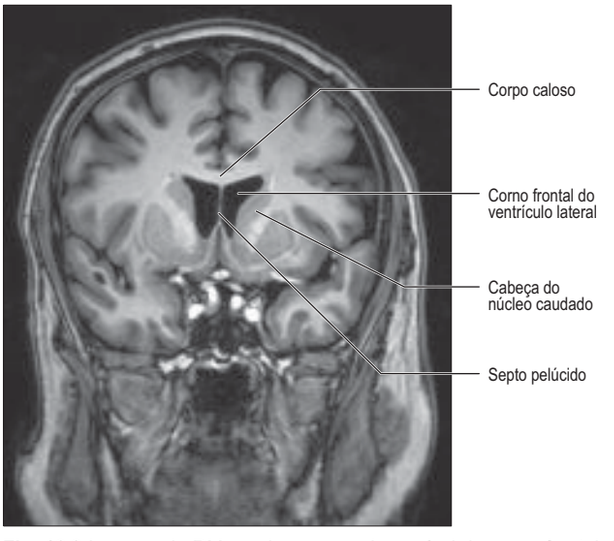


Fig. 16.3 Imagem de RM no plano coronal, no nível do corno frontal do ventrículo lateral.

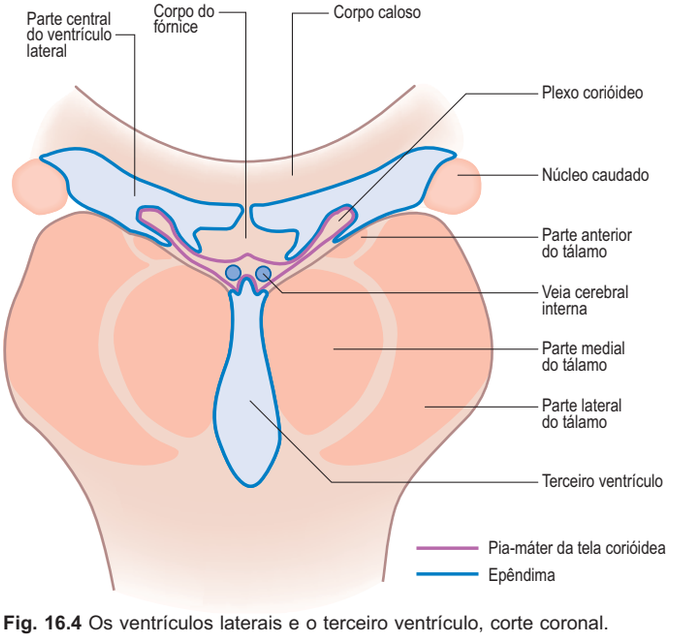


Fig. 16.4 Os ventrículos laterais e o terceiro ventrículo, corte coronal.

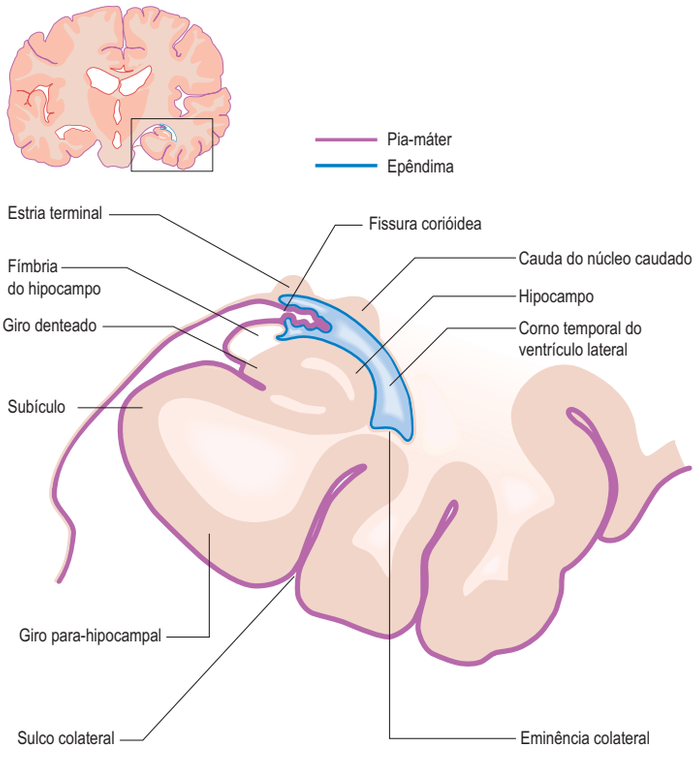


Fig. 16.5 O corno temporal do ventrículo lateral, corte coronal.

e a estria terminal no teto do corno temporal (Fig. 16.5). A extensão temporal do plexo corióideo preenche essa fissura e cobre a superfície externa do hipocampo.

TERCEIRO VENTRÍCULO

O terceiro ventrículo é uma cavidade na linha mediana semelhante a uma fenda, que deriva da vesícula primitiva do prosencéfalo (Figs. 15.8, 16.1, 16.4, 16.6, 16.7). A parte superior da parede lateral do ventrículo lateral é formada pela superfície medial dos dois terços anteriores do tálamo e a parte inferior é formada pelo hipotálamo anteriormente e pelo subtálamo posteriormente. Um sulco hipotalâmico indistinto se estende horizontalmente pela parede ventricular, entre o forame interventricular e o aqueduto do mesencéfalo, e marca o limite entre o tálamo e o hipotálamo. Dorsalmente a parede lateral é limitada por uma saliência que cobre a estria medular do tálamo. As paredes laterais do terceiro ventrículo são formadas por uma aderência intertalâmica, ou massa intermédia, uma faixa de substância cinzenta que se estende de um tálamo a outro.

Anteriormente o terceiro ventrículo se estende até a lâmina terminal (Fig. 16.7). Essa delgada estrutura se estende do quiasma óptico até o rostro do corpo caloso e constitui o limite rostral do tubo neural embrionário. A lâmina terminal forma o teto da pequena cavidade virtual imediatamente abaixo do ventrículo, designada como cisterna da lâmina terminal. Isso é importante, porque ela contém a artéria comunicante anterior e a formação de um aneurisma nesse local pode causar uma hemorragia intraventricular através da fina membrana da lâmina terminal. Acima disso, a parede anterior é formada pelas colunas divergentes dos fórnices e pela comissura anterior, orientada transversalmente, que cruza a linha média. As comissuras anterior e posterior são marcos neurorradiológicos importantes. Antes da introdução das modernas técnicas de aquisição de imagens, o fato de que essas comissuras podiam ser identificadas pela ventriculografia levou a seu uso como marcadores de referência para procedimentos cirúrgicos estereotáxicos. Essa convenção é agora universal: as posições das comissuras anterior e posterior são usadas como pontos de referência básicos para atlas cirúrgicos da anatomia cerebral. O estreito forame interventricular se localiza imediatamente posterior à coluna do fórnice e separa este último dos núcleos anteriores do tálamo.

Há um pequeno recesso óptico angular na base da lâmina terminal, imediatamente dorsal ao quiasma óptico e estendendo-se até ele. Atrás dele, a parte anterior do assoalho do terceiro ventrículo é formada principalmente pelas estruturas hipotalâmicas. Imediatamente atrás do quiasma óptico se encontra o fino recesso do infundíbulo, que se estende até a base do infundíbulo. Por trás desse recesso, o túber cinéreo e os corpos mamilares formam o assoalho do terceiro ventrículo.

O teto do terceiro ventrículo é uma fina camada ependimal que se estende de suas paredes laterais até o plexo corióideo, que cobre a fissura corióidea (Fig. 16.4). Acima do teto está o corpo do fórnice. O limite posterior do terceiro ventrículo é marcado por um recesso supra-pineal acima da glândula pineal, um recesso pineal (epifisial), que se estende até o pedículo da glândula pineal, e pela comissura posterior. Abaixo da comissura o terceiro ventrículo é contínuo com o aqueduto do mesencéfalo.

AQUEDUTO DO MESENCÉFALO

O aqueduto do mesencéfalo é um pequeno tubo, quase circular ao corte transversal, e com diâmetro de 1-2 mm. Ele se estende por um quarto dorsal do mesencéfalo e é circundado pela substância cinzenta central (periaquedutal) (Figs. 16.7, 19.19). Rostralmente ele começa imediatamente atrás e abaixo da comissura posterior, onde é contínuo com a face caudal do terceiro ventrículo. Caudalmente ele é contínuo com a luz do quarto ventrículo na junção do mesencéfalo com a ponte. Os colículos superior e inferior são dorsais ao aqueduto do mesencéfalo e o tegumento do mesencéfalo é ventral.

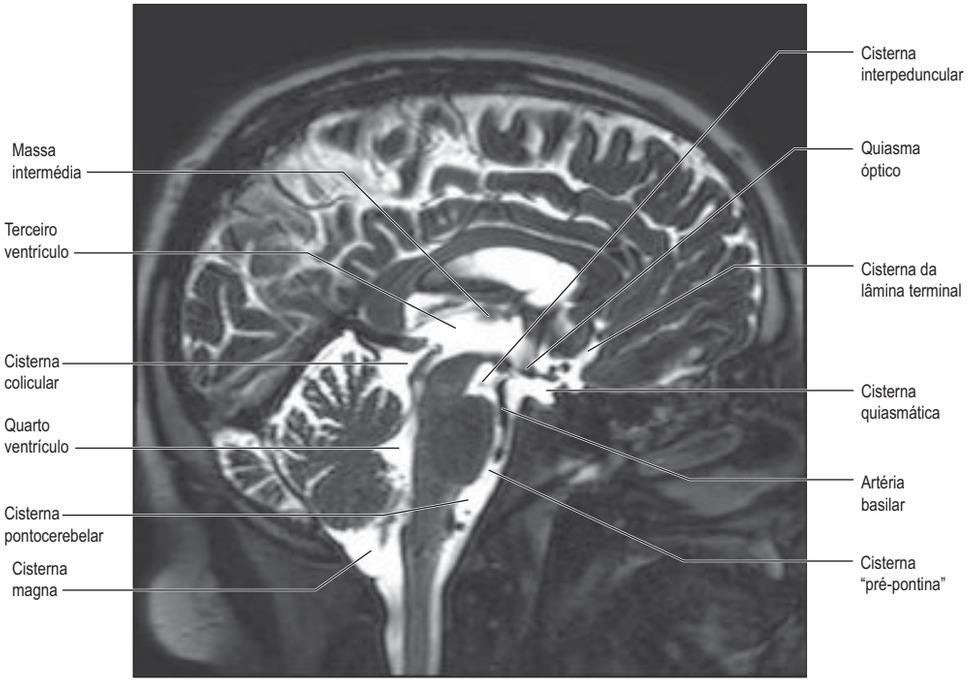


Fig. 16.6 Imagem de RM da cabeça, plano transversal (sagital).

QUARTO VENTRÍCULO

O quarto ventrículo se situa entre o tronco encefálico e o cerebelo (Figs. 16.1B, 16.6, 16.7, 16.8, 19.3). Rostralmente ele é contínuo com o aqueduto do mesencéfalo e caudalmente com o canal central da medula espinal. Ao corte sagital o quarto ventrículo tem um perfil triangular característico e o ápice de seu teto em forma de tenda faz protrusão na face inferior do cerebelo. O quarto ventrículo é mais largo ao nível da junção entre o bulbo e a ponte, onde um recesso lateral de ambos os lados se estende até a margem lateral do tronco encefálico. Nesse ponto a abertura lateral do quarto ventrículo (forame de Luschka) proporciona acesso ao espaço subaracnóideo no ângulo pontocerebelar; o LCS flui através dessa abertura para a extensão lateral da cisterna pontocerebelar. Ocasionalmente um recesso lateral pode não se abrir.

O assoalho do quarto ventrículo é uma depressão rasa em forma de losango ou romboidal (a fossa romboide) sobre as superfícies dorsais da ponte e a metade rostral do bulbo. Ele consiste principalmente de substância cinzenta e contém importantes núcleos de nervos cranianos. A localização exata de alguns núcleos é discernível pelas características superficiais. A parte superior do assoalho ventricular tem forma triangular e é limitada lateralmente pelos pedúnculos cerebelares superiores em sua convergência em direção ao aqueduto do mesencéfalo. Seu limite posterior é chamado óbex. A parte inferior do assoalho ventricular também tem forma triangular e é limitada caudalmente pelos tubérculos grácil e cuneiforme, que contêm os núcleos da coluna dorsal, e mais rostralmente pelos pedúnculos cerebelares inferiores divergentes. Um sulco mediano longitudinal divide o assoalho do quarto ventrículo. Cada metade é ela própria dividida, por um sulco limitante muitas vezes indistinto, numa região medial denominada eminência medial e uma região lateral designada como área vestibular. Os núcleos vestibulares se situam abaixo da área vestibular. Na parte superior do assoalho ventricular a eminência medial é representada pelo colículo facial, uma pequena elevação produzida por uma alça que sustenta as fibras eferentes do núcleo facial que recobre o núcleo abducente. Entre o colículo facial e a área vestibular, o sulco limitante se alarga a uma pequena depressão, a fóvea superior. Em sua parte superior o sulco limitante constitui o limite lateral do assoalho do quarto ventrículo. Aí uma pequena região de pigmentação cinza azulado denota a presença do *locus ceruleus* subjacente. Inferiormente ao colículo facial, ao nível do recesso lateral do quarto ventrículo, um grupo variável de fascículos de fibras nervosas, designado como estrias medulares do quarto ventrículo, segue transversamente pelo assoalho ventricular e passa ao sulco mediano. Na área inferior do assoalho do quarto ventrículo a eminência mediana é representada pelo trígono do nervo hipoglosso, que se situa sobre o núcleo hipoglosso. Lateralmente o sulco limitante se alarga e produz uma fóvea inferior indistinta. Caudalmente à fóvea inferior, entre o trígono do nervo hipoglosso e a área vestibular, encontra-se o trígono do nervo vago, que cobre o núcleo posterior (motor) do nervo vago. O trígono é cruzado abaixo por uma estreita saliência translúcida, o funículo separativo, que é separado do tubérculo grácil pela pequena área postrema. O funículo separativo e a área postrema são ambos recobertos por um camada ependimária espessa, contendo tanicitos; a área postrema também contém neurônios. A barreira hematoencefálica está modificada em ambos os locais.

O teto do quarto ventrículo é formado pelos véus medulares superior e inferior. Superiormente um delgado folheto tecidual, o véu medular superior, se estende através do quarto ventrículo entre os pedúnculos cerebelares superiores convergentes (Fig. 16.8). O véu medular superior é contínuo com a substância branca cerebelar e é coberto dorsalmente pela língula do cerebelo na parte superior do verme do cerebelo. O véu medular inferior é mais complexo e é constituído basicamente de um folheto fino, desprovido de tecido neural, formado pelo epêndima ventricular e pela pia-máter da tela corióidea, que o recobre dorsalmente. A grande abertura mediana (forame de Magendie) está presente no teto do quarto ventrículo como uma perfuração no véu medular posterior, imediatamente inferior ao nódulo do cerebelo: o LCS flui através da abertura do ventrículo para a cisterna magna.

ÓRGÃOS CIRCUNVENTRICULARES

As paredes do sistema ventricular são revestidas por células ependimárias cobrindo uma camada de células da glia subependimárias. Em alguns locais na linha mediana nas paredes ventriculares, designados coletivamente como órgãos circunventriculares, a barreira hematoencefálica está ausente e estão presentes células ependimárias especializadas denominadas tanicitos (Fig. 16.9). As funções do epêndima e dos tanicitos podem incluir a secreção ao LCS, o transporte de compostos neuroquímicos de neurônios, de células da glia ou de vasos subjacentes para o LCS; o transporte de compostos neuroquímicos do LCS para as mesmas estruturas subjacentes; a quimiorrecepção. Em adultos as camadas de células da glia ependimárias e subependimárias são fonte de células-tronco indiferenciadas, que estão sendo exaustivamente estudadas atualmente no que concerne a suas propriedades neurorrestaurativas.

Os órgãos circunventriculares incluem o órgão vascular da lâmina terminal (*organum vasculosum*), o órgão subfornicial, a neuro-hipófise,

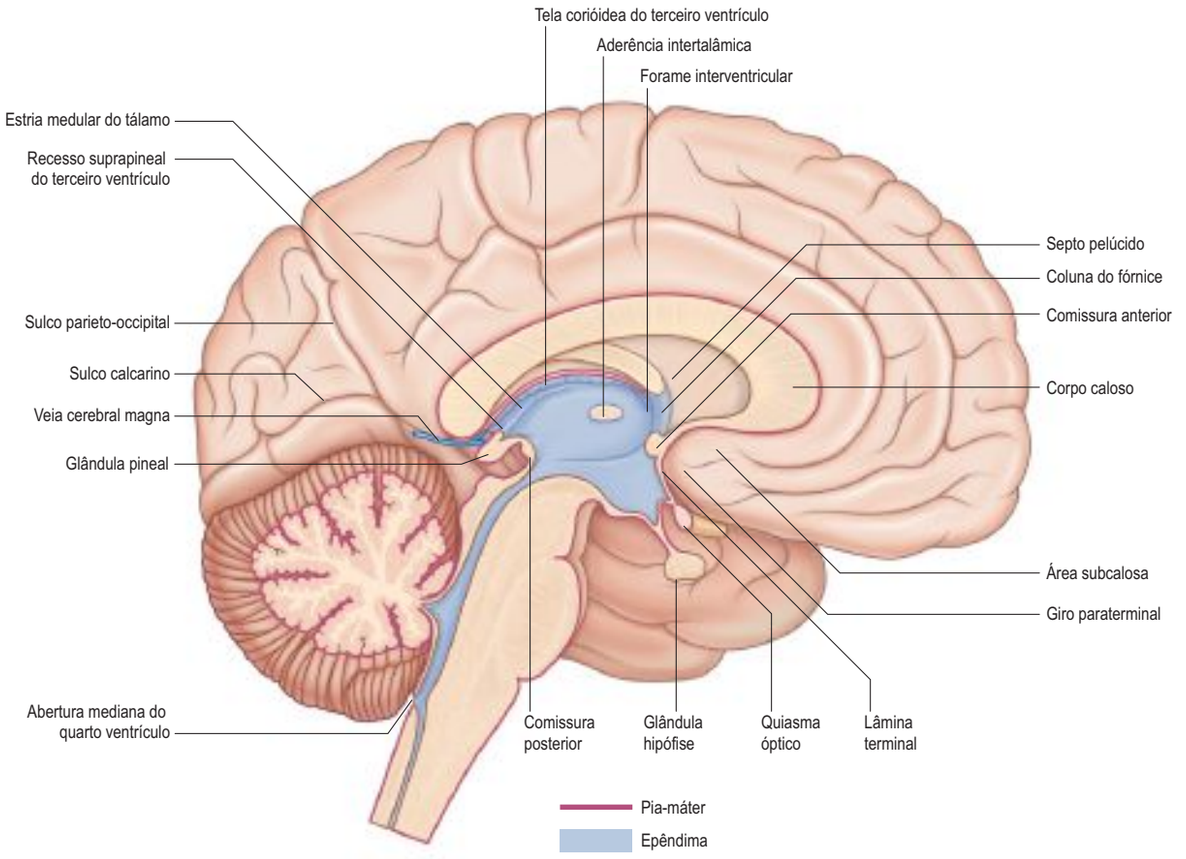


Fig. 16.7 O terceiro e o quarto ventrículos, hemissecção sagital do encéfalo.

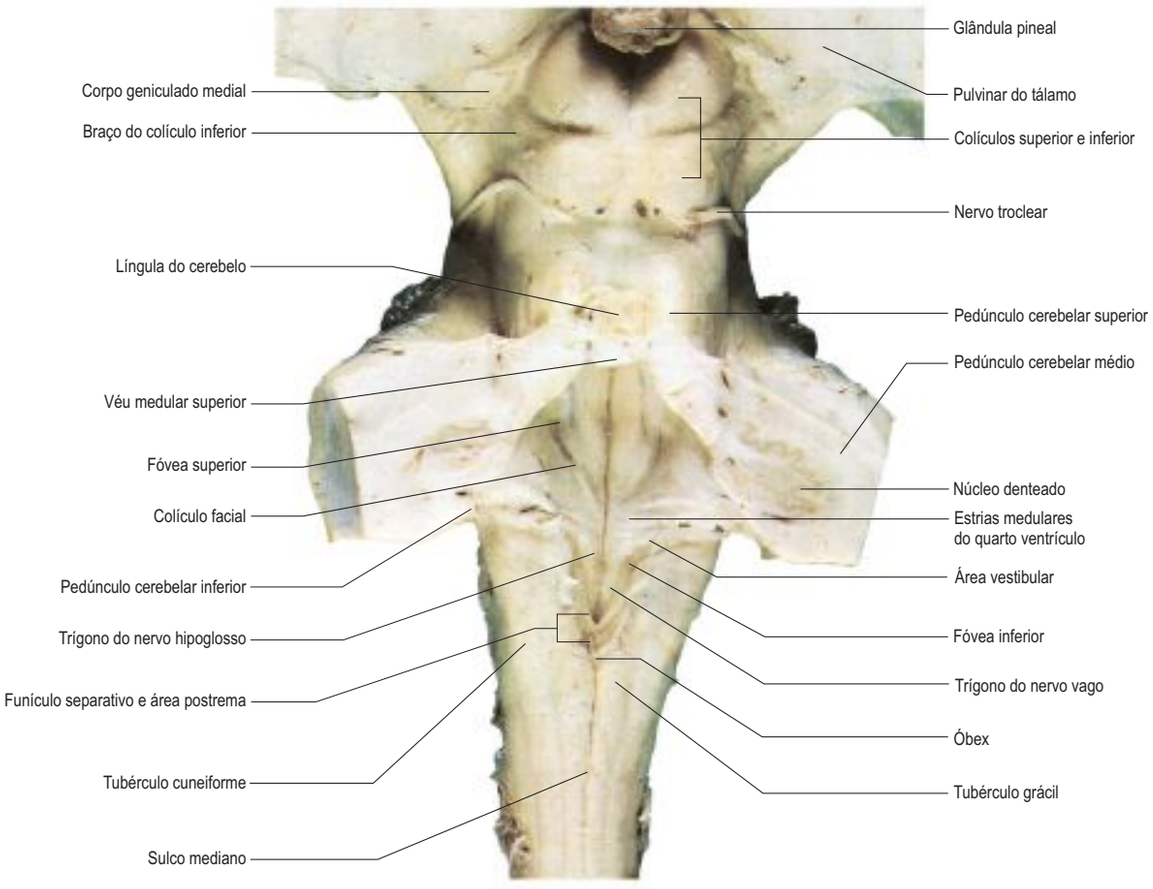


Fig. 16.8 O assoalho do quarto ventrículo, face dorsal do tronco encefálico.

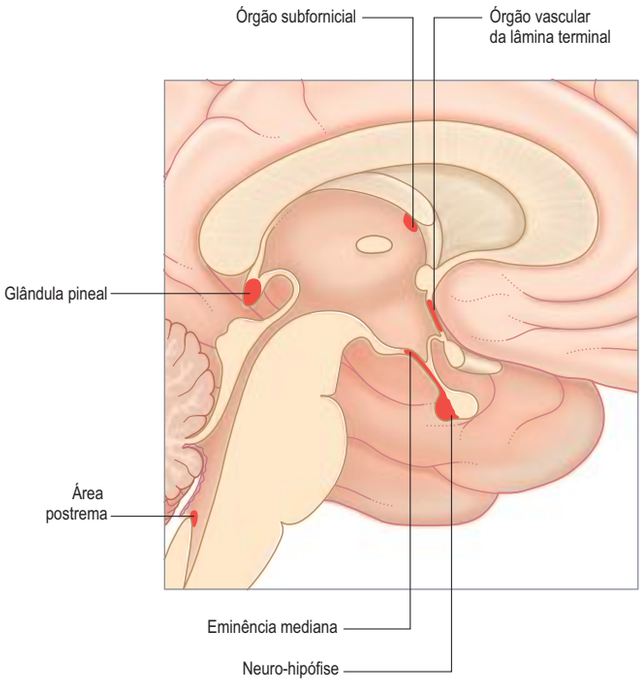


Fig. 16.9 As localizações dos órgãos circunventriculares, corte sagital mediano do encéfalo.

a eminência mediana, o órgão subcomissural, a glândula pineal e a área postrema.

O órgão vascular da lâmina terminal se situa entre o quiasma óptico e a comissura anterior. Sua zona externa contém um plexo vascular ricamente fenestrado, que cobre a glia e uma rede de fibras nervosas. As células ependimárias do órgão vascular da lâmina terminal, assim como aquelas de outros órgãos circunventriculares, são achatadas e têm poucos cílios. Os estímulos principais parecem provir do órgão subfornicial, do *locus ceruleus* e de alguns núcleos hipotalâmicos; o órgão vascular faz projeção aos núcleos medianos pré-óptico e supraóptico. O órgão vascular da lâmina terminal está envolvido na regulação do equilíbrio hídrico e pode ter também funções neuroendócrinas.

O órgão subfornicial se situa no nível do forame interventricular. Ele contém muitos neurônios, células da glia e um denso plexo capilar fenestrado e é coberto por um epêndima achatado. Ele é considerado como tendo interconexões hipotalâmicas generalizadas e como funcionando na regulação do equilíbrio hídrico e da ingestão de líquido.

A neuro-hipófise (lobo posterior) é o local de término de projeções neurosecretoras dos núcleos supraóptico e paraventricular do hipotálamo. Os neurônios nesses núcleos liberam vasopressina e ocitocina, respectivamente, no leito capilar da neuro-hipófise pelo qual os hormônios têm acesso à circulação geral.

A eminência mediana contém as terminações de axônios das células neurosecretoras hipotalâmicas. Os peptídeos liberados por esses axônios controlam a secreção hormonal da adeno-hipófise pelo sistema porta hipofisário de vasos.

O órgão subcomissural se situa ventral e inferiormente à comissura posterior, próximo da parede inferior do recesso pineal. As células ependimárias na face dorsal do aqueduto do mesencéfalo são altas, colunares e ciliadas, com citoplasma granular basofílico; elas podem estar envolvidas na secreção de materiais no LCS a partir de terminais axônicos ou capilares adjacentes.

A glândula pineal (Cap. 21) é uma pequena estrutura de aproximadamente 8 mm de diâmetro, situada rostrodorsalmente ao colículo superior e atrás da estria medular do tálamo. Ela faz parte do epitálamo e consiste de lóbulos internos de pinealócitos e de neurônios esparsos cobertos por uma cápsula pial. Ela secreta melatonina, que parece estar envolvida na inibição da puberdade em crianças e na regulação do ciclo de sono-vigília tanto em crianças como em adultos.

A área postrema é uma estrutura pareada bilateral, localizada no limite caudal do assoalho do quarto ventrículo. Ela é uma área quimiorreceptora importante, que desencadeia vômitos em resposta à presença de substâncias eméticas no sangue. Juntamente com o núcleo do trato solitário e o núcleo posterior (motor) do nervo vago, a área postrema constitui o assim chamado complexo vagal dorsal, que é a principal terminação das fibras nervosas vagais aferentes.

PLEXO CORIÓIDEO E LÍQUIDO CEREBROSPINAL

PLEXO CORIÓIDEO

A pia-máter vascular no teto do terceiro e do quarto ventrículos e na parede medial do ventrículo lateral, ao longo da linha da fissura corióidea, está estreitamente justaposta ao revestimento ependimal dos ventrículos, sem nenhum tecido cerebral interposto. Ela forma a tela corióidea, que dá origem aos altamente vascularizados plexos corióideos, pelos quais o LCS é secretado nos ventrículos laterais, no terceiro e no quarto ventrículos (Figs. 16.2, 16.4, 16.5). O corpo ou estroma do plexo corióideo consiste de muitos capilares, separados do espaço subaracnóideo pela pia-máter e as células ependimárias corióideas.

No ventrículo lateral, o plexo corióideo se estende anteriormente até o forame interventricular sendo contínuo, através do terceiro ventrículo, com o plexo corióideo do ventrículo lateral oposto. A partir do forame interventricular o plexo corióideo segue posteriormente, em contato com o tálamo, curvando-se em torno da sua face posterior para entrar no corno occipital do ventrículo lateral e chegar ao hipocampo. Em toda a parte central do ventrículo lateral a fissura corióidea se encontra entre o fórnice superiormente e o tálamo inferiormente (Fig. 16.4).

Vista de cima a tela corióidea é triangular, com um ápice arredondado entre os forames interventriculares, frequentemente endentado pelas colunas anteriores dos fórnices. Suas margens laterais são irregulares e contêm franjas vasculares corióideas. Essas franjas continuam nos ângulos basais posteriores da tela e se curvam para dentro do corno temporal do ventrículo lateral. Quando a tela é removida, uma fenda transversa (a fissura transversa do cérebro) permanece entre o esplênio e a junção do teto ventricular com a lâmina do teto do mesencéfalo. A fissura transversa do cérebro contém as raízes do plexo corióideo do terceiro ventrículo e dos ventrículos laterais.

O plexo corióideo do terceiro ventrículo está fixado à tela corióidea, que é na realidade o fino teto do terceiro ventrículo tal como ele se desenvolve na vida fetal. Em cortes coronais dos hemisférios cerebrais, o plexo corióideo do terceiro ventrículo pode ser visto em continuidade com o plexo corióideo dos ventrículos laterais.

O plexo corióideo do quarto ventrículo tem estrutura semelhante àquele dos ventrículos laterais e do terceiro ventrículo. O teto da parte inferior do quarto ventrículo se desenvolve como um fino folheto, no qual a pia-máter está em contato direto com o revestimento ependimal do ventrículo. Esse folheto fino, a tela corióidea do quarto ventrículo, fica entre o cerebelo e a parte inferior do teto do ventrículo. O plexo corióideo do quarto ventrículo tem forma de "T", com uma alça vertical e uma alça horizontal, mas a forma exata varia amplamente, de uma única alça vertical a um "T" alongado que se estende pela abertura lateral do quarto ventrículo (forame de Luschka) até o ângulo pontocerebelar. A alça vertical (longitudinal) é dupla, flanqueia a linha mediana e está aderida ao teto do ventrículo. As alças se fundem na margem superior da abertura mediana do quarto ventrículo (forame de Magendie) e frequentemente se prolongam até a face ventral do verme do cerebelo. As alças horizontais do plexo se projetam nos recessos laterais do ventrículo. Pequenos tufos do plexo passam pelas aberturas laterais (forames de Luschka) e emergem, ainda cobertas pelo epêndima, no espaço subaracnóideo do ângulo pontocerebelar.

O suprimento sanguíneo do plexo corióideo na tela corióidea dos ventrículos laterais e do terceiro ventrículo é geralmente feito por um único vaso proveniente da artéria corióidea anterior que é ramo da artéria carótida interna e de vários ramos corióideos da artéria cerebral posterior; os dois conjuntos de vasos se anastomosam até certo ponto. Os capilares drenam para um rico plexo venoso, servido por uma única veia corióidea. O suprimento sanguíneo do plexo corióideo do quarto ventrículo é das artérias cerebelares inferiores.

LÍQUIDO CEREBROSPINAL

O LCS é um líquido claro e incolor. Em indivíduos normais o LCS contém uma quantidade muito pequena de proteínas e difere do sangue pelo conteúdo de eletrólitos. Ele não é simplesmente um ultrafiltrado do sangue, mas é ativamente secretado pelo epitélio do plexo corióideo. As células epiteliais do plexo corióideo têm as características de células de transporte e secretoras. Suas superfícies apicais, através das quais é secretado o LCS, possuem microvilosidades e suas superfícies basais apresentam interdigitações e dobras. Há junções de oclusão nas extremidades apicais das células epiteliais, que são permeáveis a substâncias de pequeno peso molecular. Os capilares fenestrados no estroma do plexo corióideo se situam logo abaixo das células epiteliais. Uma barreira hematoliquórica (sangue-LCS) está situada no epitélio do plexo corióideo.

A maior parte do LCS é secretada pelos plexos corióideos nos ventrículos laterais, no terceiro e quarto ventrículos. Todavia, há também uma pequena contribuição do revestimento ependimário dos ventrículos e do líquido extracelular do parênquima cerebral.

ESPAÇO SUBARACNÓIDEO E A CIRCULAÇÃO DO LÍQUIDO CEREBROSPINAL

ESPAÇO SUBARACNÓIDEO

O espaço subaracnóideo se situa entre a aracnoide-máter e a pia-máter. O espaço subaracnóideo encefálico está ligado ao quarto ventrículo do encéfalo por três aberturas. A abertura mediana (forame de Magendie) se situa no plano mediano na parte inferior do teto do quarto ventrículo e proporciona comunicação com a cisterna magna. As aberturas laterais pareadas (forames de Luschka) estão localizadas nas extremidades dos recessos laterais do quarto ventrículo e se abrem no espaço subaracnóideo no ângulo pontocerebelar, por trás das raízes superiores dos nervos glossofaríngeos. Portanto, o espaço subaracnóideo contém líquido cerebrospinal (LCS); ele contém igualmente as artérias e veias maiores que atravessam a superfície do cérebro (Fig. 16.10).

Sob a forma de folhetos delgados ou de finas estruturas filiformes, as trabéculas aracnóideas atravessam o espaço subaracnóideo das camadas profundas da aracnoide-máter até a pia-máter e se fixam também a grandes vasos sanguíneos no espaço subaracnóideo (Fig. 16.10). Cada trabécula aracnóidea tem uma região central de colágeno e é revestida por células leptomeníngeas. As trabéculas aracnóideas que cruzam o espaço subaracnóideo podem formar compartimentos, especialmente nas regiões perivasculares, que podem facilitar o fluxo direcional de LCS pelo espaço subaracnóideo.

As artérias e veias no espaço subaracnóideo são revestidas por uma fina camada de leptomeninges, frequentemente com a espessura de apenas uma célula. Os nervos cranianos e espinais que atravessam o espaço subaracnóideo para sair por forames cranianos ou intervertebrais são revestidos por uma fina camada de leptomeninges, que se funde à aracnoide-máter nos forames de saída.

A aracnoide-máter e a pia-máter estão em estreita justaposição sobre as convexidades do cérebro, como nos giros do cérebro (corticais), enquanto as concavidades são acompanhadas pela pia-máter, mas não pela aracnoide-máter, que passa sobre elas. Esse arranjo produz um espaço subaracnóideo de profundidade muito variável, que é dependente da localização. Os espaços de maior expansão são identificados como cisternas subaracnóideas (Fig. 16.11), que são contínuas entre si pelo espaço subaracnóideo geral. As trabéculas subaracnóideas que cruzam as cisternas subaracnóideas são longas e filamentosas.

A maior das cisternas, a cisterna magna ou cisterna cerebelomedular posterior, se forma no ponto em que a aracnoide-máter se estende sobre o intervalo entre o bulbo e a superfície inferior do cerebelo. A cisterna magna é contínua superiormente com a luz do quarto ventrículo por sua abertura mediana, o forame de Magendie, e inferiormente com o espaço subaracnóideo da medula espinal. A cisterna "pré-pontina" é um extenso espaço ventralmente à ponte, que é contínuo inferiormente com o espaço subaracnóideo da medula espinal, posteriormente com a cisterna magna e rostralmente à ponte com a cisterna interpeduncular. A artéria basilar passa pela cisterna "pré-pontina" e segue até a cisterna interpeduncular. Ao se estender sobre o espaço entre os dois lobos temporais, a aracnoide-máter é separada dos pedúnculos cerebrais e das estruturas na fossa interpeduncular pela cisterna interpeduncular, que contém o círculo arterial do cérebro (círculo de Willis). Anteriormente a cisterna interpeduncular se estende até o quiasma óptico. A cisterna da fossa lateral do cérebro é formada pela aracnoide-máter ao se estender sobre o sulco lateral entre os opérculos frontal, parietal e temporal; ela contém a artéria cerebral média. A cisterna colicular (cisterna da veia cerebral magna ou *ambiens*) se situa posteriormente ao tronco encefálico e ao terceiro ventrículo e ocupa o intervalo entre o esplênio do corpo caloso e a face superior do cerebelo. A veia cerebral magna atravessa essa cisterna e a glândula pineal faz protrusão na mesma.

Foram descritas diversas cisternas menores, incluindo as "cisternas pré-quiasmática" e "pós-quiasmática", que estão relacionadas ao quiasma óptico, e a cisterna da lâmina terminal e a cisterna "supracalosa", que são todas extensões da cisterna interpeduncular e contêm as artérias cerebrais anteriores. O espaço subaracnóideo também se estende através do forame óptico até a órbita, na qual ele é limitado pela bainha do nervo óptico. Esta última é formada pela fusão da aracnoide-máter à dura-máter e circunda a parte orbital de cada nervo óptico até a parte posterior do bulbo do olho, onde a dura-máter se funde à esclera do olho.

CIRCULAÇÃO DO LÍQUIDO CEREBROSPINAL

O volume total do LCS é de aproximadamente 150 ml, dos quais 125 ml são intracranianos. Os ventrículos contêm cerca de 25 ml, a maior parte situando-se nos ventrículos laterais, e os 100 ml restantes estão localizados no espaço subaracnóideo do crânio. O LCS é secretado a uma razão de 0,35-0,40 ml por minuto, o que significa que normalmente cerca de 50%

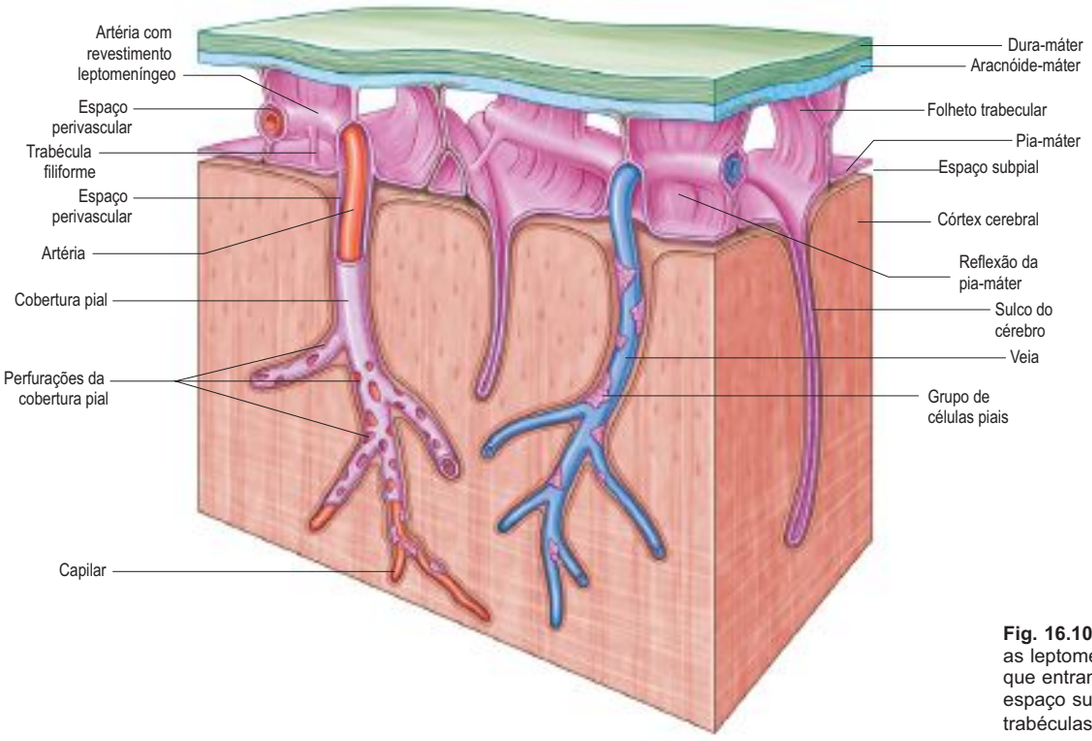


Fig. 16.10 As relações entre a dura-máter, as leptomeninges e os vasos sanguíneos que entram e saem do córtex cerebral. O espaço subaracnóideo está dividido por trabéculas subaracnóideas.

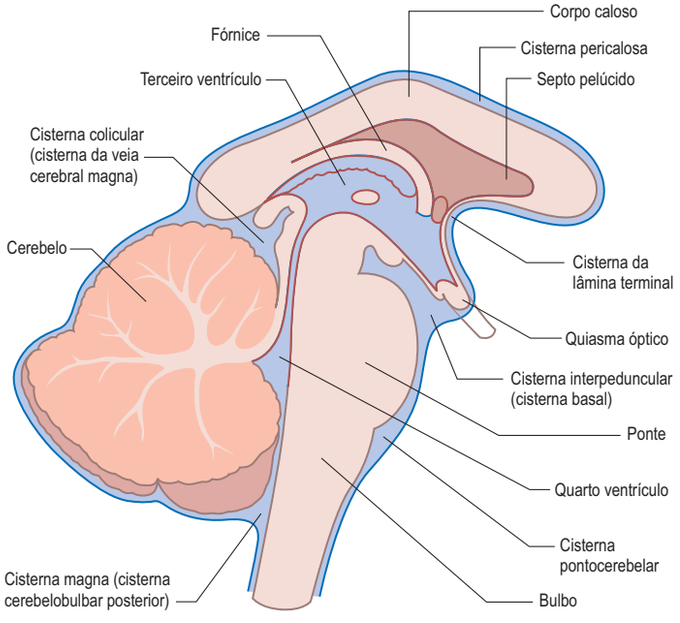


Fig. 16.11 As principais cisternas subaracnóideas, corte sagital.

do volume total do LCS são repostos a cada cinco a seis horas. Um meio eficaz de remoção da cavidade craniana é, pois, essencial. O LCS flui dos ventrículos laterais para o terceiro ventrículo e em seguida pelo aqueduto do mesencéfalo até o quarto ventrículo. Há a mistura do LCS de diferentes origens corióideas, que é provavelmente auxiliada pelos cílios das células ependimárias que revestem os ventrículos e pelas pulsações arteriais. O LCS sai do quarto ventrículo pelas aberturas mediana e laterais e passa ao espaço subaracnóideo da cisterna magna e às cisternas subaracnóideas sobre a parte anterior da ponte, respectivamente. O movimento do LCS no espaço subaracnóideo é complexo e se caracteriza por um componente de fluxo rápido e por um componente de fluxo de volume, muito mais lento. Durante a sístole, as artérias principais situadas nas cisternas basais e em outros espaços subaracnóideos se dilatam significativamente e exercem efeitos de pressão sobre o LCS, causando um fluxo rápido do LCS em torno do encéfalo e para fora da cavidade craniana no sentido da região superior da parte cervical do canal vertebral. A onda de pressão que causa essa vazão do LCS se dispersa pelo espaço do LCS espinal, que age como um vaso de capacitância, e é transmitida aos seios da dura-máter pelas granulações aracnóideas. Quando o sangue das grandes artérias passa para dentro do encéfalo ao final da sístole e da diástole, o LCS entra novamente da coluna vertebral para o crânio. Esse fluxo de LCS ocorre a um ritmo rápido e é repetido durante cada ciclo cardíaco. Além disso, há um fluxo lento de volume de LCS, com uma escala temporal medida em horas, que ocasiona a circulação do LCS sobre a superfície cerebral numa direção superolateral. O LCS é absorvido pelo sistema venoso por difusão ativa aos capilares cerebrais, que ocorre em consequência do diferencial de pressão LCS/intesticial.

Vilosidades e granulações aracnóideas

As granulações aracnóideas são excrescências focais da aracnoide-máter e do espaço subaracnóideo pela parede dos seios da dura-máter, com grande frequência próximo de pontos em que as veias desembocam nos seios: foram relatadas em frequência decrescente, granulações aracnóideas nos seios sagital superior, transverso, petroso superior e reto. Elas são mais proeminentes ao longo das margens da grande fissura longitudinal do cérebro, comumente nas lacunas superiores do seio sagital superior e também fazendo protrusão diretamente na luz do seio (Cap. 27). Elas aumentam em número e em tamanho com o aumento da idade e podem aparecer como defeitos focais do enchimento dos seios venosos em angiogramas e exames TC contrastados e como alterações focais do sinal nos seios venosos em exames RM.

As vilosidades aracnóideas e as granulações aracnóideas diferem em termos de tamanho e de complexidade. As vilosidades são estruturas microscópicas que estão presentes no seio sagital superior de fetos e de lactentes recém-nascidos. As granulações são visíveis a olho nu à idade de 18 meses na região parieto-occipital do seio sagital superior e à idade de 3 anos nos seios da fossa posterior do crânio localizados lateralmente; elas se tornam mais lobuladas e complexas com a idade e podem se calcificar, sendo então designadas como corpos de Pacchioni.

Na base de cada granulação aracnóidea, um fino colo de aracnoide-máter se projeta por uma abertura no revestimento dural do seio venoso e se expande formando um núcleo de trabéculas de colágeno e canais entrelaçados (Fig. 16.12). Esse núcleo é circundado por uma cobertura apical de células aracnóideas, algumas com 150 μm de espessura. Os canais se estendem através da cobertura e chegam até as regiões subendoteliais da granulação. A região da cobertura de cada granulação se fixa ao endotélio do seio acima por uma área com diâmetro de cerca de 300 μm, enquanto o restante da região central da granulação está separado do endotélio por uma cúpula fibrosa dural.

A função das granulações aracnóideas continua a suscitar controvérsia. Há muito se pensava que as vilosidades e as granulações aracnóideas constituiam a principal via para a reabsorção do LCS do espaço subaracnóideo para o sangue, embora a contribuição relativa que cada uma delas pode dar ao processo não seja conhecida e o mecanismo exato da reabsorção não tenha sido determinado. Estudos recentes usando a cisternografia com

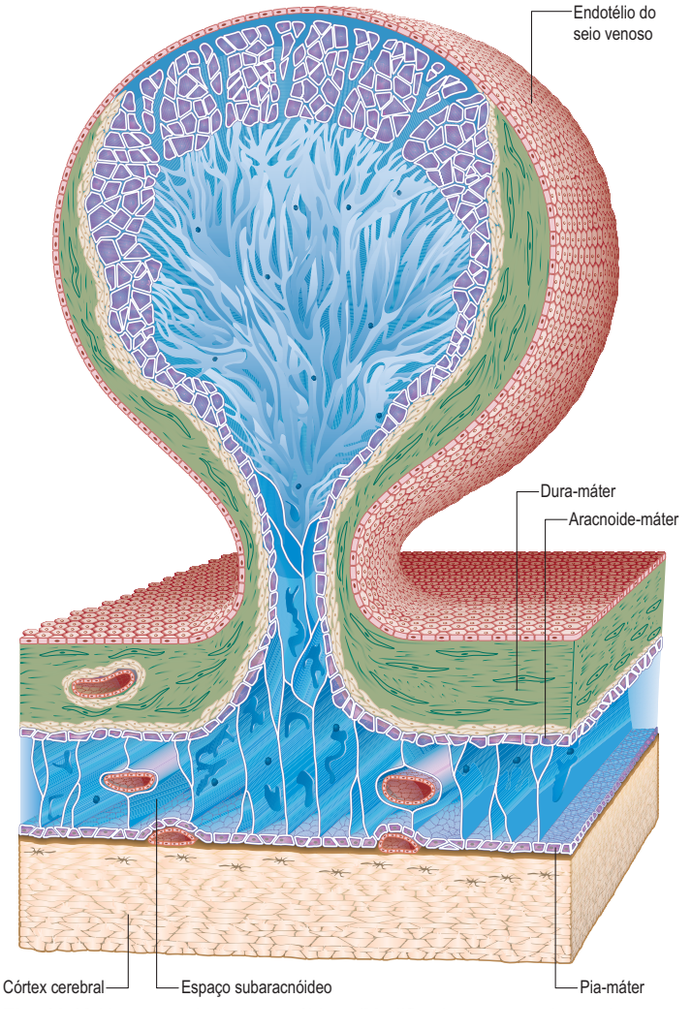


Fig. 16.12 Uma granulação aracnóidea. (Modificada com permissão da Springer-Verlag, Principles of Pediatric Neurosurgery, Vol 4: Morphology of CSF drainage pathways in man. Raimondi (ed), Kida & Weller 1994.)

radionuclídeo e a RM acoplada ao eletrocardiograma demonstraram que o LCS também pode ser reabsorvido por toda a extensão dos ventrículos e do espaço subaracnóideo, pelas paredes de vasos piais e subaracnóideos. Além disso, crescem as evidências experimentais de que volumes significativos de LCS podem ser absorvidos por vasos linfáticos extracranianos em animais: proteínas radiomarcadas injetadas no LCS (coelhos, gatos), no parênquima cerebral (coelhos) ou nos ventrículos (carneiros) foram recuperadas da linfa cervical, provavelmente por percorrer extensões do espaço subaracnóideo que circundam os nervos olfatório e óptico. Sugeriu-se que os vasos linfáticos extracranianos têm um papel importante na reabsorção do LCS a pressões relativamente baixas, mas que outras vias, incluindo as granulações aracnóideas, se tornam progressivamente mais importantes com o aumento da pressão do LCS. Em humanos ainda falta ser demonstrada de maneira convincente uma conexão entre o líquido intersticial do parênquima e os vasos linfáticos extracranianos.

Uma perspectiva alternativa, e não necessariamente mutuamente exclusiva, das granulações aracnóideas é que elas estão envolvidas em dissipar a onda de pressão que ocorre no espaço subaracnóideo durante a sístole arterial (causada pela pulsação dos vasos arteriais no espaço). Como os seios da dura-máter se situam dentro de coberturas durais espessas e não complacentes, as alterações de pressão dentro delas representam funcionalmente o compartimento venoso extracraniano: a dilatação sistólica das granulações aracnóideas, portanto, dissiparia as alterações da pressão intracraniana no sistema venoso extracraniano.

Hidrocefalia

A obstrução da circulação do LCS acarreta o acúmulo de líquido no sistema ventricular (hidrocefalia), o que causa a compressão do encéfalo (Fig. 16.13). No encéfalo os pontos críticos em que pode haver a obstrução correspondem aos estreitos forames e passagens do sistema ventricular.

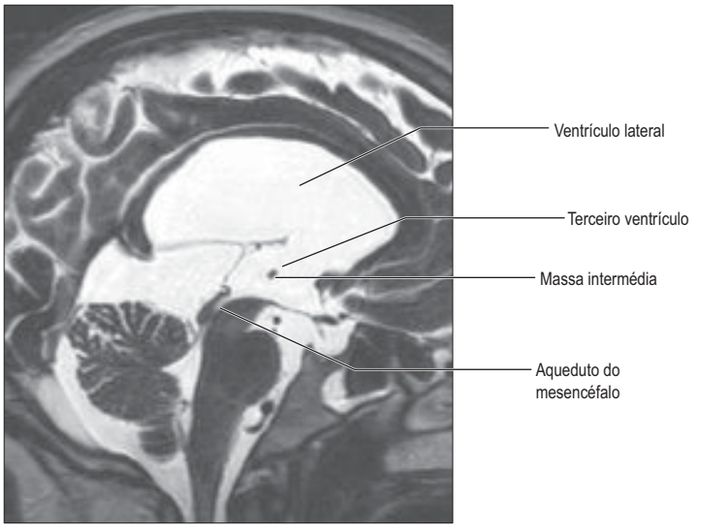


Fig. 16.13 Imagem sagital de RM do cérebro em T2 de um paciente com hidrocefalia obstrutiva devido a uma estenose congênita do aqueduto do mesencéfalo. A imagem mostra uma dilatação acentuada do terceiro ventrículo e do aqueduto proximal.

Portanto, a obstrução do forame interventricular causa a dilatação dos ventrículos laterais; a obstrução do aqueduto do mesencéfalo acarreta a dilatação tanto dos ventrículos laterais como do terceiro ventrículo; e a obstrução ou a ausência congênita das aberturas do quarto ventrículo acarreta a dilatação de todo o sistema ventricular. A hidrocefalia também pode ocorrer na presença de comunicações intactas entre os espaços ventricular e subaracnóideo (hidrocefalia não obstrutiva ou comunicante). A concepção convencional é de que as obstruções no espaço subaracnóideo prejudicam a circulação do LCS e ocasionam a má absorção do LCS, causando hidrocefalia obstrutiva ou não obstrutiva (comunicante). Análises da hidrodinâmica intracraniana relacionada à pressãode pulso sugeriram que esta é uma visão excessivamente simplista e que a pressão de pulso aumentada nos capilares cerebrais mantém a dilatação ventricular na hidrocefalia não obstrutiva (comunicante) e na hidrocefalia obstrutiva crônica (ver Greitz, 2004, para maiores detalhes relativamente à teoria da hidrodinâmica).

PIA-MÁTER

A pia-máter é uma membrana delicada que reveste intimamente a superfície do cérebro, da qual ela está separada por um espaço subpial microscópico (Fig. 16.10) e acompanha os contornos do cérebro às concavidades e às profundezas de fissuras e sulcos. Durante o desenvolvimento ela se torna justaposta ao epêndima no teto do telencéfalo e do quarto ventrículo e forma o estroma do plexo corióideo. A pia-máter tem uma origem embriológica comum e semelhanças estruturais com a aracnoide-máter (Cap. 27).

A pia-máter é formada por uma camada de células leptomeníngeas, frequentemente com espessura de apenas 1 a 2 células, na qual as células são unidas por desmossomos e junções comunicantes, porém poucas junções de oclusão, se é que há alguma. As células são contínuas com o revestimento das trabéculas aracnóideas e são separadas da lâmina basal da glia limitante por feixes de colágeno e de células semelhantes a fibroblastos e pelas artérias e veias que se situam no espaço subpial (Fig. 16.10).

Apesar de sua natureza delicada, a pia-máter parece constituir uma interface reguladora entre o espaço subaracnóideo e o cérebro. As células piais contêm enzimas como catecol-O-metiltransferase e glutamina sintetase (que degradam neurotransmissores), elas também apresentam capacidade de realizar pinocitose e ingerem partículas com diâmetro de até 1 μm. Outras evidências da eficácia da pia-máter como barreira são vistas nas hemorragias subaracnóideas e nas hemorragias subpiais em lactentes, pois em nenhum desses casos há a penetração de hemácias na pia-máter.

Há muito se pensava que o espaço subaracnóideo estava diretamente ligado aos espaços perivasculares (espaços de Virchow-Robin) que circundam os vasos sanguíneos no cérebro. Entretanto, se reconhece agora que a pia-máter é refletida da superfície do encéfalo sobre a superfície dos vasos sanguíneos no espaço subaracnóideo, o que significa que o espaço subaracnóideo está separado por uma camada de pia-máter dos espaços subpiais e perivasculares do cérebro.

REFERÊNCIAS

Greitz D 2004 Radiological assessment of hydrocephalus: new theories and implications for therapy. Neurosurg Rev 27: 145–165.
Descreve teorias modernas de produção e transporte do LCE.

Kida S, Weller RO 1994 Morphology of CSF drainage pathways in man. In: Raimondi A (ed) Principles of Pediatric Neurosurgery, vol 4. Berlin: Springer.
Descreve a morfologia e as relações do espaço subaracnóide, incluindo a estrutura das granulações aracnoides.

Klintworth GK 1967 The ontogeny and growth of the human tentorium cerebelli. Anat Rec 158: 433–42.

McKinley MJ, McAllen RM, Davern P, et al 2003 The sensory circumventricular organs of the mammalian brain. Adv Anat Embryol Cell Biol 172: III–XII, 1–122.

Mercier F, Kitasako JT, Hatton GI 2002 Anatomy of the brain neurogenic zones revisited: fractones and the fibroblast/macrophage network. J Comp Neurol 451(2): 170–88.
Descreve a estrutura e ultraestrutura da lâmina basal e camada subependimal.

Paulson OB 2002 Blood–brain barrier, brain metabolism and cerebral blood flow. Eur Neuropsychopharmacol 12(6): 495–501.

Strazielle N, Ghersi-Egea JF 2000 Choroid plexus in the central nervous system: biology and physiopathology. J Neuropathol Exp Neurol 59(7): 561–74.
Descreve as funções do plexo coróide no desenvolvimento do cérebro, transferência de informações neuro-humorais, interações cérebro/sistema imunológico, envelhecimento do cérebro e farmacotoxicologia cerebral.

Wolburg H, Lippoldt A 2002 Tight junctions of the blood–brain barrier: development, composition and regulation. Vasc Pharmacol 38(6): 323–37.
Revisa as propriedades moleculares das junções de oclusão entre as células endoteliais que constituem a barreira hematencefálica.

Zakharov A, Papaiconomou C, Koh L, Djenic J, Bozanovic-Sosic R, Johnston M 2004 Integrating the roles of extracranial lymphatics and intracranial veins in cerebrospinal fluid absorption in sheep. Microvasc Res 67: 96–104.

Zhang ET, Inman CBE, Weller RO 1990 Interrelationships of the pia mater and the perivascular (Virchow–Robin) spaces in the human cerebrum. J Anat 170: 111–23.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Irrigação sanguínea e drenagem do encéfalo

CAPÍTULO 17

O encéfalo é um órgão altamente vascular, e seu profuso suprimento sanguíneo é caracterizado por uma rede densamente ramificada de artérias. Ele possui uma alta taxa metabólica que reflete a necessidade de energia da constante atividade neural. Ele recebe cerca de 15% do débito cardíaco e utiliza 25% do consumo total de oxigênio do corpo. O encéfalo é irrigado pelas duas artérias carótidas internas e pelas duas artérias vertebrais que formam uma complexa anastomose (círculo arterial do cérebro, "círculo de Willis") na base do encéfalo. Os vasos divergem a partir desta anastomose para suprir as várias regiões do encéfalo. Em geral, as artérias carótidas internas e os vasos originados a partir delas suprem o prosencéfalo, com exceção do lobo occipital do hemisfério cerebral, e as artérias vertebrais e seus ramos suprem o lobo occipital, o tronco encefálico e o cerebelo. O sangue venoso do encéfalo é drenado para os seios no interior da dura-máter (Cap. 27). Uma interrupção aguda do suprimento sanguíneo para o encéfalo por mais do que poucos minutos causa danos neurológicos permanentes. Assim, acidentes vasculares isquêmicos junto com hemorragias intracranianas são as principais fontes contemporâneas de morbidade e mortalidade.

SUPRIMENTO ARTERIAL DO ENCÉFALO

O suprimento arterial do encéfalo é derivado da artéria carótida interna e das artérias vertebrais que se localizam, juntamente com seus ramos principais, no interior do espaço subaracnóideo na base do encéfalo.

ARTÉRIA CARÓTIDA INTERNA

As artérias carótidas internas (Fig. 17.1) e seus ramos principais (o sistema carótico ou circulação "anterior") suprem o sangue para a maior parte do cérebro. Algumas partes dos lobos occipital e temporal são irrigadas por ramos do sistema vertebrobasilar (Fig. 17.5).

A artéria carótida interna origina-se da bifurcação da artéria carótida comum, ascende no pescoço e entra no canal carótico do osso temporal. Em seu curso subsequente, ela demonstra as seguintes partes: petrosa, cavernosa e cerebral.

Parte petrosa

A parte petrosa da artéria carótida interna ascende no canal carótico, curva-se anteromedialmente e então superomedialmente acima da cartilagem que preenche o forame lacerado, e entra na cavidade do crânio. Ela está localizada primeiramente em local anterior à cóclea e à cavidade timpânica, e é separada desta e da tuba auditiva por uma fina lamela óssea que é cribriforme no jovem e parcialmente absorvida no idoso. Mais anteriormente, ela é separada do gânglio trigeminal pelo fino teto do canal carótico, embora, isto seja muitas vezes deficiente. A artéria é circundada por um plexo venoso e pelo plexo carótico autônomo, derivado do nervo carótico interno do gânglio cervical superior. A parte petrosa da artéria dá origem a dois ramos. A artéria caroticotimpânica é um vaso pequeno e geralmente duplo que entra na cavidade timpânica por um forame no canal carótico e se anastomosa com a artéria timpânica anterior, ramo da artéria maxilar e com a artéria estilomastóidea. A artéria do canal pterigóideo é inconsistente: quando presente, ela entra no canal pterigóideo com o nervo de mesmo nome, e se anastomosa com um ramo (recorrente) da artéria palatina maior.

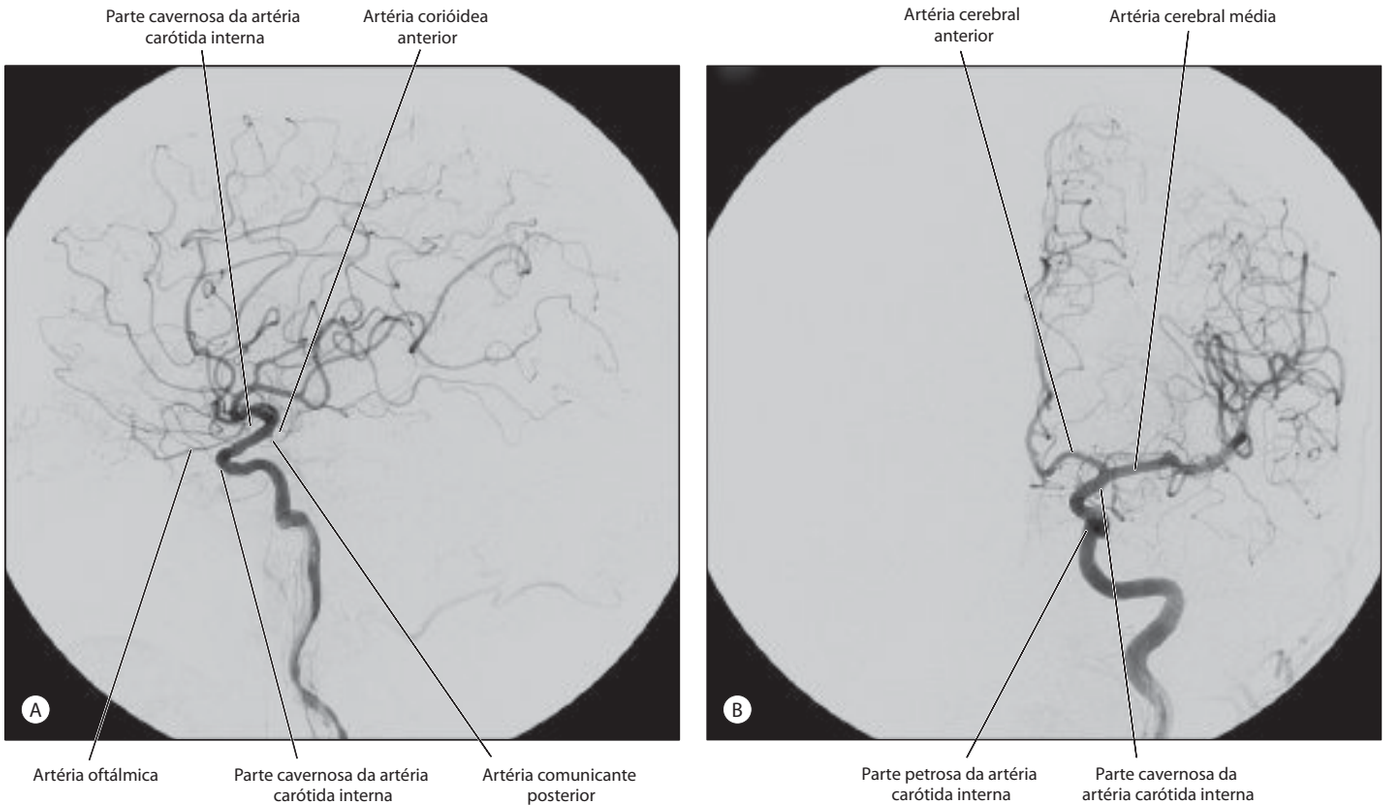


Fig. 17.1 Angiografias da artéria carótida interna. **A**, projeção lateral **B**, projeção de Towne.

Parte cavernosa

A parte cavernosa da artéria carótida interna ascende para o processo clinoide posterior. Ela se curva anteriormente para o lado do esfenoide no interior do seio cavernoso e então curva-se para cima medialmente ao processo clinoide anterior, para emergir através do teto dural do seio. Os nervos oculomotor, troclear, oftálmico e abducente estão laterais a ela, no interior do seio cavernoso (Fig. 27.9). Ocasionalmente, os dois processos clinoides formam um anel ósseo ao redor da artéria.

Esta parte da artéria dá origem a certo número de pequenos vasos. Ramos cavernosos suprem o gânglio trigeminal, as paredes do seio cavernoso e do seio petroso inferior e aos nervos contidos neles. Um ramo meníngeo mínimo passa sobre a asa menor do esfenoide para suprir a dura-máter e os ossos na fossa anterior do crânio e também se anastomosar com um ramo meníngeo da artéria etmoidal posterior. Numerosos pequenos ramos hipofisários suprem a neuro-hipófise e são de particular importância porque formam o sistema porta-hipofisário (Fig. 21.11).

Parte cerebral

Após perfurar a dura-máter, a artéria carótida interna curva-se para trás, abaixo do nervo óptico, para seguir entre ele e o nervo oculomotor. Ela alcança a substância perfurada anterior na extremidade medial do sulco lateral e termina dividindo-se em artérias cerebrais anterior e média.

Vários vasos pré-terminais deixam a parte cerebral da artéria carótida interna. A artéria oftálmica origina-se da parte anterior da artéria carótida interna quando ela deixa o seio cavernoso, muitas vezes no ponto de perfuração da dura-máter, e entra na órbita através do canal óptico. A artéria comunicante posterior (Figs. 17.2, 17.3) segue atrás da carótida interna acima do nervo oculomotor, e se anastomosa com a artéria cerebral posterior (um ramo terminal da artéria basilar), contribuindo desse modo para o círculo arterial do cérebro ao redor da fossa interpeduncular. A artéria comunicante posterior é geralmente muito pequena. No entanto, às vezes ela é tão grande que a artéria cerebral posterior é irrigada mais por ela do que pela artéria basilar ('artéria comunicante posterior fetal'); ela é muitas vezes grande em apenas um dos lados. Pequenos ramos de sua metade posterior perfuram a substância perfurada posterior juntamente com ramos da artéria cerebral posterior. Coletivamente eles suprem a face medial do tálamo e as paredes do terceiro ventrículo. A artéria corióidea anterior deixa a artéria carótida interna próximo de seu ramo comunicante posterior e segue para trás acima da parte medial do unco. Ela cruza o trato óptico para alcançar e suprir o pilar do cérebro do mesencéfalo, e então curva-se lateralmente, atravessa novamente o trato óptico, e chega à região lateral do corpo geniculado lateral, o qual ela supre com vários ramos. Ela finalmente entra no corno temporal do ventrículo lateral pela fissura corióidea e termina no plexo corióideo. Este pequeno porém importante vaso também contribui para o suprimento sanguíneo do globo pálido, núcleo caudado, corpo amigdaloide, hipotálamo, túber cinéreo, núcleo rubro, substância negra, ramo posterior da cápsula interna, radiação óptica, trato óptico, hipocampo e fímbria do fórnice.

ARTÉRIA CEREBRAL ANTERIOR

A artéria cerebral anterior é o menor dos dois ramos terminais da artéria carótida interna (Fig. 17.3).

A nomenclatura cirúrgica divide o vaso em três partes: Segmento A_1 – da terminação da artéria carótida interna à junção com a artéria comunicante anterior; Segmento A_2 – da junção com a artéria comunicante anterior à origem da artéria calosomarginal; e Segmento A_3 – distal à origem da artéria calosomarginal; este segmento é também chamado de artéria pericalosa.

A artéria cerebral anterior inicia na extremidade medial da base do sulco lateral. Ela segue anteromedialmente acima do nervo óptico para a fissura longitudinal do cérebro onde se conecta com sua companheira do lado oposto por uma curta e transversa artéria comunicante anterior. A artéria comunicante anterior tem cerca de 4 mm de comprimento e pode ser dupla. Ela dá origem a numerosas artérias centrais anteromediais que suprem o quiasma óptico, a lâmina terminal, o hipotálamo, as áreas paraolfatórias, as colunas anteriores do fórnice e o giro do cíngulo.

As duas artérias cerebrais anteriores seguem juntas na fissura longitudinal do cérebro. Elas passam ao redor da curva do joelho do corpo caloso e depois ao longo de sua face superior até sua extremidade posterior, onde

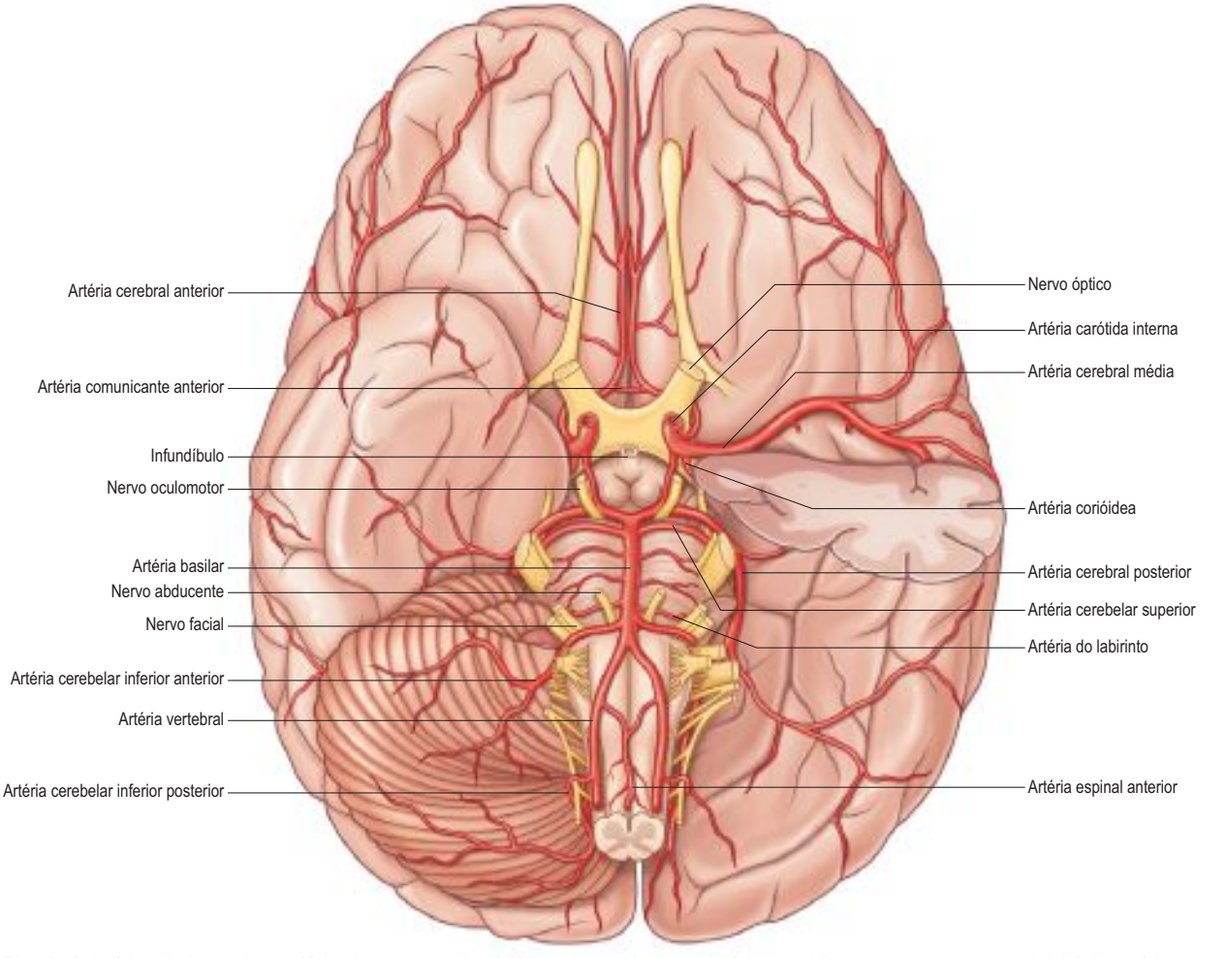


Fig. 17.2 Artérias da base do encéfalo. A parte anterior do lobo temporal esquerdo foi removida para mostrar o curso inicial da artéria cerebral média no interior do sulco lateral.

elas se anastomosam com as artérias cerebrais posteriores (Fig. 17.4). Elas dão origem aos ramos corticais e centrais.

Os ramos corticais da artéria cerebral anterior são nomeados de acordo com sua distribuição. Dois ou três ramos orbitais se ramificam sobre a face orbital do lobo frontal e suprem o córtex olfatório, o giro reto e o giro orbital. Ramos frontais suprem o corpo caloso, o giro do cíngulo, o giro frontal medial e o lóbulo paracentral. Ramos parietais suprem o pré-cúneo, enquanto ambos os ramos, frontal e parietal enviam ramos sobre a margem superomedial do hemisfério cerebral para suprir uma faixa do território sobre a face superolateral (Fig. 17.5). Ramos corticais da artéria cerebral anterior, portanto, suprem as áreas corticais motora e somatosensorial que representam os membros inferiores.

Ramos centrais da artéria cerebral anterior se originam de sua parte proximal e entram na substância perfurada anterior (Fig. 17.3) e na lâmina

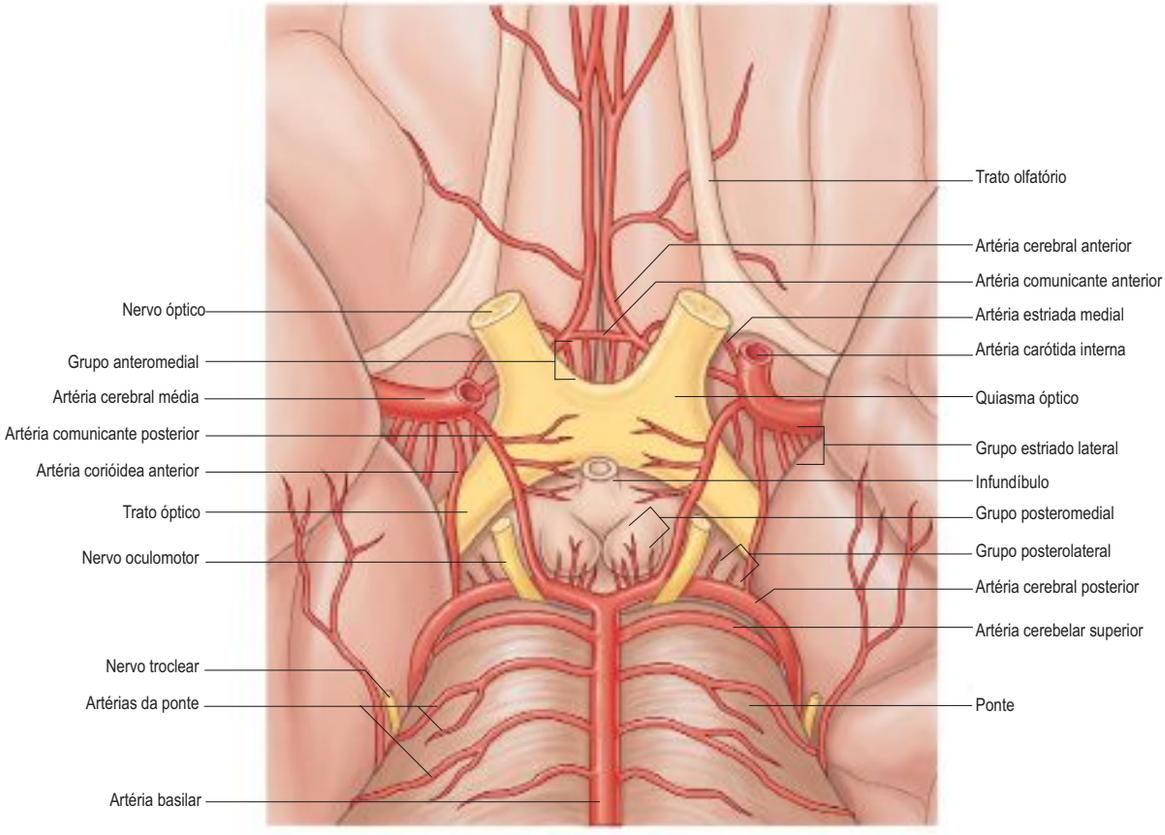


Fig. 17.3 O círculo arterial do cérebro na base do encéfalo mostrando a distribuição dos ramos centrais (perfurantes ou ganglionares).

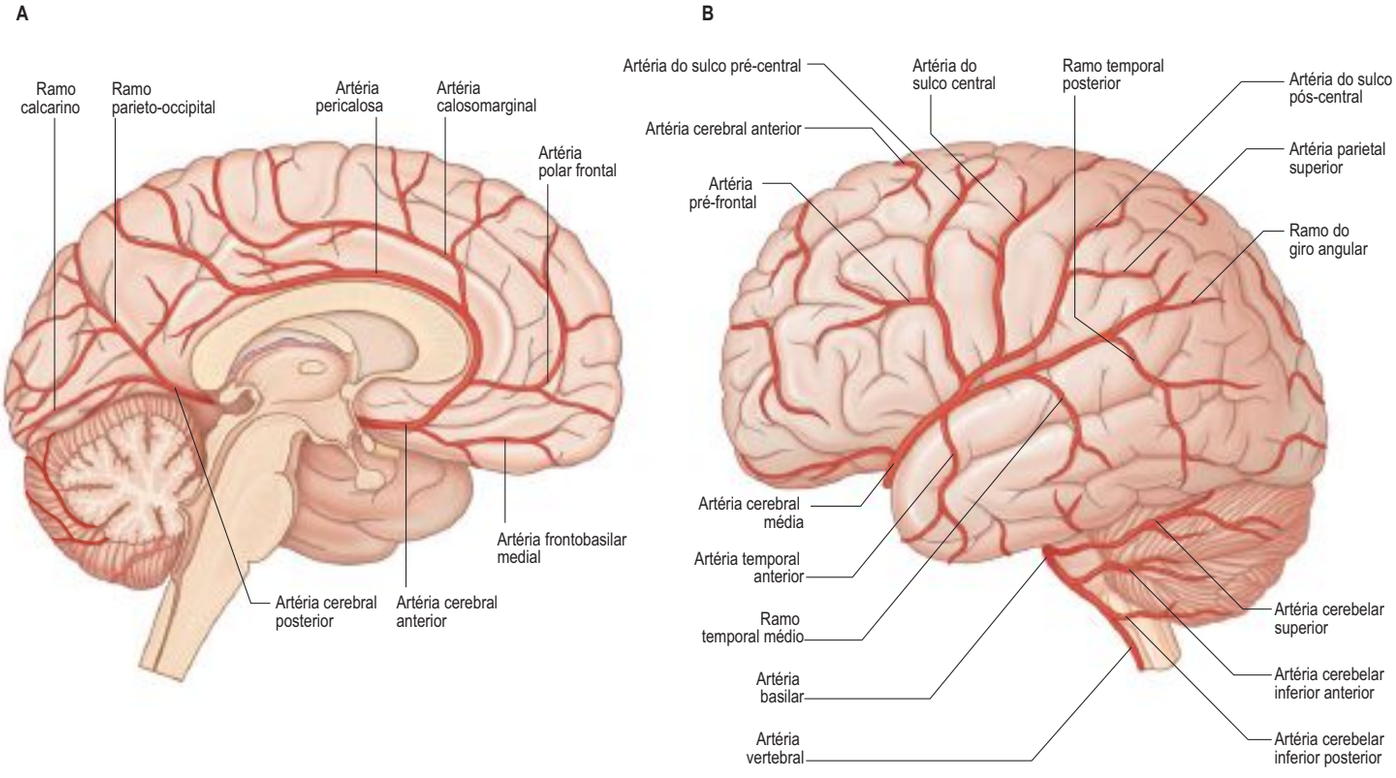


Fig. 17.4 Principais artérias irrigando as faces medial **A**, e lateral **B**, do encéfalo.

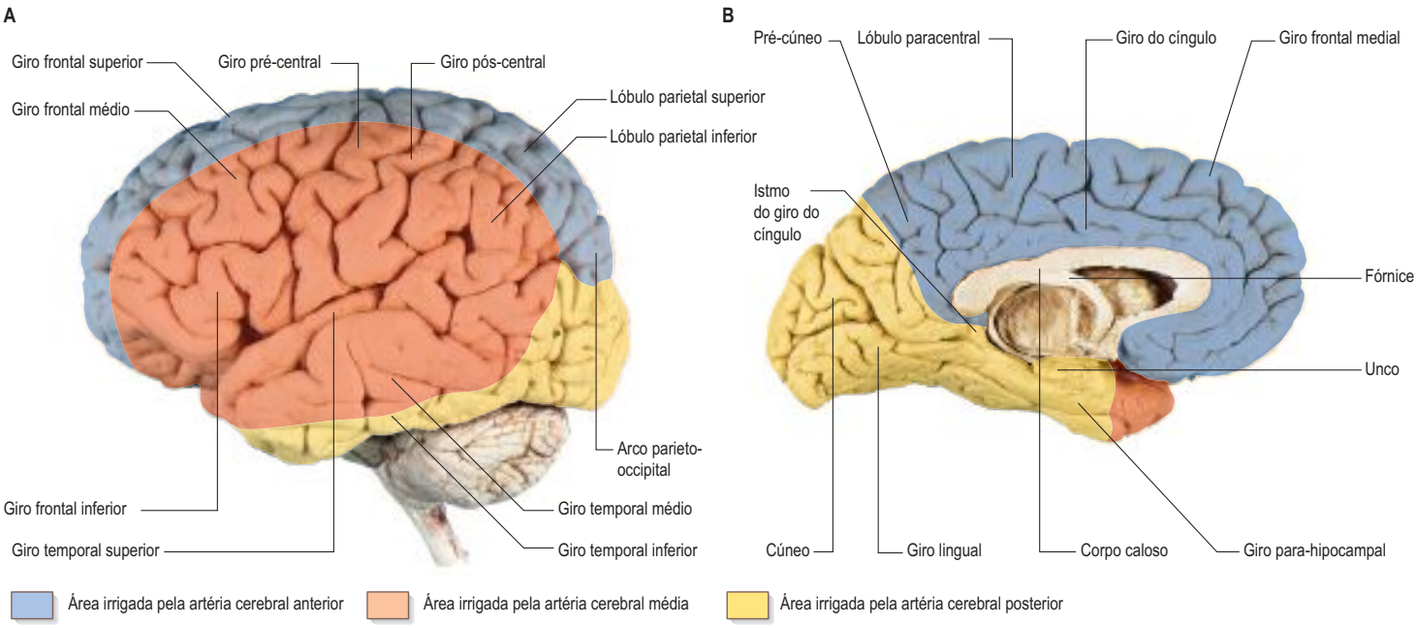


Fig. 17.5 Suprimento arterial do hemisfério cerebral esquerdo. **A**, Face superolateral. **B**, Face medial.

terminal. Coletivamente, eles suprem o rostro do corpo caloso, o septo pelúcido, a parte anterior do putame, a cabeça do núcleo caudado e as partes adjacentes da cápsula interna. Imediatamente proximal ou distal a sua junção com a artéria comunicante anterior, a artéria cerebral anterior dá origem às artérias estriadas mediais que suprem a parte anterior da cabeça do núcleo caudado e regiões adjacentes do putame e cápsula interna.

ARTÉRIA CEREBRAL MÉDIA

A artéria cerebral média é o maior ramo terminal da artéria carótida interna.

A nomenclatura cirúrgica divide o vaso em quatro partes: Segmento M_1 – da terminação da artéria carótida interna até a sua bi/trifurcação, sendo este segmento também chamado de parte esfenoidal; Segmento M_2 – o segmento que segue no sulco lateral, também chamado de parte insular; Segmento M_3 - saindo do sulco lateral ("fissura de Sylvius"), também chamado de parte opercular; e Segmento M_4 – porções corticais.

A artéria cerebral média segue em primeiro lugar no sulco lateral, depois posterossuperiormente sobre o lobo insular, e divide-se em ramos distribuindo-se para o lobo insular e a face superolateral adjacente do cérebro (Figs. 17.3, 17.4, 17.5). Como a artéria cerebral anterior, ela possui ramos corticais e ramos centrais.

Os ramos corticais enviam vasos orbitais para o giro frontal inferior e para a face orbital lateral do lobo frontal. Ramos frontais suprem os giros pré-central, frontal médio e frontal inferior. Dois ramos parietais são distribuídos para o giro pós-central, para a parte inferior do lóbulo parietal superior e para todo o lóbulo parietal inferior. Dois ou três ramos temporais suprem a face lateral lobo temporal. Ramos corticais da artéria cerebral média, portanto, suprem os córtices motor e somatossensorial que representam a totalidade do corpo (a não ser os membros inferiores), área auditiva e o lobo insular.

Pequenos ramos centrais da artéria cerebral média, os ramos estriados laterais (ou lenticuloestriados), se originam e entram na substância perfurada anterior junto com a artéria estriada medial. Os ramos estriados laterais ascendem na cápsula externa sobre a face lateral inferior do núcleo lentiforme, depois curvam-se medialmente, atravessam o núcleo lentiforme e a cápsula interna e estendem-se até o núcleo caudado.

ARTÉRIA VERTEBRAL

A artéria vertebral e seus ramos principais (às vezes referidos como sistema vertebrobasilar) basicamente provêm sangue para a região superior da medula espinal, para o tronco encefálico, cerebelo e uma significante, porém variável, parte dos hemisférios cerebrais posteriormente (Fig. 17.6).

As artérias vertebrais são derivadas das artérias subclávias (Cap. 30). Elas ascendem através do pescoço nos forames transversários das seis vértebras cervicais superiores e entram na cavidade do crânio através do forame magno, próximo à face anterolateral do bulbo (Fig. 17.2). Elas convergem medialmente enquanto sobem pelo bulbo e se unem para formar a artéria basilar na linha mediana aproximadamente no nível da junção entre o bulbo e a ponte.

Um ou dois ramos meníngeos se originam da artéria vertebral próximos ao forame magno e se ramificam entre o osso e a dura-máter na fossa posterior do crânio. Eles suprem o osso, a díploe e a foice do cerebelo.

Uma pequena artéria espinal anterior se origina perto do final da artéria vertebral e ascende anterior ao bulbo para unir-se com sua companheira do lado oposto no nível médio do bulbo. O tronco ímpar desce então sobre a região ventral mediana da medula espinal e é reforçada sequencialmente por pequenos ramos espinais a partir das artérias vertebral, cervical ascendente, intercostal posterior e da primeira artéria lombar, que entram no canal vertebral pelos forames intervertebrais. Ramos a partir da artéria espinal anterior e do início de seu tronco comum são distribuídos para o bulbo.

O maior ramo da artéria vertebral é a artéria cerebelar inferior posterior (Fig. 17.6A). Ela se origina próximo da extremidade inferior da oliva e depois sobe por trás das raízes dos nervos glossofaríngeo e vago para chegar à margem inferior da ponte. Aqui ela se curva e desce ao longo da margem inferolateral do quarto ventrículo antes de curvar-se lateralmente na valécula do cerebelo entre os hemisférios e dividir-se em ramos medial e lateral. O ramo medial segue para trás entre o hemisfério cerebelar e a parte inferior do verme do cerebelo, suprindo ambos. O ramo lateral supre a face inferior do cerebelo até sua margem lateral e se anastomosa com a artéria cerebelar inferior anterior e a artéria cerebelar superior (ramos da artéria basilar). O tronco da artéria cerebelar inferior posterior supre o bulbo, posteriormente ao núcleo olivar e lateralmente ao núcleo do nervo hipoglosso e suas raízes nervosas emergentes. Ela também supre o plexo corióideo do quarto ventrículo e envia um ramo lateral para a tonsila do cerebelo pra suprir o núcleo denteado. A artéria cerebelar inferior posterior algumas vezes está ausente.

Uma artéria espinal posterior geralmente se origina a partir da artéria cerebelar inferior posterior, mas pode se originar diretamente da artéria vertebral próxima ao bulbo. Ela passa posteriormente e desce como dois ramos que se localizam anterior e posteriormente às raízes posteriores dos nervos espinais. Elas são reforçadas por ramos espinais das artérias vertebral, cervical ascendente, intercostal posterior e a primeira artéria lombar, que chegam ao canal vertebral pelos forames intervertebrais e mantêm as artérias espinais posteriores nos níveis espinais inferiores. Artérias medulares mínimas se originam da artéria vertebral e de seus ramos e são distribuídas amplamente para o bulbo.

ARTÉRIA BASILAR

A artéria basilar é um grande vaso mediano formado pela união das artérias vertebrais no nível médio do bulbo (Figs. 17.2, 17.3, 17.6). Ela se

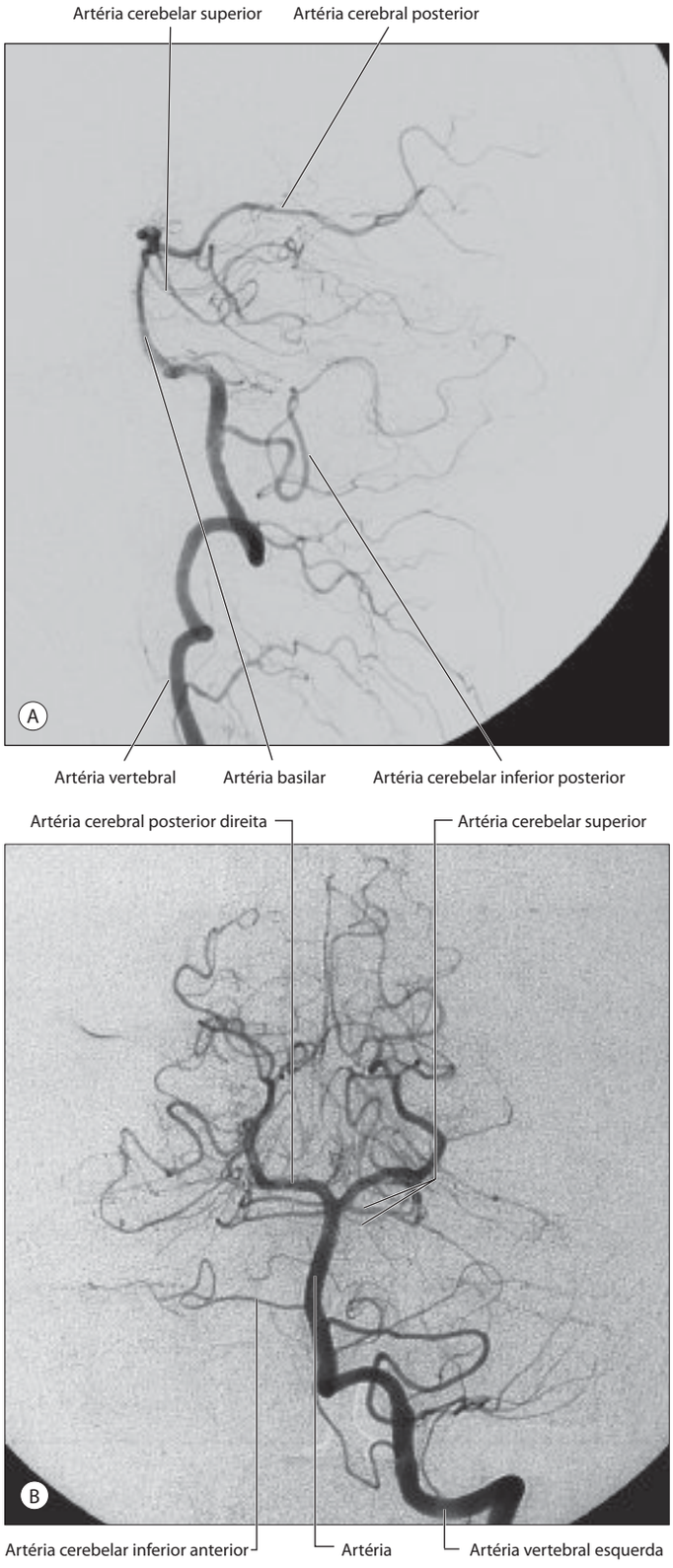


Fig. 17.6 Arteriografias vertebrais. **A**, projeção lateral; **B**, projeção de Towne.

localiza na cisterna pontina e segue em um sulco mediano raso sobre a face ventral da ponte. Termina dividindo-se nas duas artérias cerebrais posteriores em um nível variável posteriormente ao dorso da sela turca, geralmente na cisterna interpeduncular.

Numerosas e pequenas artérias da ponte se originam a partir das regiões frontal e lateral da artéria basilar ao longo de seu curso e suprem a ponte. A longa e delgada artéria do labirinto possui uma origem variável. Ela geralmente se origina da artéria cerebelar inferior anterior, mas variações em sua origem incluem a parte inferior da artéria basilar, a artéria cerebelar superior ou, ocasionalmente, a artéria cerebelar inferior posterior. A artéria do labirinto acompanha os nervos facial e vestibulococlear no interior do meato acústico interno e é distribuída para a orelha interna.

A artéria cerebelar inferior anterior (Fig. 17.3) surge da parte inferior da artéria basilar e segue posterolateralmente, em geral anterior aos nervos abducente, facial e vestibulococlear. Ela comumente exibe uma alça no meato acústico interno abaixo dos nervos, e, quando isso ocorre, a artéria do labirinto pode se originar da alça. A artéria cerebelar inferior anterior supre a face inferior do cerebelo anterolateralmente e se anastomosa com a artéria cerebelar inferior posterior, ramo da artéria vertebral. Alguns poucos ramos suprem as partes inferolaterais da ponte e ocasionalmente também suprem a parte superior do bulbo.

A artéria cerebelar superior (Figs. 17.3, 17.6) se origina próxima da porção distal da artéria basilar, imediatamente antes da formação das artérias cerebrais posteriores. Ela segue lateralmente abaixo do nervo oculomotor que a separa da artéria cerebral posterior e curva-se ao redor do pedúnculo cerebral abaixo do nervo troclear para alcançar a face superior do cerebelo. Aqui ela divide-se em ramos que se desdobram na pia-máter suprindo esta face do cerebelo, e também se anastomosando com ramos da artéria cerebelar inferior. A artéria cerebelar superior supre a ponte, a glândula pineal, o véu medular superior e a tela corióidea do terceiro ventrículo.

ARTÉRIA CEREBRAL POSTERIOR

A artéria cerebral posterior (Figs. 17.2, 17.3, 17.4) é um ramo terminal da artéria basilar.

A nomenclatura cirúrgica divide o vaso em três partes: Segmento P_1 – da bifurcação da artéria basilar à junção com a artéria comunicante posterior; Segmento P_2 – da junção com a artéria comunicante posterior até a porção na cisterna circundante; e Segmento P_3 – a porção que segue no sulco calcarino.

A artéria cerebral posterior é maior do que a artéria cerebelar superior, da qual é separada próximo de sua origem pelo nervo oculomotor, e, lateralmente ao mesencéfalo, pelo nervo troclear. Ela segue lateralmente, paralela com a artéria cerebelar superior, e recebe a artéria comunicante posterior. Ela então se enrola ao redor do pedúnculo cerebral e chega à face inferior do cérebro, onde ela supre os lobos temporal e occipital. Como as artérias cerebrais anterior e média, a artéria cerebral posterior possui ramos corticais e centrais.

Os ramos corticais da artéria cerebral posterior são nomeados de acordo com sua distribuição. Os ramos temporais, geralmente dois, são distribuídos para o unco, para o giro para-hipocampal, giros occipitotemporais medial e lateral. Os ramos occipitais suprem o cúneo, o giro lingual e a face posterolateral do lobo occipital. Ramos parieto-occipitais suprem o cúneo e o pré-cúneo. A artéria cerebral posterior supre as áreas visuais do córtex cerebral e outras estruturas na via visual.

Os ramos centrais suprem estruturas subcorticais. Vários pequenos ramos centrais posteromediais originam-se do início da artéria cerebral posterior (Fig. 17.3) e, juntos com ramos similares da artéria comunicante posterior, penetram na substância perfurada posterior para suprir a região anterior do tálamo, o subtálamo, a parede lateral do terceiro ventrículo e o globo pálido. Um ou mais ramos corióideos posteriores passam sobre o corpo geniculado lateral e o suprem antes de entrar na parte posterior do corno occipital do ventrículo lateral pela parte inferior da fissura corióidea. Ramos também se enrolam ao redor da extremidade posterior do tálamo e seguem através da fissura transversa do cérebro ou vão ao plexo corióideo do terceiro ventrículo, ou ainda atravessam a região superior da fissura corióidea. Coletivamente estes ramos suprem o plexo corióideo do terceiro ventrículo, dos ventrículos laterais e o fórnice. Pequenos ramos centrais posterolaterais originam-se da artéria cerebral posterior adiante do pedúnculo cerebral e supre o pedúnculo e a parte posterior do tálamo, os colículos superior e inferior, a glândula pineal e o corpo geniculado medial.

CÍRCULO ARTERIAL DO CÉREBRO

O círculo arterial do cérebro ("círculo de Willis") é uma grande anastomose arterial que une a artéria carótida interna e o sistema vertebrobasilar (Figs. 17.3, 17.6B). Ele se localiza no espaço subaracnóideo no interior da cisterna interpeduncular, e circunda o quiasma óptico e o infundíbulo. Anteriormente, as artérias cerebrais anteriores derivadas da artéria carótida interna são unidas pela pequena artéria comunicante anterior. Posteriormente, as duas artérias cerebrais posteriores, formadas pela divisão da artéria basilar, se juntam à artéria carótida interna ipsilateral por uma artéria comunicante posterior.

Existem consideráveis variações individuais no padrão e calibre dos vasos que fazem parte do círculo arterial do cérebro. Embora um canal circular completo quase sempre exista, em geral um vaso está suficientemente estreitado, o que reduz seu papel como uma rota colateral, fazendo com que o círculo raramente esteja funcionalmente completo. Artérias cerebrais e comunicantes podem estar ausentes individualmente, ser variavelmente hipoplásticas, duplas ou ainda triplas. A hemodinâmica do círculo é influenciada por variações no calibre das artérias comunicantes e nos segmentos das artérias cerebrais anterior e posterior que se localizam entre suas origens e suas junções com as artérias comunicantes correspondentes. A maior variação no calibre entre os indivíduos ocorre na artéria comunicante posterior, que é normalmente muito pequena, sendo que apenas um fluxo limitado é possível entre a circulação anterior e a posterior. Comumente o diâmetro da parte pré-comunicante da artéria cerebral posterior é maior do que da artéria comunicante posterior, caso em que o suprimento de sangue para os lobos occipitais se dá principalmente pelo sistema vertebrobasilar. No entanto, às vezes o diâmetro da parte pré-comunicante da artéria cerebral posterior é menor do que o da artéria comunicante posterior, caso em que o suprimento de sangue para os lobos occipitais se dá principalmente pela artéria carótida interna via artéria comunicante posterior. Já que a proposta primária do círculo arterial é prover canais anastomóticos se um vaso for ocluído, é importante notar que uma artéria comunicante posterior de dimensões normais usualmente não pode cumprir esse papel. A agenesia ou hipoplasia do segmento inicial da artéria cerebral anterior são mais frequentes que anomalias na artéria comunicante anterior e contribuem para uma circulação deficiente em cerca de um terço dos indivíduos.

Aneurismas cerebrais Aneurismas são dilatações, como um balão, que ocorrem nas artérias como resultado de defeitos nas paredes do vaso. Eles são mais comumente encontrados nos vasos do círculo arterial do cérebro, particularmente na junção dos vasos ou próximo a essas junções. Aneurismas na artéria carótida interna próximos à sua terminação podem comprimir a face lateral do quiasma óptico, e comprometer axônios derivados da região temporal da retina ipsilateral, que causa um déficit no campo visual nasal. Aneurismas nas proximidades do nervo oculomotor, por exemplo, na artéria comunicante posterior, na artéria cerebelar superior ou na extremidade da artéria basilar, podem causar paralisia do terceiro nervo craniano por compressão (Fig. 17.7).

Hemorragia subaracnóidea Sangramento no compartimento subaracnóideo, hemorragia subaracnóidea, é a patologia mais comum que envolve o espaço subaracnóideo. Existem muitas causas; em adultos a mais comum é a ruptura de um aneurisma dos vasos intracranianos que seguem no interior do espaço subaracnóideo. Uma pessoa que teve uma hemorragia subaracnóidea geralmente queixa-se de uma dor de cabeça de início muito repentino que é frequentemente descrito como sendo sua "pior dor de cabeça de todas" ou "como sendo golpeada na cabeça com um martelo". Quando há essa suspeita a primeira investigação é um exame de tomografia computadorizada que possui uma sensibilidade muito alta para detecção de hemorragia recente. O sangue será visto nas cisternas basais e entrando na profundidade dos sulcos corticais, isto é, delineando a anatomia do espaço subaracnóideo, uma apresentação que permite um acurado diagnóstico (Fig. 17.8). Em um marcado contraste, a disseminação do sangue numa hemorragia subdural é limitada pela aracnoide-máter em sua face profunda e o sangue, portanto, permanece sobre a superfície do encéfalo.

ARTÉRIAS CENTRAIS OU PERFURANTES

Numerosas e pequenas artérias centrais (perfurantes ou ganglionares) se originam do círculo arterial do cérebro, ou a partir de vasos próximos a ele (Fig. 17.3). Muitas delas entram no encéfalo através das substâncias perfuradas anterior e posterior. Ramos centrais suprem estruturas nas redondezas da base do encéfalo ou bem próximas a ela juntamente com o interior do hemisfério cerebral, incluindo a cápsula interna, os núcleos da base e o tálamo. Estes ramos formam quatro grupos principais. O grupo anteromedial origina-se da artéria cerebral anterior e da artéria comunicante anterior passando através da parte medial da substância perfurada anterior. Estas artérias suprem o quiasma óptico, a lâmina terminal, áreas anterior, pré-óptica e supraóptica do hipotálamo, o septo pelúcido, as áreas para-olfatórias, as colunas anteriores do fórnice, o giro do cíngulo, o rostro do corpo caloso e a parte anterior do putame e a cabeça do núcleo caudado. O grupo posteromedial origina-se de todo o comprimento da artéria comunicante posterior e da porção proximal da artéria cerebral posterior. Anteriormente, estas artérias suprem o hipotálamo e a hipófise, e também as partes anterior e medial do tálamo via artéria perfurante do tálamo. Inferiormente, ramos do grupo posteromedial suprem os corpos mamilares, o subtálamo, a parede lateral do terceiro ventrículo, incluindo a região medial do tálamo, e o globo pálido. O grupo anterolateral é, na maioria das vezes, composto de ramos da parte proximal da artéria cerebral média que são também conhecidos como artérias centrais anterolaterais. Elas entram no encéfalo através da substância perfurada anterior e suprem o corpo estriado posteriormente, o globo pálido lateralmente e o ramo anterior, o joelho e o ramo posterior da cápsula interna. A artéria estriada medial, derivada das artérias cerebral média ou anterior, supre a parte rostral do núcleo caudado, o putame, o ramo anterior e o joelho da cápsula interna. O grupo posterolateral é derivado da artéria cerebral posterior, distalmente a sua junção com a artéria comunicante posterior, e supre o pedúnculo cerebral, os colículos, a glândula pineal e, via artérias talamogeniculadas, a parte posterior do tálamo e o corpo geniculado medial.

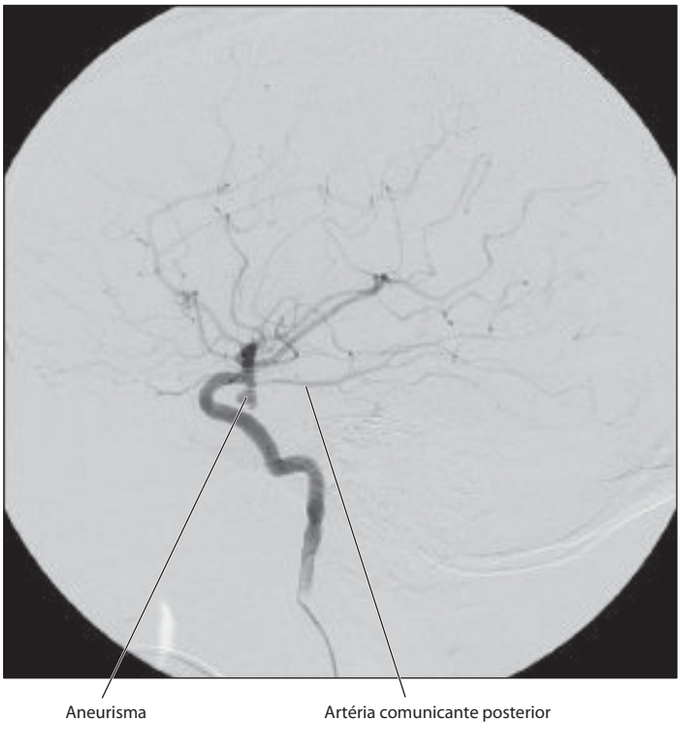


Fig. 17.7 Angiografia com subtração digital intra-arterial da artéria carótida interna direita em um paciente com uma paralisia completa do nervo oculomotor direito. Projeção lateral.

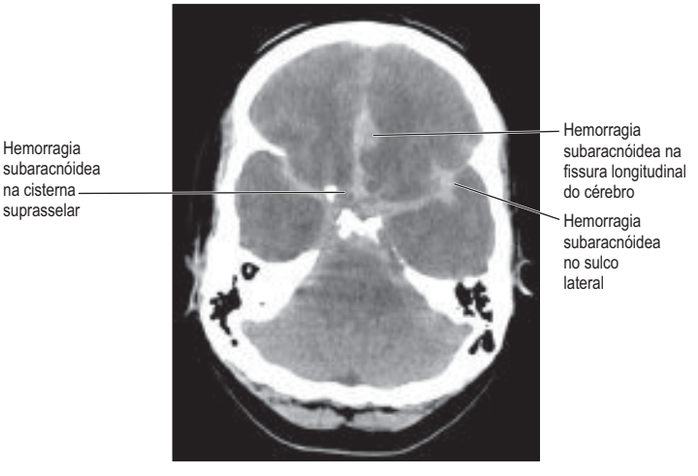


Fig. 17.8 Imagem de TC axial (sem meio de contraste endovenoso) no nível dos processos clinoides posteriores. Existe uma alta atenuação anormal nas cisternas basais e no espaço subaracnóideo da fissura longitudinal do cérebro, indicando uma hemorragia subaracnóidea aguda, que mostrou ser subsequente a uma ruptura de aneurisma na artéria comunicante anterior.

SUPRIMENTO ARTERIAL REGIONAL DO ENCÉFALO

Tronco encefálico

O bulbo é irrigado por ramos das artérias vertebral, espinal anterior e posterior, cerebelar inferior posterior e basilar, que entram ao longo da fissura mediana anterior e do sulco mediano posterior. Vasos que suprem a substância central entram ao longo das radículas dos nervos glossofaríngeo, vago, acessório e hipoglosso. Existe um suprimento adicional via plexo pial a partir das mesmas artérias principais.

A ponte é irrigada pela artéria basilar e as artérias cerebelar superior e cerebelar inferior anterior. Ramos diretos da artéria basilar entram na ponte ao longo do sulco basilar. Outros vasos entram ao longo dos nervos trigêmeo, abducente, facial e vestibulococlear e a partir do plexo pial.

O mesencéfalo é irrigado pela artéria cerebral posterior, pela artéria cerebelar superior e pela artéria basilar. Os pilares do cérebro são irrigados por vasos que entram em suas regiões medial e lateral. Os vasos mediais entram na região medial do pilar e também irrigam a parte superomedial do tegmento do mesencéfalo, incluindo o núcleo do nervo oculomotor, e os vasos laterais suprem a parte lateral do pilar e o tegmento do mesencéfalo. Os colículos são irrigados por três vasos de cada lado a partir da artéria cerebral posterior e da artéria cerebelar superior. Um suprimento adicional para o pilar, e para os colículos e seus pedúnculos, chega a partir do grupo posterolateral dos ramos centrais da artéria cerebral posterior.

Cerebelo

O cerebelo é irrigado pelas artérias cerebelar inferior posterior, cerebelar inferior anterior e cerebelar superior. As artérias cerebelares formam anastomoses superficiais sobre a face cortical. Anastomoses entre os ramos profundos e subcorticais têm sido postulados.

O plexo corióideo do quarto ventrículo é irrigado pelas artérias cerebelares inferiores posteriores.

Quiasma óptico, trato óptico e radiação óptica

O suprimento sanguíneo do quiasma óptico, trato óptico e radiação óptica são de considerável importância clínica. O quiasma óptico é irrigado em parte pelas artérias cerebrais anteriores, mas sua zona mediana depende de ramos das artérias carótidas internas que chegam a ela via infundíbulo hipofisária. As artérias corióidea anterior e comunicante posterior suprem o trato óptico, e a radiação óptica recebe sangue através de ramos profundos das artérias cerebrais posteriores e médias.

Diencéfalo

O tálamo é irrigado principalmente por ramos das artérias comunicantes posteriores, cerebrais posteriores e a artéria basilar. Uma contribuição da artéria corióidea anterior é muitas vezes destacada, porém isto tem sido alvo de discussão. O ramo medial da artéria corióidea posterior supre a comissura posterior, a região habenular, a glândula pineal e a parte medial do tálamo, incluindo o pulvinar do tálamo. Pequenos ramos centrais, que se originam do círculo arterial do cérebro e seus vasos associados, suprem o hipotálamo. A hipófise é irrigada pelas artérias hipofisárias derivadas da artéria carótida interna e as artérias cerebral anterior e comunicante anterior suprem a lâmina terminal.

O plexo corióideo do terceiro ventrículo e dos ventrículos laterais são irrigados por ramos da artéria carótida interna e da artéria cerebral posterior.

Núcleos da base

A maior parte do suprimento arterial dos núcleos da base vem das artérias estriadas, que são ramos a partir das raízes das artérias cerebrais anterior e média. Elas entram no encéfalo através da substância perfurada anterior e também suprem a cápsula interna. O núcleo caudado recebe sangue adicional das artérias corióideas anterior e posterior. A região posteroinferior do núcleo lentiforme é irrigada pelos ramos talamoestriados da artéria cerebral posterior. A artéria corióidea anterior, um ramo pré-terminal da artéria carótida interna, contribui para o suprimento sanguíneo de ambos os segmentos do globo pálido e o núcleo caudado. Notoriamente, a ligação deste vaso durante um procedimento neurocirúrgico em um paciente sofrendo da Doença de Parkinson leva ao alívio dos sintomas parkinsonianos, presumivelmente como uma consequência do infarto do globo pálido. Esta observação ao acaso levou ao início da cirurgia palidal (palidotomia) para esta condição (Cap. 22).

Cápsula interna

A cápsula interna é irrigada pelas artérias centrais ou perfurantes, que se originam do círculo arterial do cérebro e seus vasos associados. Estas incluem as artérias estriadas lateral e medial originárias das artérias cerebrais média e anterior e que também suprem os núcleos da base. As artérias estriadas laterais suprem o ramo anterior, o joelho e muito do ramo posterior da cápsula interna, e estão comumente envolvidas em acidentes vasculares isquêmicos e hemorrágicos. Um dos grandes ramos estriados da artéria cerebral média é conhecido como "artéria de hemorragia cerebral de Charcot". A artéria estriada medial, um ramo da parte proximal da artéria cerebral média ou anterior, supre o ramo anterior, o joelho da cápsula interna e os núcleos da base. A artéria corióidea anterior também contribui para o suprimento da parte ventral do ramo posterior e a parte retrolenticular (retrolentiforme) da cápsula interna.

Acidente vascular isquêmico

Um acidente vascular refere-se a uma síndrome clínica de um déficit neurológico focal desenvolvido rapidamente que não se deve à crise convulsiva. Se a causa é a falta de suprimento sanguíneo ou sua redução para uma porção do encéfalo, então o termo acidente vascular isquêmico (Fig. 17.9) é usado, como o oposto a um acidente vascular hemorrágico, por exemplo, uma hemorragia subaracnóidea. A falta do fluxo sanguíneo pode ser devido a patologias no lúmen do vaso, como uma trombose ou êmbolo (comum), patologias fora do vaso sanguíneo, como uma oclusão por efeito de massa de um tumor ou hematoma (raro), ou patologias da parede do vaso, como uma arterite inflamatória ou infecciosa (raro). Os sintomas e sinais de um acidente vascular isquêmico dependem do local e da extensão do infarto arterial. Em certos locais, cada pequena diminuição do volume pode causar efeitos devastadores. Por exemplo, a cápsula interna e a maioria dos núcleos da base adjacentes são irrigadas por pequenas artérias perfurantes, que estão em um local comum para acidentes vasculares isquêmicos. As vias motoras corticonuclear e corticospinal e fibras talamocorticais de terceira ordem passam através da cápsula interna, sendo que ela é efetivamente a única rota de conexão do córtex cerebral com outras regiões do neuroeixo. Os déficits neurológicos que resultam do acidente vascular na cápsula interna, portanto, podem incluir hemiparesia espástica contralateral, perda hemissensorial contralateral e déficits psicológicos.

É possível para um vaso principal, como a artéria carótida interna no pescoço, tornar-se ocluído e o indivíduo permanecer assintomático se um fluxo sanguíneo apropriado puder ser recrutado para suprir a região do encéfalo afetada a partir de outras fontes (suprimento colateral). O papel primário do círculo arterial do cérebro é permitir nesta eventualidade o redirecionamento do sangue de outras fontes como a artéria carótida interna contralateral e o sistema vertebrobasilar no exemplo dado acima. Se o círculo arterial do cérebro está completo, duas ou três de cada quatro artérias principais que suprem o encéfalo podem ocluir sem produzir um acidente vascular isquêmico. Infelizmente o círculo arterial do cérebro é raramente completo (um achado em aproximadamente 15% dos indivíduos): o acidente vascular isquêmico é, portanto, muitas vezes causado porque o suprimento colateral é inadequado. Por exemplo, um indivíduo em que nem a artéria comunicante anterior nem a artéria comunicante posterior são patentes sofrerá um acidente vascular isquêmico se houver oclusão de uma artéria carótida interna, porque as artérias cerebrais anterior e média proximalmente não podem receber fluxo colateral do círculo arterial do cérebro incompleto. Algum fluxo colateral pode ser avaliado a partir das anastomoses entre os ramos distais da artéria carótida externa (p. ex., artéria meníngea média), mas invariavelmente isto não é suficiente para suprir o hemisfério todo.

De maneira um tanto paradoxal, quanto mais distal a oclusão ocorre na vascularização cerebral, mais comumente ela causa um acidente vascular isquêmico (embora o volume do tecido infartado será menor). Isto se dá porque a capacidade principal para formar colateralização é proximal, principalmente no círculo arterial do cérebro. Por exemplo, um êmbolo formado na região proximal da artéria carótida interna pode seguir para o segmento M1 da artéria cerebral média ipsilateral e ocluir o vaso. Existe um escopo muito pequeno para colateralização neste lado e um acidente vascular isquêmico é inevitável, a menos que o êmbolo possa ser removido e o fluxo restaurado em tempo hábil.

Córtex cerebral

Todo o suprimento sanguíneo do córtex cerebral vem dos ramos corticais das artérias cerebrais anterior, média e posterior (Figs. 17.4 e 17.5). Em geral, ramos longos atravessam o córtex e penetram na substância branca

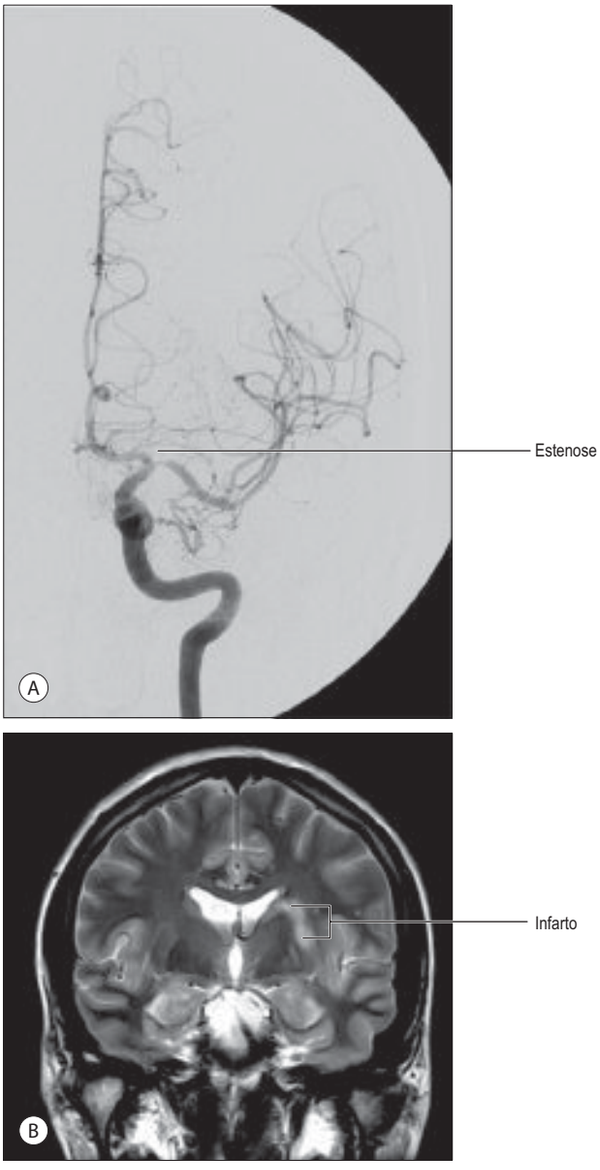


Fig. 17.9 A, Projeção frontal de uma angiografia por cateter da artéria carótida interna esquerda, mostrando um estreitamento focal na terminação da artéria carótida interna esquerda e a origem da artéria cerebral média. **B**, Imagem de ressonância magnética coronal ponderada em T2 do encéfalo no nível dos núcleos da base. Existe um alto sinal anormal no putame esquerdo e na substância branca adjacente, consistente com um infarto. É provável que o infarto seja devido à oclusão de pequenos vasos perfurantes originados na área da estenose e que suprem os núcleos da base.

subjacente por 3 ou 4 cm sem comunicação entre elas. Ramos curtos são restritos ao córtex cerebral e formam uma compacta rede na zona média da substância cinzenta, enquanto as zonas externa e interna são irrigadas moderadamente. Embora vasos adjacentes se anastomosem sobre a superfície do encéfalo, eles se tornam artérias terminais assim que entram nele. Em geral, anastomoses superficiais apenas ocorrem entre ramos microscópicos das artérias cerebrais, e há poucas evidências de que elas podem prover uma circulação alternativa efetiva após a oclusão de grandes vasos.

A face lateral do hemisfério é principalmente irrigada pela artéria cerebral média. Isto inclui o território dos córtices motor e somatosensorial que representam todo o corpo, a não ser o membro inferior e também o córtex auditivo e a área da linguagem. A artéria cerebral anterior supre uma faixa próxima à margem superomedial do hemisfério, já no sulco parieto-occipital. O lobo occipital e a maioria do giro temporal inferior (excluindo o polo temporal) são irrigados pela artéria cerebral posterior.

As faces medial e inferior do hemisfério são irrigadas pelas artérias cerebrais anterior, média e posterior. A área irrigada pela artéria cerebral anterior é a maior, e se estende quase até o sulco parieto-occipital incluindo a parte medial da face orbital. O restante da face orbital e o polo temporal são irrigados pela artéria cerebral média, e o restante das faces medial e inferior é irrigado pela artéria cerebral posterior.

Próximo ao polo occipital, a zona juncional entre os territórios das artérias cerebrais média e posterior corresponde ao córtex visual (estriado), o qual recebe informação da mácula. Quando a artéria cerebral posterior é ocluída, um fenômeno chamado de 'moderação macular' pode ocorrer, no qual a visão com a parte central da retina está preservada. A circulação colateral do sangue proveniente dos ramos da artéria cerebral média para o interior dos ramos da artéria cerebral posterior pode justificar este fenômeno. Além disso, em alguns indivíduos, a artéria cerebral média pode suprir sozinha a área macular.

Áreas divisórias Regiões do encéfalo localizadas nas margens extremas dos principais territórios arteriais cerebrais são chamadas de áreas divisórias: elas são as primeiras a serem privadas do fluxo suficiente de sangue em um evento de hipoperfusão cerebral. Infartos isquêmicos do córtex e da substância branca subcortical adjacente nas margens da zona entre estes territórios são chamados de áreas divisórias, zona limite ou zona de fronteira de infarto. Existem algumas evidências que uma segunda zona de fronteira arterial, a zona de fronteira arterial interna, existe no interior da substância branca do centro semioval e da coroa radiada (entre as artérias centrais anterolaterais e os ramos penetrantes profundos da parte distal da artéria cerebral média).

Fluxo sanguíneo cerebral

O encéfalo é desprovido de estoque de glicose ou de um meio de armazenar oxigênio, e é, portanto, dependente minuto a minuto de um adequado suprimento sanguíneo. Ele possui uma alta taxa metabólica em comparação com outros órgãos, o que reflete a demanda metabólica da constante atividade neural. O suprimento sanguíneo da substância cinzenta é mais copioso do que o da substância branca.

O fluxo sanguíneo cerebral no encéfalo humano é aproximadamente de 50 ml g^{-1} min^{-1}. O fluxo sanguíneo cerebral global é autorregulado, isto é, ele permanece constante nos indivíduos normais apesar das variações na média da pressão sanguínea arterial sobre uma média de 8,7 – 18,7 kPa (65-140 mmHg). Se a pressão sanguínea cair abaixo desta média, o fluxo sanguíneo cerebral diminui. De modo alternativo, se a pressão aumentar acima desta média, o fluxo sanguíneo pode subir. A pressão arterial e arteriolar intraluminal controlam diretamente a contração do músculo intramural, de modo que um aumento na pressão arterial, por exemplo, causa constrição arterial e o fluxo sanguíneo permanece constante.

Embora a autorregulação normalmente garanta que o fluxo sanguíneo cerebral global permaneça constante, o fluxo sanguíneo regional varia em resposta ao nível de atividade neural e, assim, à demanda metabólica local. Isto tem sido demonstrado por muitas áreas cerebrais incluindo as regiões corticais sensoriais e motoras, áreas envolvidas em atividade convulsiva e mesmo áreas corticais envolvidas em processos de pensamento complexo. Os principais fatores locais que afetam o fluxo sanguíneo regional são os íons de hidrogênio locais (H^+) ou a concentração de dióxido de carbono, que causa a dilatação arterial por ação direta sobre o endotélio e através de mediadores indiretos, como o óxido nítrico.

Nem todas as substâncias circulantes no sangue arterial têm acesso ao parênquima cerebral. Partículas em suspensão, tais como bactérias, são excluídas. Em geral, moléculas lipofílicas e pequenas moléculas, tais como oxigênio e dióxido de carbono, podem atravessar a barreira hematoencefálica, mas as hidrofílicas (excluindo a glicose) não podem. A base celular para a barreira hematoencefálica é discutida no Capítulo 3.

DRENAGEM VENOSA DO ENCÉFALO

A drenagem venosa do encéfalo ocorre através de um sistema complexo de veias superficiais e profundas. Estas veias não possuem válvulas e possuem paredes finas desprovidas de tecido muscular. Elas perfuram a aracnoide-máter e a camada interna da dura-máter para abrir-se no interior dos seios venosos da dura-máter (Cap. 27).

DRENAGEM VENOSA DA FOSSA POSTERIOR

As veias do tronco encefálico formam um plexo venoso superficial profundo em relação às artérias.

As veias do bulbo drenam para o interior das veias da medula espinal, para os seios venosos adjacentes da dura-máter, ou para as veias radiculares variáveis que acompanham os últimos quatro nervos cranianos tanto para o seio petroso inferior, como para o seio occipital, ou o para bulbo

superior da veia jugular. As veias medulares anterior e posterior podem seguir ao longo da fissura mediana anterior e do sulco mediano posterior, tornando-se contínuas com as veias espinais em posições correspondentes. Veias da ponte, que podem incluir uma veia mediana e uma veia lateral de cada lado, drenam no interior da veia basilar, das veias cerebelares, dos seios petrosos, dos seios transversos ou do plexo venoso do forame oval. Veias do mesencéfalo juntam-se à veia cerebral magna ou à veia basilar.

As veias do cerebelo drenam principalmente para os seios adjacentes a elas, ou a partir da face superior, para o interior da veia cerebral magna. As veias cerebelares seguem na superfície cerebelar e consistem dos grupos superior e inferior. As veias cerebelares superiores seguem anteromedialmente através da região superior do verme do cerebelo até o seio reto ou até a veia cerebral magna, ou então elas seguem lateralmente aos seios transverso e petroso superior. As veias cerebelares inferiores incluem um pequeno vaso mediano que segue para trás sobre a região inferior do verme do cerebelo para entrar no seio reto ou no seio sigmóideo. Vasos em curso lateral se juntam aos seios petroso inferior e occipital.

DRENAGEM VENOSA DO HEMISFÉRIO CEREBRAL

Veias cerebrais internas e externas drenam as superfícies e o interior do hemisfério cerebral (Figs. 17.10, 17.11, 17.12 e 17.13).

As veias cerebrais externas podem ser divididas em três grupos, nomeados de superior, médio e inferior.

Cerca de 8 a 12 veias cerebrais superiores drenam as faces superolateral e medial de cada hemisfério. Elas seguem principalmente os sulcos, embora algumas passem através dos giros. Elas ascendem para a margem superomedial do hemisfério, onde recebem pequenas veias da face medial, e então se abrem no seio sagital superior. As veias cerebrais superiores na parte anterior do hemisfério juntam-se ao seio quase no ângulo direito. As veias posteriores maiores são direcionadas obliquamente para trás, contra a direção do fluxo no seio, uma organização que resiste a seu colapso quando a pressão intracraniana é aumentada.

A veia cerebral superficial média drena a maior parte da face lateral para terminar no seio cavernoso. Uma veia anastomótica superior segue posterossuperiormente entre a veia cerebral superficial média e o seio sagital superior, conectando assim o seio sagital superior e o seio cavernoso. Uma veia anastomótica inferior segue sobre o lobo temporal e conecta a veia cerebral superficial média ao seio transverso. A veia cerebral profunda média drena a região insular e junta as veias cerebrais anterior e estriada para formar uma veia basilar. As regiões drenadas pelas veias cerebrais anterior e estriada correspondem aproximadamente àquelas irrigadas pela artéria cerebral anterior e os ramos centrais que entram na substância perfurada anterior. A veia basilar passa atrás e ao longo da região da fossa interpeduncular e do mesencéfalo, recebe tributárias desta região vizinha e junta-se à veia cerebral magna.

Veias cerebrais inferiores sobre a face orbital do lobo frontal juntam-se às veias cerebrais superiores e então drenam para o seio sagital superior. Aquelas sobre o lobo temporal se anastomosam com a veia basilar e com a veia cerebral média e drenam para os seios cavernosos, petroso superior e transverso.

A veia basilar inicia-se na substância perfurada anterior pela união de uma pequena veia cerebral anterior, que acompanha a artéria cerebral anterior, uma veia cerebral profunda média, que recebe tributárias do lobo insular e giros vizinhos seguindo pelo sulco lateral, e veias estriadas que emergem da substância perfurada anterior. A veia basilar passa posteriormente ao redor do pedúnculo cerebral e segue para a veia cerebral magna recebendo tributárias da fossa interpeduncular, corno inferior do ventrículo lateral, giro para-hipocampal e mesencéfalo.

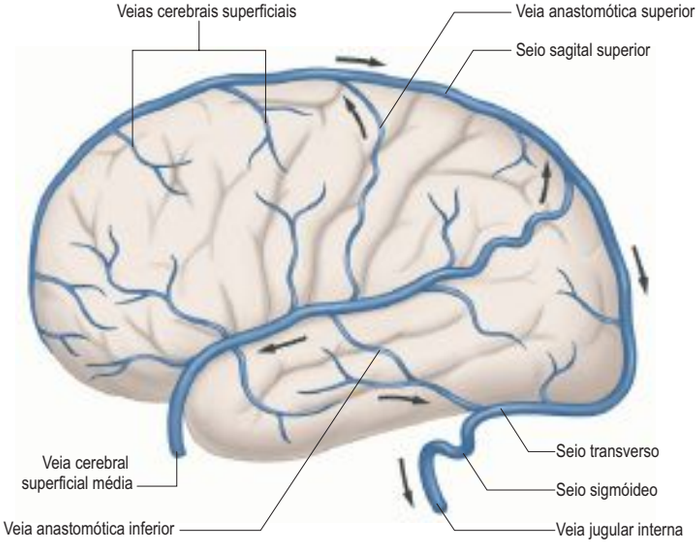


Fig. 17.11 Veias superficiais (externas) do hemisfério esquerdo e suas relações com os seios venosos da dura-máter.

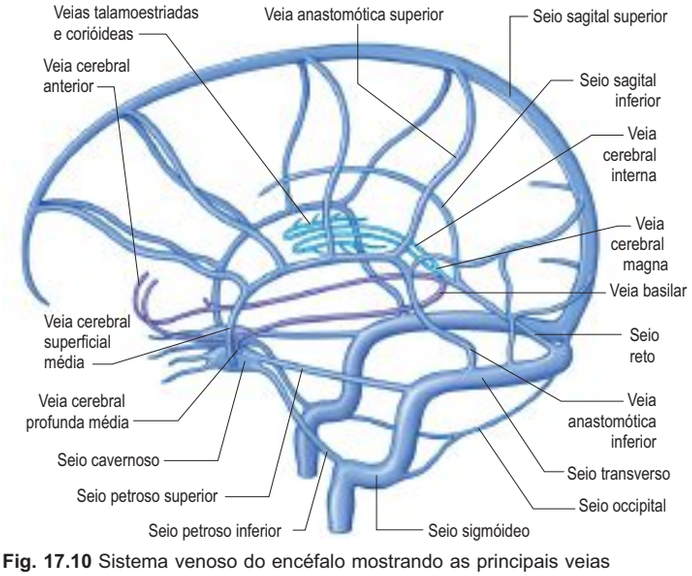


Fig. 17.10 Sistema venoso do encéfalo mostrando as principais veias superficiais e profundas do encéfalo e suas relações com os seios venosos da dura-máter, visto a partir do lado esquerdo.

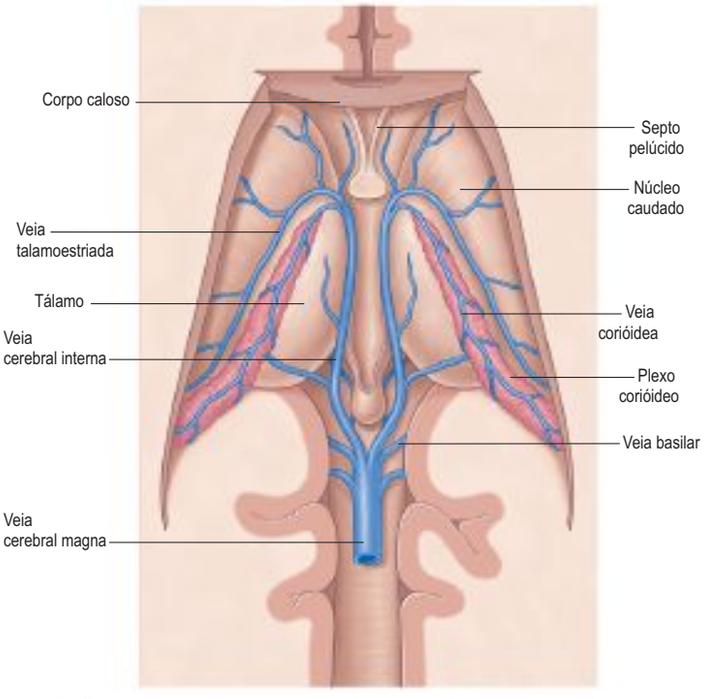


Fig. 17.12 Veias cerebrais profundas (internas), vistas superiormente após remover a porção central do corpo caloso.

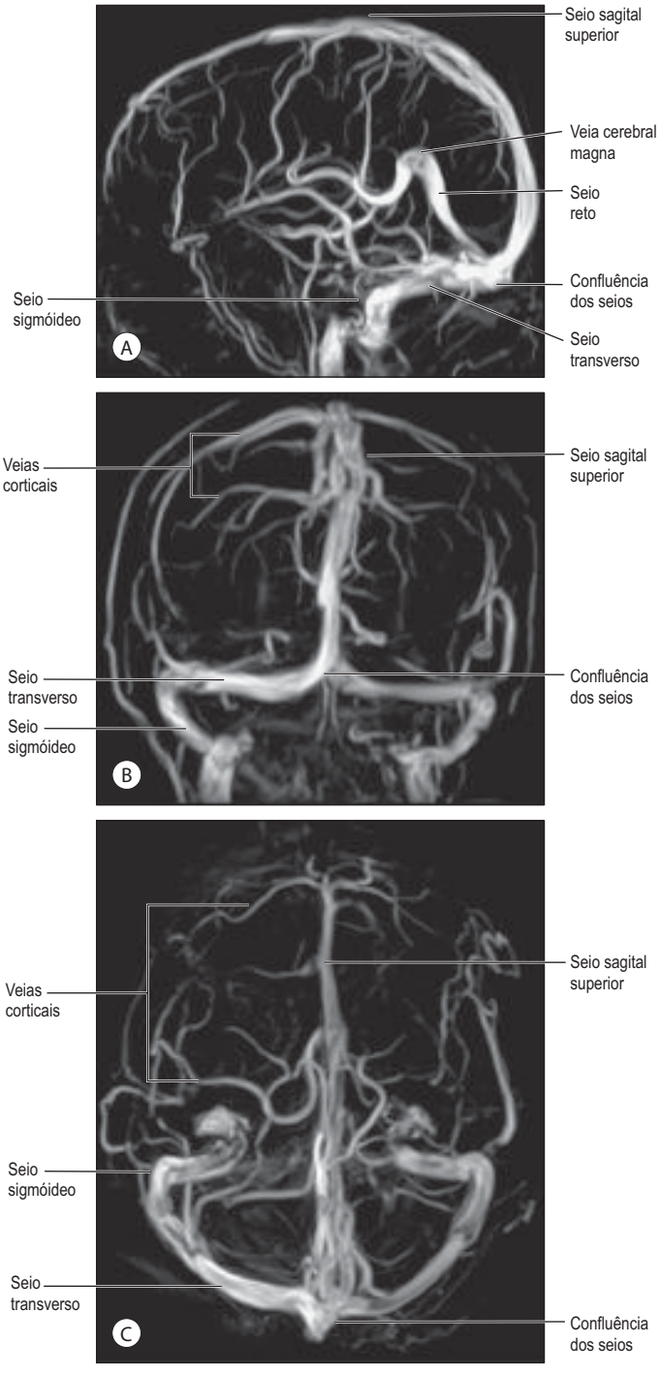


Fig. 17.13 Angiorressonância magnética na fase de contraste venoso, feita em 3.0T em projeção **A**, lateral; **B**, frontal e **C**, superior.

A veia cerebral interna drena as partes profundas do hemisfério e plexo corióideo do terceiro e quarto ventrículo. Ela é formada próximo ao forame interventricular, atrás da coluna do fórnice, primariamente pela união das veias talamoestriadas e corióideas, embora numerosas pequenas veias a partir de estruturas circundantes também convirjam aqui. A veia talamoestriada segue anteriormente, entre o núcleo caudado e o tálamo, e recebe muitas tributárias de ambas as áreas. A veia corióidea segue um curso convoluto ao longo de todo o plexo corióideo e recebe veias do hipocampo, fórnice, corpo caloso e estruturas adjacentes. Após sua formação, as duas veias cerebrais internas seguem para trás, paralelas uma a outra, sob o esplênio do corpo caloso onde se unem para formar a veia cerebral magna. A veia cerebral magna é um vaso curto mediano que se curva repentinamente para cima ao redor do esplênio do corpo caloso e se abre na extremidade anterior do seio reto após receber as veias basilares direita e esquerda.

Trombose venosinusal intracraniana Uma das patologias mais sérias que afetam o sistema venoso intracraniano é a trombose venosinusal. Nesta condição, coágulos de sangue no interior dos seios venosos da dura-máter e/ou nas veias intracranianas, e a obstrução resultante da drenagem venosa, podem produzir complicações que trazem risco à vida. Em muitos casos a causa da trombose venosinusal não é encontrada: trauma envolvendo os seios venosos da dura-máter ou infecções na vizinhança dos seios (p. ex., mastoidite) apresentam riscos significantes. Condições que aumentam a coagulabilidade do sangue, como o uso de contraceptivos orais, gravidez, desidratação e anormalidades inatas das vias de coagulação, são também fatores de risco.

Na sua forma mais grave, indivíduos com trombose venosinusal intracraniana apresentam-se moribundos, em coma ou privados de suas atividades principais; nestas situações o prognóstico é ruim. O coágulo no interior dos seios venosos da dura-máter e/ou veias corticais obstrui a drenagem do sangue venoso do encéfalo e causa hipertensão venosa. Como a pressão no sistema venoso aproxima-se da pressão arterial, a perfusão do sangue das partes afetadas do encéfalo diminui. Se ela diminuir abaixo de um nível crítico, o tecido do encéfalo se tornará isquêmico e poderá morrer (infarto venoso). Como o suprimento arterial para o encéfalo está ainda presente, as áreas infartadas do encéfalo frequentemente sofrem séria hemorragia, sendo este muitas vezes o fator que mata o paciente.

Embora elas possam ocorrer juntas, os clínicos distinguem entre a trombose que afeta o sistema venoso "superficial" e o sistema venoso "profundo" (Fig. 17.10). A trombose superficial usualmente ocorre no seio sagital superior (com ou sem envolvimento de veias corticais), ao passo que a doença trombótica intracraniana profunda geralmente afeta a veia cerebral magna e o seio reto. As partes do hemisfério cerebral afetadas são diferentes em duas situações; a trombose superficial afeta os hemisférios cerebrais (particularmente a substância branca) e a trombose profunda afeta o tálamo e os núcleos da base. No entanto, uma característica comum é a tendência pelo envolvimento bilateral, pois todos os principais canais de drenagem venosa estão na linha mediana e aceitam a drenagem venosa de ambos os hemisférios.

Se a extensão da trombose venosinusal intracraniana for menos severa, ou se uma drenagem venosa alternativa foi acomodada por canais colaterais razoáveis, o paciente pode ter sintomas mais modestos como dores de cabeça ou distúrbios visuais. Estes sintomas são devido ao aumento de pressão intracraniana e, se não tratados, podem tornar-se crônicos.

REFERÊNCIAS

Andeweg J 1996 The anatomy of collateral venous flow from the brain and its value in aetiological interpretation of intracranial pathology. Neurorad 38: 621–8.
Inclui uma breve revisão histórica.

Bogousslavsky J,Caplan L (eds) 2002 Stroke Syndromes, 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press.

Duvernoy HM, Delon S, Vannson JL 1981 Cortical blood vessels of the human brain. Brain Res Bull 7: 519–79.

Duvernoy H, Delon S, Vannson JL 1983 The vascularization of the human cerebellar cortex. Brain Res Bull 11: 419–80.

Kaplan HA, Ford DH 1966 The Brain Vascular System. Amsterdam: Elsevier.

Plets C, De Reuck J, Vander Eecken H, Van den Bergh R 1970 The vascularization of the human thalamus. Acta Neurol Belg 70: 687–770.

Puchades-Orts A, Nombela-Gomez M, Ortu-o-Pacheco G 1976 Variation in form of the circle of Willis. Some anatomical and embryological considerations. Anat Rec 185: 119–23.

Sengupta RP, McAllister VL (eds) 1986 Subarachnoid Haemorrhage. Berlin: Springer-Verlag: 9–31.
Inclui detalhes sobre as variações do círculo de Willis.

CAPÍTULO 18

Medula espinal: organização interna

A medula espinal provê inervação para o tronco e membros por meio dos nervos espinais e suas terminações periféricas. Ela recebe fibras nervosas aferentes primárias dos receptores periféricos localizados amplamente nas estruturas somáticas e viscerais, e envia fibras nervosas eferentes (axônios motores) para os músculos esqueléticos. Ela também contém os corpos celulares de todos os neurônios pré-ganglionares responsáveis pela inervação simpática dos músculos liso e cardíaco, das glândulas, e para a inervação parassimpática dos músculos lisos na região distal do intestino grosso, das vísceras pélvicas e dos tecidos eréteis dos genitais externos. Muitas funções corporais são reguladas em um nível inconsciente pelas conexões reflexas intraespinais entre neurônios aferentes e eferentes. Profusas vias ascendentes e descendentes ligam a medula espinal com o encéfalo, permitindo a centros superiores monitorar e distinguir estímulos externos e internos para modular e controlar a atividade eferente espinal.

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E RELAÇÕES

A anatomia topográfica da medula espinal, suas características externas e relações são descritas em mais detalhes no Capítulo 43. Em resumo, a medula espinal localiza-se no interior do canal vertebral. Ela é contínua anterossuperiomente com o bulbo, logo abaixo do nível do forame magno (Fig. 28.11), e termina inferiormente como o cone medular, que é contínuo com o filamento terminal e está fixado na face posterior do cóccix. A medula espinal está envolvida pelas meninges espinais, que são contínuas com as meninges encefálicas através do forame magno. Embora ela seja aproximadamente circular em uma secção transversa, o diâmetro da medula espinal varia de acordo com o nível; ela possui duas intumescências, a cervical e a lombossacral.

A medula espinal é essencialmente uma estrutura segmentar, dando origem a 31 pares de nervos espinais bilateralmente. Estes se fixam à medula espinal como uma série linear de pequenas radículas anteriores e posteriores. As radículas posteriores contêm fibras nervosas aferentes e as radículas anteriores contêm fibras nervosas eferentes (Fig. 15.4). Grupos de radículas adjacentes coalescem para formar as raízes posteriores e anteriores, que cruzam o espaço subaracnóideo e se unem para formar nervos espinais funcionalmente mistos que passam através dos forames intervertebrais. As raízes posteriores possuem o gânglio sensorial do nervo espinal, que contém os corpos celulares dos neurônios aferentes primários.

ORGANIZAÇÃO INTERNA

Em uma secção transversa, a medula espinal é dividida de modo incompleto em metades simétricas por um sulco mediano posterior e uma fissura mediana anterior (Fig.18.1). Ela consiste de uma camada externa de substância branca e um centro interno de substância cinzenta; seu tamanho relativo e configuração variam de acordo com o nível. A quantidade de substância cinzenta reflete o número de neurônios presentes; ela é proporcionalmente maior nas intumescências cervical e lombossacral, que contém os neurônios que inervam os membros. A quantidade absoluta de substância branca é maior nos níveis cervicais e decresce progressivamente em níveis mais baixos, porque os tratos descendentes perdem fibras nervosas enquanto descem e os tratos ascendentes acumulam fibras nervosas enquanto sobem.

Um diminuto canal central, alinhado pelo epitélio ciliado colunar (epêndima) e contendo líquido cerebrospinal (LCS), se estende por todo o comprimento da medula espinal, localizando-se no centro da substância cinzenta espinal. Superiormente, o canal central se estende em direção à metade inferior do bulbo e então se abre no quarto ventrículo.

SUBSTÂNCIA CINZENTA ESPINAL

Em três dimensões, a substância cinzenta espinal possui a forma de uma coluna plissada (Fig. 43.1F). Numa secção transversa, a medula espinal é frequentemente descrita como tendo "forma de borboleta" ou lembrando a letra H (Fig. 18.1). Ela consiste de quatro massas celulares ligadas, os cornos anterior e posterior, direito e esquerdo, que se projetam posterolateralmente e anterolateralmente em direção à superfície, respectivamente. A substância cinzenta que circunda imediatamente o canal central e une os dois lados constitui as comissuras cinzentas, anterior e posterior. O corno posterior é o local de terminação das fibras nervosas aferentes primárias, que entram na medula espinal por meio das raízes posteriores dos nervos espinais. A ponta do corno posterior está separada da superfície posterolateral da medula por um fino trato posterolateral (de Lissauer) no qual fibras nervosas aferentes primárias ascendem e descendem por uma curta distância antes de terminar na substância cinzenta subjacente. O corno anterior contém corpos celulares de neurônios eferentes cujas fibras nervosas (axônios) deixam a medula espinal nas raízes nervosas anteriores. Um pequeno corno lateral está presente nos níveis torácico e lombar; ele contém os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares.

A substância cinzenta espinal (Fig. 18.2) é uma complexa mistura de corpos celulares de neurônios, seus processos e conexões sinápticas, neuróglia e vasos sanguíneos. Os neurônios presentes na substância cinzenta são multipolares. Eles variam em tamanho e características, tais como o comprimento e a organização de seus axônios e dendritos. Os neurônios podem ser intrassegmentares, isto é, contidos no interior de um segmento único, ou intersegmentares, isto é, suas ramificações se disseminam através de vários segmentos.

Grupos de células neuronais da medula espinal

Vista a partir da perspectiva de sua organização longitudinal colunar, a substância cinzenta da medula espinal consiste de uma série de agrupamentos celulares descontínuos associados com seus nervos espinais correspondentes organizados de forma segmentar. Em qualquer nível particular de secção transversal, estes grupamentos são muitas vezes considerados correspondentes aproximadamente a uma ou mais de 10 camadas celulares, conhecidas como lâminas de Rexed. Estas lâminas são definidas com base no tamanho, forma, características citológicas e densidades neuronais, e são numeradas em uma sequência posteroanterior.

As lâminas I-IV correspondem à face posterior do corno posterior, e são o principal local de término das fibras nervosas aferentes primárias cutâneas e suas colaterais. Muitas vias reflexas polissinápticas complexas (ipsilateral, contralateral, intrassegmentar e intersegmentar) começam a partir desta região, como fazem também longos tratos de fibras nervosas ascendentes que passam para níveis superiores. A lâmina I (lâmina marginal) é uma camada muito fina com um limite mal definido na extremidade posterolateral do corno posterior. Ela possui uma aparência reticular, refletindo seu conteúdo de feixes nervosos grosseiros interligados e finas fibras nervosas. Contém corpos celulares de neurônios pequenos, intermédios e grandes, muitos dos quais são fusiformes. A lâmina II, maior, consiste de pequenos neurônios densamente agregados responsáveis por sua aparência escura nas secções coradas pela técnica de Nissl. Com coloração de mielina, a lâmina II é caracteristicamente distinta das lâminas adjacentes pela quase total ausência de fibras mielinizadas. A lâmina II corresponde à substância gelatinosa. A lâmina III consiste dos corpos celulares de neurônios que são principalmente maiores, mais variáveis e menos agregados do que os da lâmina II. Ela também contém muitas fibras nervosas mielinizadas. Alguns pesquisadores consideram que a substância gelatinosa contém parte ou toda a lâmina III bem como a lâmina II. O mal definido núcleo próprio do corno posterior corresponde a algumas das células constituintes das lâminas III e IV. A lâmina IV é uma fina e frouxamente enovelada zona heterogênea permeada por fibras nervosas. Seu corpo celular neuronal varia consideravelmente em tamanho e forma, de pequenos e redondos, intermédio e triangular, para muito grande e estrelado.

As lâminas V e VI localizam-se na base do corno posterior. Elas recebem a maioria das terminações nervosas aferentes primárias proprioceptivas, projeções corticospinais profusas a partir do córtex motor e sensorial e entradas a partir de níveis subcorticais, sugerindo seu envolvimento na

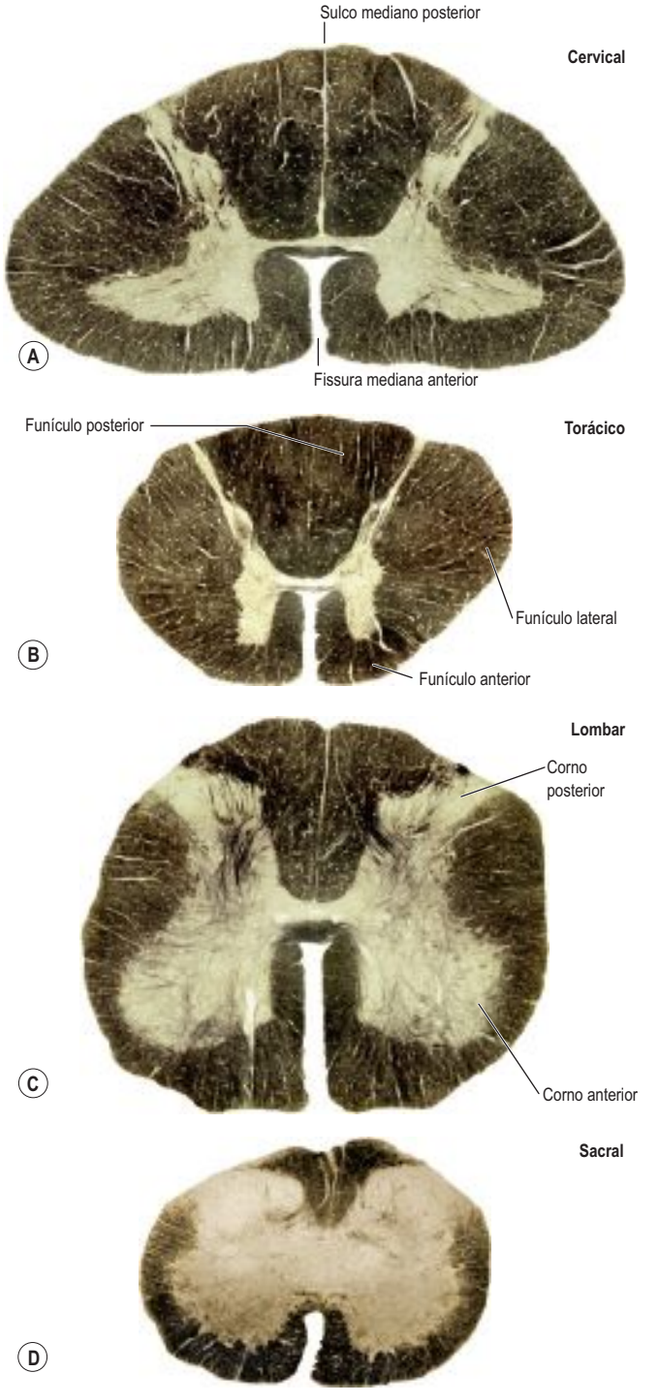


Fig. 18.1 Secções transversais através da medula espinal em níveis representativos. Aproximadamente x5. (Figura ampliada por B Crossman.)

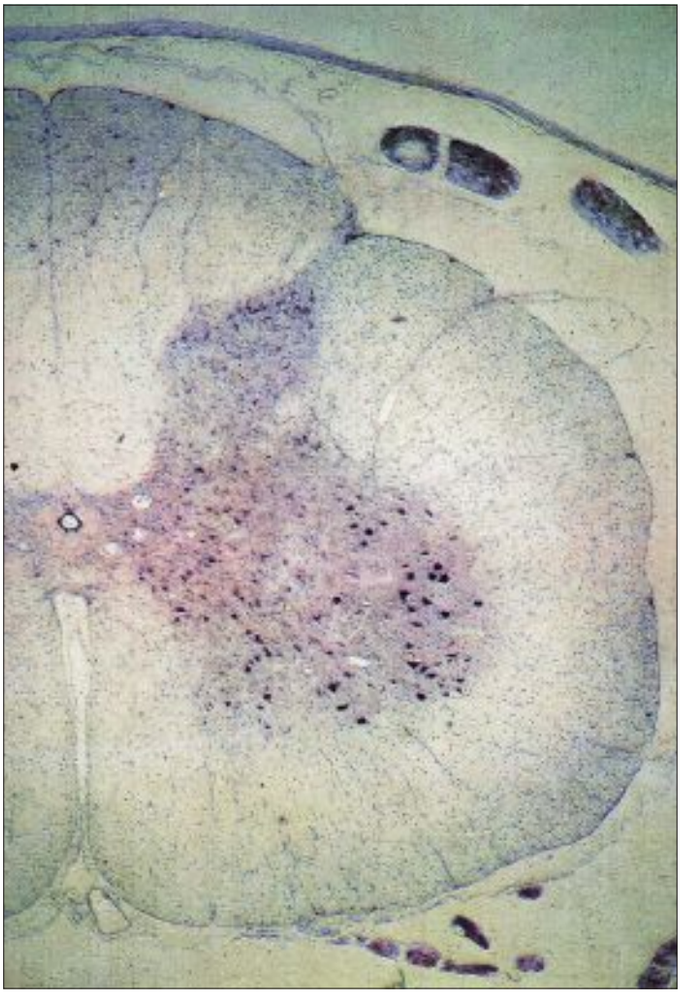


Fig. 18.2 Secção transversal da medula espinal no nível médio lombar. Os grandes neurônios motores na coluna anterior são visíveis agrupados. Corado com violeta de cresilo (técnica de Nissl).

regulação do movimento. A lâmina V é uma camada fina, divisível em um terço lateral e dois terços mediais. Ambos possuem uma população de células mistas, mas o primeiro contém muitos corpos celulares de neurônios proeminentes bem corados e entrelaçados por numerosos feixes de fibras nervosas transversas, posteroanteriores e longitudinais. A lâmina VI é mais proeminente nas intumescências. Ela possui um terço medial de coloração densa de pequenos neurônios densamente agregados e dois terços laterais contendo corpos celulares grandes, mais frouxamente agregados, triangulares ou estrelados.

As lâminas VII-IX mostram uma variedade de formas nas intumescências. A lâmina VII inclui muito o corno lateral. Ela contém neurônios proeminentes no núcleo torácico posterior da coluna intermédia (de Clarke) e grupamentos celulares intermediomedial e intermediolateral (Fig. 18.3). A parte lateral da lâmina VII possui extensas conexões ascendentes e descendentes com o mesencéfalo e cerebelo (por meio dos tratos espinocerebelar, espinotetal, espinorreticular, tetospinal, reticulospinal e rubrospinal) e, portanto, está envolvida na regulação da postura e movimento. Sua parte medial possui numerosas conexões reflexas propriospinais com a substância cinzenta adjacente e ambos os segmentos envolvidos com o movimento e função autônoma. A lâmina VIII alcança a base do corno anterior na região torácica, mas está restrita à sua face medial nas intumescências. Seus neurônios mostram uma mistura heterogênea de tamanhos e formas, de pequenos para moderadamente grandes. A lâmina VIII concentra agregado de interneurônios propriospinais. Ela recebe terminações das lâminas adjacentes, muitas fibras nervosas comissurais da lâmina VIII contralateral, e conexões descendentes dos tratos intersticiospinal, reticulospinal e vestibulospinal e do fascículo longitudinal medial. A partir destes interneurônios, os axônios influenciam a atividade do neurônio motor α bilateralmente, talvez diretamente, porém, mais provavelmente pela excitação dos pequenos neurônios motores γ suprindo as fibras nervosas eferentes para os fusos musculares. A lâmina IX é um complexo arranjo de células consistindo de neurônios motores α e γ e muitos interneurônios. Os grandes neurônios motores α suprem placas motoras terminais de fibras musculares extrafusais no músculo estriado. Técnicas de monitorização têm demonstrado neurônios motores α tônicos e fásicos. Os primeiros possuem um menor ritmo de disparo e baixa velocidade de condução e tendem a inervar unidades musculares tipo S. Os últimos possuem alta velocidade de condução e tendem a suprir rápidas contrações de unidades musculares (tipo FR, FF). Os pequenos neurônios motores γ dão origem a fibras (axônios) eferentes de pequeno diâmetro (fibras nervosas fusimotoras) que inervam as fibras musculares intrafusais nos fusos musculares. Existem vários tipos funcionalmente distintos de neurônios motores γ. As respostas "estática" e "dinâmica" dos fusos musculares possuem controles separados e mediados por fibras nervosas fusimotoras estáticas e dinâmicas que estão distribuídas de diversas formas para as fibras com cadeia nuclear e as fibras nervosas com saco nuclear.

A lâmina X circunda o canal central e consiste das comissuras cinzentas, posterior e anterior.

Corno posterior

O corno posterior é a principal zona de terminação das fibras nervosas aferentes primárias que entram na medula espinal através das raízes

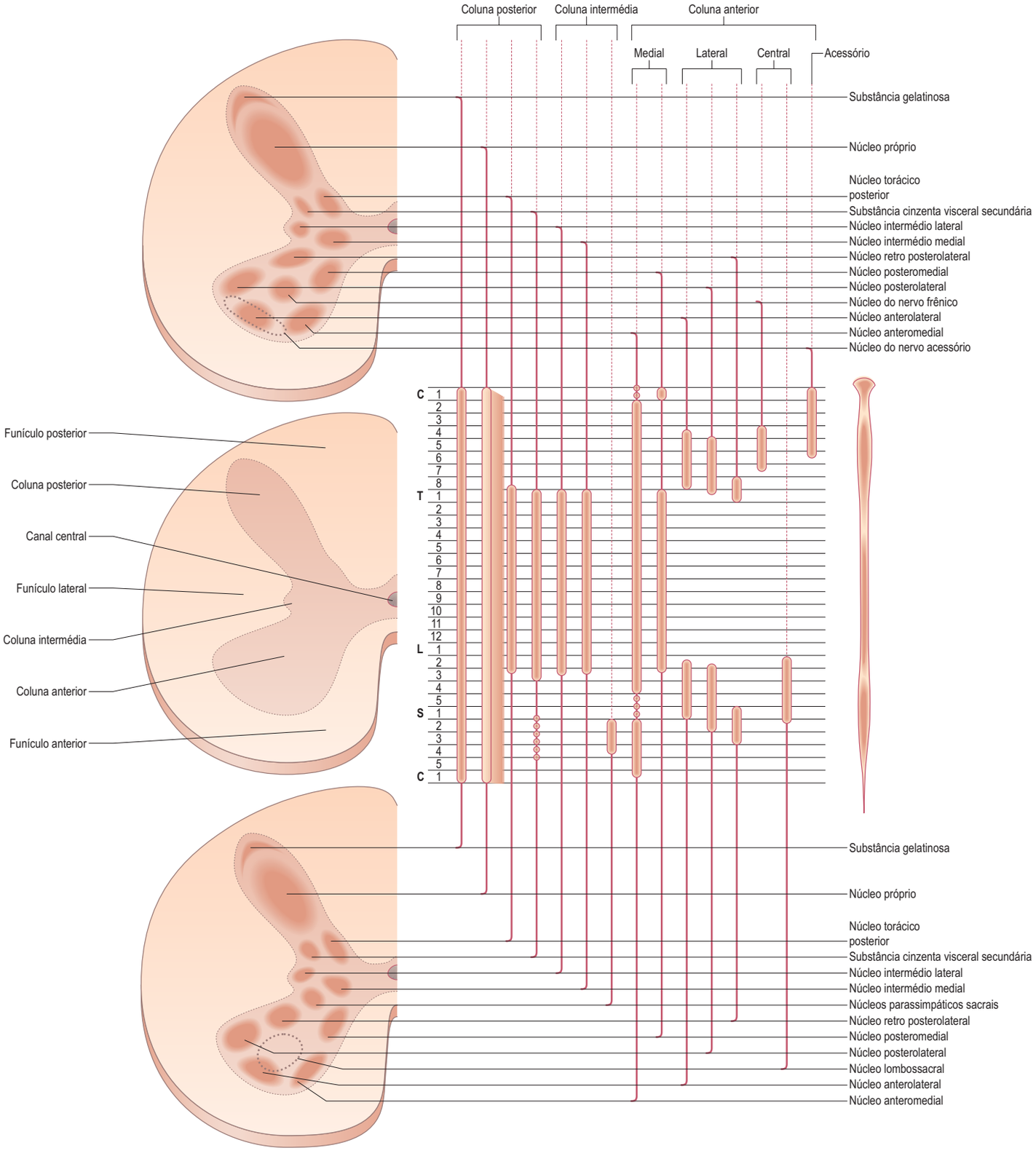


Fig. 18.3 Os grupos de células nervosas nas colunas cinzentas da medula espinal. As posições relativas destes grupos colunares e sua extensão através dos segmentos espinais são indicadas. (Modificada com a permissão de Simon & Schuster de Correlative Anatomy of the Nervous System por E. Crosby, T. Humphrey, E. Lauer. Copyright © 1962 Maccmillan Publishing Company.)

posteriores dos nervos espinais. As fibras nervosas das raízes posteriores contêm numerosas moléculas, que são conhecidas, ou supostas, por preencher um papel de neurotransmissor ou neuromodulador. Estas incluem o ácido glutâmico, a substância P, o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP), bombesina, polipetídeo vasoativo intestinal (VIP), colecistoquinina (CCK), somatostatina, dinorfina e angiotensina II.

As raízes posteriores aferentes conduzem informação exteroceptiva, proprioceptiva e interoceptiva. As lâminas I-IV são as principais áreas receptivas cutâneas; a lâmina V recebe aferentes finas da pele, músculos e vísceras; a lâmina VI recebe aferentes proprioceptivas e algumas aferentes cutâneas. A maioria, se não todas, das fibras nervosas aferentes primárias divide-se em ramos ascendentes e descendentes ao entrar na medula espinal. Elas então seguem por distâncias variáveis no trato posterolateral, próximo à

superfície da medula espinal, e enviam colaterais em direção à substância cinzenta subjacente. A formação, topografia e divisão das raízes espinais posteriores foram todas bem estudadas no homem.

A lâmina marginal é uma fina lâmina de neurônios na ponta posterolateral do corno posterior, profundamente ao trato posterolateral. Abaixo dela, localiza-se a substância gelatinosa (lâminas II e III), que está presente em todos os níveis e consiste principalmente de pequenos neurônios juntos com alguns grandes neurônios. A substância gelatinosa recebe aferentes por meio das raízes posteriores, e seus neurônios dão origem a fibras que formam o trato espinotalâmico lateral. Os grandes neurônios propriospinais do núcleo próprio localizam-se anteriores à substância gelatinosa; eles estabelecem ligações para a mediação da coordenação intraespinal (Fig. 18.3).

A coluna intermédia localiza-se na base do corno posterior. Em mais níveis, ela está próxima ao funículo posterior e pode projetar-se nele. Na medula espinal humana, ela pode usualmente ser identificada a partir do oitavo segmento cervical até o terceiro ou quarto segmento lombar. Os neurônios da coluna intermédia variam em tamanho, mas a maioria é grande, especialmente nos segmentos torácico inferior e lombar. Alguns enviam fibras nervosas (axônios) em direção ao trato espinocerebelar posterior e outros são interneurônios.

Corno lateral

O corno lateral é uma pequena projeção lateral de substância cinzenta localizada entre os cornos posterior e anterior. Ele está presente a partir do oitavo segmento cervical ou primeiro segmento torácico até o segundo ou terceiro segmentos lombares. Ele contém os corpos celulares de neurônios simpáticos pré-ganglionares. Estes se desenvolvem na medula espinal embrionária posterolateralmente ao canal central e migram lateralmente, formando as colunas celulares intermediomedial e intermediolateral. Suas fibras nervosas (axônios) seguem via raízes espinais anteriores e ramos comunicantes brancos para o tronco simpático. Um grupo similar de células é encontrado do segundo ao quarto segmentos sacrais; mas, ao contrário da coluna celular lateral toracolombar, ele não forma uma projeção lateral visível. Ele é a fonte do fluxo sacral de fibras nervosas pré-ganglionares parassimpáticas.

Corno anterior

Os neurônios no corno anterior variam em tamanho. Os maiores corpos celulares de neurônios, que podem exceder 25 µm de diâmetro, são aqueles dos neurônios motores α cujas fibras nervosas eferentes (axônios) emergem nas raízes anteriores para inervar fibras extrafusais dos músculos estriados esqueléticos. Um grande número de pequenos neurônios, com 15-25 µm de diâmetro, está também presente. Alguns destes são neurônios motores γ, que inervam fibras intrafusais de fusos musculares, e o restante são interneurônios. Neurônios motores utilizam acetilcolina como seu neurotransmissor.

Considerados longitudinalmente, os neurônios do corno anterior são organizados em grupos alongados, e formam um número de colunas separadas que se estendem através de vários segmentos. Estes são vistos mais facilmente em secções transversas. O corno anterior pode ser dividido em colunas celulares medial, central e lateral, todas exibindo subdivisões em certos níveis, geralmente nas faces posterior e anterior (Fig. 18.3). O grupo medial se estende por toda a medula, mas pode estar ausente no quinto segmento lombar e primeiro segmento sacral. Nos segmentos torácicos e nos quatro segmentos lombares superiores, ele é subdividido em grupos anteromedial e posteromedial. Nos segmentos superior e inferior desta região, o grupo medial possui apenas uma metade anteromedial, exceto no primeiro segmento cervical, onde existe apenas o grupo posteromedial.

O grupo central de células é o menos extenso, e é encontrado apenas em alguns segmentos cervicais e lombossacrais. O núcleo do nervo frênico centralmente situado, contendo os neurônios motores que inervam o músculo diafragma, localiza-se do terceiro ao sétimo segmentos cervicais. Um grupo acessório irregular de neurônios nos cinco ou seis segmentos cervicais superiores, na margem anterior do corno anterior, dá origem a axônios que se considera que servem para entrar no nervo craniano acessório (Fig. 18.3).

O grupo lateral de células no corno anterior é subdividido em grupos anterior, posterior e retroposterior, amplamente confinados aos segmentos espinais que inervam os membros. O núcleo de Onuf, que se considera que existe para inervar os músculos estriados do períneo, é um grupo anterolateral de células no primeiro e segundo segmentos sacrais.

Os neurônios eferentes (motores) do corno anterior estão somatotopicamente organizados. A organização básica é que o grupo celular medial inerva a musculatura axial, e o grupo celular lateral inerva os membros. O alicerce básico da população de neurônios eferentes somáticos (motores) é representado por um grupo de neurônios dispostos longitudinalmente, que inervam um dado músculo, e no qual os neurônios motores α e γ estão

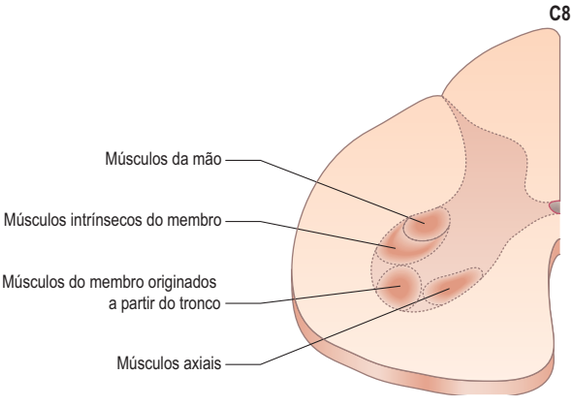


Fig. 18.4 Localização aproximada do grupo de células motoras no nível segmentar C8 da medula espinal

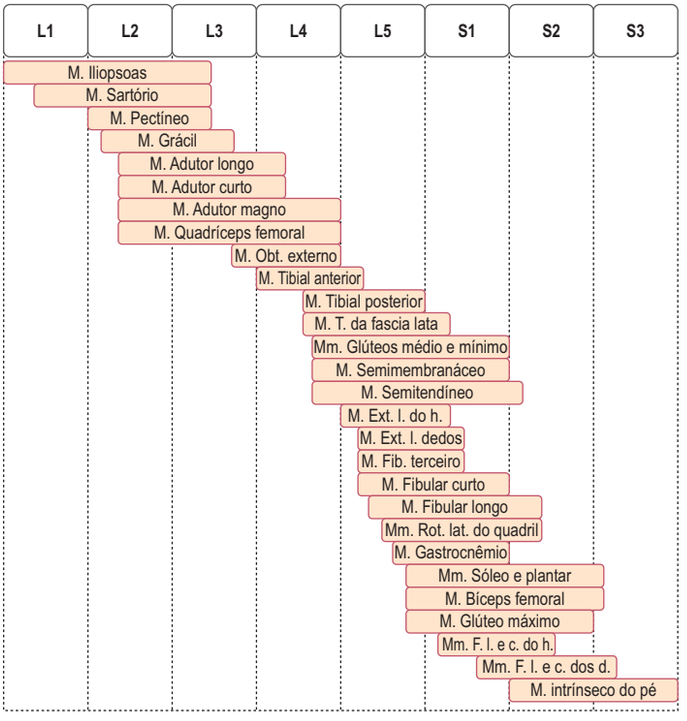


Fig. 18.5 Organização segmentar dos neurônios motores que inervam os músculos do membro inferior

mesclados. Os vários grupos inervando diferentes músculos estão agregados nas duas colunas longitudinais principais, medial e lateral. Em uma secção transversa, estas formam os grupos celulares, medial e lateral no corno anterior (Fig. 18.4).

A coluna motora longitudinal medial se estende por todo o comprimento da medula espinal. Seus neurônios inervam os grupos musculares do tronco (epiaxial e hipoaxial). Basicamente, os músculos epiaxiais incluem o grupo dos músculos eretores da espina (que estendem a cabeça e a coluna vertebral), enquanto os músculos hipoaxiais incluem os músculos pré-vertebrais do pescoço, músculos intercostais e músculos da parede anterior do abdome (que flexionam o pescoço e o tronco). Os músculos epiaxiais são inervados por terminações nervosas do ramo posterior primário dos nervos espinais; e os músculos hipoaxiais, por terminações do ramo anterior primário. Na coluna medial, os neurônios motores que suprem os músculos epiaxiais estão situados anteriores àqueles que suprem os músculos hipoaxiais.

A coluna motora longitudinal lateral é encontrada apenas nas intumescências da medula espinal. Os neurônios eferentes (motores) nesta coluna nas intumescências cervical e lombossacral inervam músculos dos membros superiores e inferiores, respectivamente. Na intumescência cervical, os neurônios motores que suprem músculos intrínsecos para o membro superior estão situados posteriormente na coluna cinzenta anterior, e aqueles que inervam os músculos mais distais (mão) estão situados mais posteriormente. Os neurônios eferentes motores dos músculos do cíngulo do membro superior localizam-se na parte anterolateral do corno anterior. Existe outra organização somatotópica em que os músculos proximais dos

membros são supridos a partir de grupos celulares motores localizados mais anterossuperiormente na intumescência do que aqueles que suprem os músculos distais. Por exemplo, os neurônios eferentes motores que inervam os músculos intrínsecos da mão estão situados nos segmentos C8 e T1, enquanto os neurônios eferentes motores dos músculos do ombro estão nos segmentos C5 e C6. Uma organização similar integral de neurônios eferentes motores inervando os músculos dos membros inferiores se aplica na região lombossacral da medula (Fig. 18.5).

As principais conexões aferentes para os neurônios eferentes motores são: conexões monossinápticas diretas a partir de fibras nervosas aferentes proprioceptivas da raiz posterior nos mesmos segmentos ou em segmentos próximos; conexões a partir de colaterais axonais do corno posterior e outros interneurônios; conexões monossinápticas diretas a partir dos tratos vestibulospinal e corticospinal.

Reflexos espinais

As conexões intrínsecas da medula espinal e do tronco encefálico ajudam muitos reflexos pelos quais as funções das estruturas periféricas estão moduladas em resposta à informação aferente em um modelo relativamente automático ou autônomo. Os componentes fundamentais de cada "arco" reflexo são, portanto, um neurônio aferente sensorial e um eferente motor. No entanto, em todos, exceto o mais simples dos reflexos, os interneurônios interferem entre os componentes aferentes e eferentes, conferindo aumento da versatilidade e complexidade nas respostas reflexas. Reflexos, pela sua própria natureza, são relativamente fixados e estereotipados em forma. Todavia, eles são fortemente influenciados e modulados por conexões descendentes. No caso dos reflexos espinais, estes controles descendentes originam-se a partir do tronco encefálico e do córtex cerebral. As patologias das vias supraespinais descendentes comumente causam anormalidades na atividade reflexa espinal, que são rotineiramente testadas em exames neurológicos. Durante o desenvolvimento, os mecanismos de controle descendente suprimem o que pode ser considerado como respostas reflexas espinais "primitivas", como o reflexo extensor plantar e o reflexo de preensão. Quando os mecanismos superiores de controle tornam-se danificados, estes reflexos são diminuídos e reaparecem como um sinal de patologia do SNC (por exemplo, o reflexo de Babinski).

Reflexo de estiramento

O reflexo de estiramento é o mecanismo pelo qual o estiramento aplicado a um músculo obtém sua contração reflexa. Ele é essencial para a manutenção do tônus muscular e na postura ereta (via inervação dos músculos posturais do pescoço, dorso e membros inferiores). Anatomicamente, ele é o mais simples dos reflexos, pois é mediado unicamente por um neurônio aferente e um eferente. O componente aferente se origina dos receptores de estiramento associados com fibras musculares intrafusais localizadas no interior dos fusos musculares. As terminações primárias ou ânulospirais destas células receptivas dão origem a fibras nervosas aferentes primárias que entram na medula espinal, onde elas fazem contato sináptico excitatório diretamente para os neurônios eferentes motores α que inervam o mesmo músculo (Fig. 18.6). Os neurônios eferentes motores α dos músculos antagonistas são simultaneamente inibidos por meio de conexões colaterais para interneurônios inibitórios.

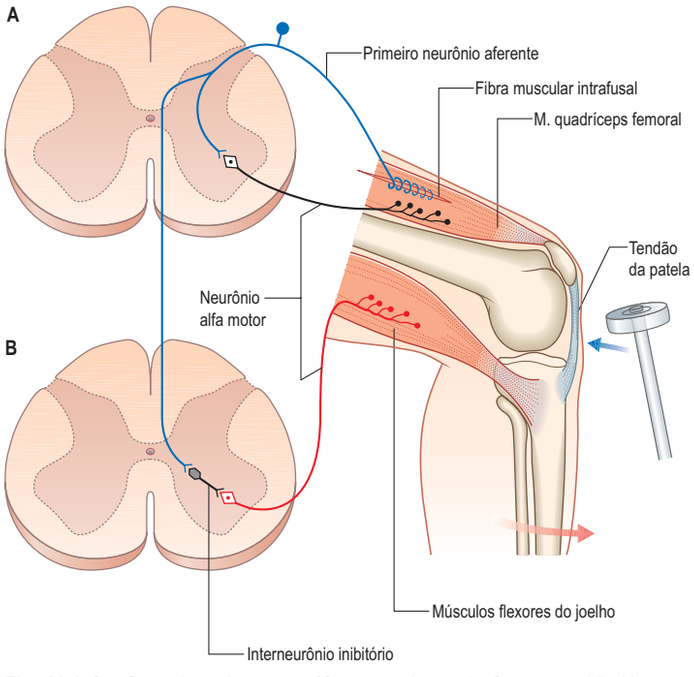


Fig. 18.6 O reflexo de estiramento. (Com permissão de Crossman AR, Neary D 2000 Neuroanatomy, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livinsgstone.)

Reflexo gama

Assim como os neurônios eferentes motores α inervam fibras musculares extrafusais, os músculos também recebem neurônios eferentes motores γ, que inervam fibras musculares intrafusais. A ativação dos neurônios eferentes motores γ aumenta a sensibilidade das fibras intrafusais para o estiramento (Fig. 18.7). Assim, mudanças na atividade γ apresentam um profundo efeito sobre o reflexo de estiramento e sobre o tônus muscular. Como os neurônios eferentes motores α, os neurônios eferentes motores γ estão sob a influência de vias descendentes a partir do tronco encefálico e do córtex cerebral. Mudanças na atividade do reflexo de estiramento e do tônus muscular são comumente encontradas em desordens do SNC bem como do SNP.

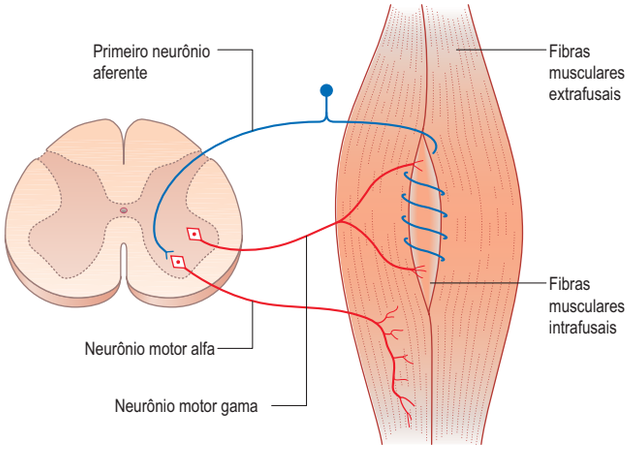


Fig. 18.7 O reflexo gama. (Com permissão de Crossman AR, Neary D 2000 Neuroanatomy 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

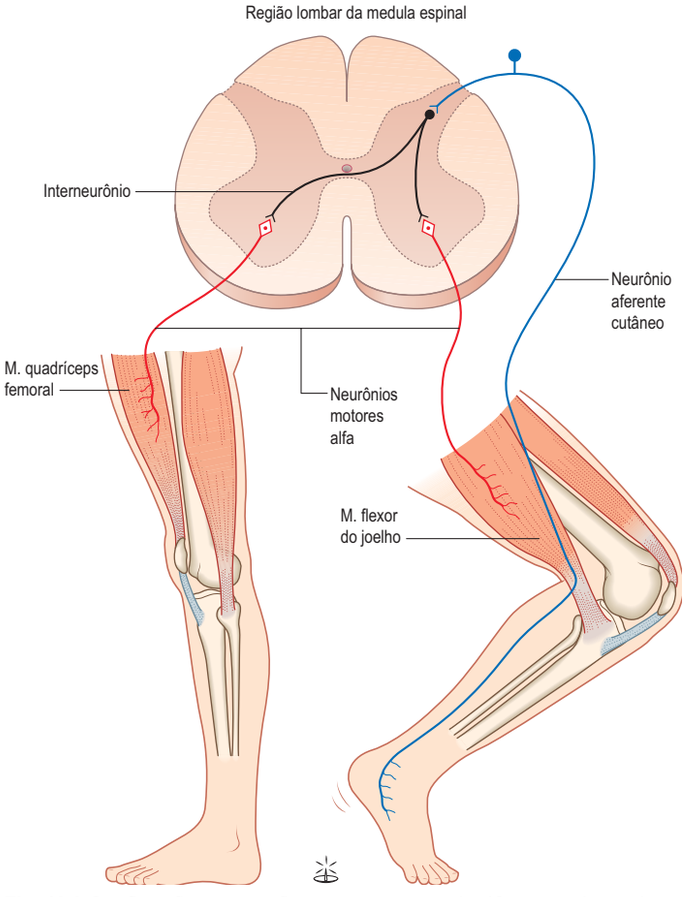


Fig. 18.8 O reflexo flexor e o reflexo extensor cruzado. (Com permissão de Crossman AR, Neary D 2000 Neuroanatomy, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livinsgstone.)

Reflexo flexor

A estimulação dolorosa dos membros leva ao reflexo de retirada, que é mediado por um reflexo polissináptico (Fig. 18.8) no qual os interneurônios estabelecem a ligação entre os neurônios aferentes e eferentes. Assim, a ativação das fibras nervosas aferentes primárias nociceptivas indiretamente causa a ativação dos neurônios eferentes motores flexores dos membros. A colateralização das fibras de segmentos espinais próximos medeia a flexão de um membro em várias articulações, dependendo da intensidade do estímulo. Conexões decussando para o lado contralateral da medula ativam os neurônios eferentes motores α que inervam os músculos extensores correspondentes, os quais produzem o chamado reflexo extensor cruzado. Em princípio, praticamente qualquer estímulo cutâneo tem o potencial para induzir um reflexo flexor, mas, exceto no caso dos estímulos nocivos, esta resposta é normalmente inibida por vias descendentes. Quando as influências descendentes estão perdidas, cada estímulo cutâneo inofensivo pode obter a flexão dos membros. O reflexo de Babinski (extensor plantar), que é geralmente considerado como patognomônico de lesão do trato corticospinal, é parte de uma flexão de retirada do membro inferior em resposta à estimulação da planta do pé.

SUBSTÂNCIA BRANCA DA MEDULA ESPINAL

A substância branca da medula espinal circunda a substância cinzenta centralizada. A substância branca consiste primariamente de fibras nervosas que seguem longitudinalmente o neuroeixo. Fibras ajudando funções relacionadas, ou aquelas com origens ou destinos comuns, são geralmente agrupadas anatomicamente para formar tratos (fascículos), que podem ser ascendentes, descendentes e propriospinais. Os tratos ascendentes consistem de fibras nervosas aferentes primárias, que entram na medula por meio das raízes posteriores dos nervos espinais, ou fibras derivadas a partir de neurônios espinais intrínsecos, que conduzem impulsos aferentes para níveis supraespinais. Os tratos descendentes contêm fibras que descem a partir do córtex cerebral ou dos núcleos do tronco encefálico para controlar a atividade dos neurônios espinais. Os tratos propriospinais contêm os axônios dos neurônios que estão localizados inteiramente na medula espinal: eles contêm componentes ascendentes e descendentes, coletivamente, mediando a coordenação intersegmental.

A substância branca espinal é convencionalmente descrita como sendo organizada em três grandes massas bilaterais, o funículo posterior, o lateral e o anterior, cada um dos quais contendo predominantemente um número de tratos específicos (Figs. 18.1 e 18.9). As estreitas comissuras branca, anterior e posterior seguem entre as duas metades da medula espinal.

As fibras na substância branca espinal variam em diâmetro. Muitas são pequenas e levemente mielinizadas, ou não mielinizadas. A maioria das regiões contém um largo espectro de diâmetro de fibras, de 1 µm ou menos até 10 µm. Alguns tratos tipicamente contêm apenas fibras pequenas, por exemplo, o trato posterolateral, fascículo grácil e parte central do funículo lateral. O fascículo cuneiforme, o funículo anterior e a zona periférica do funículo lateral contêm muitas fibras de grande diâmetro.

Embora os tratos ascendentes e descendentes estão em grande medida discretos e regularmente localizados, sobreposições significantes entre os tratos adjacentes não ocorrem. Sua disposição geral é mostrada na Figura 18.9.

Vias ascendentes

Colunas posteriores

O funículo posterior consiste de dois grandes tratos ascendentes, o fascículo grácil e o fascículo cuneiforme (Fig. 18.10), que são também con-

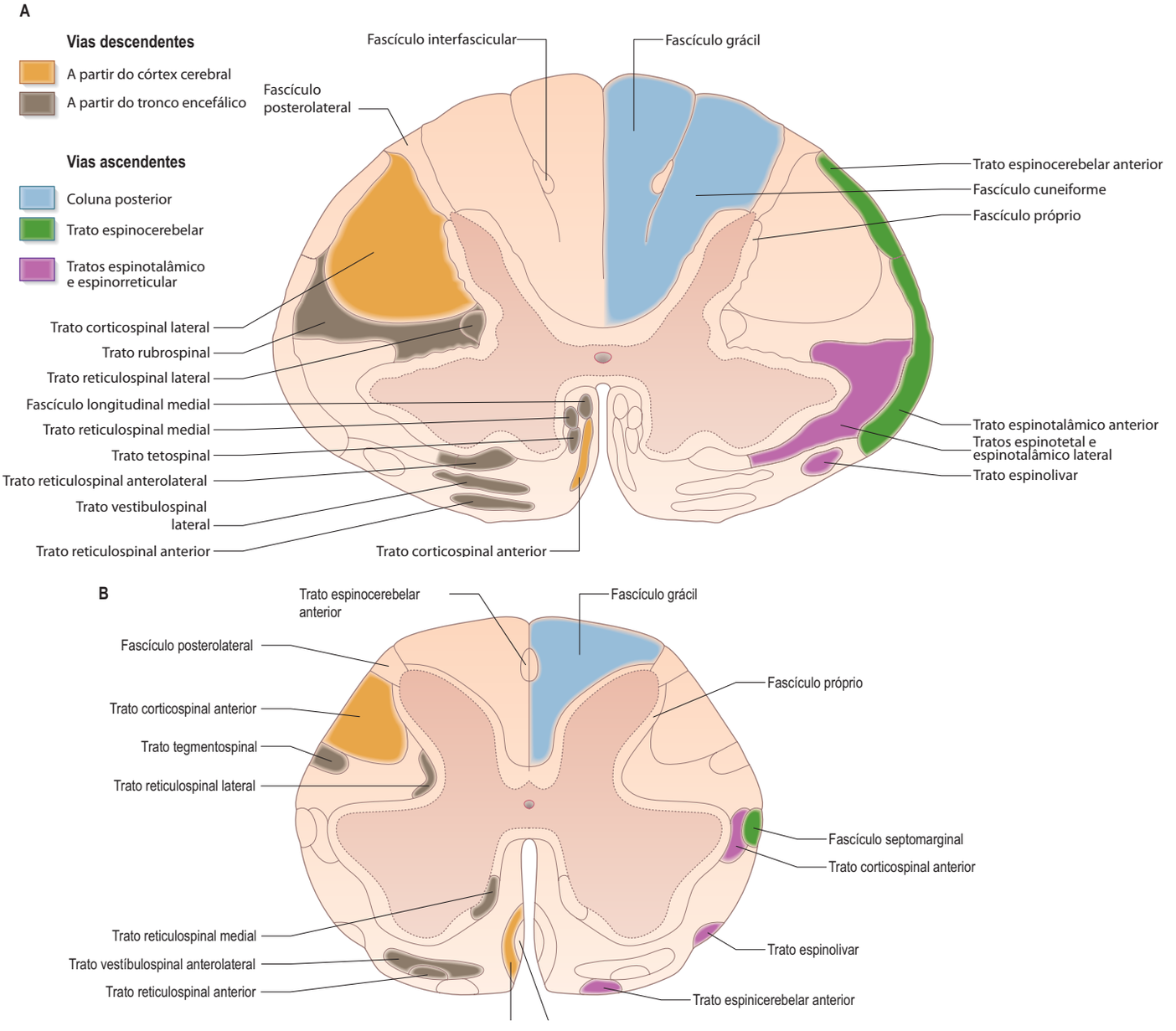


Fig. 18.9 Posição aproximada dos tratos de fibras nervosas na medula espinal nos níveis da região média cervical **(A)** e lombar **(B)**.

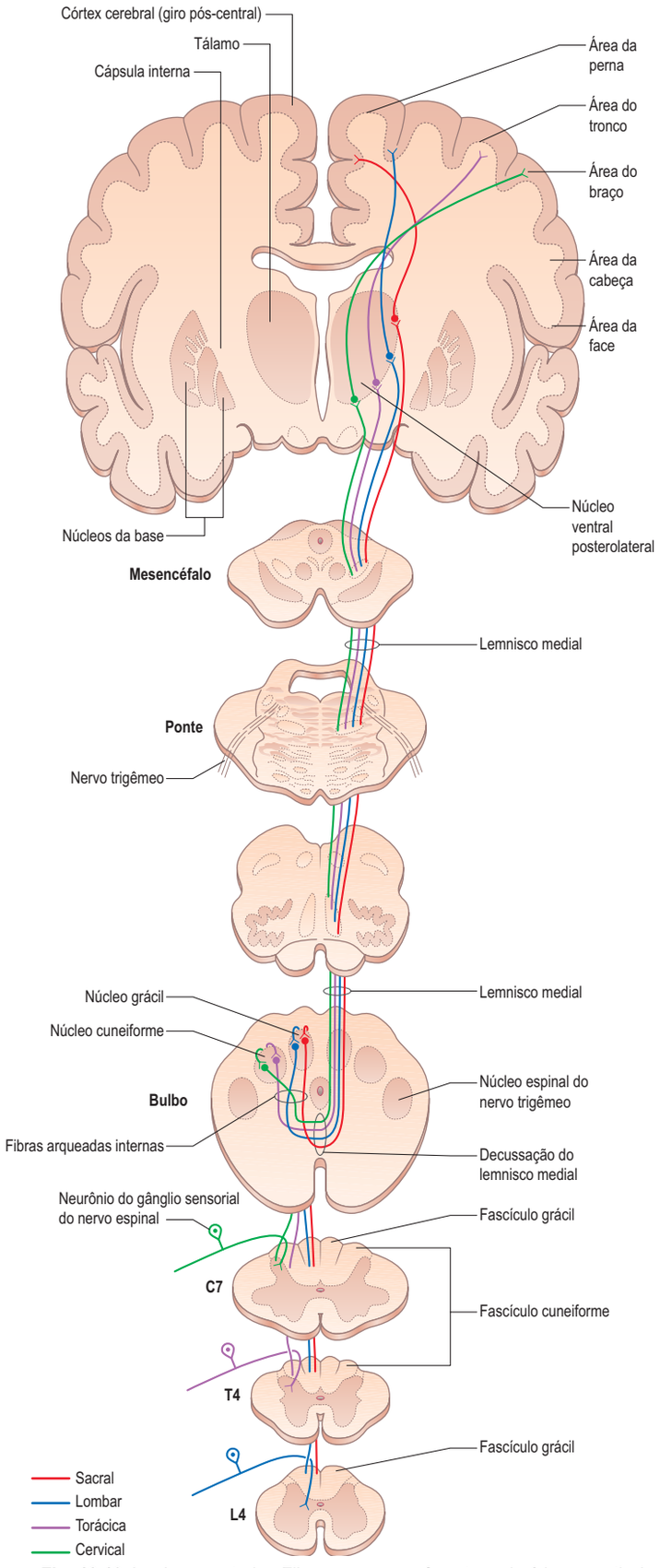


Fig. 18.10 A coluna posterior. Fibras nervosas aferentes primárias a partir de diferentes níveis e seus neurônios de segunda e terceira ordem associados são retratados em diferentes cores.

hecidos como colunas posteriores. Eles são separados por um sulco intermédio posterior. As colunas posteriores contêm uma alta proporção de fibras mielinizadas conduzindo sensibilidade proprioceptiva (senso estático de posição e cinestesia), exteroceptiva (tato-pressão) e vibratória para níveis mais altos. Estas fibras originam-se a partir de várias fontes: longas fibras nervosas aferentes primárias que entram na medula espinal nas raízes posteriores dos nervos espinais e ascendem para os núcleos da coluna posterior no bulbo; fibras nervosas aferentes primárias curtas que se projetam para neurônios da coluna intermédia e outros neurônios espinais; axônios de neurônios secundários da medula espinal que ascendem para os núcleos da coluna posterior. A coluna posterior também contém axônios de neurônios propriospinais.

O fascículo grácil inicia-se na extremidade inferior da medula espinal. Ele contém longos ramos ascendentes de aferentes primárias, as quais entram na medula espinal através das raízes espinais posteriores ipsilaterais e axônios ascendentes de neurônios secundários nas lâminas de IV a VI do corno posterior ipsilateral. Como as fibras ascendem, elas são unidas pelos axônios de sucessivas raízes posteriores. Fibras entrando nas regiões coccígea e sacral inferior são deslocadas medialmente pela sucessiva adição de fibras entrando em segmentos superiores.

O fascículo grácil localiza-se medial ao fascículo cuneiforme na região superior da medula espinal (Fig. 18.9). Nos níveis cervicais superiores, o fascículo grácil contém uma maior proporção de fibras nervosas aferentes de receptores cutâneos do que de proprioceptores profundos porque muitos dos últimos deixam o fascículo nos segmentos inferiores para fazer sinapse na coluna intermédia. Na realidade, a propriocepção dos membros inferiores chega principalmente ao tálamo pela retransmissão na coluna intermédia e então novamente no núcleo Z (pág. 280). Os axônios do fascículo grácil, a partir de neurônios primários e secundários, terminam no núcleo grácil da região posterior do bulbo.

O fascículo cuneiforme (Fig. 18.9) inicia-se no nível médio torácico e localiza-se lateral ao fascículo grácil. Ele é composto principalmente de fibras nervosas aferentes primárias das raízes superiores torácicas e posteriores cervicais. Nos níveis cervicais superiores, ele contém uma grande população de aferentes dos receptores profundos e cutâneos do membro inferior. Ademais, alguns destes axônios se originam de neurônios secundários nas lâminas IV-VI do corno posterior ipsilateral. Muitos axônios (primários e secundários) que ascendem no fascículo cuneiforme terminam no núcleo cuneiforme da região posterior do bulbo. Alguns também terminam no núcleo cuneiforme acessório; os neurônios neste núcleo se projetam ao cerebelo por meio da via cuneocerebelar.

Muitas fibras ascendentes do fascículo grácil e do fascículo cuneiforme terminam por fazer sinapse com neurônios dos núcleos da coluna posterior (núcleo grácil e núcleo cuneiforme, respectivamente) no bulbo. (As conexões dos núcleos da coluna posterior são descritas mais adiante com o bulbo, pág. 280.) Os axônios que se originam de neurônios nos núcleos da coluna posterior arqueiam anteromedialmente ao redor da substância cinzenta central do bulbo como as fibras arqueadas internas (Fig. 19.5) e cruzam na grande decussação sensorial (decussação do lemnisco medial) para formar o lemnisco medial propriamente dito. Eles ascendem para o núcleo ventral posterolateral do tálamo, de onde os neurônios se projetam para o córtex somatossensorial no giro pós-central do lobo parietal (áreas 3, 1 e 2). Alguns neurônios dos núcleos da coluna posterior formam as fibras arqueadas externas posteriores que entram no cerebelo.

O alto grau de organização somatotópica que está presente na coluna posterior é preservada, enquanto as vias ascendem através dos núcleos da coluna posterior e tálamo para chegar ao córtex somatossensorial primário. Nos núcleos da coluna posterior, o membro inferior é representado no núcleo grácil, o membro superior, no núcleo cuneiforme e o tronco é representado em uma posição intermédia entre eles. As fibras são também separadas por modalidade nas colunas posteriores: fibras de receptores de folículos pilosos são mais superficiais, enquanto aquelas de receptores táteis e vibratórios localizam-se em camadas mais profundas.

Tratos espinocerebelares

Existem dois tratos espinocerebelares principais: posterior e anterior. Eles ocupam a periferia da face lateral da substância branca espinal (Figs. 18.9, 18.11) e conduzem informação cutânea e proprioceptiva ao cerebelo para a coordenação de movimentos. Ambos os tratos contêm fibras mielinizadas de grande diâmetro, porém há mais no trato posterior. Fibras de diâmetro mais fino estão associadas com o trato anterior.

O trato espinocerebelar posterior localiza-se lateral ao trato corticospinal lateral. Ele inicia-se aproximadamente no nível do segundo ou terceiro segmento lombar e aumenta enquanto ele ascende. Os axônios do trato se originam ipsilateralmente dos maiores neurônios da coluna intermédia na lâmina VII por todos os segmentos T1-L2 da medula espinal. A coluna intermédia recebe entrada de colaterais de longas fibras nervosas aferentes primárias ascendentes das colunas posteriores. Muitas destas fibras nervosas aferentes ascendem de segmentos caudais para L2. No bulbo, o trato espinocerebelar posterior passa através do pedúnculo cerebelar inferior para terminar ipsilateralmente nas partes anterossuperior e inferior do verme do cerebelo.

O trato espinocerebelar anterior localiza-se imediatamente anterior ao trato posterior. As células de origem estão nas lâminas V-VII da região lombossacral da medula e o trato conduz informação dos membros inferiores. A maior parte dos axônios que formam o trato decussa mas alguns permanecem ipsilaterais. O trato inicia na região lombar superior e sobe através do bulbo para chegar ao nível superior da ponte, de onde ele desce

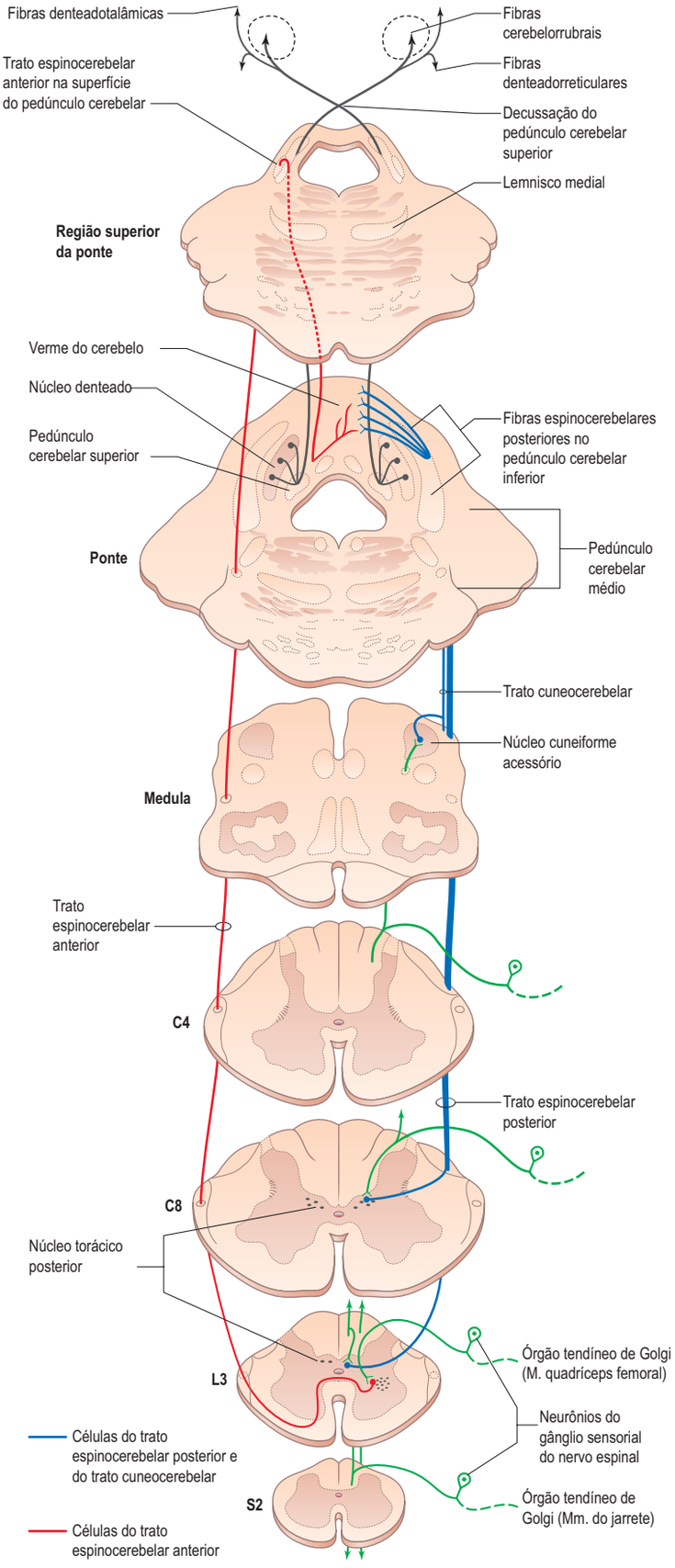


Fig. 18.11 Tratos espinocerebelares. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991 Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Williams and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

na parte posterior do pedúnculo cerebelar superior para terminar, principalmente de forma contralateral, na região anterior do verme do cerebelo.

Os tratos espinocerebelares são organizados de modo que fibras a partir de segmentos espinais inferiores sejam mais superficiais. Ambos os tratos transmitem informação proprioceptiva e exteroceptiva, mas eles são funcionalmente diferentes. Os neurônios da coluna intermédia são excitados monossinapticamente pelas fibras nervosas aferentes primárias Ia e Ib (de fusos musculares e órgãos tendíneos, respectivamente), pelo grupo II de aferentes musculares, e pelas fibras nervosas aferentes de toque e pressão. Os impulsos proprioceptivos muitas vezes surgem a partir de um único músculo ou de músculos sinergistas agindo em uma articulação comum.

Desse modo, o trato espinocerebelar posterior transmite informação de modalidade específica e espacial específica que são usadas na coordenação fina de músculos individuais dos membros. Por outro lado, as células do trato anterior são ativadas monossinapticamente por fibras nervosas aferentes Ib e transmitem informações a partir de grandes campos receptivos que incluem diferentes segmentos de um membro. O trato anterior necessita de subdivisões para diferentes modalidades e transmite informação para os movimentos coordenados e postura de todo o membro inferior.

Uma vez que a coluna intermédia diminui anterossuperiormente (Fig. 18.3) e não se estende acima da parte mais inferior do segmento cervical, segue-se que o trato espinocerebelar posterior conduz informação do tronco e do membro inferior. A informação proprioceptiva e exteroceptiva do membro superior segue nas fibras nervosas aferentes primárias do fascículo cuneiforme. Estas fibras terminam somatotopicamente no núcleo cuneiforme acessório (externo ou lateral) e a parte adjacente do núcleo cuneiforme situada no bulbo. As células destes núcleos dão origem às fibras arqueadas externas posteriores que formam o trato cuneocerebelar (Fig. 18.11), o qual entra no cerebelo via pedúnculo cerebelar inferior ipsilateral. O núcleo cuneiforme acessório e a parte lateral do núcleo cuneiforme são considerados como homólogos às células da coluna intermédia. O trato cuneocerebelar é, portanto, funcionalmente aliado do trato espinocerebelar posterior, e é seu equivalente no membro superior.

Os axônios de todos os tratos espinocerebelares e o trato cuneocerebelar formam parte do "sistema de fibras musgosas". Eles terminam no córtex cerebelar em um padrão somatotópico e funcional altamente organizado (pág. 302).

Tratos espinotalâmicos

Os tratos espinotalâmicos (Fig. 18.9) consistem de neurônios de segunda ordem que transmitem dor, temperatura, tato grosseiro (não discriminativo) e informação de pressão para a região do tálamo. As células de origem localizam-se em várias lâminas de todos os segmentos da medula espinal. As fibras decussam na comissura branca anterior para chegar ao trato espinotalâmico contralateral: fibras de dor e temperatura o fazem prontamente, dentro de aproximadamente um segmento de sua origem, enquanto fibras conduzindo outras modalidades podem ascender para diversos segmentos antes de cruzar. As fibras espinotalâmicas, na sua maior parte, ascendem na substância branca anterolateral para o corno anterior parcialmente entremeadas com fibras espinorreticulares ascendentes e fibras reticulospinais descendentes. Algumas autoridades descrevem dois tratos espinotalâmicos (lateral e anterior) com localização anatômica e funções mais ou menos distintas. No entanto, estudos fisiológicos em animais confirmam a tese de que estes tratos podem ser mais bem considerados como algo estrutural e funcionalmente contínuo.

O trato espinotalâmico lateral (Fig. 18.12) está situado no funículo lateral, localizando-se medial ao trato espinocerebelar anterior. Evidências clínicas indicam que ele é útil nas sensações de dor e temperatura. O trato espinotalâmico anterior (Fig. 18.13) localiza-se no funículo anterior, medial ao ponto de saída das raízes nervosas espinais anteriores e posteriores do trato vestibulospinal ao qual ele sobrepõe. Com base em evidências clínicas, ele auxilia nas modalidades de tato grosseiro e pressão.

Um trato espinotalâmico posterolateral foi descrito em animais. Os axônios se originam principalmente de neurônios na lâmina I, e cruzam para ascender no funículo posterolateral contralateral. Estes neurônios respondem ao máximo a estímulos nocivos, mecânicos e térmicos. Exemplos de alívio da dor clínica seguintes à cordotomia posterolateral sugerem que uma projeção similar existe no homem.

Alcançando a região inferior do tronco encefálico, os axônios do trato espinotalâmico se separam. Os axônios no trato anterior se juntam ao lemnisco medial. Os axônios no trato lateral continuam como olemnisco espinal.

Existe uma clara organização somatotópica de fibras no trato espinotalâmico por toda a sua extensão. Fibras cruzando em qualquer nível espinal juntam-se à camada profunda daquelas que já atravessaram, o que significa que ambos os tratos são segmentarmente laminados (Fig. 18.14). A somatotopia é mantida por todo o bulbo e ponte. No mesencéfalo, as fibras no lemnisco espinal que transmitem sensação de dor e temperatura a partir do membro inferior se estendem posteriormente, enquanto aquelas a partir do tronco e membro superior estão mais anteriormente localizadas. Ambos os lemniscos ascendem para terminar no tálamo. As principais projeções espinotalâmicas no homem são para o núcleo ventral posterolateral, e também para o núcleo intralaminar centrolateral.

Neurônios dos tratos espinotalâmicos

A localização específica dos corpos celulares do trato espinotalâmico é pobremente documentada no homem. Em animais, aproximadamente um

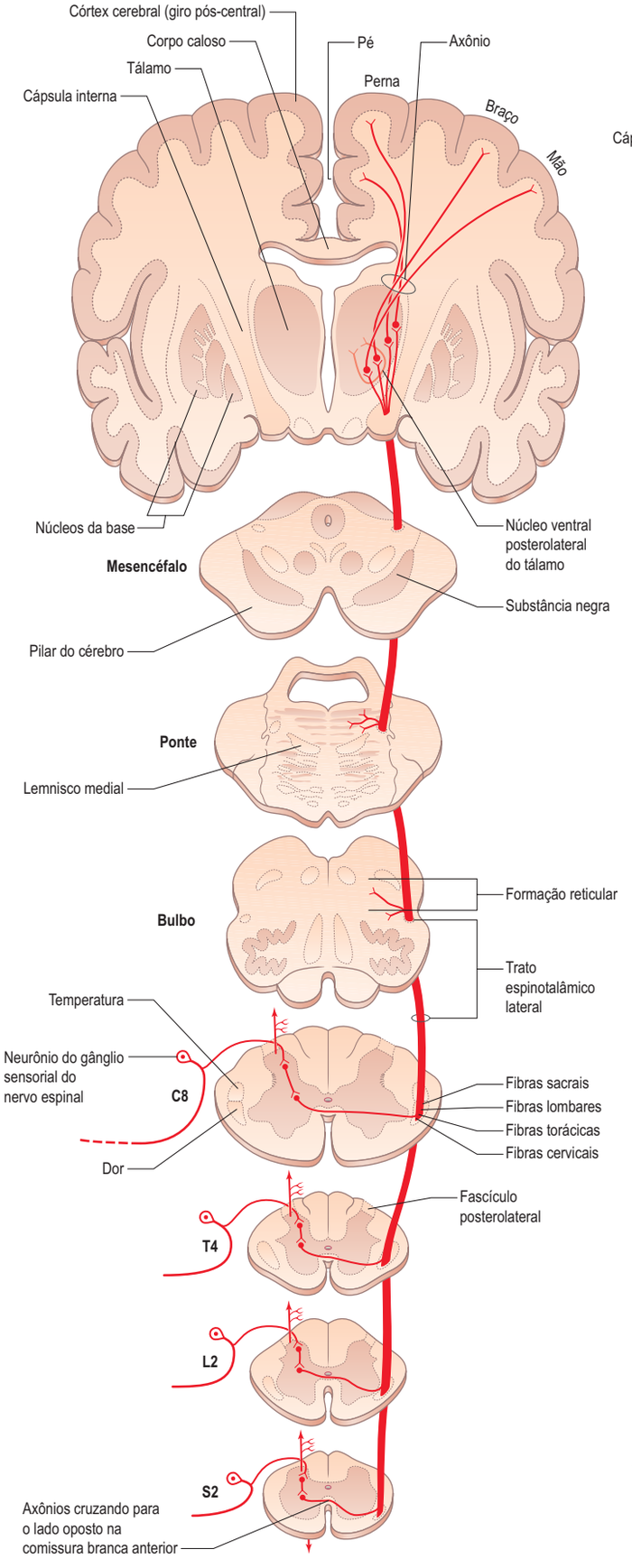


Fig. 18.12 Trato espinotalâmico lateral. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991 Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Williams and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

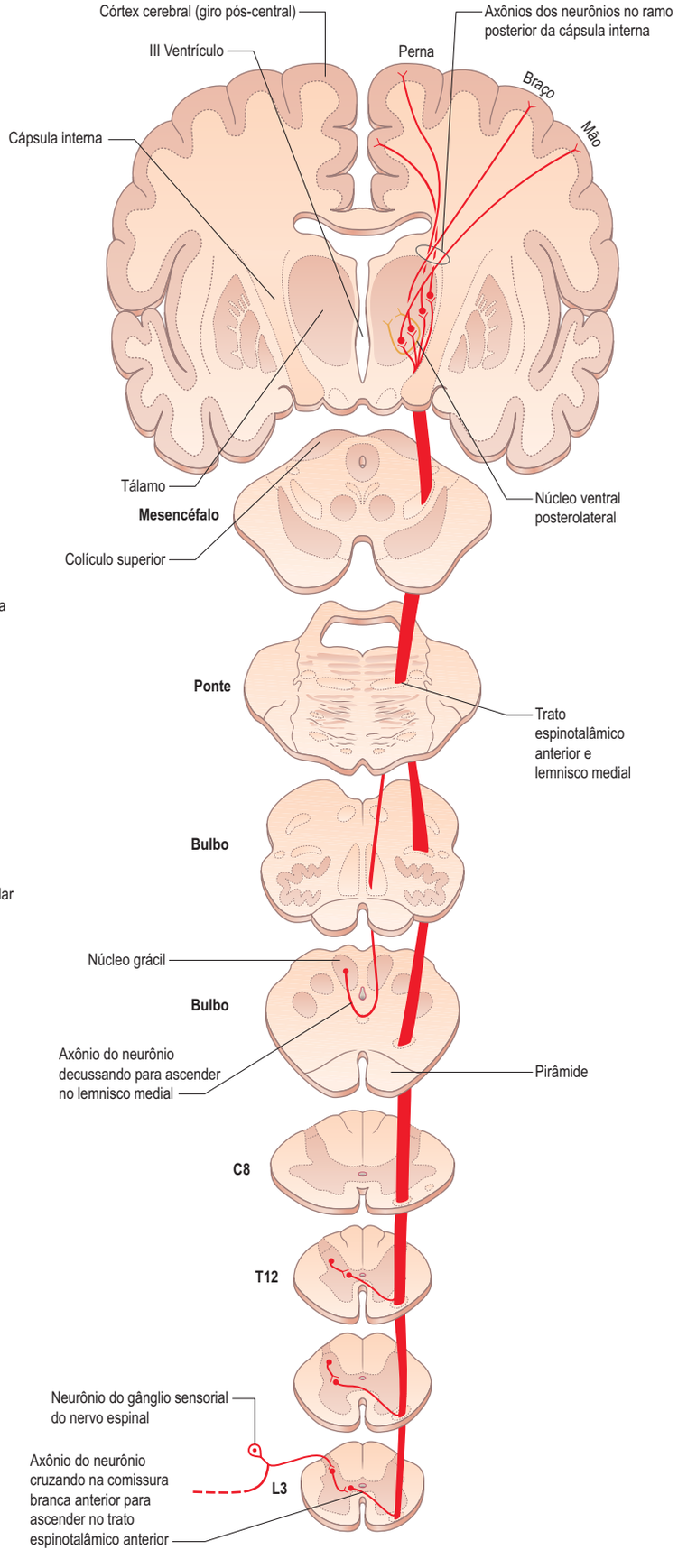


Fig. 18.13 Trato espinotalâmico anterior. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991 Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Williams and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

terço está localizado nos três segmentos cervicais superiores. Aproximadamente 20% estão localizados nos segmentos cervicais inferiores, 20% na região torácica (principalmente nos segmentos T1-T3), 20% na região lombar e 10% na região sacrococcígea da medula. As células estão localizadas nas lâminas I e IV-VIII, a maior concentração começando nas lâminas VI e VII. Os corpos celulares provendo origem a axônios do trato espinotalâmico são predominantemente contralaterais, embora um número relativamente pequeno (10%), principalmente nos três segmentos cervicais superiores, é ipsilateral.

Os neurônios do trato espinotalâmico possuem campos receptivos muito diferentes. A especificidade de canais separados, tal como existe nos núcleos da coluna posterior, está ausente nas lâminas da medula espinal.

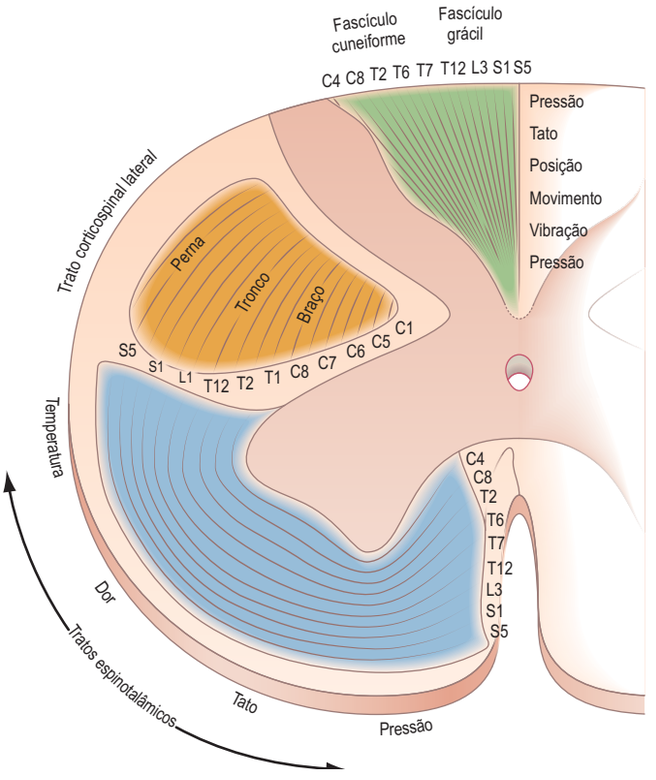


Fig. 18.14 Plano geral da organização segmentar de fibras no funículo posterior, o trato corticospinal lateral e os tratos espinotalâmicos. As prováveis áreas em secção transversa destes tratos são esquematicamente ampliadas. Este plano geral aplica-se a todos os tratos organizados segmentarmente quer ascendente, descendente, ipsilateral ou contralateral.

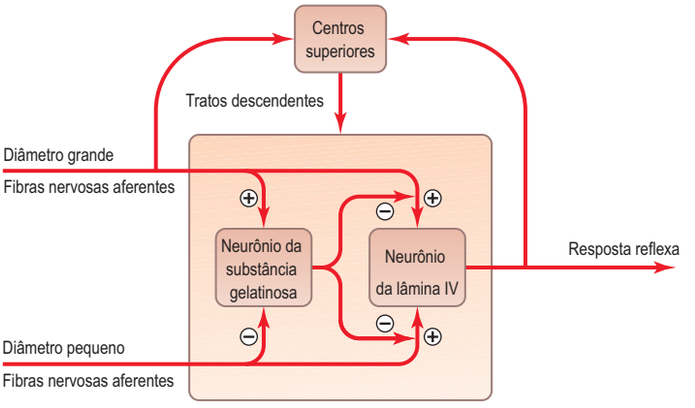


Fig. 18.15 Organização básica do mecanismo "comporta" sensorial na lâmina posterior da substância cinzenta da medula espinal. (Redesenhado com permissão de Melzack R., Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science 150: 971-979. Copyright 1965. American Association for the Advancement of Science.)

A convergência de diferentes tipos funcionais de fibras nervosas aferentes para um trato individual de células é uma característica comum na medula espinal. Com base no local laminar, propriedades funcionais e terminações talâmicas específicas de seus axônios, os neurônios do trato espinotalâmico podem ser divididos em três grupos separados. Estes são as células apicais da coluna posterior (lâmina I), as células da coluna posterior profunda (lâminas IV-VI) e as células da coluna anterior (lâminas VII e VIII). Há diferentes espécies e a descrição abaixo é derivada de estudos em primatas não humanos.

As células da lâmina I que se projetam ao tálamo mostram as seguintes características. Em essência, elas respondem ao máximo à estimulação cutânea nociva e térmica, e consistem principalmente de unidades de alto limiar, mas também algumas de ampla faixa dinâmica. Seus campos receptivos são geralmente pequenos, representando uma parte de um dedo ou uma pequena área de pele envolvendo vários dedos. Os neurônios do trato espinotalâmico na lâmina I recebem aferência a partir de fibras Aδ e C, e algumas respondem a aferências convergentes a partir de receptores profundos somáticos e viscerais. As células do trato espinotalâmico na região torácica da medula mostram marcadas convergências viscerossomáticas. Os neurônios do trato espinotalâmico na lâmina I projetam-se preferencialmente para o núcleo ventral posterolateral do tálamo com projeções limitadas para os núcleos talâmicos central lateral e medial dorsal. A população de neurônios espinotalâmicos profundos da coluna posterior (lâminas IV-VI) da região lombar da medula contém unidades tipo ampla faixa dinâmica (60%), alto limiar (30%) e baixo limiar (10%). Eles podem codificar precisamente estímulos cutâneos inofensivos e nocivos. Algumas células também respondem para as aferências a partir de receptores somáticos e viscerais. Na região lombar da medula, seus campos receptivos são de tamanho pequeno ou médio; elas são maiores que a área do pé, mas menores que a perna inteira. Na região torácica da medula espinal, os campos destas células laminares são grandes, e frequentemente incluem o membro superior todo e parte do tórax. Muitos dos neurônios profundos do trato espinotalâmico da coluna posterior nos segmentos torácicos recebem aferências convergentes de fibras nervosas aferentes simpáticas. As unidades do trato espinotalâmico das lâminas IV-VI se projetam ao núcleo ventral posterolateral ou ao núcleo centrolateral do tálamo, e às vezes a ambos. Unidades projetando-se ao núcleo ventral posterolateral recebem aferências a partir de todas as classes (Aβ, Aδ e C) de fibras nervosas cutâneas.

As células do trato espinotalâmico da coluna anterior (lâminas VII e VIII) respondem principalmente aos estímulos somáticos profundos (músculos e articulações), mas também aos estímulos cutâneos inofensivos e/ou nocivos. Na região torácica da medula espinal, elas também recebem aferências convergentes a partir de fontes viscerais. A maioria dos neurônios do trato espinotalâmico das lâminas VII e VIII possui grandes e complexos campos receptivos (frequentemente bilaterais), os quais englobam diversas partes do corpo. As células deste grupo, que se projetam exclusivamente para a região medial do tálamo, recebem aferências a partir de classes Aβ, Aδ e C de fibras nervosas aferentes, e muitas respondem a aferências convergentes a partir de receptores de estruturas profundas. Esta população de neurônios contém unidades amplas de faixa dinâmica (25%), alto limiar (63%) e baixo limiar (12%). A maior parte das células do trato espinotalâmico na coluna anterior projeta-se para o núcleo intralaminar do tálamo. Neurônios do tipo ampla faixa dinâmica são particularmente efetivos para discriminação entre diferentes intensidades de estimulação dolorosa.

Mecanismos de dor

As conexões ascendentes através das quais a informação sensorial chega aos centros superiores não são simples relés, pois é sabido que estão sujeitas à modulação por conexões intraespinais e por vias descendentes a partir do tronco encefálico e córtex cerebral. Isto é particularmente importante em relação às vias espinotalâmica e espinorreticular e à percepção da dor.

A inibição pré-sináptica influencia muito possivelmente todas, as terminações nervosas aferentes primárias. Um sítio muito investigado de efeitos pré-sinápticos é a substância gelatinosa. Tem sido proposto que os impulsos a partir de fibras nervosas aferentes cutâneas (e outras) estão aqui sujeitos a controle tônico por modulação pré-sináptica de terminações nervosas aferentes primárias, mediadas por pequenos neurônios da substância gelatinosa.

A "teoria do controle de comporta" (Melzack & Wall, 1965) propôs um mecanismo para a modulação do influxo de informação ao longo das vias aferentes nociceptivas e outras (Fig. 18.15). A hipótese era que fibras nervosas aferentes de grande diâmetro (por exemplo, a partir de corpúsculos de tato e pilosos) são excitatórias para os grandes neurônios da lâmina IV, a partir dos quais as fibras espinotalâmicas se originam, e para os interneurônios na substância gelatinosa. Em contraste, finas fibras nervosas aferentes não mielinizadas são excitatórias para células do trato, mas inibitórias para os interneurônios. Presume-se que os axônios dos interneurônios da substância gelatinosa possam inibir pré-sinapticamente as terminações de todas as aferências que fazem sinapse com as células do trato. Em tal sistema, a baixa atividade nas finas fibras nervosas aferentes inibe os interneurônios, e assim evita-os bloqueando as células do trato. Por isso, a "comporta" para as células na lâmina IV é aberta para transmitir de modo intermitente pequenas descargas de impulsos a partir das grandes fibras. Uma descarga prolongada de alta frequência de impulsos nas fibras nervosas aferentes de grande diâmetro seria inicialmente transmitida para as células do trato na lâmina IV, mas isso em breve cessaria como a atividade nos interneurônios próximos à comporta. Inversamente, uma alta atividade persistente nas finas fibras nervosas aferentes abriria a comporta, resultando em um massivo bombardeamento de neurônios da lâmina IV (que incluem alguns neurônios de alto limiar que são apenas ativados por esse bombardeamento). Presumiu-se que a progressiva transmissão no trato espinotalâmico lateral evocaria a percepção de dor em níveis supraespinais. A dor, portanto, resultaria de um desequilíbrio entre as variedades de impulsos aferentes quando houve um tráfego desproporcionalmente

grande ao longo das finas fibras nervosas aferentes. De fato, a inibição dos neurônios do trato espinotalâmico pode ser produzida por estimulação elétrica dos nervos periféricos, sendo a mais efetiva descarga que ativa as fibras Aδ.

A atividade dos neurônios do trato espinotalâmico pode também ser seletivamente modulada por vias descendentes a partir do encéfalo para a medula espinal. Muitos estudos têm mostrado que a resposta das células do trato espinotalâmico para estímulos nocivos é inibida pela estimulação de certas regiões do encéfalo. Isto é obviamente de considerável interesse clínico no tratamento de dor crônica e intratável.

No tronco encefálico, as regiões que induzem tais efeitos correspondem a um número de núcleos do mesencéfalo e do rombencéfalo que, com suas conexões, constituem um sistema analgésico endógeno. No mesencéfalo, estas regiões são a substância cinzenta central, núcleo dorsal da rafe e parte do núcleo cuneiforme. Os neurônios nestes locais contêm serotonina (5-HT), ácido γ-aminobutírico (GABA), substância P, colecistoquinina, neurotensina, encefalina e dinorfina. A substância cinzenta central recebe fibras nervosas aferentes a partir do neocórtex somatossensorial frontal e do cíngulo, do corpo amigdaloide, dos numerosos núcleos reticulares locais e do hipotálamo. As fibras nervosas aferentes a partir do último são feixes separados que conduzem histamina, hormônio liberador do hormônio luteinizante, vasopressina, ocitocina, hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), hormônio gama estimulador de melanócitos (γ-MSH), endorfina, e angiotensina II. Algumas fibras descendem a parte da substância cinzenta central aos centros rombencefálicos, outras passam diretamente para a medula espinal.

No rombencéfalo, o núcleo magno da rafe e a coluna reticular medial constituem um importante centro multineuromediador. Os neurônios nestes sítios contêm serotonina, substância P, colecistoquinina, hormônio liberador de tireotrofina, encefalina e dinorfina: alguns neurônios contêm dois ou três neuromediadores. Fibras bulbospinais descendentes passam ao núcleo do trato espinal do nervo trigêmeo e sua continuação, a substância gelatinosa. A última se estende por todo o comprimento da medula e contém uma população de neurônios que expressam muitos neuromediadores diferentes, por exemplo, GABA, substância P, neurotensina, encefalina e dinorfina. Existem várias evidências fisiológicas e farmacológicas que todas estas regiões estão intimamente envolvidas com o controle de aferências nociceptivas (e provavelmente outras modalidades).

A estimulação de áreas do prosencéfalo, incluindo a substância cinzenta periventricular, o núcleo ventral posterolateral do tálamo, o córtex sensorial primário e o córtex parietal posterior, inibe as células do trato espinotalâmico. Em contraste, algumas células do trato espinotalâmico são excitadas por estimulação da formação reticular do bulbo, e o córtex motor primário (o último efeito provavelmente sendo mediado pelo trato corticospinal).

A percepção da dor é descrita detalhadamente no Capítulo 23.

Via espinorreticular

As fibras espinorreticulares estão entremeadas com aquelas dos tratos espinotalâmicos e ascendem no quadrante anterolateral da medula espinal (Fig. 18.16). Evidências a partir de estudos com animais sugerem que as células de origem surgem em todos os níveis da medula espinal, particularmente nos segmentos cervicais superiores. A maioria dos neurônios está na lâmina VII, alguns estão na lâmina VIII, e outros estão no corno posterior, especialmente na lâmina V. A maioria dos axônios nas intumescências lombossacral e cervical cruza a linha mediana, mas há um grande componente não cruzado nas regiões cervicais. A maioria dos axônios são mielinizados. O padrão de degeneração anterógrada, em ambos os estudos com humanos pós-morte e experimentais em animais seguintes à cordotomia anterolateral, indica a existência de projeções espinorreticulares para muitos núcleos da formação reticular pontobulbar medial. Existe também uma projeção para o núcleo reticular medial (um núcleo relé pré-cerebelar). Estas projeções não aparentam ser somatotopicamente organizadas. Os neurônios espinorreticulares respondem a aferências a partir da pele ou tecidos profundos. Estímulos cutâneos inofensivos podem inibir ou excitar uma célula particular, enquanto estímulos nocivos são frequentemente excitatórios. Uma via espino-retículo-tálamo-cortical foi proposta como uma importante rota que serve à percepção de dor. Como outras vias ascendentes, as células do trato são influenciadas por controle descendente. Por exemplo, a estimulação elétrica da substância cinzenta central inibe a resposta de certas células espinorreticulares para aferência de fibras nervosas cardiopulmonares. A estimulação da formação reticular também altera a atividade dos neurônios espinorreticulares.

Via espinocervicotalâmica

O núcleo cervical lateral é pequeno no homem. Ele localiza-se no funículo lateral, ventrolateral ao corno posterior nos dois segmentos cervicais superiores. Em alguns espécimes de medula espinal humana o núcleo não é distintamente definido, e eventualmente é incorporado ao corno posterior. Ela recebe axônios a partir do trato espinocervical, que ascende no funículo posterolateral. As células do trato são encontradas nas lâminas III-IV em todos os níveis da medula espinal, ipsilateral ao núcleo. A maioria dos neurônios do núcleo se projeta para o tálamo contralateral por meio do lemnisco medial, e alguns se projetam para o mesencéfalo contralateral. Alvos talâmicos específicos incluem o núcleo ventral posterolateral e parte do complexo posterior. Os neurônios do trato espinocervical respondem ao movimento dos receptores pilosos, pressão, beliscão e estímulos térmicos e a aferências musculares de alto limiar; e muitos também respondem a estímulos nocivos. Como as células do trato de outras vias ascendentes, eles estão sob controle tônico inibitório descendente.

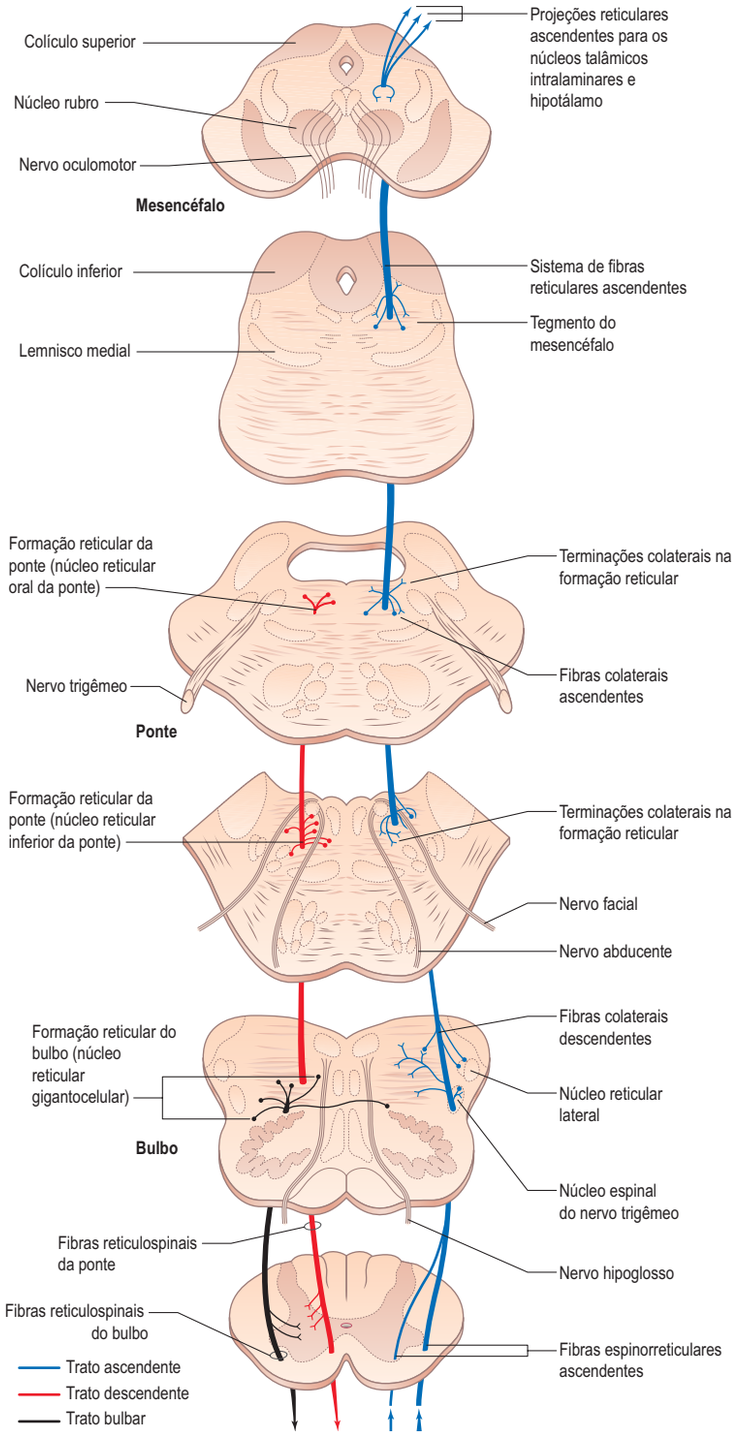


Fig. 18.16 Tratos reticulares. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991 Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Williams and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

Via espinomesencefálica

A via espinomesencefálica consiste de um número de tratos ascendentes a partir da medula espinal para várias regiões do mesencéfalo. Ela inclui o trato espinotetal projetando-se para o colículo superior, neurônios fazendo sinapse na substância cinzenta central, e outras projeções da medula espinal que terminam no núcleo parabraquial, os núcleos pré-tetais e o núcleo da comissura posterior (de Darkschewitsch). As células de origem

estão localizadas por todo o comprimento da medula espinal, particularmente nos segmentos cervicais e na intumescência lombossacral, principalmente na lâmina I, mas também presentes nas lâminas IV-VIII, onde estão concentradas na lâmina V. Muitas são contralaterais, mas um proeminente grupo ipsilateral é também encontrado em níveis cervicais superiores. As fibras espinomesencefálicas são principalmente mielinizadas e ascendem na substância branca do quadrante anterolateral da medula espinal em associação com os tratos espinotalâmico e espinorreticular.

Os neurônios espinomesencefálicos são da classe de baixo limiar, ampla faixa dinâmica ou alto limiar. Seus campos receptivos podem ser pequenos, ou muito complexos, e abrangem grandes áreas de superfície corporal. Muitas células espinomesencefálicas são nociceptivas e são suscetíveis de estar envolvidas no componente afetivo-motivacional da dor. A estimulação elétrica de seus locais de terminação na substância cinzenta central resulta em dor intensa em humanos. Além disso, as células das camadas profundas do colículo superior, onde as fibras espinotetais fazem sinapse, são ativadas por estímulos nocivos.

Trato espinolivar

O trato espinolivar é descrito em animais como originando-se de neurônios nas lâminas profundas da substância cinzenta. Os axônios que formam o trato cruzam e então ascendem superficialmente à junção dos funículos anterior e lateral para terminar nos núcleos olivares, acessório posterior e acessório medial. O trato conduz informação a partir de proprioceptores musculares e tendíneos, e também a partir de receptores cutâneos. Uma rota funcionalmente similar, o trato espinolivar posterior, ascende no funículo posterior e retransmite dos núcleos da coluna posterior para o núcleo olivar inferior contralateral. A informação destes tratos em primatas é escassa, mas evidências pós-morte seguintes à cordotomia em humanos têm revelado degeneração das terminações axônicas no núcleo olivar inferior.

Tratos descendentes

As vias descendentes para a medula espinal originam-se primariamente a partir do córtex cerebral e a partir de numerosos locais no interior do tronco encefálico (Figs. 18.16, 18.17, 18.18). Elas estão envolvidas com o controle do movimento, tônus muscular e postura, modelação dos mecanismos de reflexo espinal e transmissão de informação aferente para níveis superiores. Elas também medeiam o controle sobre os neurônios espinais autônomos.

Tratos corticospinal e corticobulbar

As fibras corticospinais e corticobulbares se originam de neurônios no córtex cerebral. Eles se projetam de uma maneira somatotopicamente organizada para neurônios que estão principalmente localizados no lado contralateral da medula espinal ou tronco encefálico, respectivamente (Fig. 18.17). A maioria das fibras corticospinais e corticobulbares se origina de células situadas no córtex motor primário (área 4) e no córtex pré-motor (área 6). Uma pequena contribuição vem de células no giro pós-central (córtex somatossensorial; áreas 3, 1 e 2) e do córtex parietal adjacente (área 5). Em macacos, 30% das fibras corticospinais se originam da área 4, 30% da área 6, e 40% das regiões parietais. As células de origem das fibras corticospinais e corticobulbares variam em tamanho em diferentes áreas corticais e agrupam-se em grupos ou faixas. As maiores células (neurônios piramidais gigantes, ou células de Betz) estão localizadas no córtex motor primário do giro pré-central.

As fibras corticospinais e corticobulbares descendem através da substância branca subcortical para entrar no joelho e ramo posterior da cápsula interna. Elas então passam através da parte anterior do mesencéfalo no pilar do cérebro. Enquanto elas continuam inferiormente através da ponte, são separadas de sua superfície anterior e fragmentadas em fascículos pelas fibras pontocerebelares, seguindo transversalmente. As fibras corticobulbares partem para terminar em associação com os núcleos motores dos nervos cranianos do mesencéfalo, ponte e bulbo. No bulbo, as fibras corticospinais residuais formam um discreto feixe, a pirâmide (Fig. 19.2), que forma uma proeminente coluna longitudinal na superfície anterior do bulbo. O trato corticospinal é, portanto, também referido como o trato piramidal. Cada pirâmide contém aproximadamente um milhão de axônios de diâmetro variável. A maioria (70%) é mielinizada: 90% possuem um diâmetro de 1-4 µm; 9% possuem diâmetro de 5-10 µm; e pouco menos de 2% possuem diâmetro de 11-22 µm. Os neurônios de maior diâmetro se originam dos neurônios piramidais gigantes (de Betz).

Logo anterossuperiormente, ao nível da junção espinobulbar, aproximadamente 75-90% das fibras corticospinais na pirâmide cruzam o plano mediano na decussação das pirâmides e continuam inferiormente como o trato corticospinal lateral. O restante das fibras continua sem cruzar com o trato corticospinal anterior. O trato lateral também contém algumas fibras corticospinais não cruzadas. O trato corticospinal lateral (Fig. 18.17) desce no funículo lateral por todo o comprimento da medula espinal. Ele ocupa uma área oval, anterolateral ao corno posterior e medial ao trato espinocerebelar posterior (Fig. 18.9). Nas regiões lombar e sacral, onde o trato espinocerebelar posterior está ausente, o trato corticospinal lateral chega à superfície posterolateral da medula espinal. Enquanto ele desce, o trato diminui de tamanho enquanto suas fibras terminam nos segmentos espinais progressivamente inferiores até cerca do quarto segmento sacral: seus axônios terminam nos neurônios espinais ipsilaterais.

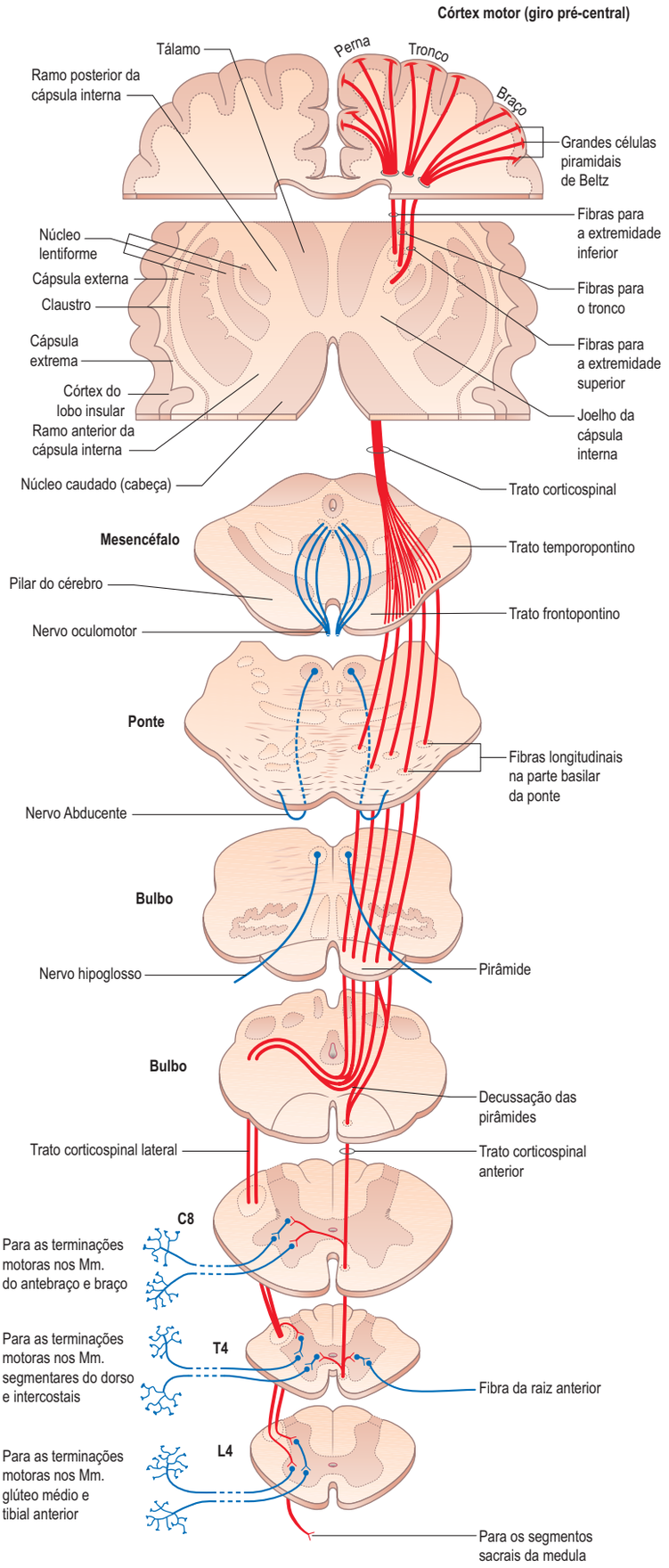


Fig. 18.17 Tratos corticospinais. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991 Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Willians and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

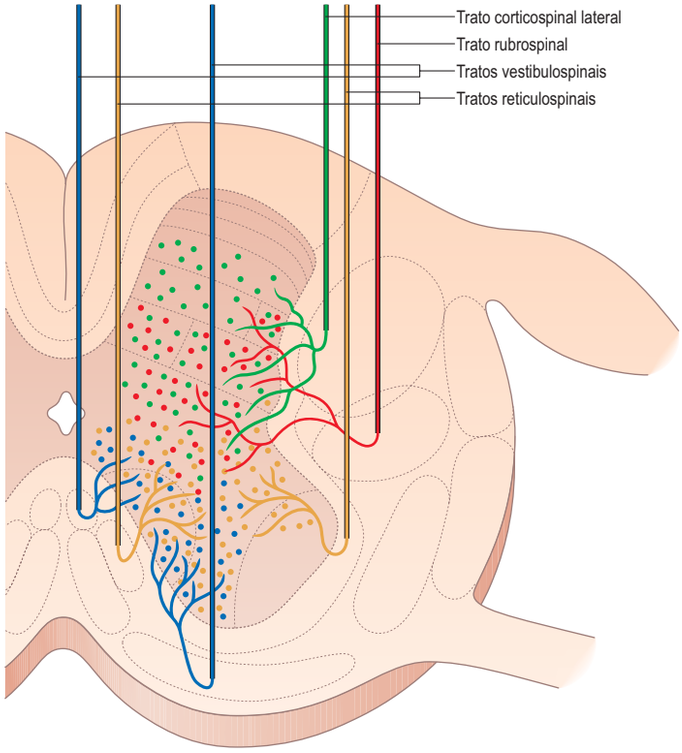


Fig. 18.18 Um esquema simplificado de algumas das principais vias descendentes da medula espinal incluindo suas zonas sobrepostas de terminação na substância cinzenta. No inferior da substância cinzenta, as linhas pontilhadas mostram o padrão laminar; enquanto no interior da substância branca, elas são um guia aproximado para a topografia dos tratos.

O trato corticospinal anterior, menor (Fig. 18.17), desce no funículo anterior. Ele localiza-se próximo à fissura mediana anterior e é separado dela pelo fascículo sulcomarginal (Fig. 18.9). O trato corticospinal anterior diminui enquanto desce e geralmente desaparece completamente nos segmentos medulares mediotorácicos. Ele pode estar ausente ou, muito raramente, contém quase todas as fibras corticospinais. Próximo de suas terminações, muitas fibras do trato cruzam o plano mediano na comissura branca anterior para fazer sinapse nos neurônios contralaterais. A maioria das fibras corticospinais, independentemente do trato no qual elas descem, termina na medula espinal do lado contralateral de sua origem cortical.

O conhecimento da terminação detalhada das fibras corticospinais foi baseado amplamente em estudos com animais, mas é suplementado por dados a partir de estudos pós-morte em encéfalos humanos usando o método de degeneração anterógrado. Considera-se que a maioria das fibras corticospinais terminam contralateralmente nos interneurônios das partes laterais das lâminas IV-VI e nas partes lateral e medial da lâmina VII. Algumas estão também distribuídas para a lâmina VIII bilateralmente. As terminações estão também associadas com grupos celulares de neurônios motores contralaterais na lâmina IX, no grupo posterolateral e partes laterais dos grupos, central e anterolateral (Fig. 8.18).

As fibras corticospinais a partir do córtex frontal, incluindo as áreas motora e pré-motora 4 e 6, terminam principalmente nos interneurônios nas lâminas V-VIII, com a densa concentração terminando na parte lateral da lâmina VI. Elas influenciam os neurônios motores α e γ da lâmina IX por meio destes interneurônios. Por causa dos dendritos generalizados dos neurônios multipolares na lâmina IX penetrarem na lâmina VII, contatos axodendríticos monossinápticos diretos também ocorrem em grandes neurônios motores α. As terminações diretas de neurônios motores são mais abundantes nas intumescências espinais.

Evidências experimentais mostram que os axônios corticospinais pré-centrais influenciam as atividades dos neurônios motores α e γ, facilitando os músculos flexores e inibindo os extensores, que são os efeitos opostos daqueles mediados pelas fibras vestibulospinais laterais. Estudos com animais mostram que projeções diretas a partir de áreas corticais pré-centrais para neurônios motores espinais estão envolvidas com movimentos altamente fracionados e precisos dos membros. Por consequência, em primatas, as fibras corticospinais pré-centrais estão principalmente distribuídas para neurônios motores suprindo os músculos distais dos membros. Projeções corticospinais a partir de fontes parietais terminam principalmente no corno posterior contralateral, nas partes laterais das lâminas IV-VI e lâmina VII. Filogeneticamente, estas fibras representam a parte mais antiga do sistema corticospinal. Os axônios a partir do córtex sensorial terminam principalmente nas lâminas IV e V. Eles estão envolvidos com a modulação supraespinal da transmissão de impulsos aferentes para os centros superiores, incluindo o córtex motor.

Estudos experimentais em primatas indicam que a transecção isolada das fibras corticospinais no segmento da pirâmide (piramidotomia) resulta em paralisia flácida ou paresia dos membros contralaterais e perda dos movimentos independentes das mãos e dedos. A destruição das fibras corticospinais no nível da cápsula interna, comumente causada por um acidente vascular encefálico ou "derrame", resulta em uma hemiplegia contralateral. A paralisia é inicialmente flácida, porém mais tarde torna-se espástica, e é mais evidente nos músculos distais das extremidades, especialmente aqueles envolvidos com movimentos individuais dos dedos e mão. Sinais associados ao lado paralisado: reflexos tendíneos profundos hiperativos; hipertonicidade; perda dos reflexos abdominais superficiais e cremastérico; e a aparência de dorsiflexão dos dedos (sinal de Babinski) na resposta ao friccionar a superfície plantar do pé. O último é geralmente interpretado como patognomônico de lesão corticospinal, mas ele não está sempre presente em pacientes com lesão corticospinal confirmada. Entretanto, o sinal de Babinski está normalmente presente em crianças de até 2 anos de idade e seu subsequente desaparecimento pode refletir a conclusão da mielinização das fibras corticospinais e/ou o estabelecimento de conexões corticais diretas para neurônios motores inferiores.

Algumas das seqüelas de lesões por acidente vascular encefálico na cápsula interna, em particular a hiper-reflexia e hipertonia, são devido ao envolvimento de outras vias em adição ao trato corticospinal. Estas incluem fibras corticais descendentes para os núcleos do tronco encefálico, como os núcleos vestibular e reticular, que dão origem a projeções descendentes que influenciam a atividade dos neurônios motores.

Trato rubrospinal

O trato rubrospinal se origina de neurônios na região inferior da porção magnocelular do núcleo rubro (uma massa ovoide de células situadas centralmente no tegmento do mesencéfalo (pág. 290). Esta parte do núcleo contém mais ou menos 150-200 grandes neurônios intercalados com pequenos neurônios.

A origem, localização, terminação e funções das conexões rubrospinais são pobremente definidas no homem, e o trato aparenta ser rudimentar. As fibras rubrospinais cruzam na decussação tegmental anterior e descem no funículo lateral da medula espinal, onde elas localizam-se anteriores e intercaladas com as fibras do trato corticospinal lateral (Fig. 18.9). Em animais, o trato desce até os níveis lombossacrais, enquanto no homem ele aparenta projetar-se apenas a três segmentos superiores da medula espinal. As fibras rubrospinais estão distribuídas às partes laterais das lâminas V-VI e à parte posterior da lâmina VII da substância cinzenta espinal. As zonas terminais do trato correspondem àquelas das fibras corticospinais a partir do córtex motor. Estudos em animais demonstram que os efeitos das fibras rubrospinais nos neurônios motores α e γ são similares àqueles das fibras corticospinais.

Trato tetospinal

O trato tetospinal origina-se de neurônios nas camadas intermédia e profunda do colículo superior do mesencéfalo. Ele cruza anterior à substância cinzenta central na decussação tegmental posterior e desce na parte medial do funículo anterior da medula espinal (Fig. 18.9). As fibras do trato projetam-se apenas para os segmentos cervicais superiores da medula espinal, terminando nas lâminas VI-VIII. Elas fazem conexões polissinápticas com neurônios motores que inervam os músculos do pescoço, facilitando aqueles que inervam os músculos contralaterais e inibindo aqueles que inervam os ipsilaterais. Em animais, a estimulação elétrica unilateral do colículo superior causa a rotação da cabeça para o lado contralateral, um efeito principalmente mediado através do trato tetospinal.

Tratos vestibulospinais

O complexo nuclear vestibular localiza-se na parte lateral do assoalho do quarto ventrículo, no nível da junção pontobulbar. Ele dá origem aos tratos vestibulospinal lateral e medial, que são funcional e topograficamente distintos (Fig. 18.19).

O trato vestibulospinal lateral se origina de pequenos e grandes neurônios do núcleo vestibular lateral (núcleo de Deiter). Ele desce ipsilateralmente, inicialmente na periferia da substância branca espinal anterolateral, mas migrando subsequentemente em direção à parte medial do funículo anterior para os níveis espinais inferiores. As fibras deste trato são somatotopicamente organizadas. Deste modo, as fibras que se projetam para os segmentos cervical, torácico e lombossacral da medula se originam de neurônios nas partes anterossuperior, central e posteroinferior, respectivamente, do núcleo vestibular lateral. As fibras vestibulospinais laterais terminam ipsilateral e principalmente na parte medial do corno anterior na lâmina VIII e na parte medial da lâmina VII. Os axônios do trato vestibulospinal lateral são excitatórios para neurônios motores dos músculos

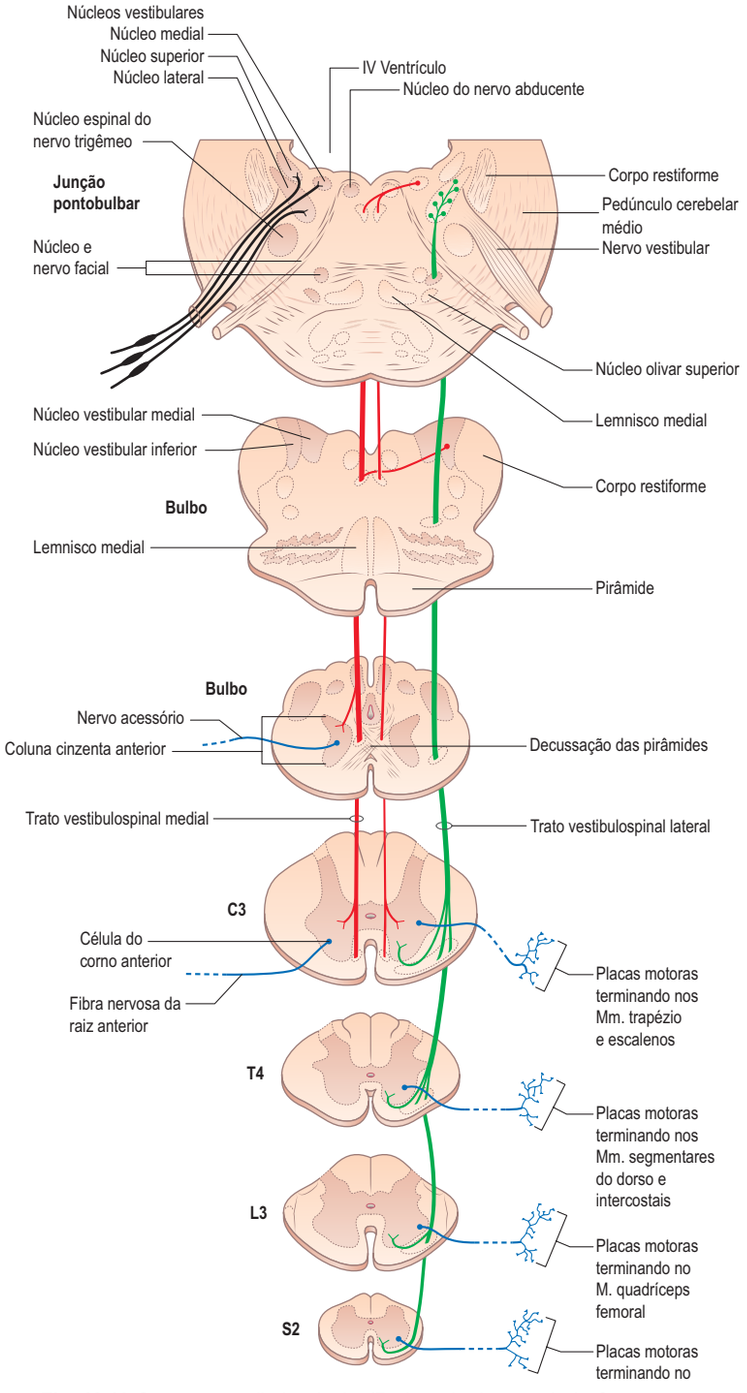


Fig. 18.19 Os tratos vestibulospinais. (Redesenhado a partir de Carpenter MB 1991Core Text of Neuroanatomy, 4th edn. Baltimore: Williams and Wilkins, com permissão do autor e editor.)

extensores do pescoço, dorso e membros através de conexões monossinápticas ou polissinápticas; neurônios motores γ são também provavelmente facilitados. Os axônios do trato vestibulospinal lateral também inibem neurônios motores dos músculos flexores dos membros por meio de interneurônios inibitórios.

O trato vestibulospinal medial (Fig. 18.19) se origina principalmente de neurônios do núcleo vestibular medial, mas alguns são também localizados nos núcleos vestibulares lateral e inferior. O trato vestibulospinal medial desce no fascículo longitudinal medial no funículo anterior da medula espinal, onde ele localiza-se próximo à linha mediana no também chamado fascículo sulcomarginal (Fig. 18.9). Diferente do trato lateral, ele contém fibras cruzadas e não cruzadas, e não se estende além do nível espinal mediotorácico. As fibras do trato medial projetam-se principalmente para os segmentos cervicais da medula espinal, terminando na lâmina VIII e na parte posterior adjacente da lâmina VII. Dados a partir da estimulação dos núcleos vestibulares em animais indicam que os axônios do trato medial inibem monossinapticamente os neurônios motores que inervam os músculos axiais do pescoço e parte superior do dorso.

Tratos reticulospinais

Os tratos reticulospinais passam da formação reticular do tronco encefálico para a medula espinal. O conhecimento detalhado de sua origem e conexões foi obtido principalmente a partir de estudos em animais.

O trato reticulospinal medial (Fig. 18.16) se origina dos campos tegmentais mediais da ponte e do bulbo. As fontes principais são o subnúcleo oral e parte caudal (núcleo espinal do nervo trigêmio) dos núcleos reticulares, da ponte e o núcleo reticular gigantocelular no bulbo. As fibras pontinas descem, principalmente de modo ipsilateral, no funículo anterior da medula espinal. As fibras bulbares descem, ipsilateral e contralateralmente, no funículo anterior e na parte anterior do funículo lateral. Estas fibras possuem muitas colaterais, e dois terços dos neurônios reticulospinais que chegam à região cervical da medula também descem ao nível lombossacral. As terminações das fibras reticulospinais são distribuídas para a lâmina VIII e para as partes central e medial da lâmina VII. As terminações reticulospinais bulbares são mais amplamente distribuídas, terminando adicionalmente nas partes laterais das lâminas VI e VII e também diretamente nos neurônios motores. As terminações das fibras reticulospinais que se originam no bulbo são, em geral, mais posteriormente localizadas do que aquelas que se originam na ponte, embora exista considerável sobreposição.

Neurônios motores α e γ são influenciados por fibras reticulospinais através de conexões polissinápticas e monossinápticas. Evidências fisiológicas mostram que as fibras reticulospinais a partir de fontes pontinas excitam os neurônios motores dos músculos axiais e dos membros, enquanto fibras bulbares excitam ou inibem neurônios motores dos músculos cervicais e excitam neurônios motores dos músculos axiais. Funcionalmente, o trato reticulospinal medial está envolvido com a postura, movimentos de direção da cabeça e tronco em resposta a estímulos externos, e com movimentos grosseiros e estereotipados dos membros.

O trato reticulospinal lateral localiza-se no funículo lateral da medula espinal intimamente associado com os tratos rubrospinal e corticospinal lateral (Fig. 18.9). Suas fibras se originam de neurônios do campo tegmental anterolateral da ponte. As fibras cruzam na região anterossuperior do bulbo e se projetam, com um alto grau de colateralização, por todo o comprimento da medula espinal. Os axônios deste trato terminam nas lâminas I, V e VI, e também bilateralmente no núcleo cervical lateral. Evidências sugerem que esta via está envolvida no controle da percepção da dor e em funções motoras.

Trato intersticiospinal

O trato intersticiospinal se origina de neurônios no núcleo intersticial (de Cajal) e na área imediatamente circundante, e desce via fascículo longitudinal medial para o funículo anterior da medula espinal. Suas fibras projetam-se ipsilateralmente até os níveis lombossacrais, e estão principalmente distribuídas para a parte posterior da lâmina VIII e para a parte posteriormente adjacente da lâmina VII. Elas estabelecem algumas conexões monossinápticas com os neurônios motores que suprem os músculos do pescoço, mas suas principais conexões são dissinápticas com neurônios motores que suprem os músculos dos membros.

Trato solitariospinal

O trato solitariospinal é um pequeno grupo de fibras principalmente cruzadas que se originam de neurônios na parte anterolateral do núcleo solitário do bulbo. Descendo no funículo anterior e parte anterior do funículo lateral da medula, estes axônios terminam nos neurônios motores do nervo frênico que inervam o músculo diafragma e nos neurônios motores torácicos que inervam os músculos intercostais. Uma via com um curso um tanto similar e terminações do trato solitariospinal origina-se a partir do núcleo retroambíguo. Ambas as vias facilitam as atividades respiratórias dirigindo os músculos inspiratórios, e alguns axônios descendentes a partir do núcleo retroambíguo facilitam neurônios motores expiratórios. Há evidências clínicas que a cordotomia anterolateral bilateral em níveis cervicais superiores anula movimentos ventilatórios rítmicos.

Fibras hipotalamospinais

As fibras hipotalamospinais existem em animais. Elas se originam do núcleo paraventricular e de outras áreas do hipotálamo e descem no plano ipsilateral, principalmente na região posterolateral da medula espinal, sendo distribuídas para neurônios pré-ganglionares simpáticos e parassimpáticos na coluna intermediolateral. As fibras do núcleo paraventricular mostram imunorreatividade à ocitocina e à vasopressina. Elas também estão distribuídas à lâmina I e X. As fibras descendentes dos grupos de células dopaminérgicas (A11) situadas na região inferior do hipotálamo suprem neurônios simpáticos pré-ganglionares e neurônios no corno posterior. Pode se inferir que vias similares existem no homem a partir de déficits simpáticos ipsilaterais (por exemplo, síndrome de Horner) que se seguem à lesão do hipotálamo, do tegmento lateral do tronco encefálico, ou do funículo lateral da medula espinal.

Vias espinais monoaminérgicas

Os grupos celulares monoaminérgicos utilizam dopamina, adrenalina (epinefrina), noradrenalina (norepinefrina) e 5-HT (5-hidroxitriptamina,

serotonina) como neurotransmissores. Eles ocorrem amplamente por todo o tronco encefálico e no hipotálamo. Essas vias se projetam anterossuperiormente para muitas áreas do prosencéfalo e inferiormente para a medula espinal e parecem estar envolvidas com a modulação da transmissão sensorial e com o controle das atividades de neurônios motores autônomos e somáticos.

As projeções para a medula espinal se originam de diversas fontes. As projeções ceruleospinais se originam de grupos de células noradrenérgicas A4 e A6 no complexo locus ceruleus na ponte e descem por meio da substância branca anterolateral para inervar todos os segmentos da medula espinal bilateralmente. Elas terminam na substância cinzenta posterior (lâminas IV-VI) e nos cornos anterior e intermédio. Elas também se projetam extensivamente para os neurônios pré-ganglionares parassimpáticos na região sacral da medula espinal. As fibras noradrenérgicas descendentes, que se originam dos grupos celulares tegmentais laterais A5 e A7 da ponte, seguem na substância branca posterolateral. Elas estão distribuídas para as lâminas I-III, e particularmente para o corno intermédio. As fibras descendentes de grupos de células adrenérgicas C1 e C3 do bulbo foram rastreadas no funículo anterior da medula e estão extensivamente distribuídas para a coluna intermediolateral. As fibras dopaminérgicas se projetam para a medula espinal seguindo na via hipotalamospinal.

O núcleo pálido da rafe (B1), o núcleo escuro (B2) e o núcleo magno (B3) no tronco encefálico dão origem a dois feixes descendentes serotonérgicos. O feixe espinal lateral da rafe, a partir de neurônios B3, está envolvido com o controle da nocicepção. Ele desce próximo ao trato corticospinal lateral e termina no corno posterior (lâminas I, II e IV). O feixe anterior, composto principalmente de axônios a partir de neurônios B1, segue na parte medial da coluna anterior e termina no corno anterior (lâminas VIII e IX). Ele auxilia os neurônios motores extensores e flexores. Algumas fibras serotoninérgicas descendentes se projetam para neurônios pré-ganglionares simpáticos e estão envolvidas com o controle central da função cardiovascular.

Vias propriospinais

As vias propriospinais (fascículo próprio) consistem de fibras ascendentes e descendentes de neurônios espinais intrínsecos. Eles conectam outros neurônios no interior do mesmo segmento e/ou em segmentos mais distantes da medula espinal e então facilitam a integração e a coordenação intrassegmental e intersegmental. A maioria dos neurônios espinais são neurônios propriospinais, muitos dos quais localizados nas lâminas V-VIII. As fibras propriospinais estão concentradas principalmente ao redor das margens da substância cinzenta (Fig. 18.9), mas são também dispersas difusamente nos funículos.

O sistema propriospinal desempenha papéis importantes nas funções espinais. Vias descendentes terminam em subgrupos específicos de neurônios propriospinais e estes, por sua vez, retransmitem aos neurônios motores e outros neurônios espinais. O sistema medeia todas aquelas funções automáticas que continuam após a transecção da medula espinal, por exemplo, atividades sudomotoras e vasomotoras, funções do intestino e bexiga urinária.

Alguns axônios propriospinais são muito curtos e atravessam apenas um segmento, enquanto outros seguem por todo o comprimento da medula espinal. Os axônios mais curtos localizam-se imediatamente adjacentes à substância cinzenta, e os mais longos estão situados mais na periferia. Os neurônios propriospinais podem ser categorizados de acordo com o comprimento de seus axônios como neurônios longos, intermédios ou curtos. Os neurônios propriospinais longos distribuem seus axônios por todo o comprimento da medula espinal, principalmente por meio dos funículos anterior e lateral; seus corpos celulares estão na lâmina VIII e na parte posterior vizinha da lâmina VII. Os axônios a partir de neurônios propriospinais longos da região cervical da medula espinal descem bilateralmente, enquanto aqueles a partir de neurônios lombossacrais correspondentes ascendem principalmente de modo contralateral. A maioria das fibras é fina (menos que 3 µm de diâmetro). Alguns são os primeiros axônios do trato espinal a tornarem-se mielinizados. Os neurônios propriospinais intermédios ocupam as partes central e medial da lâmina VII e projetam-se principalmente no plano ipsilateral. Os neurônios propriospinais curtos são encontrados nas partes laterais das lâminas V-VIII e seus axônios seguem ipsilateralmente no funículo lateral.

Fibras propriospinais em diferentes partes dos funículos estão distribuídas preferencialmente para regiões específicas da substância cinzenta espinal. Nas intumescências da medula espinal, as fibras propriospinais no funículo posterolateral projetam-se para as partes posterior e lateral da zona intermédia, e também para os neurônios motores espinais que suprem os músculos distais dos membros, especialmente aqueles da mão e do pé. As fibras propriospinais na parte anterior do funículo anterolateral são distribuídas para as partes central e medial da lâmina VII e para os neurônios motores da região proximal dos membros e músculos do cíngulo. Outras fibras propriospinais cursam na parte medial do funículo anterior e seguem principalmente para a parte anteromedial da zona intermédia, que caracteristicamente contém neurônios propriospinais longos, e para neurônios motores que inervam os músculos axiais e do cíngulo.

O trato posterolateral (de Lissaeur)

O trato posterolateral localiza-se entre o ápice do corno posterior e a superfície da medula espinal, onde ele circunda as fibras ascendentes da raiz posterior. Ele está presente por toda a medula espinal e é mais desenvolvido nas regiões cervicais superiores.

O trato consiste de finos axônios mielinizados e não mielinizados. Muitos são os ramos de axônios nos feixes laterais das raízes posteriores. Estes axônios se bifurcam nos ramos ascendentes e descendentes enquanto entram na medula espinal. Os ramos seguem no trato posterolateral por um ou dois segmentos e emitem colaterais que terminam nos neurônios do corno posterior ou ao redor deles. O trato também contém fibras propriospinais, algumas das quais são axônios curtos de pequenos neurônios da substância gelatinosa que reentram no corno posterior.

LESÕES DA MEDULA ESPINAL

A compressão mecânica e a lesão isquêmica secundária subjacente ao tecido nervoso causam lesões da medula espinal relevantes cirurgicamente (mielopatia). O local e o nível da lesão da medula determinam a síndrome clínica particular, por exemplo, se a lesão envolve a região cervical superior ou inferior, torácica ou sacral da medula espinal. Em cada um desses níveis, os sinais e sintomas são determinados por destruição direta de tecidos segmentares, isto é, lesão distribuída transversalmente, e por desconexão dos tratos ascendentes e descendentes suprassegmentares acima e abaixo do nível da lesão, isto é, lesão distribuída longitudinalmente (Fig. 18.20). Por exemplo, uma lesão da medula espinal na região cervical inferior danifica as contribuições segmentares sensoriais e motoras para as raízes nervosas e plexo braquial, causando perda sensorial, fraqueza, atrofia dos músculos e perda dos reflexos tendíneos nos membros superiores. O transtorno das vias sensoriais ascendentes nas colunas lateral e posterior da região cervical da medula espinal leva à perda da sensibilidade para dor, temperatura (trato espinotalâmico lateral) e tato, e à propriocepção (fascículo posterior) abaixo do "nível sensorial" correspondente ao segmento da medula espinal.

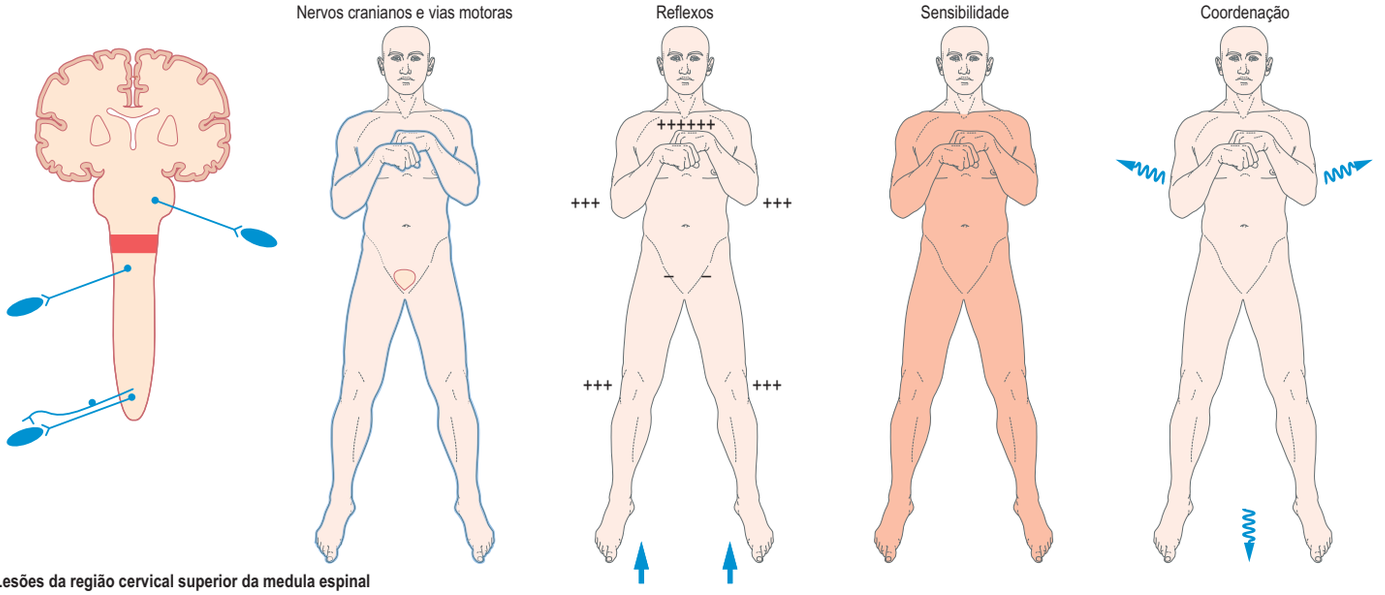
As lesões dos tratos corticospinais descendentes nas colunas laterais da medula espinal produzem uma paraparesia espástica, isto é, o aumento do tônus dos músculos, fraqueza dos movimentos de flexão, reflexos tendíneos exagerados e reflexos superficiais anormais, por exemplo, respostas plantares extensoras e reflexos abdominais ausentes. As vias descendentes para a bexiga urinária são interrompidas produzindo uma "bexiga neurogênica".

Os mesmos princípios se aplicam a lesões em outros níveis da medula espinal, e eles são ilustrados em forma de diagrama na Figura 18.20.

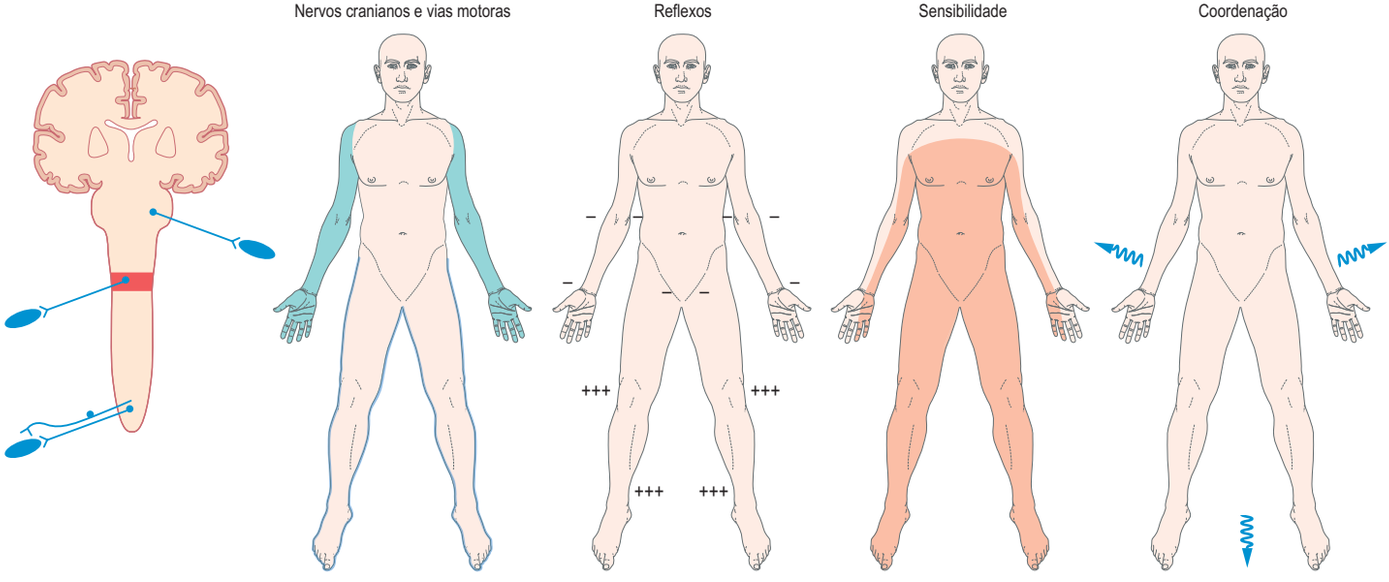
A síndrome clínica precisa é determinada somente pelo local anatômico, e não pela patologia. No entanto, ela é de uso prático para classificar lesões com base em suas relações anatômicas com a medula espinal e meninges, isto é, quer ela seja extradural, intradural ou intramedular (ver tabela). Esta classificação anatômica provê um guia para probabilidades diagnósticas bem como uma ferramenta para a interpretação neurorradiológica antes de intervenções cirúrgicas. Por exemplo, neurofibromas são comuns no canal vertebral na região cervical, meningiomas no canal vertebral da região torácica e ependimomas no canal vertebral da região lombossacral. As doenças degenerativas da coluna vertebral são comuns nas vértebras cervicais e lombossacrais, mas são raras nas vértebras torácicas. Lesões intramedulares discretas anteriores e centrais, por exemplo, devido à siringomielia e aos angiomas, respectivamente, destroem preferencialmente as vias espinotalâmicas nas colunas anterolaterais e áreas centrais da medula espinal. Isto leva a uma característica perda sensorial "dissociada", isto é, perda de sensibilidade para dor e temperatura, mas com a preservação da sensibilidade ao toque e propriocepção no nível da lesão e abaixo dela.

Classificação das lesões da medula espinal

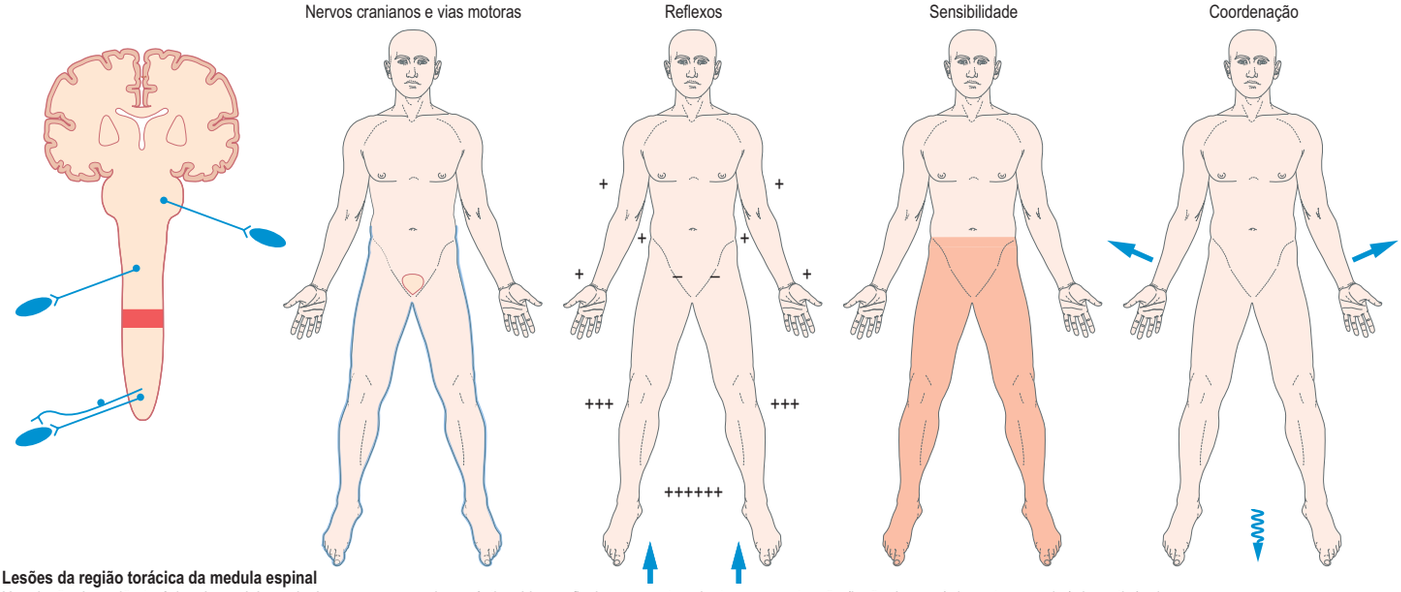
Lesões extradurais	A. Desordens da coluna vertebral	Osteoartrite degenerativa (osteófitos e discos intervertebrais prolapsados)
		Tumor (carcinoma metastático, mieloma, linfoma, cordoma, sarcoma)
	B. Abcessos	
	C. Hematoma	(Complicações de sangramento, diátese ou anticoagulação)
Lesões intradurais		Meningioma, neurofibroma, lipoma, angioma
Lesões intramedulares		Siringomelia (má formação de Arnold-Chiari), angioma, glioma, ependimoma, tumor epidermoide



Lesões da região cervical superior da medula espinal
Uma lesão da região cervical superior da medula espinal causa tetraplegia espástica com hiper-reflexia, respostas plantares em extensão (lesão do neurônio motor superior), incontinência, perda sensitiva abaixo do nível da lesão e ataxia "sensorial".

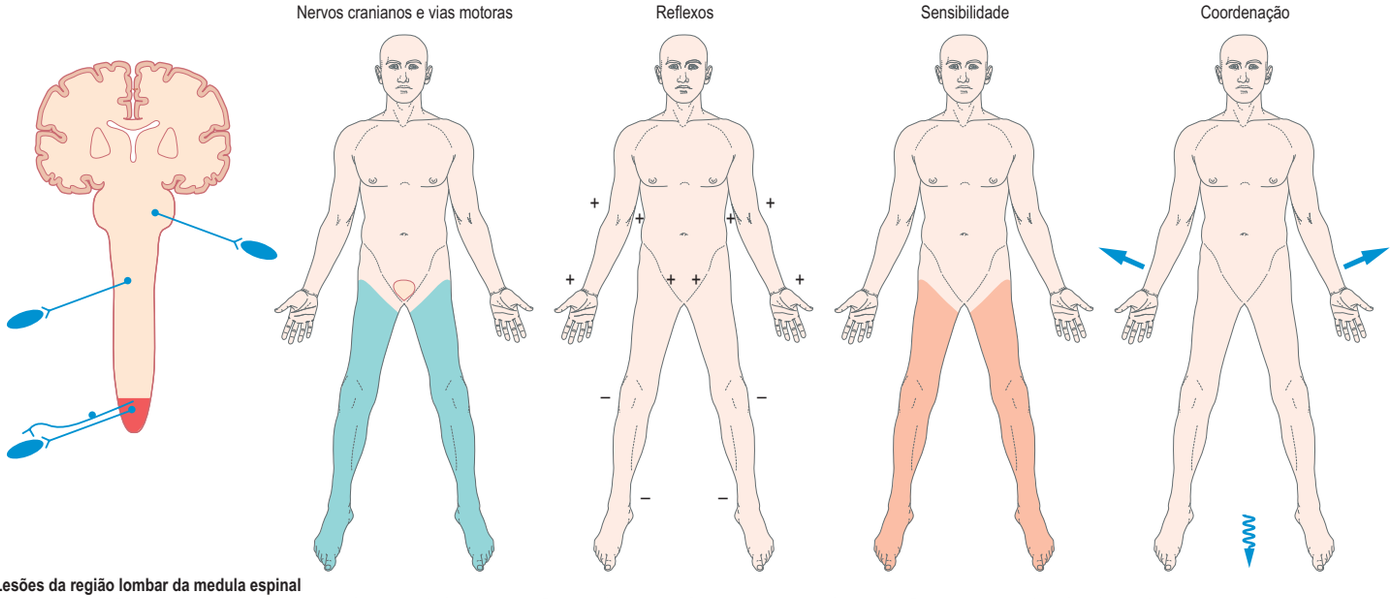


Lesões da região cervical inferior da medula espinal
Uma lesão da região cervical inferior da medula espinal causa fraqueza, atrofia e fasciculação dos músculos e arreflexia das extremidades superiores (lesão do neurônio motor inferior). Além disso, há paraparesia espástica, hiper-reflexia e respostas plantares em extensão (lesão do neurônio motor superior) nos membros inferiores, incontinência, perda de sensibilidade abaixo do nível da lesão e ataxia "sensorial".

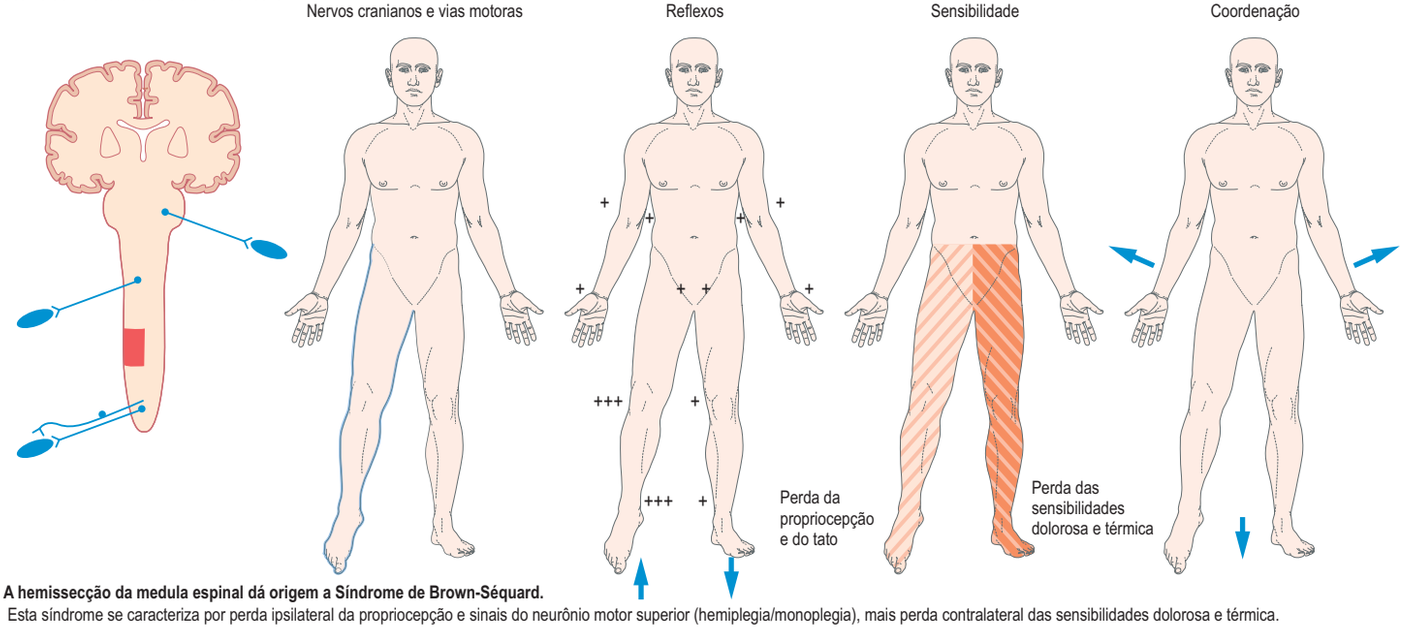


Lesões da região torácica da medula espinal
Uma lesão da região torácica da medula espinal causa paraparesia espástica, hiper-reflexia e respostas plantares em extensão (lesão do neurônio motor superior), incontinência,

Fig. 18.20 Lesões da medula espinal. (Com permissão de Crossman AR, Neary D 2000 Neuroanatomy, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Linvingstone.)



Lesões da região lombar da medula espinal
Uma lesão da região lombar da medula espinal causa fraqueza, atrofia e fasciculação dos músculos, arreflexia dos membros inferiores (lesão do neurônio motor inferior), incontinência, perda de sensibilidade abaixo do nível da lesão e ataxia "sensorial".



A hemissecção da medula espinal dá origem a Síndrome de Brown-Séquard.
Esta síndrome se caracteriza por perda ipsilateral da propriocepção e sinais do neurônio motor superior (hemiplegia/monoplegia), mais perda contralateral das sensibilidades dolorosa e térmica.

Fig. 18.20, cont'd

REFERÊNCIAS

Boyd IA, Gladden MH 1985 The Muscle Spindle. London: Macmillan.

Kuypers HGJM 1981 Anatomy of descending pathways. In: Brookhart JM, Mountcastle VB et al (eds) Handbook of Physiology, vol 2 Motor Control, pt 1. Bethesda, MD: Am Physiol Soc: 597–666.

Melzack R, Wall PD 1965 Pain mechanisms: a new theory. Science 150: 971–9.

Rexed B 1952 The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat. J Comp Neurol 96: 415–95.

Schoenen J, Faull RLM 1990 Spinal cord: cytoarchitectural, dendroarchitectural and myeloarchitectural organization. In: Paxinos G (ed) The Human Nervous System. San Diego, CA: Academic Press: 19–53.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 19

Tronco encefálico

O tronco encefálico consiste no bulbo (ou medula oblonga), na ponte, e no mesencéfalo. Ele está situado na fossa posterior do crânio, e sua superfície anterior (ventral) se encontra sobre o clivo. Ele contém numerosos corpos celulares de neurônios intrínsecos e seus prolongamentos, alguns dos quais são os homólogos do tronco encefálico em relação aos grupos celulares da medula espinal. Alguns grupos de células do tronco encefálico são os núcleos dos III-XII nervos cranianos: eles estão relacionados com as inervações sensorial, motora e autônoma da cabeça e do pescoço. Outras fibras autônomas que se originam do tronco encefálico estão distribuídas mais amplamente através do nervo vago. O tronco encefálico também contém uma complexa, e às vezes mal definida, rede de neurônios, a formação reticular, que se estende por todo o seu comprimento e que é contínua inferiormente com a sua equivalente espinal. Alguns núcleos reticulares são referidos como centros vitais, uma vez que eles estão relacionados com a regulação das atividades cardíacas e respiratórias; outras partes da formação reticular são essenciais para o estímulo ao córtex cerebral e para a manutenção da consciência, ou estão envolvidas na regulação do tônus muscular, da postura e de atividades reflexas. O tronco encefálico é o local de terminação de numerosas fibras ascendentes e descendentes, e é atravessado por muitas outras. O trato espinotalâmico (lemnisco espinal), o lemnisco medial (Fig. 18.10) e os tratos trigeminotalâmicos (Fig. 19.16) ascendem, todos eles, através do tronco encefálico para alcançar o tálamo. Proeminentes projeções corticospinais descem através do tronco encefálico (Fig. 18.17) e projeções corticobulbares terminam nele.

Uma lesão ao tronco encefálico é frequentemente devastadora e letal. Isto é devido ao fato de que ele é uma região compacta sob os pontos de vista estrutural e funcional, onde mesmo pequenas lesões podem destruir os centros cardíacos e respiratórios vitais, desconectar as áreas motoras do telencéfalo dos neurônios do tronco encefálico e dos neurônios motores da medula espinal, e romper fibras sensoriais aferentes derivadas dos centros superiores da consciência, percepção e cognição. Segue-se uma parada cardíaca e respiratória irreversível após uma destruição completa dos centros neural, cardíaco e respiratório no bulbo. Sob o ponto de vista clínico, isto é chamado de morte do tronco encefálico, uma condição que requer um diagnóstico preciso, uma vez que ela pode ocorrer em pacientes em máquinas de suporte vital cujas funções respiratória e cardíaca podem ser artificialmente mantidas indefinidamente.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS NERVOS CRANIANOS E SEUS NÚCLEOS

Os nervos cranianos são as vias pelas quais o encéfalo recebe informações diretamente e controla as funções de estruturas que se encontram localizadas principalmente – embora não exclusivamente – no interior da cabeça e do pescoço. Todos, com exceção de dois dos 12 pares de nervos cranianos, estão conectados ao tronco encefálico. Mais adiante, é apresentada uma breve visão geral dos nervos cranianos (consulte também a Tabela 15.1), de seus núcleos dos nervos cranianos associados, e de alguns dos reflexos do tronco encefálico para os quais eles contribuem. Os nervos cranianos estão descritos em detalhe dentro de um contexto regional em capítulos apropriados.

Os nervos cranianos são individualmente nomeados e numerados (usando numerais em romanos) em uma sequência anteroinferior, refletindo sua ordem de inserção no encéfalo. O primeiro nervo craniano (olfatório) termina diretamente em áreas corticais e subcorticais dos lobos frontal e temporal. Ele está estreita e funcionalmente associado ao lobo (sistema) límbico e está descrito neste contexto (Cap. 23). As fibras do segundo nervo craniano (óptico) seguem pelo quiasma óptico, onde as fibras centralmente localizadas decussam; todas as fibras emergem como o trato óptico, o qual termina no núcleo geniculado lateral do tálamo. Os nervos cranianos III (oculomotor) e IV (troclear) se inserem no mesencéfalo. O nervo craniano V (trigêmeo) se insere na ponte, medialmente ao pedúnculo cerebelar médio. Os nervos cranianos VI (abducente), VII (facial) e VIII (vestibulococlear) apresentam origem aparente no tronco encefálico na junção da ponte com o bulbo, ou próximo a esta junção. Os nervos cranianos IX (glossofaríngeo), X (vago), a parte cranial do nervo XI (acessório) e o XII (hipoglosso) — todos apresentam origem aparente no bulbo.

Os nervos cranianos III-XII, os quais apresentam origem aparente no tronco encefálico, estão associados aos grupamentos celulares do tronco encefálico, referidos coletivamente como os núcleos dos nervos cranianos (Fig. 19.1). Os núcleos são a origem das fibras eferentes (motoras) dos nervos cranianos ou o local de terminação das aferências (sensoriais) dos nervos cranianos. Eles são considerados como organizados em seis colunas celulares longitudinais descontínuas, que correspondem às colunas que podem ser identificadas no embrião (Fig. 15.3). Três colunas são de função "sensorial" e três são de função "motora".

O núcleo sensitivo trigeminal, o qual se estende por todo o comprimento do tronco encefálico e pela medula espinal cervical, representa uma coluna celular aferente somática geral. Suas principais aferências são transportadas pelo nervo trigêmeo. As aferências viscerais gerais carreadas pelos nervos facial, glossofaríngeo e vago terminam no núcleo solitário do bulbo. A coluna aferente somática especial corresponde aos núcleos vestibular e coclear, os quais estão localizados abaixo da área vestibular do assoalho do quarto ventrículo.

A coluna celular eferente somática geral consiste em quatro núcleos que se encontram próximos à linha mediana e dão origem às fibras motoras que seguem em nervos de mesmo nome. Do sentido anterossuperior para o inferior, estes são os núcleos do nervo oculomotor, troclear e abducente, que inervam os músculos extraoculares, e o núcleo hipoglossal, que inerva todos os músculos da língua, com exceção de um. A coluna celular eferente visceral — ou parassimpática — geral é formada pelo núcleo de Edinger-Westphal do mesencéfalo, por núcleos salivatórios da ponte, e pelo núcleo vagal do bulbo. As células da coluna eferente visceral especial inervam os músculos derivados dos arcos branquiais, e se encontram no núcleo motor trigeminal, no núcleo do nervo facial e no núcleo ambíguo.

BULBO (MEDULA OBLONGA)

MORFOLOGIA EXTERNA E RELAÇÕES

O bulbo (ou medula oblonga) se estende a partir de um pouco acima do primeiro par de nervos espinais cervicais até o sulco bulbopontino[1] (Fig. 28.11). Ele tem aproximadamente 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro em sua porção mais larga. A superfície anterior (ventral) do bulbo está separada da parte basilar do osso occipital e do ápice do dente do áxis pelas meninges e pelos ligamentos occipitoaxiais. Inferiormente, a superfície posterior (dorsal) do bulbo ocupa a incisura da linha mediana entre os hemisférios cerebelares.

As superfícies anterior e posterior do bulbo (Figs. 19.2 e 19.3) possuem uma fissura e um sulco medianos longitudinais, respectivamente, os quais são contínuos com seus equivalentes espinais. Inferiormente, a fissura mediana anterior é interrompida pelos fascículos que cruzam obliquamente advindos da decussação das pirâmides. Anterossuperiormente, ela termina no sulco bulbopontino em uma minúscula depressão, o forame cego da medula oblonga. Imediatamente lateral à fissura mediana anterior, existe uma proeminente crista alongada, a pirâmide, que contém axônios piramidais descendentes, ou corticospinais. A margem lateral da pirâmide é indicada por um raso sulco anterolateral. Deste emerge, alinhado às raízes nervosas espinais anteriores, uma série linear de radículas, que constituem o nervo hipoglosso. O nervo abducente emerge no sulco bulbopontino, na extremidade anterossuperior levemente estreitada da pirâmide. Inferiormente, a pirâmide se afila para formar o funículo espinal anterior. Lateralmente à pirâmide e ao sulco anterolateral (pré-olivar), existe uma proeminência oval, a oliva (Fig. 19.2), que contém o núcleo olivar inferior. Lateralmente à oliva, encontra-se o sulco posterolateral (pós-olivar). Os nervos glossofaríngeo, vago e acessório emergem do tronco encefálico ao longo deste sulco alinhados às raízes nervosas espinais posteriores.

[1]**Nota da Revisão Científica**: Na face anterior do tronco encefálico, a **margem inferior da ponte** apresenta-se como um sulco transversal que finda no ângulo pontocerebelar e é limitante entre a ponte e o bulbo (medula oblonga), por onde emergem o VI, VII e VIII pares de nervos cranianos. Sendo assim, respeitamos a terminologia anatômica optando por utilizar o termo **sulco bulbopontino** em vez de **margem inferior da ponte,** como descrito no original.

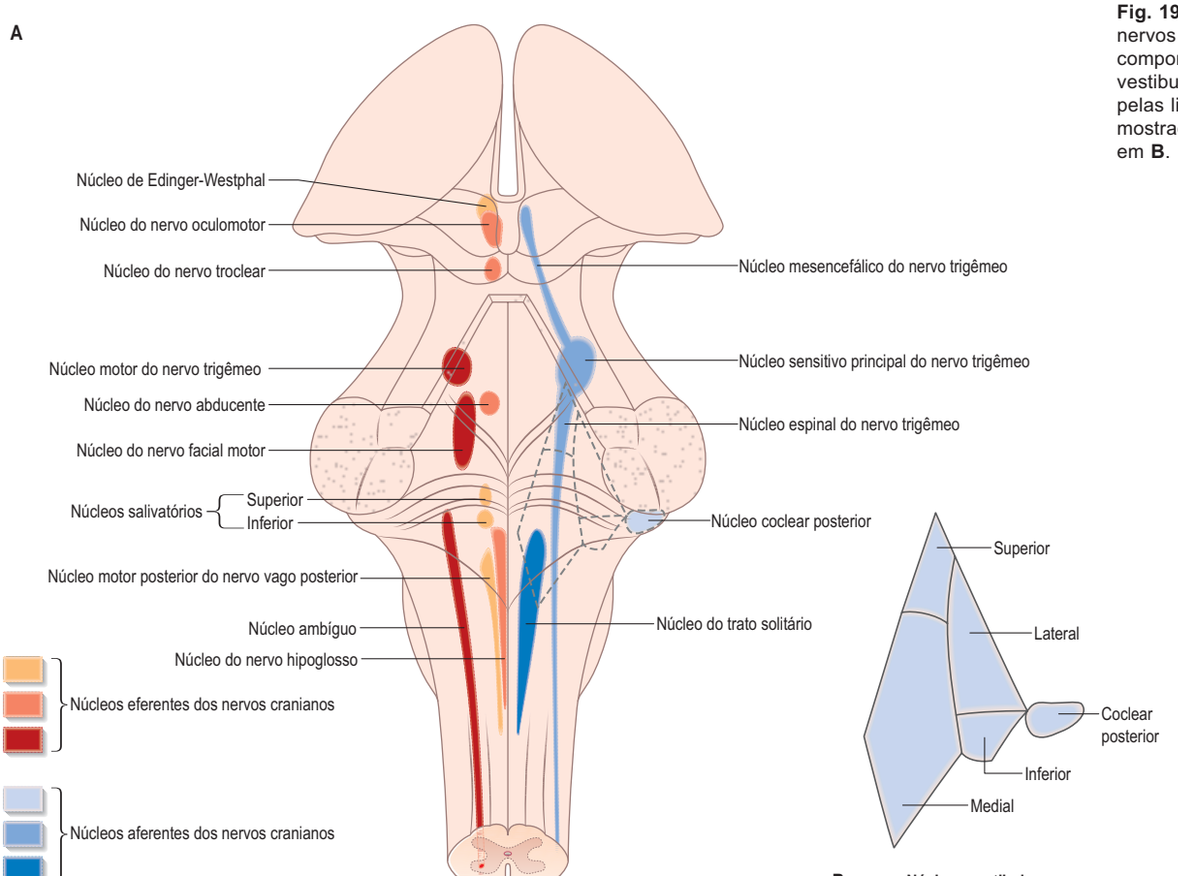


Fig. 19.1 A, Os núcleos dos nervos cranianos. Os componentes dos núcleos vestibulares estão indicados pelas linhas tracejadas e mostrados em mais detalhe em **B**.

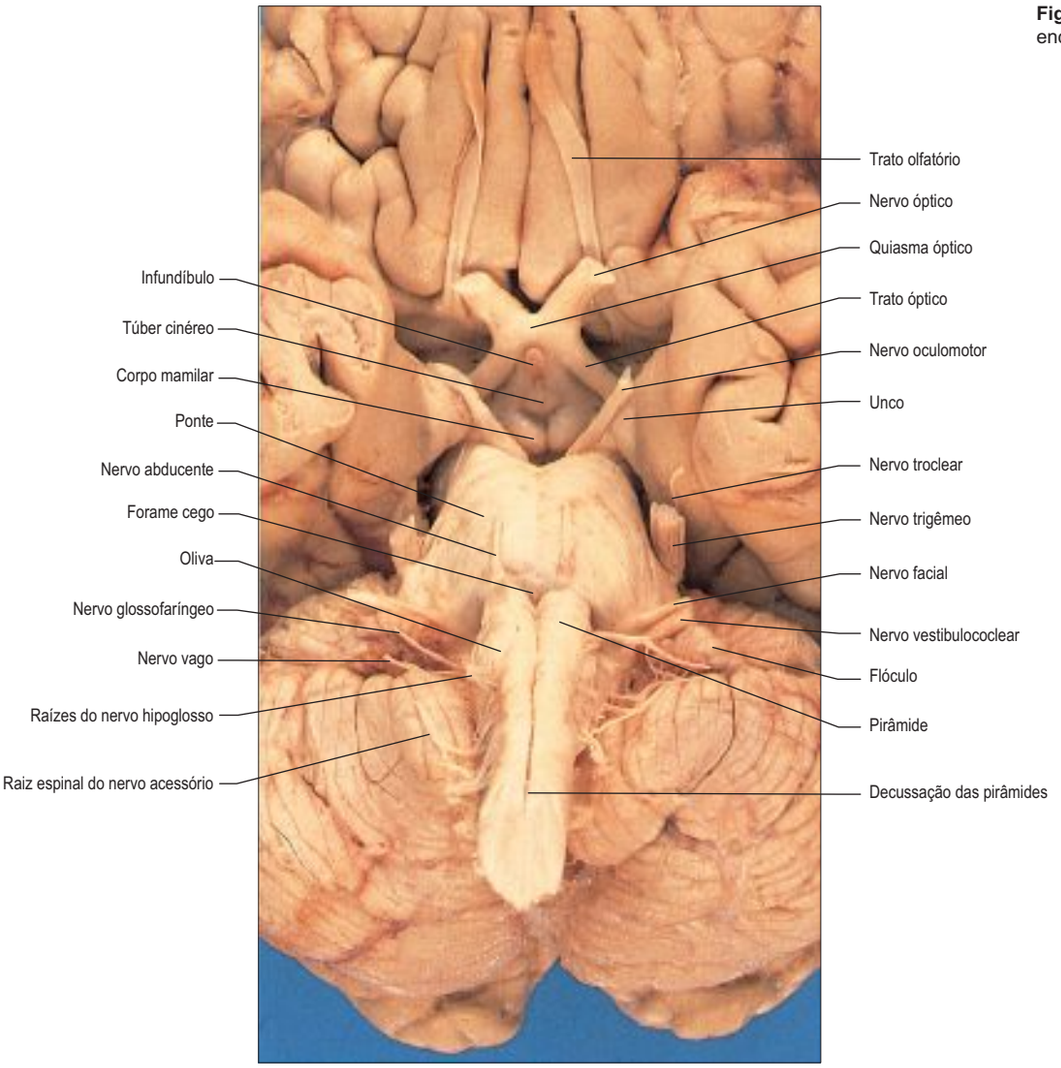


Fig. 19.2 Face anterior do tronco encefálico.

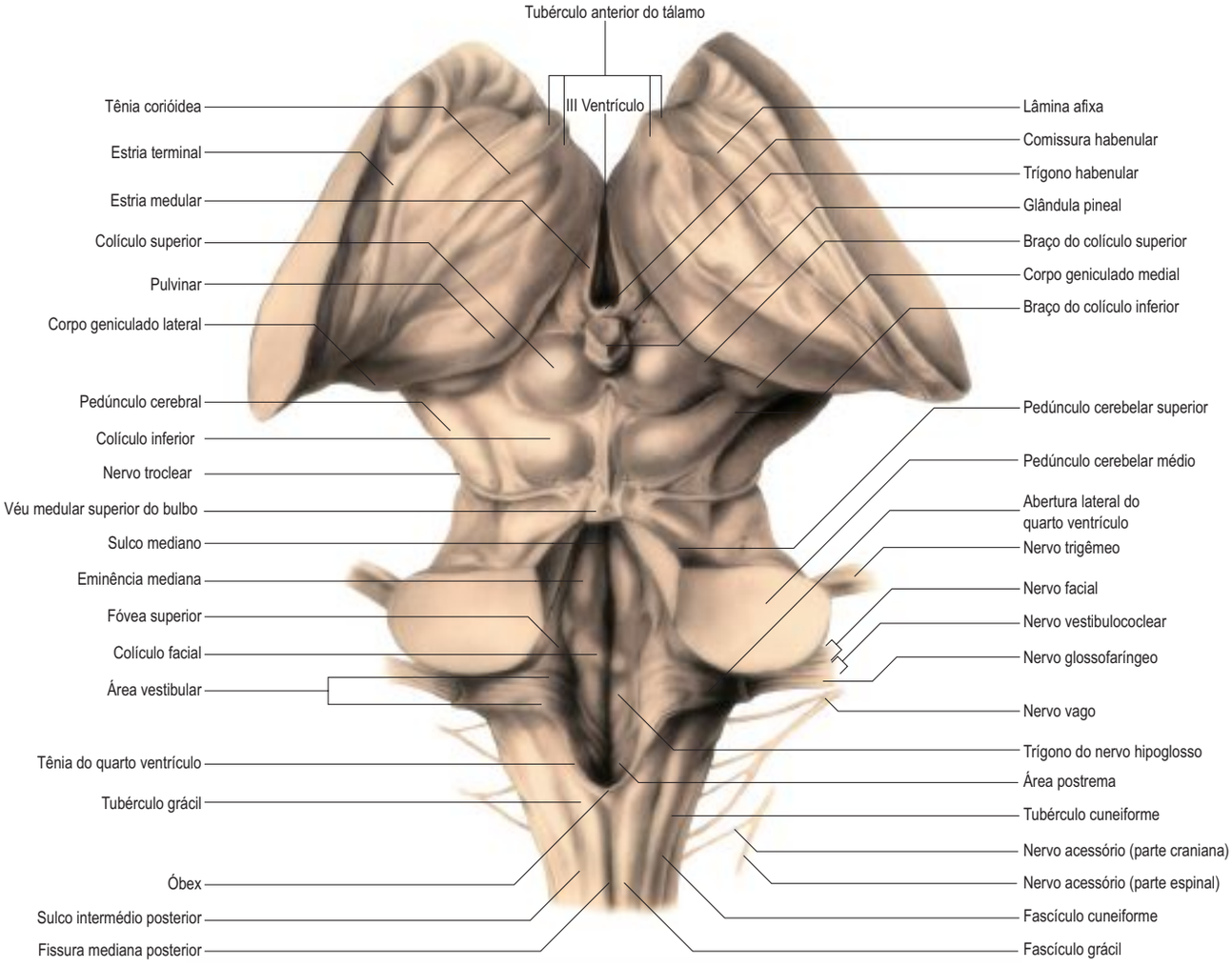


Fig. 19.3 A face posterior do tronco encefálico. O assoalho do quarto ventrículo está exposto devido ao corte dos pedúnculos cerebelares e à remoção do cerebelo. (Por permissão de Neuroanatomy, por F. A. Mettler (1948), 2nd edn; St. Louis: The CV Mosby Company.)

O canal central da medula espinal se estende para a metade inferior do bulbo, migrando progressivamente mais posteriormente, até que ele se abra no lúmen do quarto ventrículo. Isto divide o bulbo em uma parte fechada, a qual contém o canal central, e uma parte aberta, a qual contém a metade inferior do quarto ventrículo (Fig. 19.3).

Na parte fechada do bulbo, um raso sulco intermédio posterior segue, bilateral e paralelamente, por cada lado do sulco mediano posterior e contínuo com seu equivalente espinal cervical, indicando a localização das colunas posteriores ascendentes (fascículo grácil e fascículo cuneiforme). Os fascículos ascendentes são inicialmente paralelos entre si, mas na extremidade inferior do quarto ventrículo eles divergem, e cada um desenvolve uma proeminência alongada, os tubérculos grácil e cuneiforme, produzidos pelos núcleos grácil e cuneiforme subjacentes, respectivamente (Figs. 19.3, 19.4 e 19.5). A maioria das fibras nos fascículos faz sinapses com neurônios em seus respectivos núcleos, e estes projetam para o tálamo contralateral, o qual, por sua vez, projeta para o córtex somestésico primário (Fig. 18.10). O pedúnculo cerebelar inferior forma uma crista arredondada entre a parte inferior do quarto ventrículo e as radículas glossofaríngeas e vagais. Os pedúnculos dos dois lados divergem e se inclinam para entrar nos hemisférios cerebelares, onde eles são atravessados pelas estrias medulares, as quais seguem para o sulco mediano posterior do assoalho do quarto ventrículo (Fig. 19.3). Aqui também os pedúnculos formam os limites anterior e anterossuperior do recesso lateral do quarto ventrículo. Este se torna contínuo com o espaço subaracnóideo através das aberturas laterais do quarto ventrículo, ou forames de Luschka. Um tufo do plexo corióideo, contínuo com o do quarto ventrículo, se projeta a partir dos forames em cada lado.

MORFOLOGIA INTERNA

Corte transversal do bulbo ao nível da decussação das pirâmides

Um corte transversal da parte inferior do bulbo (Fig. 19.4) passa através dos funículos posteriores, laterais e anteriores, que são contínuos com seus equivalentes na medula espinal. Os funículos anteriores estão separados da substância cinzenta intermédia central por fibras corticospinais, as quais cruzam na decussação das pirâmides para alcançar os funículos laterais contralaterais (Fig. 19.8). A decussação desloca a substância cinzenta intermédia central e o canal central posteriormente. A continuidade entre a coluna cinzenta anterior e a substância cinzenta intermédia, que é mantida por toda a medula espinal, é perdida. A coluna se subdivide no núcleo supraspinal (contínuo acima com o do nervo hipoglosso), o qual é a origem eferente do primeiro nervo cervical, e no núcleo espinal do nervo acessório, o qual fornece algumas fibras espinais do nervo acessório e se funde anterossuperiormente com o núcleo ambíguo.

A coluna cinzenta posterior também é modificada neste nível à medida que o núcleo grácil aparece como uma lâmina cinzenta na parte anterior do fascículo grácil. O núcleo começa inferiormente ao núcleo cuneiforme, que invade o fascículo cuneiforme a partir de sua face anterior de modo similar.

O núcleo espinal e o trato espinal do nervo trigêmeo são visíveis anterolateralmente às colunas posteriores. Eles são contínuos com a substância gelatinosa e com o trato de Lissauer da medula espinal.

Corte transversal do bulbo ao nível da decussação do lemnisco medial

A substância branca do bulbo é reorganizada acima do nível da decussação das pirâmides (Fig. 19.5). As pirâmides formam dois grandes feixes anteriores que flanqueiam a fissura mediana anterior na superfície anterior do bulbo.

Elas contêm fibras corticospinais de origem ipsilateral. O núcleo grácil é proeminente na face posterior, com número decrescente de fibras do fascículo grácil localizadas em suas margens posterior, medial e lateral. O núcleo cuneiforme é bem desenvolvido. Ambos os núcleos mantêm continuidade com a substância cinzenta intermédia central neste nível, mas isto é perdido mais anterossuperiormente. As fibras aferentes de primeira ordem contidas nos fascículos grácil e cuneiforme fazem sinapses em neurônios em seus respectivos núcleos. Os axônios de segunda ordem emergem dos núcleos

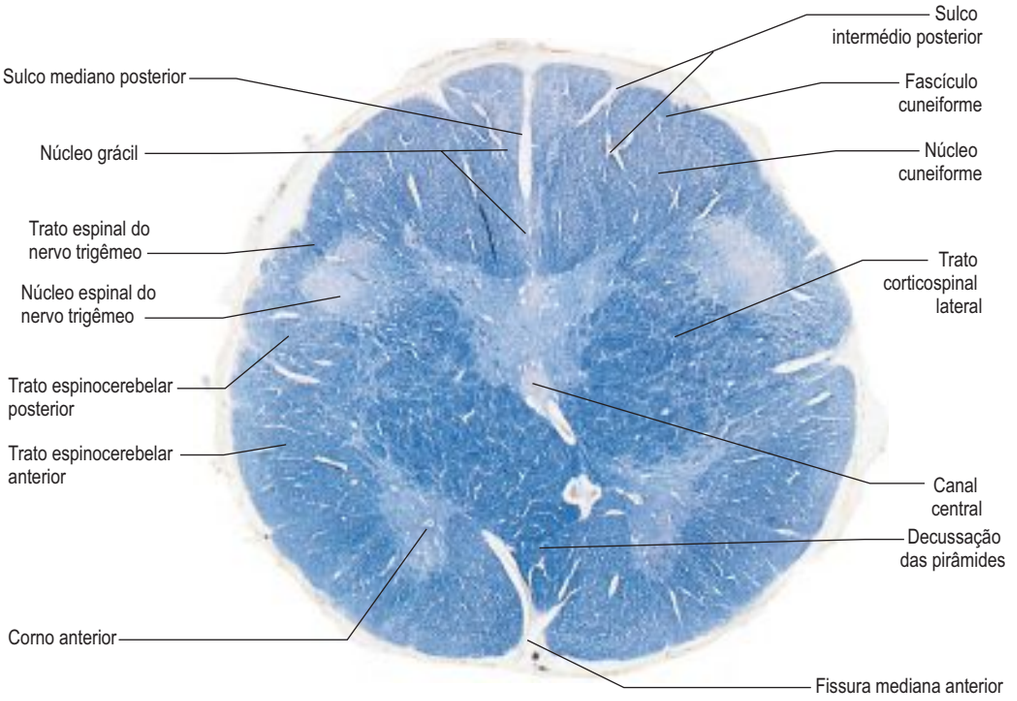


Fig. 19.4 Corte transversal através do bulbo (ou medula oblonga) ao nível da decussação das pirâmides. As Figuras 19.4-19.6, 19.9-19.11, 19.18 e 19.19 estão todas preparadas com o uso de uma coloração para as fibras nervosas mielínicas (em azul).

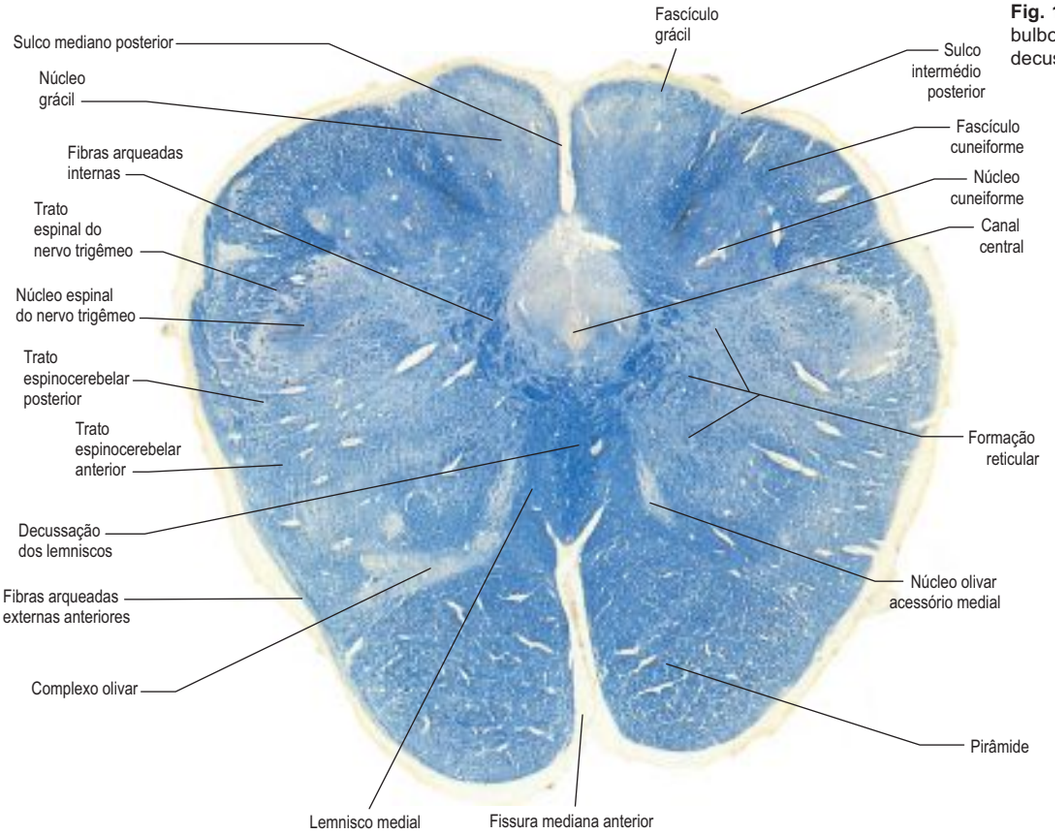


Fig. 19.5 Corte transversal através do bulbo (ou medula oblonga) ao nível da decussação do lemnisco medial.

como fibras arqueadas internas, primeiramente se curvando anterolateralmente ao redor da substância cinzenta intermédia central e, em seguida, anteromedialmente entre o trato espinal do nervo trigêmeo e a substância cinzenta intermédia central. As fibras decussam na linha mediana, formando então o lemnisco medial, o qual ascende para o tálamo. A decussação das fibras arqueadas internas está localizada posteriormente às pirâmides e anteriormente à substância cinzenta intermédia central, a qual está, consequentemente, mais posteriormente deslocada do que no corte anterior.

O lemnisco medial ascende a partir da decussação como um trato achatado, próximo à rafe mediana. O trato piramidal se encontra anteriormente, e o fascículo longitudinal medial e o trato tetospinal se encontram posteriormente. As fibras do lemnisco em decussação são reorganizadas à medida que elas se cruzam, de modo que aquelas derivadas do núcleo grácil vêm a se posicionar anteriormente àquelas derivadas do núcleo cuneiforme. Acima deste nível, o lemnisco medial é ainda mais reorganizado, de modo que as fibras anteriores (do grácil) percorrem lateralmente, enquanto as fibras posteriores (do cuneiforme) percorrem medialmente. Após tal reorganização, o lemnisco medial é somatotopicamente organizado, com os segmentos espinais C1 a S4 representados sequencialmente da região medial para a lateral.

O núcleo do trato espinal do nervo trigêmeo está separado da substância cinzenta intermédia central por fibras arqueadas internas e da superfície lateral do bulbo pelo trato espinal de fibras trigeminais e por algumas fibras do trato espinocerebelar posterior. Estas últimas progressivamente se inclinam posteriormente, e entram no pedúnculo cerebelar inferior em um nível mais alto.

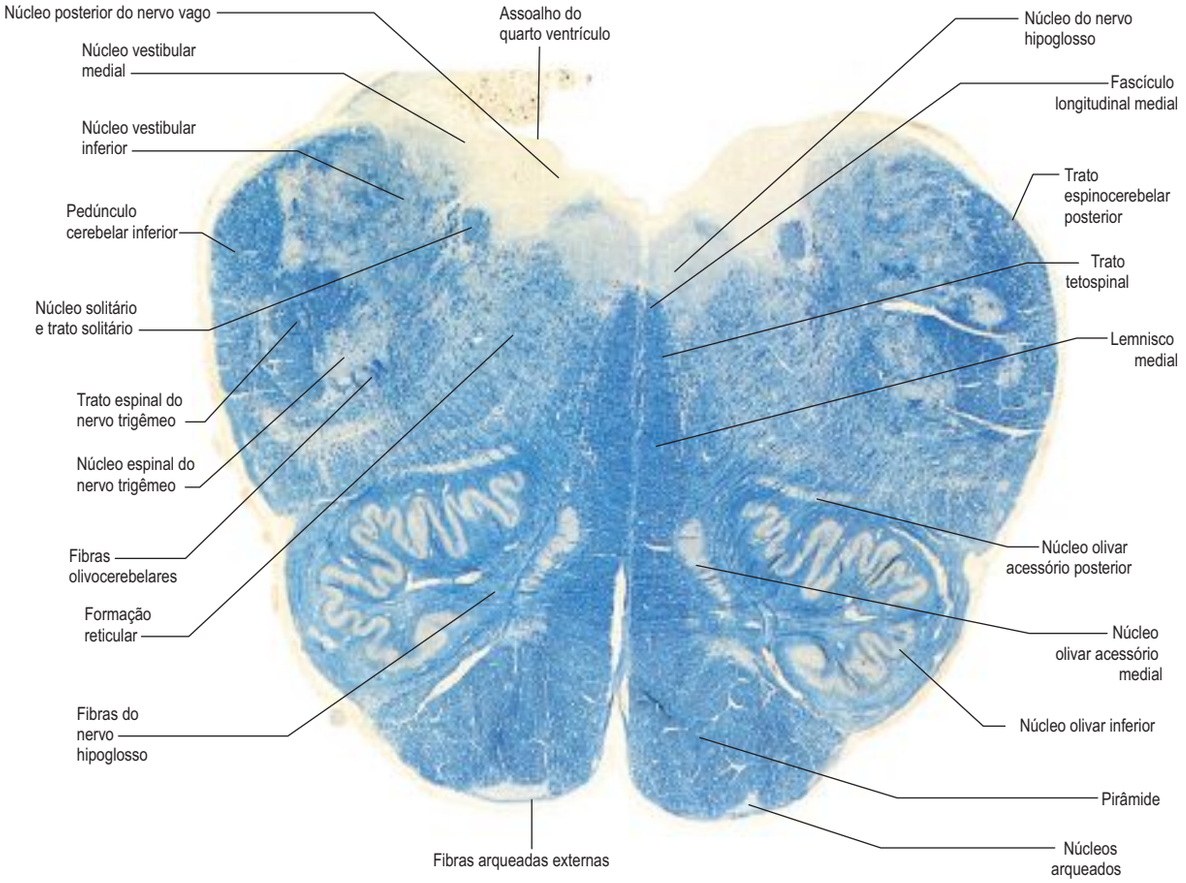


Fig. 19.6 Corte transversal através do bulbo (ou medula oblonga) na extremidade inferior do quarto ventrículo.

Corte transversal do bulbo na extremidade inferior do quarto ventrículo

Um corte transversal na extremidade inferior do quarto ventrículo (Fig. 19.6) mostra alguns novos aspectos, juntamente com a maior parte daqueles já descritos. A área total de substância cinzenta está aumentada pela presença do grande complexo nuclear olivar e dos núcleos dos nervos vestibulococlear, glossofaríngeo, vago e acessório.

Uma elevação lisa e de formato oval, a oliva, se encontra entre os sulcos anterolateral e posterolateral do bulbo. Ela é formada pelo complexo olivar inferior de núcleos em posição subjacente, e se dispõe lateralmente à pirâmide, separada dela pelo sulco anterolateral e pelas fibras que emergem do nervo hipoglosso. As raízes do nervo facial emergem entre sua extremidade anterossuperior e o sulco bulbopontino, no ângulo pontocerebelar. Os núcleos arqueados são faixas curvas e interrompidas, anteriores às pirâmides, e são considerados como núcleos pontinos deslocados. As fibras arqueadas externas anteriores e aquelas das estrias bulbares são derivadas destes núcleos. Elas se projetam principalmente para o hemisfério contralateral do cerebelo através do pedúnculo cerebelar inferior (Fig. 19.7).

O núcleo olivar inferior é uma massa irregularmente crenada de substância cinzenta com um hilo direcionado medialmente, através do qual numerosas fibras entram e saem do núcleo. Ele tem proeminentes conexões com o cerebelo e é descrito mais completamente no Capítulo 20.

A substância cinzenta intermédia central neste nível constitui o assoalho ventricular. Ela contém (sequencialmente, da região medial para a lateral) o núcleo do nervo hipoglosso, o núcleo motor posterior do nervo vago, o núcleo solitário e as extremidades inferiores dos núcleos vestibulares inferior e medial.

O trato solitário e seu núcleo solitário associado se estendem por todo o comprimento do bulbo. O trato é composto de aferências viscerais gerais derivadas dos nervos vago e glossofaríngeo. O núcleo e suas conexões centrais com a formação reticular promovem o controle reflexo das funções cardiovascular, respiratória e cardíaca. A porção anterossuperior do trato consiste nas fibras gustatórias derivadas dos nervos facial, glossofaríngeo e vago; elas projetam para o polo anterossuperior do núcleo solitário, o qual às vezes é referido como núcleo gustatório.

O fascículo longitudinal medial é um pequeno trato compacto próximo à linha mediana, anterior ao núcleo hipoglosso, que é contínuo com o trato vestibulospinal anterior. Neste nível do bulbo, ele é deslocado posteriormente pelas decussações das pirâmides e dos lemniscos. Ele ascende para a ponte e para o mesencéfalo, mantendo sua relação com a substância cinzenta intermédia central e com a linha mediana, e consequentemente

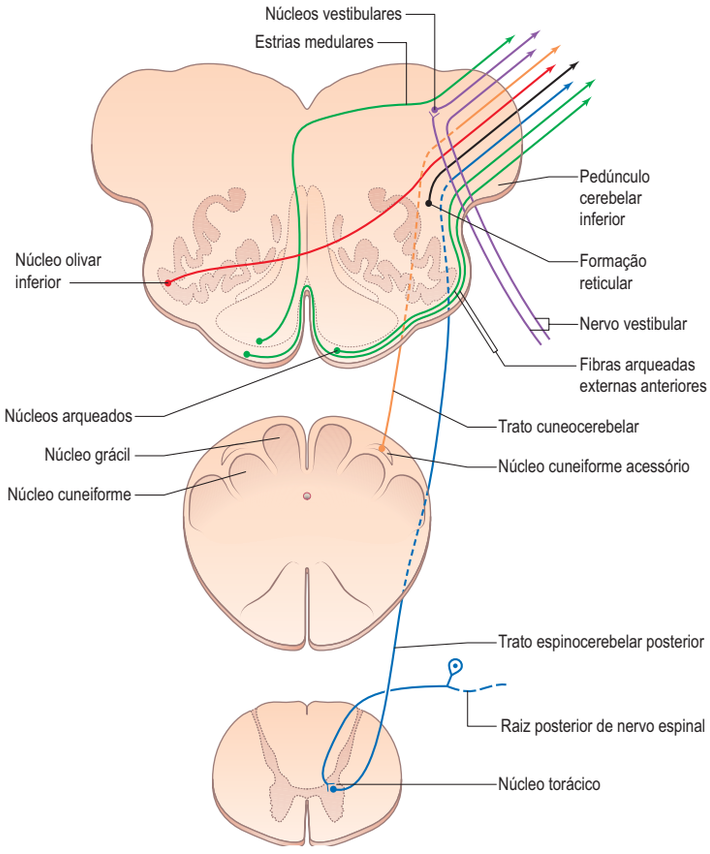


Fig. 19.7 Alguns dos componentes aferentes dos pedúnculos cerebelares inferiores. Os componentes eferentes foram omitidos.

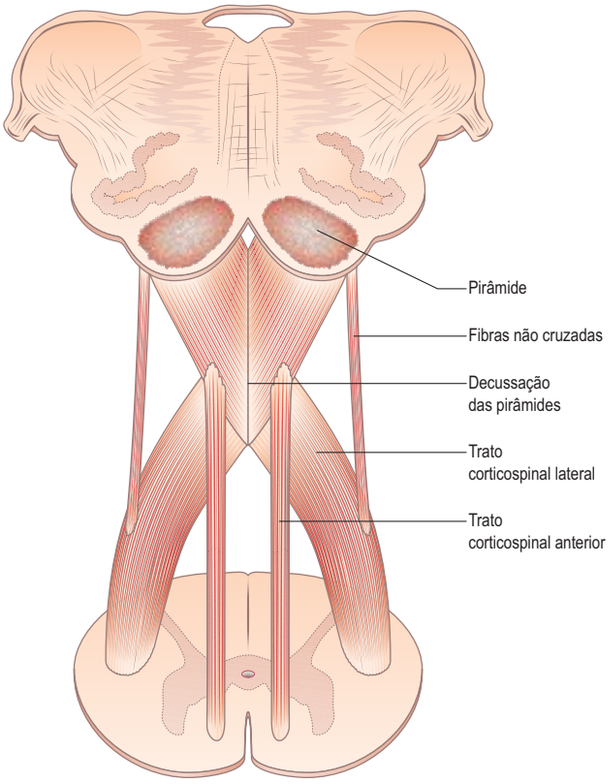


Fig. 19.8 A decussação das pirâmides.

está próximo da coluna nuclear eferente somática. Fibras derivadas de uma variedade de fontes seguem por curtas distâncias no trato.

Os tratos espinocerebelar, espinotetal, vestibulospinal, rubrospinal e espinotalâmico lateral (lemnisco espinal) se encontram todos na área anterolateral do bulbo neste nível. Os tratos são limitados posteriormente pelo núcleo do trato espinal do nervo trigêmeo e anteriormente pela pirâmide.

Numerosas ilhotas de substância cinzenta estão espalhadas centralmente na porção anterolateral do bulbo, uma área atravessada por fibras nervosas que seguem em todas as direções. Esta é a formação reticular, que existe por todo o bulbo e se estende para o interior do tegmento pontino e do mesencéfalo.

Trato piramidal

Cada pirâmide do bulbo contém fibras corticospinais descendentes, derivadas do córtex cerebral do hemisfério ipsilateral, que atravessaram a cápsula interna, o mesencéfalo e a ponte (Fig. 19.8). Aproximadamente 70% a 90% dos axônios saem das pirâmides do bulbo em feixes sucessivos, cruzando em meio e profundamente à fissura mediana anterior como a decussação das pirâmides. Na porção anterossuperior do bulbo, as fibras cruzam por se inclinarem anteromedialmente, enquanto, mais inferiormente, elas seguem posteriormente, decussando-se anteriormente à substância cinzenta intermédia central. A decussação ocorre de maneira ordenada, de modo que as fibras destinadas a terminar nos segmentos cervicais cruzem primeiro. As fibras continuam a seguir posteriormente à medida que elas desce e atingem o funículo espinal lateral contralateral como o trato corticospinal lateral cruzado. A maioria das fibras corticospinais não cruzadas desce anteromedialmente no funículo anterior ipsilateral, como o trato corticospinal anterior. Uma minoria segue posterolateralmente para se unir aos tratos corticospinais laterais como um pequeno componente não cruzado. Os tratos corticospinais apresentam somatotopia em quase todos os níveis. Nas pirâmides do bulbo, a organização assemelha-se àquela nos níveis superiores, no que as fibras mais laterais formam os movimentos mais mediais do braço e do pescoço. Uma somatotopia similar é atribuída aos tratos corticospinais laterais dentro da medula espinal.

Núcleos da coluna posterior

Os núcleos grácil e cuneiforme são parte composta da via principal para aspectos discriminativos da sensação tátil e proprioceptiva. As regiões superiores de ambos os núcleos são reticulares e contêm pequenos e grandes neurônios multipolares com longos dendritos. As regiões inferiores contêm agregados de grandes neurônios arredondados com dendritos curtos e profusamente ramificados. As zonas superior e inferior diferem em suas conexões, mas ambas recebem terminais a partir das raízes espinais posteriores em todos os níveis. As fibras dos funículos posteriores derivadas de neurônios na substância cinzenta espinal terminam apenas na zona reticular, superior. Uma ordenação variável e uma sobreposição de terminais com base nos níveis das raízes espinais ocorrem em ambas as zonas. Os membros inferiores estão representados medialmente; o tronco, anteriormente; e os dedos, posteriormente. Existe uma especificidade modal, isto é, os níveis inferiores respondem a estímulos cutâneos de baixo limiar, e os níveis reticulares superiores, a estímulos derivados de fibras que servem a receptores na pele, articulações e músculos. O núcleo cuneiforme está dividido em várias partes. Sua zona mediana contém uma grande parte arredondada (*pars rotunda*), na qual neurônios de médio tamanho, alongados do plano anterossuperior em sentido inferior, estão agregados entre os feixes de fibras densamente mielinizadas. Os polos reticulares de suas zonas anterossuperior e inferior contêm neurônios espalhados, porém distribuídos homogeneamente, de vários tamanhos. A parte triangular (*pars triangularis*) é menor e localizada lateralmente.

Existe um padrão somatotópico de terminação de estímulos cutâneos a partir do membro superior acima dos agregados celulares da parte arredondada. As terminações são difusas nos polos reticulares.

Os núcleos grácil e cuneiforme servem como estações de retransmissão entre a medula espinal e os níveis superiores. As aferências espinais primárias fazem sinapses com neurônios multipolares nos núcleos que formam a principal eferência nuclear. Os núcleos também contêm interneurônios, muitos dos quais são inibitórios. Aferências descendentes a partir do córtex somatossensorial atingem os núcleos através dos tratos corticobulbares e parecem estar restritas às zonas reticulares, em posição superior. Estas aferências tanto inibem como aumentam a atividade e acredita-se que estejam envolvidas na modulação sensorial. As zonas reticulares também recebem conexões derivadas da formação reticular.

Os neurônios dos núcleos da coluna posterior recebem terminais de longas fibras aferentes primárias não cruzadas dos fascículos grácil e cuneiforme, as quais carreiam informações em relação à deformação da pele, movimento dos pelos, movimento das articulações e vibração. O registro unitário dos neurônios nos núcleos da coluna posterior mostra que seus campos receptores táteis (isto é, a área da pele na qual uma resposta pode ser provocada) variam de tamanho, embora eles sejam pequenos em sua maioria, e são ainda menores para os dedos. Alguns campos têm centros excitatórios e adjacências inibitórias, o que significa que a estimulação ligeiramente fora de seu campo excitatório inibe o neurônio. Os neurônios nos núcleos estão espacialmente organizados em um mapa somatotópico da periferia (de acordo com a localização similar nas colunas posteriores). Em geral, a especificidade é alta. Muitas células recebem estímulos de um ou de poucos tipos de receptores específicos, por exemplo, receptores de pelos, receptores de adaptação lenta dos tipos I e II, e corpúsculos de Pacini, e algumas células respondem ao estímulo das fibras musculares intrafusais do tipo Ia. Entretanto, alguns neurônios recebem estímulos convergentes a partir de receptores táteis de pressão e de folículos pilosos.

Uma variedade de mecanismos de controle pode modular a transmissão de impulsos através da via coluna posterior–lemnisco medial. A atividade concomitante nas fibras da coluna posterior adjacente pode resultar em inibição pré-sináptica por despolarização dos terminais pré-sinápticos de uma delas. A estimulação do córtex sensoriomotor também modula a transmissão de impulsos por mecanismos inibitórios tanto pré-sinápticos como pós-sinápticos, e às vezes por facilitação. Estas influências descendentes são mediadas pelo trato corticospinal. A modulação da transmissão por inibição também resulta da estimulação da formação reticular, dos núcleos da rafe e de outros locais.

O núcleo cuneiforme acessório, posterolateral ao núcleo cuneiforme, é parte do sistema espinocerebelar de núcleos pré-cerebelares (Fig. 19.7). Ele contém grandes neurônios como aqueles no núcleo espinal torácico e recebe as fibras laterais do fascículo cuneiforme, as quais carreiam impulsos proprioceptivos derivados do membro superior que entram na medula espinal cervical anterossuperiormente ao núcleo torácico. Os neurônios do núcleo cuneiforme acessório dão origem às fibras arqueadas externas posteriores que entram no cerebelo através do pedúnculo cerebelar inferior ipsilateral no trato cuneocerebelar. Um grupo de neurônios, o núcleo Z, identificado em animais entre o polo superior do núcleo grácil e o núcleo vestibular inferior, é considerado como presente no bulbo humano. Seus estímulos são provavelmente derivados do trato espinocerebelar posterior, o qual transporta informações proprioceptivas derivadas do membro inferior ipsilateral e projeta através das fibras arqueadas internas para o lemnisco medial contralateral.

Núcleo sensitivo do nervo trigêmeo

O núcleo sensitivo do nervo trigêmeo recebe as aferências primárias do nervo trigêmeo. Ele é um grande núcleo, e se estende inferiormente para a parte cervical da medula espinal e anterossuperiormente para o mesencéfalo. A principal e maior divisão do núcleo está localizada no tegmento pontino.

Ao entrar na ponte, as fibras da raiz sensitiva do nervo trigêmeo seguem posteromedialmente em direção ao núcleo sensitivo principal, que está situado neste nível (Fig. 19.9). Antes de atingir o núcleo, aproximadamente 50% das fibras se dividem em ramos ascendentes e descendentes — as outras ascendem ou descem sem divisão. As fibras descendentes, das quais 90% têm menos de 4 μm de diâmetro, formam o trato espinal do nervo

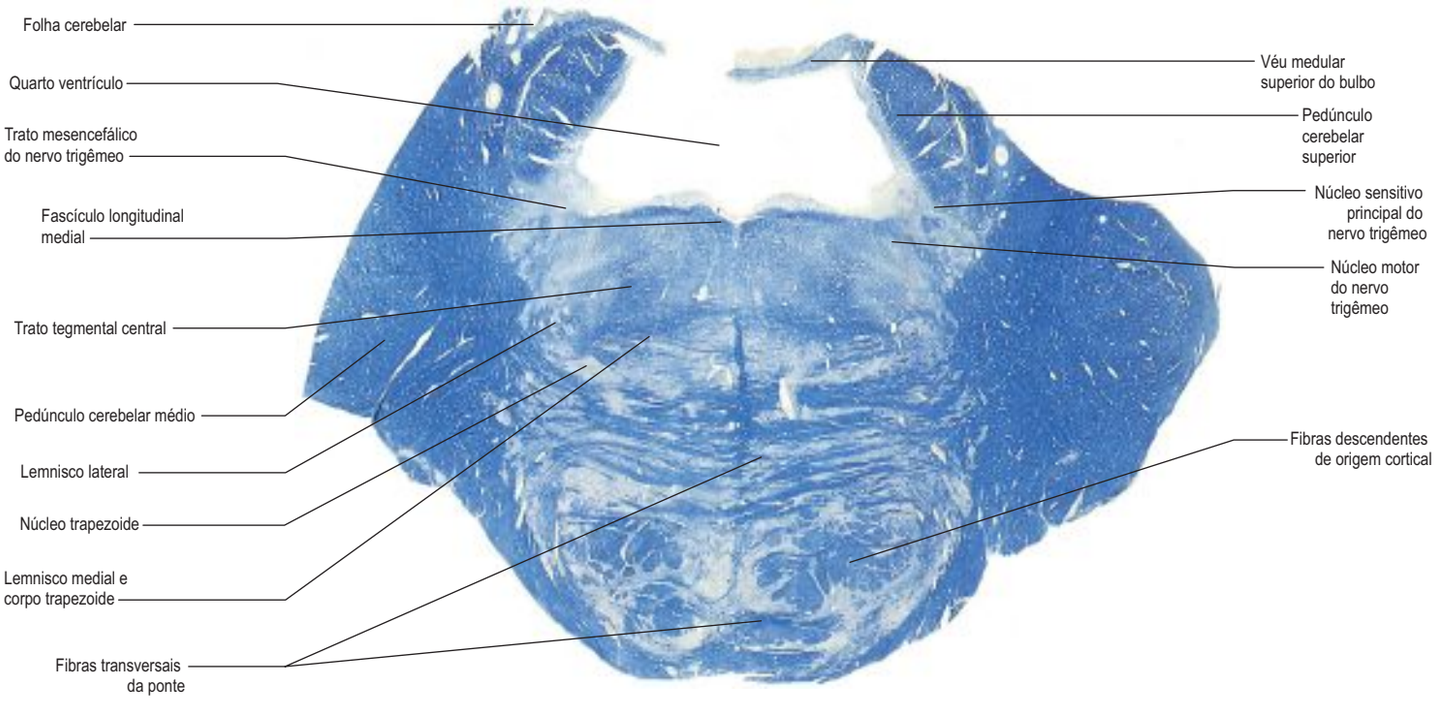


Fig. 19.9 Corte transversal através da ponte ao nível do nervo trigêmeo.

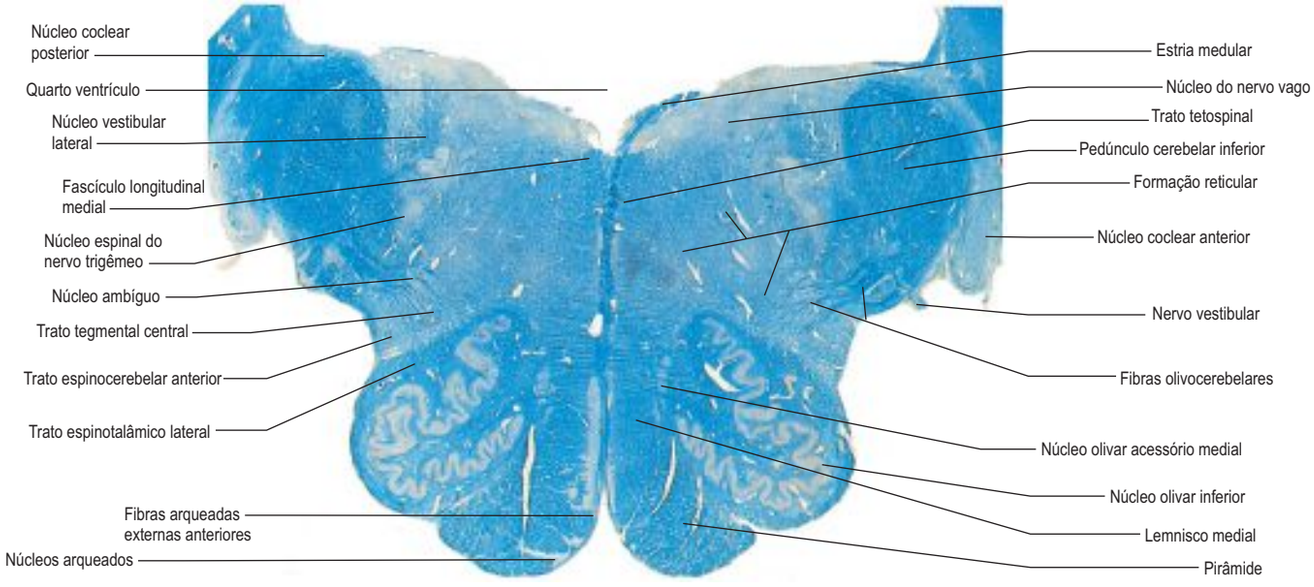


Fig. 19.10 Corte transversal através da metade superior do bulbo (ou medula oblonga) ao nível do núcleo olivar inferior.

trigêmeo, o qual atinge a porção superior da medula espinal cervical. O trato envolve o núcleo do trato espinal do nervo trigêmeo (núcleo espinal do nervo trigêmeo; Figs. 19.4, 19.5, 19.6, 19.10 e 19.11). Existe uma precisa organização somatotópica no trato. As fibras derivadas da divisão oftálmica do nervo trigêmeo se encontram anterolateralmente, as derivadas da divisão mandibular se encontram posteromedialmente, e as fibras maxilares se encontram entre elas. O trato é completado em sua margem posterior por fibras derivadas das raízes sensitivas dos nervos facial, glossofaríngeo e vago. Todas essas fibras fazem sinapses no núcleo inferior.

A anatomia detalhada do trato espinal do nervo trigêmeo entusiasmou o interesse clínico desde cedo porque se reconhecia que uma perda sensorial dissociada poderia ocorrer na área trigeminal. Por exemplo, na síndrome de Wallenberg, a oclusão do ramo cerebelar inferior posterior da artéria vertebral leva à perda da dor e da sensação de temperatura na metade ipsilateral da face, com retenção de sensação comum. A neurocirurgia nesta região, já na década de 1890, tentou aliviar a neuralgia paroxística do nervo trigêmeo. A introdução da tratotomia bulbar confirmou que a termoanalgesia dissociada da face estava associada à destruição do trato.

Existem opiniões conflitantes sobre o padrão de terminação das fibras no núcleo espinal. Há muito tempo tem sido sustentado que as fibras estão organizadas no sentido anterossuperior, seguindo inferiormente dentro do trato. De acordo com esta topografia, as fibras oftálmicas estão anteriores e descem até o limite inferior do primeiro segmento espinal cervical, as fibras maxilares estão centrais e não se estendem inferiormente ao bulbo, enquanto as fibras mandibulares estão posteriores e se estendem muito pouco abaixo do nível médio do bulbo. Os resultados da secção do trato espinal em casos de severa neuralgia do nervo trigêmeo sustentam esta distribuição. Foi descoberto que um corte de 4 mm abaixo do óbex tornava as áreas oftálmica e maxilar analgésicas, porém a sensibilidade tátil — afora a abolição das "cócegas" — era muito menos afetada. Para incluir a área mandibular, era necessário seccionar ao nível do óbex. Mais recentemente, foi proposto que as fibras estão organizadas posteroanteriormente dentro do trato espinal. Parece haver sólidas razões anatomofisiológicas e clínicas para acreditar que todas as divisões terminam por todo o núcleo, embora a divisão oftálmica possa não projetar fibras tão inferiormente quanto as divisões maxilar e mandibular. As fibras derivadas da região posterior da face (adjacente a C2) terminam na parte inferior (caudal), enquanto aquelas derivadas do lábio superior, boca e extremidade nasal terminam em um nível mais alto. Isto pode dar origem a uma perda sensorial segmentar (por divisão em segmentos transversais) na siringobulbia. A tratotomia do trato espinal, se realizada em um nível inferior, pode poupar a região perioral, uma descoberta que estaria de acordo com o padrão conformacional em "casca de cebola" de perda da

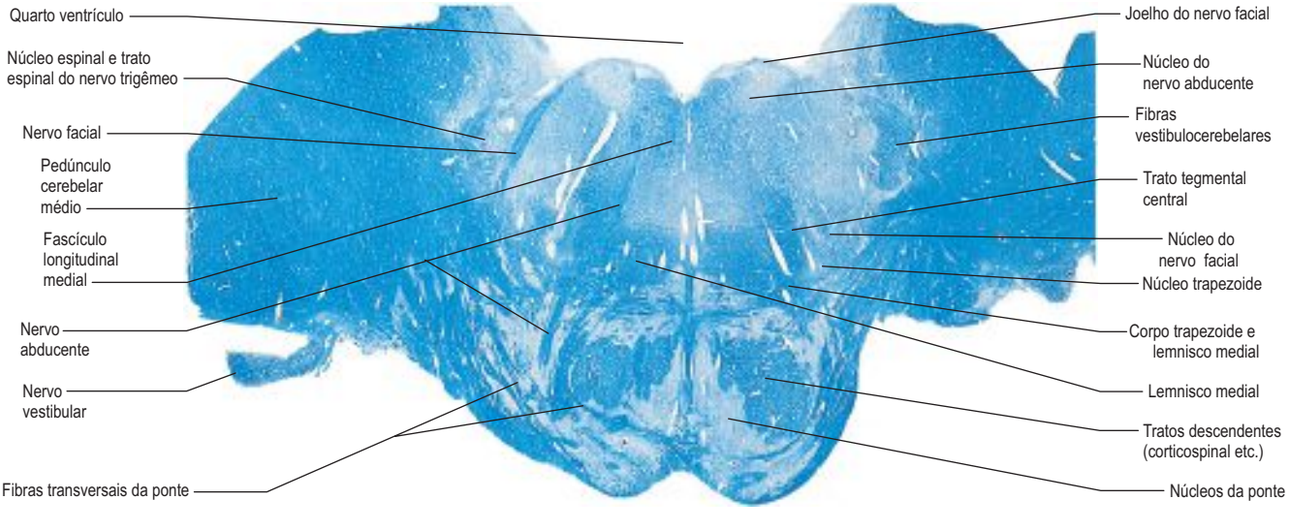


Fig. 19.11 Corte transversal através da ponte ao nível do colículo facial.

sensação dolorosa. Entretanto, na prática clínica, a progressão da anestesia na face é mais comumente "divisional", em vez de uma distribuição "em casca de cebola".

As fibras dos nervos glossofaríngeo, vago e facial, que são responsáveis pela sensação comum (aferência visceral geral), formam uma coluna posteriormente no trato espinal do nervo trigêmeo e fazem sinapses com células na parte mais inferior do núcleo espinal do nervo trigêmeo. Consequentemente, a secção cirúrgica da parte posterior do trato espinal resulta em analgesia que se estende até a mucosa da fossa tonsilar, do terço posterior da língua e de partes adjacentes da parede faríngea (nervo glossofaríngeo), e até a área cutânea suprida pelo ramo auricular do nervo vago.

Outras aferências que atingem o núcleo espinal são derivadas das raízes posteriores dos nervos cervicais superiores e do córtex sensoriomotor.

O núcleo espinal do nervo trigêmeo é considerado como consistindo em três partes (subnúcleos): o subnúcleo oral (que é mais anterossuperior e se une ao núcleo sensitivo principal); a parte interpolar; e a parte caudal (que é a parte mais inferior e é contínua inferiormente com a coluna cinzenta posterior da medula espinal). A estrutura da parte caudal é diferente daquelas outras partes. Ela tem uma estrutura análoga àquela do corno posterior da medula espinal, com um arranjo similar de lâminas celulares, e está envolvida na percepção da dor trigeminal. As aferências nociceptivas cutâneas e as aferências musculares de pequeno diâmetro terminam nas camadas I, II, V e VI da parte caudal do núcleo espinal do trigêmeo. As aferências mecanossensitivas de baixo limiar de neurônios Aβ terminam nas camadas III e IV da parte caudal e dos núcleos anterossuperiores (parte interpolar, subnúcleo oral e núcleo sensitivo principal).

Muitos dos neurônios da parte caudal do núcleo do nervo trigêmeo que respondem à estimulação cutânea ou da polpa dentária também são excitados pela estimulação da mandíbula ou dos músculos da língua. Isto indica que a convergência de estímulos aferentes superficiais e profundos através de neurônios de amplo alcance dinâmico ou de neurônios nociceptivos específicos ocorre no núcleo. Uma convergência similar de estímulos superficiais e profundos ocorre nos núcleos anterossuperiores e pode ser responsável pela má localização da dor trigeminal e pela disseminação da dor, o que frequentemente torna o diagnóstico difícil.

Existem subtipos distintos de células na lâmina II. Aferências derivadas de "centros superiores" se arborizam nela, assim como axônios derivados de aferências nociceptivas e de baixo limiar. As influências descendentes a partir destes centros superiores incluem fibras derivadas da substância cinzenta periaquedutal e do núcleo magno da rafe e da formação reticular associada.

O núcleo magno da rafe projeta diretamente para a parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo, provavelmente através de terminais contendo encefalina, noradrenalina e 5-HT (5-hidroxitriptamina). Estas fibras, direta ou indiretamente (através de interneurônios locais), influenciam a percepção de dor. A estimulação da substância cinzenta periaquedutal ou do núcleo magno da rafe inibe o reflexo de abertura da mandíbula à nocicepção e pode induzir a despolarização aferente primária em aferências de polpa dentária e em outras aferências faciais nociceptivas. Os neurônios na parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo podem ser suprimidos por estímulos aplicados fora de seu campo receptor, particularmente por estímulos nocivos. A parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo é um importante local para retransmissão de estímulos nociceptivos e funciona como parte do "controle do tipo portão" para a dor. No entanto, os núcleos anterossperiores também desempenham uma função nociceptiva. As aferências de polpas dentárias através de neurônios de amplo alcance dinâmico e nociceptivos específicos podem terminar nos núcleos anterossuperiores, os quais todos projetam para a parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo.

A maioria das fibras que se originam nos núcleos sensitivos trigeminais atravessa a linha mediana e ascende no lemnisco medial. Elas terminam no núcleo ventral posteromedial do tálamo contralateral, do qual neurônios de terceira ordem projetam para o córtex do giro pós-central (áreas 1, 2 e 3). Entretanto, algumas eferências do núcleo trigeminal ascendem para o núcleo ventral posteromedial do tálamo ipsilateral.

As fibras derivadas da parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo, especialmente das lâminas I, V e VI, também projetam para os núcleos do trigêmeo anterossuperiores, cerebelo, substância cinzenta periaquedutal do mesencéfalo, área parabraquial da ponte, formação reticular do tronco encefálico e medula espinal. As fibras derivadas da lâmina I projetam para o subnúcleo medial do tálamo.

Núcleo do nervo vago

O núcleo do nervo vago (também conhecido como núcleo motor posterior do nervo vago) se encontra posterolateralmente ao núcleo do nervo hipoglosso, do qual ele está separado pelo núcleo intercalado. Ele se estende inferiormente até o primeiro segmento espinal cervical e anterossuperiormente até a parte aberta do bulbo sob o trígono do nervo vago no assoalho do quarto ventrículo (Fig. 19.6).

O núcleo do nervo vago é um núcleo eferente visceral geral e é o maior núcleo parassimpático no tronco encefálico. A maioria (80%) de seus neurônios dá origem às fibras parassimpáticas pré-ganglionares do nervo vago. O restante é representado por interneurônios ou projeta centralmente. O núcleo do nervo vago controla a musculatura não estriada das vísceras do tórax (coração, brônquios, pulmões e esôfago) e do abdome (estômago, fígado, pâncreas, baço, intestino delgado e parte proximal do intestino grosso). Os neurônios no núcleo são heterogêneos e podem ser classificados em nove subnúcleos, os quais são regionalmente agrupados em divisões anterossuperior, intermediária e inferior. Mapas topográficos de representação visceral em animais sugerem que o coração e os pulmões estão representados nas partes inferior e lateral do núcleo; o estômago e o pâncreas, nas regiões intermediárias; e os demais órgãos abdominais, nas partes anterossuperior e medial do núcleo.

Pode haver um esparso suprimento aferente sensitivo, que se origina no gânglio nodoso e projeta diretamente para o núcleo e possivelmente para além do núcleo do trato solitário.

Núcleo do nervo hipoglosso

O proeminente núcleo do nervo hipoglosso se encontra próximo à linha mediana, na substância cinzenta posterior do bulbo. Ele tem aproximadamente 2 cm de comprimento. Sua parte anterossuperior se dispõe abaixo do trígono do nervo hipoglosso no assoalho do quarto ventrículo (Fig. 19.3) e sua parte inferior se estende na parte fechada do bulbo.

O núcleo do nervo hipoglosso consiste em grandes neurônios motores entremeados com fibras mielínicas. Ele está organizado em fileiras ou camadas nucleares posteriores e anteriores, cada uma divisível em subnúcleos medial e lateral. Existe uma organização musculotópica de neurônios motores dentro dos núcleos que corresponde às divisões estrutural e funcional da musculatura da língua. Deste modo, os neurônios motores que inervam os músculos depressores da língua estão localizados nos subnúcleos posterior/posterolateral, enquanto os neurônios motores que inervam o principal músculo protrusor da língua (genioglosso) estão localizados nas regiões anterior/anteromedial do núcleo. Embora se saiba relativamente pouco sobre a organização dos neurônios motores que inervam os músculos intrínsecos da língua, evidências experimentais sugerem que os

neurônios motores da divisão medial do núcleo do nervo hipoglosso inervam os músculos da língua que estão orientados em planos transversais ao longo eixo da língua (músculos: a) intrínsecos, transverso e vertical da língua; b) extrínseco, genioglosso), enquanto os neurônios motores da divisão lateral inervam os músculos da língua que estão orientados paralelamente a este eixo (músculos: a) extrínsecos, estiloglosso, hioglosso; b) extrínseco, longitudinal superior e inferior).

Vários grupos menores de células se encontram próximas ao núcleo do nervo hipoglosso (núcleos peri-hipoglossais), mas nenhum é conhecido com certeza como conectado ao nervo ou ao núcleo do nervo hipoglosso. Eles incluem o núcleo intercalado, o núcleo sublingual, o núcleo prepósito do hipoglosso e o núcleo paramediano posterior (reticular). Conexões gustatórias e viscerais são atribuídas ao núcleo intercalado.

As fibras do nervo hipoglosso emergem anteriormente de seu núcleo, atravessam a formação reticular lateralmente ao lemnisco medial, seguem medialmente (e às vezes através) para o núcleo olivar inferior e se curvam lateralmente para emergir como uma série linear de 10 a 15 radículas no sulco anterolateral (pré-olivar) entre a pirâmide e a oliva.

O núcleo do nervo hipoglosso recebe fibras corticobulbares derivadas do giro pré-central e áreas adjacentes do hemisfério cerebral contralateral (principalmente). Elas fazem sinapses sobre neurônios motores do núcleo diretamente ou sobre interneurônios. Evidências indicam que os subnúcleos mais mediais do nervo hipoglosso recebem projeções de ambos os hemisférios cerebrais. O núcleo pode se conectar com o cerebelo através de núcleos peri-hipoglossais adjacentes e talvez também com a formação reticular do bulbo, os núcleos sensitivos trigeminais e o núcleo solitário.

Núcleo olivar inferior

O complexo nuclear olivar consiste no grande núcleo olivar inferior e nos núcleos olivares acessório medial e acessório posterior, muito menores (Fig. 19.6). Eles são os chamados núcleos pré-cerebelares, um grupo que também inclui os núcleos pontino, arqueado, vestibular, reticulocerebelar e espinocerebelar, todos os quais recebem aferências de fontes específicas e projetam para o cerebelo. O núcleo olivar inferior contém pequenos neurônios, a maioria dos quais forma o trato olivocerebelar, o qual emerge do hilo ou através da substância cinzenta adjacente, para seguir medialmente e atravessar o lemnisco medial (Fig. 19.6). Suas fibras cruzam a linha mediana e seguem posteriormente ou através do núcleo olivar oposto. Elas atravessam os tratos espinotalâmico e rubrospinal laterais e o núcleo espinal do nervo trigêmeo, e entram no pedúnculo cerebelar inferior contralateral, onde elas constituem seu principal componente. As fibras derivadas do complexo olivar inferior contralateral terminam nas células de Purkinje no cerebelo como fibras trepadeiras — existe uma relação de um para um entre as células de Purkinje e os neurônios no complexo. As conexões aferentes ao núcleo olivar inferior são tanto ascendentes como descendentes. As fibras ascendentes, principalmente as cruzadas, chegam de todos os níveis espinais nos tratos espino-olivares e através das colunas posteriores. As fibras ipsilaterais descendentes advêm do córtex cerebral, do tálamo, do núcleo rubro e da substância cinzenta do mesencéfalo. Em parte, as duas últimas projeções formam o trato (ou fascículo) tegmental central.

O núcleo olivar acessório medial é uma lâmina curva de substância cinzenta, côncava lateralmente, entre o lemnisco medial e a pirâmide, e a face anteromedial do núcleo olivar inferior. O núcleo olivar acessório posterior é uma lâmina similar, posteromedial ao núcleo olivar inferior. Ambos os núcleos estão conectados ao cerebelo. Os núcleos olivares acessórios são mais antigos sob o ponto de vista filogenético do que o núcleo olivar inferior, e eles estão conectados ao paleocerebelo. Em todas as conexões, cerebrais, espinais e cerebelares, os núcleos olivares apresentam uma organização topográfica específica (Cap. 20).

Núcleo solitário

O núcleo solitário (ou núcleo do trato solitário) se encontra anterolateralmente ao núcleo do nervo vago, e é quase coextensivo com este. Um grupo neuronal anterolateral ao núcleo solitário tem sido denominado núcleo parassolitário. O núcleo solitário está intimamente relacionado ao trato solitário e recebe fibras deste; o trato solitário transporta fibras aferentes dos nervos facial, glossofaríngeo e vago. Estas fibras entram no trato em ordem descendente e veiculam informações gustatórias a partir das mucosas lingual e palatina. Elas também podem conduzir impulsos viscerais advindos da faringe (nervos glossofaríngeo e vago) e do esôfago, bem como do trato gastrointestinal (nervo vago). Existe alguma sobreposição nesta representação vertical.

A terminação das aferências gustatórias viscerais especiais dentro do núcleo mostra um padrão viscerotópico, predominantemente na região anterossuperior. Evidências experimentais sugerem que fibras derivadas dos dois terços anteriores da língua e do teto da cavidade oral (que seguem através da corda do tímpano e dos ramos petrosos maiores do nervo facial) terminam na parte anterossuperior extrema do complexo solitário. Aquelas derivadas das papilas circunvaladas e foliadas do terço posterior da língua, tonsilas, palato e faringe (que seguem através do ramo lingual do nervo glossofaríngeo) estão distribuídas por toda a extensão anterossuperior e inferior do núcleo, predominantemente anterossuperiores ao óbex. As aferências gustatórias derivadas da laringe e da epiglote (que seguem através do ramo laríngeo superior do nervo vago) têm uma distribuição mais inferior e lateral. O núcleo solitário também pode receber fibras da medula espinal, do córtex cerebral e do cerebelo.

Os subnúcleos medial e comissural na parte inferior do núcleo parecem ser o local principal de terminação para aferências gastrointestinais. Os subnúcleos anterior e intersticial provavelmente recebem aferências traqueais, laríngeas e pulmonares, e desempenham um importante papel tanto no controle respiratório como possivelmente na geração do ritmo respiratório. Os nervos do seio carótico e do glomos para-aórtico terminam nas regiões posterior e posterolateral do núcleo solitário, as quais podem estar envolvidas na regulação cardiovascular.

Considera-se que o núcleo solitário projeta para a parte sensitiva do tálamo e, em seguida, para o córtex cerebral. Ele também pode projetar para os níveis superiores da medula espinal através de um trato solitariospinal. Axônios gustatórios secundários atravessam a linha mediana. Muitos ascendem subsequentemente no tronco encefálico, na parte posteromedial do lemnisco medial, e fazem sinapses com a maioria dos neurônios mediais do núcleo ventral posteromedial do tálamo (em uma região às vezes denominada núcleo arqueado acessório). Os axônios derivados do núcleo ventral posteromedial do tálamo se irradiam através da cápsula interna até a área anteroinferior do córtex sensoriomotor e lobo da ínsula. Considera-se que outras vias ascendentes terminem em alguns núcleos hipotalâmicos, e assim medeiem a via através da qual as informações gustatórias possam atingir o lobo límbico e permitir que sejam realizadas reações autônomas apropriadas.

Reflexos de deglutição e de engasgo/vômito

Durante os processos normais de deglutição de alimentos sólidos e líquidos, a passagem do conteúdo ingerido pela orofaringe estimula ramos do nervo glossofaríngeo (Fig. 19.12). Esta informação é repassada através do núcleo solitário para o núcleo ambíguo, o qual contém os neurônios motores que inervam os músculos do palato, da faringe e da laringe. A nasofaringe é fechada a partir da orofaringe pela elevação do palato mole. A laringe é elevada sua entrada, estreitada e a glote é fechada. A atividade peristáltica ao longo do esôfago em direção ao estômago é mediada através do plexo faríngeo.

Se a estimulação da orofaringe ocorrer diferente da que ocorre durante a deglutição, o reflexo de um engasgo pode ser iniciado. Existe uma contração reflexa dos músculos da faringe, do palato mole, e das fauces que, se extrema, pode resultar em vômito.

Núcleo ambíguo

O núcleo ambíguo é um grupo de grandes neurônios motores situado abaixo da formação reticular do bulbo (Fig. 19.10). Ele se estende anterossuperiormente até a extremidade superior do núcleo do nervo vago, enquanto inferiormente ele é contínuo com o núcleo do nervo acessório espinal. As fibras que emergem dele seguem posteromedialmente e, em seguida, se curvam lateralmente. As fibras anterossuperiores se unem ao nervo glossofaríngeo. As fibras inferiores se unem ao nervo vago e à raiz craniana do nervo acessório, e são distribuídas para os músculos constritores da faringe, músculos intrínsecos da laringe e músculos estriados do palato e da parte superior do esôfago.

O núcleo ambíguo contém vários subgrupos celulares, e uma certa representação topográfica dos músculos inervados tem sido estabelecida.

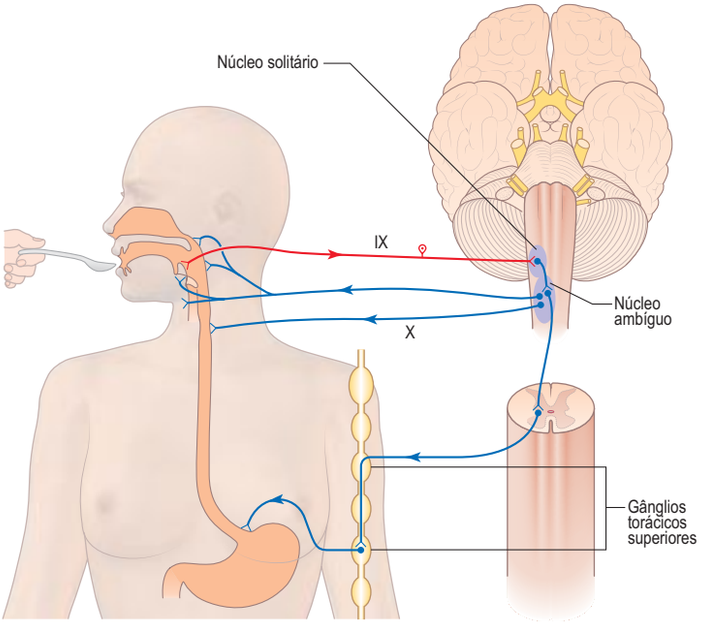


Fig. 19.12 Reflexos da deglutição e do engasgo/vômito.

Os músculos laríngeos individuais são inervados por grupos relativamente discretos de células em zonas mais inferiores. Os neurônios que inervam a faringe se encontram na área intermediária, e os neurônios que inervam o esôfago e o palato mole são anterossuperiores.

O núcleo ambíguo recebe fibras corticobulbares bilateralmente e está conectado a muitos centros do tronco encefálico. Em sua extremidade superior, um pequeno núcleo retrofacial intervém entre ele e o núcleo do nervo facial. Embora o núcleo ambíguo seja geralmente considerado como um núcleo eferente visceral especial, ele é também uma fonte reputada de fibras eferentes viscerais gerais para o nervo vago.

Reflexos de tosse e de espirro

A irritação da laringe ou da traqueia é conduzida através de ramos laríngeos do nervo vago para o núcleo sensitivo do nervo trigêmeo do tronco encefálico. Os impulsos são repassados para centros respiratórios do bulbo e para o núcleo ambíguo. A exalação vigorosa (tosse) ocorre causada pela contração dos músculos intercostais e da parede do abdome após um acúmulo de pressão contra a glote inicialmente fechada.

Um mecanismo similar fundamenta o espirro (Fig. 19.13), exceto pelo fato de que o estímulo se origina a partir da mucosa nasal e os impulsos aferentes são conduzidos pelas divisões oftálmica ou maxilar do nervo trigêmeo até o núcleo sensitivo trigeminal. Após uma inalação profunda, a exalação explosiva ocorre com fechamento do istmo das fauces (orofaríngeo) pela ação do músculo palatoglosso, o que desvia o ar através da cavidade nasal.

PONTE

MORFOLOGIA EXTERNA E RELAÇÕES

A ponte situa-se anterossuperiormente ao bulbo e inferior ao mesencéfalo. Na superfície anterior do tronco encefálico, a transição entre o bulbo e a ponte é claramente demarcada por um sulco transversal, o sulco bulbopontino. Lateralmente, em uma região conhecida como ângulo pontocerebelar, emergem os nervos facial, vestibulococlear e glossofaríngeo. A superfície anterior da ponte é separada do clivo (basisfenoide e face posterior da sela turca) pela cisterna pontina. Ela é marcantemente convexa no plano transversal, um pouco menos verticalmente, e forma um sulco na parte petrosa do osso temporal superolateralmente até o meato acústico interno. A superfície tem um raso sulco mediano, o sulco basilar da ponte, sobre o qual a artéria basilar percorre, sulco este delimitado bilateralmente por proeminências que são formadas parcialmente por fibras corticospinais subjacentes à medida que elas descem através da ponte. Feixes de fibras transversais que atravessam a linha mediana e que se originam de núcleos na parte basal da ponte (núcleos pontinos) convergem a cada lado no grande pedúnculo cerebelar médio e projetam para o cerebelo. O nervo trigêmeo emerge próximo ao nível médio da ponte, medialmente ao pedúnculo cerebelar médio. Ele tem uma pequena raiz motora superomedial e uma grande raiz sensitiva inferolateral.

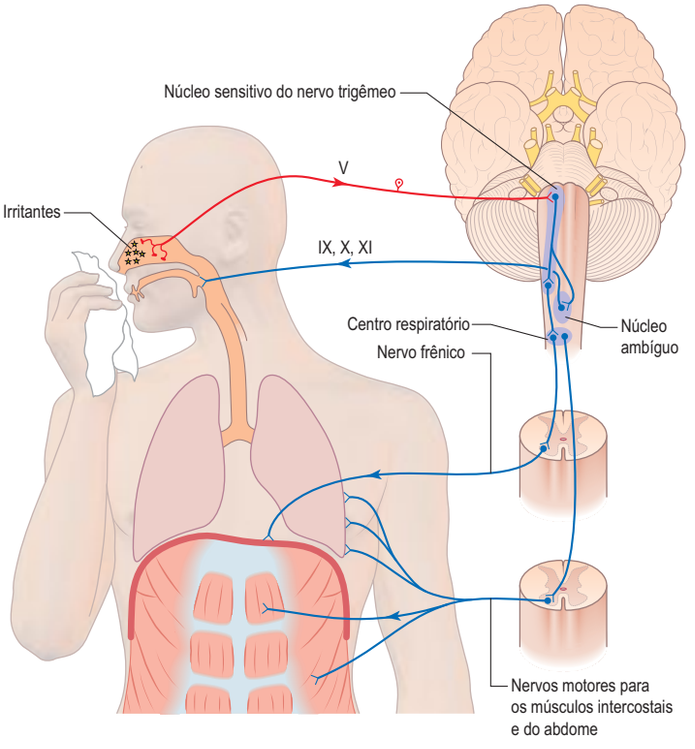


Fig. 19.13 Reflexos do espirro e da tosse.

A superfície posterior da ponte é oculta pelo cerebelo, que cobre a metade anterossuperior da fossa romboide, na qual o aqueduto do mesencéfalo desemboca. O teto da fossa é formado por uma fina camada de tecido, o véu medular superior, e é sobreposto pela língula do verme do cerebelo. O véu medular superior é preso a cada lado aos pedúnculos cerebelares superiores, é envolvido pela pia-máter acima e revestido por epêndima abaixo (Fig. 19.3). Os nervos trocleares decussam no véu.

ESTRUTURA INTERNA

Cortes transversais da ponte

Cortes transversais (Figs. 19.9 e 19.11) revelam que a ponte consiste em um tegmento posterior, o qual é uma continuação do bulbo (excluindo as pirâmides), e em uma parte anterior (ou basilar). Esta última contém feixes de fibras descendentes longitudinais, algumas das quais continuam nas pirâmides, enquanto outras terminam nos muitos núcleos pontinos ou bulbares. Ela também contém numerosas fibras transversais e núcleos pontinos espalhados.

Parte anterior da ponte

A parte anterior da ponte tem estrutura similar em todos os níveis. As fibras longitudinais dos tratos corticopontino, corticobulbar e corticospinal descem a partir dos pilares do cérebro no mesencéfalo e entram na ponte de forma compacta. Elas rapidamente se dispersam em fascículos, os quais estão separados pelos núcleos pontinos e pelas fibras pontinas transversais. As fibras corticospinais seguem de forma ininterrupta através da ponte até as pirâmides bulbares, onde elas novamente convergem em tratos compactos. As fibras corticobulbares terminam nos núcleos contralaterais (e às vezes ipsilaterais) dos nervos cranianos e em outros núcleos no tegmento pontino. Evidências clínicas sustentam a hipótese de que os neurônios do núcleo do nervo facial, e em particular aqueles que suprem os músculos da parte superior da face, recebem controle cortical bilateral.

Os núcleos pontinos (Fig. 19.11) incluem todos os neurônios (na espécie humana, cerca de 20 milhões) que estão espalhados por toda a parte anterior da ponte. Provavelmente, eles são todos glutamatérgicos, e a maioria projeta para o córtex cerebelar contralateral, com algum estímulo para os núcleos cerebelares profundos. Os axônios eferentes derivados dos núcleos pontinos constituem as fibras pontinas transversais (ou pontocerebelares), as quais decussam e continuam como o principal constituinte do pedúnculo cerebelar médio contralateral. Todas as fibras pontocerebelares terminam como fibras musgosas no córtex cerebelar, e um grau de somatotopia é mantido nestas conexões.

As fibras corticopontinas, derivadas dos córtices frontal, temporal, parietal e occipital, terminam em neurônios nos núcleos pontinos. As fibras frontopontinas terminam anterossuperiores ao nível do nervo trigêmeo e se conectam com neurônios pontinos, os quais projetam para o hemisfério contralateral do cerebelo nas fibras pontinas transversais mais anterossuperiores. As fibras corticopontinas se originam principalmente de neurônios na camada V dos neocórtices pré-motor, somatossensorial, parietal posterior, visual extraestriatal e cingulado. Projeções derivadas dos córtices pré-frontal, temporal e estriado são esparsas. Os campos terminais, embora divergentes, formam padrões topograficamente segmentados que se assemelham a colunas, blocos ou lamelas em sobreposição dentro da ponte.

As projeções subcorticais para os núcleos pontinos incluem aquelas derivadas do colículo superior do mesencéfalo para a parte posterolateral da ponte e aquelas do núcleo mamilar medial para as partes anterossuperior e medial da ponte e núcleos pré-tetais. O núcleo geniculado lateral do tálamo, os núcleos da coluna posterior, os núcleos trigeminais, o hipotálamo e os núcleos intercerebelares também projetam para neurônios restritos da ponte. Aferências subcorticais e cerebrocorticais funcionalmente relacionadas convergem, por exemplo, para aquelas derivadas do córtex somatossensorial e dos núcleos da coluna posterior. Existem também estímulos inespecíficos derivados da formação reticular, dos núcleos da rafe, do *locus ceruleus* e da substância cinzenta periaquedutal.

Tegmento pontino

O tegmento pontino varia de citoarquitetura em diferentes níveis. Um corte transversal através da parte inferior do tegmento pontino passa pelo colículo facial no assoalho do quarto ventrículo (Figs. 19.11 e 19.14). O colículo contém o núcleo do nervo abducente e as fibras suprajacentes do nervo facial. Mais profundamente situados estão os núcleos faciais, os núcleos vestibulares e cocleares próximos, e outros grupos neuronais isolados. Os núcleos vestibulares estão lateralmente localizados na fossa rombóidea do quarto ventrículo, subjacentes à área vestibular, a qual se espalha pela parte anterossuperior do bulbo e da parte inferior da ponte (Figs. 19.1 e 19.3).

As estrias medulares do quarto ventrículo (Fig. 19.10) são uma conexão cerebropontocerebelar aberrante, na qual os núcleos arqueados e as fibras

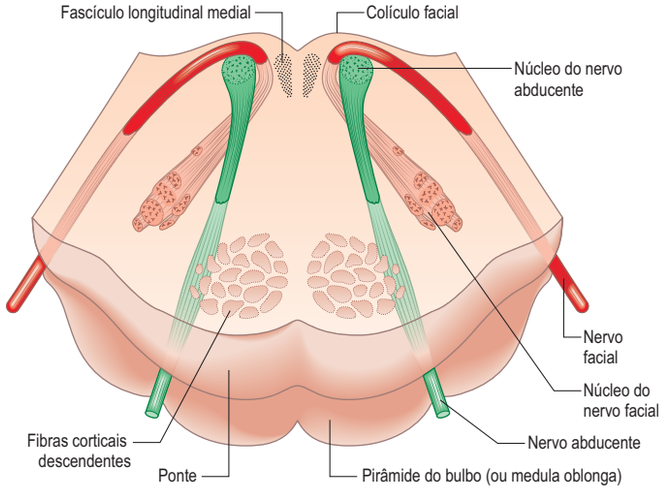


Fig. 19.14 Corte transversal da ponte, visto a partir da face anterossuperior, evidenciando o trajeto central de fibras do nervo facial.

arqueadas externas estão envolvidos. Os axônios derivados dos núcleos arqueados se espalham ao redor do bulbo, acima e abaixo da oliva inferior, onde eles são superficialmente visíveis como o fascículo circum-olivar. Todas estas fibras, que coletivamente são conhecidas como fibras arqueadas externas, entram no pedúnculo cerebelar inferior (Fig. 19.7). Algumas fibras derivadas dos núcleos arqueados seguem posteriormente através do bulbo próximo à sua linha mediana, decussam próximo ao assoalho do quarto ventrículo, e em seguida se voltam lateralmente sob o epêndima e entram no cerebelo através do pedúnculo inferior.

Além dos tratos já observados em níveis inferiores, a parte inferior do tegmento pontino contém o corpo trapezoide, o lemnisco lateral e as fibras que emergem dos nervos abducente e facial. O lemnisco medial é anterior, sendo seu contorno transversal agora achatado e oval. Ele se estende lateralmente a partir da rafe mediana (Figs. 19.9 e 19.11) e está lateralmente relacionado ao trato espinotalâmico lateral e ao lemnisco trigeminal. As fibras deste último se originam de neurônios do núcleo espinal contralateral, proporcionando sensibilidade à dor e à temperatura na pele facial e nas mucosas da conjuntiva, da língua, da boca, do nariz etc. Aqui, os lemniscos juntos formam uma faixa transversal que é composta, em ordem lateral a partir da linha mediana, pelos lemniscos medial e trigeminal, pelo trato espinotalâmico lateral e pelo lemnisco lateral.

O corpo trapezoide contém fibras cocleares, principalmente a partir dos núcleos coclear anterior e trapezoide. Elas ascendem transversalmente no tegmento anterior, seguem através ou anteriormente às fibras dos lemniscos mediais verticais, e decussam com as fibras contralaterais na rafe mediana. Abaixo dos axônios faciais emergentes, as fibras trapezoides se voltam superiormente em direção ao lemnisco lateral. À medida que o lemnisco lateral ascende, ele se situa próximo à superfície posterolateral do tronco encefálico. Acima, suas fibras entram no colículo inferior e no corpo geniculado medial do tálamo. A via auditiva ascendente é descrita em detalhes no Capítulo 37.

O fascículo longitudinal medial é paramediano, anterior ao quarto ventrículo e próximo ao núcleo do nervo abducente, do qual ele está separado por fibras do nervo facial. Ele é o principal trato intersegmentar no tronco encefálico, particularmente para interações entre os núcleos dos nervos cranianos que inervam os músculos extrínsecos do bulbo do olho e o sistema vestibular. Na parte inferior da ponte, ele recebe fibras dos núcleos vestibulares, e talvez do núcleo trapezoide posterior. Sua maior parte é formada por contribuições vestibulares.

Um corte transversal ao nível da parte superior do tegmento pontino contém elementos trigeminais (Fig. 19.9); mas, por outro lado, são observadas poucas alterações notáveis em um corte através de um nível inferior no tegmento pontino. Suas partes posterolaterais são invadidas pelos pedúnculos cerebelares superiores. O pequeno núcleo do lemnisco lateral, uma estação de retransmissão na via auditiva, se encontra medialmente a seu trato na parte superior da ponte e recebe alguns terminais do lemnisco. Algumas de suas fibras eferentes entram no fascículo longitudinal medial, enquanto outras retornam ao lemnisco.

O lemnisco medial (Figs. 19.9 e 19.11) retém sua posição paramediana na porção anterior do tegmento pontino, onde ele se encontra um pouco lateral à rafe mediana e está unido medialmente por fibras derivadas do principal núcleo sensitivo do nervo trigêmeo. O lemnisco trigeminal, o trato espinotalâmico lateral e o lemnisco lateral e seu núcleo se encontram posterolateralmente.

Núcleos cocleares

As fibras da divisão coclear do nervo vestibulococlear envolvem parcialmente o pedúnculo cerebelar inferior lateralmente e terminam nos núcleos cocleares anterior e posterior. O núcleo coclear posterior forma uma proeminência, o tubérculo auditivo, na superfície posterior do pedúnculo, e é contínuo medialmente com a área vestibular na fossa rombóidea. O núcleo coclear anterior é anterolateral ao núcleo coclear posterior e se encontra entre as fibras cocleares e vestibulares do nervo vestibulococlear.

As fibras do nervo coclear, que são derivadas de corpos celulares de neurônios no gânglio espiral, se bifurcam quando entram no tronco encefálico e terminam nos núcleos cocleares anterior e posterior (Fig. 37.20).

O núcleo coclear anterior tem uma complexa citoarquitetura. Ele contém muitos tipos neuronais com distintas características de seus campos dendríticos. Uma notável ordem topográfica foi demonstrada nos terminais do nervo coclear dentro do núcleo. Diferentes partes do gânglio espiral e diferentes frequências de estimulação estão relacionadas a neurônios que estão organizados de modo seriado na região anteroinferior no núcleo anterior. Todas as fibras do nervo coclear entram no núcleo. Existem aproximadamente 25.000 axônios no nervo coclear humano, e eles projetam para um número muito maior de neurônios no núcleo coclear. O número de fibras cocleares no lemnisco lateral excede significativamente o do nervo coclear. Uma fração menor de neurônios cocleares recebe terminais derivados do nervo, embora cada fibra possa se conectar com vários neurônios. Os terminais estão limitados à região anteroinferior do núcleo anterior, onde os neurônios são provavelmente interneurônios locais em sua maioria.

O núcleo coclear posterior é quase contínuo com o núcleo anterior, do qual ele está separado apenas por um fino estrato de fibras nervosas. Células gigantes predominam, e seus campos dendríticos estão alinhados com as fibras auditivas que estão entrando.

Embora as origens celulares não sejam precisamente conhecidas, os axônios da maioria dos tipos neuronais nos núcleos cocleares saem para terminar em níveis pontinos nos núcleos olivar superior, do corpo trapezoide, e do lemnisco lateral (Fig. 19.9). Eles deixam os núcleos cocleares através de três vias. O maior grupo de axônios se encontra anteriormente e decussa como o corpo trapezoide ao nível da junção pontobulbar (Figs. 19.9 e 19.11). A maioria destes axônios ascende levemente, decussa e retransmite para os núcleos contralaterais. Poucos não cruzam, e fazem sinapses nos núcleos olivares superiores ipsilaterais. De ambos os núcleos, os axônios da próxima ordem ascendem no lemnisco lateral correspondente. Fibras em decussação ocasionais atravessam a oliva superior contralateral e entram no lemnisco lateral de modo a transmitir para núcleos do lemnisco.

Alguns axônios derivados de neurônios cocleares anteriores seguem posteriormente, superficial a fibras espinais trigeminais descendentes, fibras cerebelares no pedúnculo inferior, e axônios do núcleo coclear posterior. Este feixe de fibras cocleares anteriores é menor que o da decussação do corpo trapezoide. Ele se desvia anteromedialmente através da linha mediana, anteriormente ao fascículo longitudinal medial, como as estrias acústicas intermediárias. Sua via subsequente é incerta, mas ele provavelmente ascende no lemnisco lateral contralateral.

Os axônios localizados mais posteriormente partem do núcleo coclear posterior. Eles se curvam posteromedialmente ao redor do pedúnculo cerebelar inferior em direção à linha mediana como as estrias acústicas posteriores, anteriores às estrias medulares. Eles se inclinam anteromedialmente e cruzam a linha mediana para ascender no lemnisco lateral contralateral, provavelmente terminando em seus núcleos.

O complexo olivar superior está situado no tegmento da parte inferior da ponte, lateral à formação reticular e ao nível da junção pontobulbar. O complexo superior inclui vários núcleos conhecidos e grupos menores sem nome. Em seres humanos, o núcleo olivar superior lateral é formado por cerca de seis pequenos agregados celulares. O núcleo olivar superior medial (acessório) é grande e compacto. O núcleo do corpo trapezoide é medial. Um grupo retro-olivar, considerado a origem de algumas fibras cocleares eferentes, é posterior. Algumas conexões internucleares foram descritas. O núcleo olivar superior medial recebe impulsos de ambos os órgãos espirais, e pode estar envolvido na localização da fonte de som. Os complexos olivares superiores e os núcleos do corpo trapezoide são estações de retransmissão na projeção auditiva ascendente. Estas intrincadas conexões não foram bem estabelecidas na espécie humana.

O núcleo medial do corpo trapezoide é pequeno no ser humano. Ele tem um componente anterior, que consiste em grandes neurônios espalhados entre os fascículos do corpo trapezoide, e um núcleo posterior mais compacto, medial ao complexo olivar superior. O núcleo se encontra ao nível das raízes que emergem do nervo abducente, anterior ao trato tegmental central. Não se sabe se os núcleos do corpo trapezoide humano atuam na retransmissão auditiva. Alguns axônios do corpo trapezoide podem entrar no fascículo longitudinal medial e ascender para terminar nos núcleos dos nervos trigêmeo, facial, oculomotor, troclear e abducente, onde eles medeiam reflexos que envolvem os músculos tensor do tímpano, estapédio e extrínsecos do bulbo do olho, respectivamente.

O núcleo do lemnisco lateral consiste em pequenos grupos de neurônios (contagens de 18.000 a 24.000 foram registradas em seres humanos) que se encontram entre as fibras do lemnisco lateral. Grupos posteriores, anteriores e intermediários provavelmente recebem axônios aferentes de ambos os núcleos cocleares. Suas eferências entram no mesencéfalo juntamente com o lemnisco lateral e terminam nos colículos inferiores do mesencéfalo.

Alguns axônios eferentes seguem nos nervos cocleares até o órgão espiral. Embora em pequena quantidade, eles podem estar envolvidos na audição, talvez através da modulação da transdução sensorial por reflexos via núcleos cocleares. Os neurônios de origem estão localizados no hilo e ao longo da margem lateral do núcleo olivar superior lateral e na margem lateral do núcleo anterior do corpo trapezoide. Fibras de ambos os lados prosseguem para ambas as cócleas.

Núcleos vestibulares

O complexo vestibular consiste nos núcleos vestibulares medial, lateral (núcleo de Deiter), superior e inferior. O núcleo vestibular medial é o maior. Ele se alarga, depois se estreita à medida que ele ascende a partir do nível olivar superior até a parte inferior da ponte, onde ele separa o núcleo do nervo vago do assoalho do quarto ventrículo. Ele é atravessado pelas estrias medulares, seguindo mais próximo do assoalho, e é contínuo com o núcleo intercalado inferiormente. O núcleo vestibular inferior (que é o menor) se encontra entre o núcleo vestibular medial e o pedúnculo cerebelar inferior, a partir do nível da extremidade superior do núcleo grácil até a junção pontobulbar. Ele é atravessado por fibras descendentes do nervo vestibulococlear e do trato vestibulospinal. O núcleo vestibular lateral se encontra um pouco acima do núcleo inferior e é anterolateral à parte superior do núcleo medial. Ele ascende quase ao nível do núcleo do nervo abducente e sua extremidade anterossuperior é contínua com a extremidade inferior do núcleo superior. O núcleo vestibular lateral é composto de grandes neurônios multipolares, os quais são a principal fonte do trato vestibulococlear. O núcleo vestibular superior é pequeno e se encontra acima dos núcleos medial e lateral. Ele se estende para a ponte em uma posição mais alta do que as outras subdivisões, e ocupa a parte superior da área vestibular.

Através de suas conexões, o sistema vestibular influencia os movimentos dos olhos e da cabeça, e dos músculos do tronco e dos membros, a fim de manter o equilíbrio. Os núcleos vestibulares recebem fibras derivadas da parte vestibular do nervo vestibulococlear, do cerebelo, da formação reticular do tronco encefálico e da medula espinal. Eles enviam axônios para o cerebelo, para o fascículo longitudinal medial, para a medula espinal e para o lemnisco lateral. Evidências sugerem que o aparelho vestibular está espacialmente representado nos núcleos. As fibras vestibulares do nervo vestibulococlear entram no bulbo, entre o pedúnculo cerebelar inferior e o trato espinal trigeminal, e se aproximam da área vestibular, onde elas se bifurcam em ramos descendentes e ascendentes. Os primeiros descem medialmente ao pedúnculo cerebelar inferior e terminam nos núcleos vestibulares medial, lateral e inferior, e os últimos entram nos núcleos superior e medial. Algumas fibras vestibulares entram no cerebelo diretamente através do pedúnculo inferior (superficialmente no corpo justarrestiforme), e terminam no núcleo do fastígio, no lóbulo floculonodular e na úvula.

Os núcleos vestibulares projetam extensamente para o cerebelo e também recebem axônios derivados do córtex cerebelar e dos núcleos do fastígio. As fibras vestibulocerebelares seguem através do pedúnculo cerebelar inferior principalmente para o flóculo e o nódulo. As fibras cerebelovestibulares também seguem para os núcleos através do pedúnculo cerebelar inferior. Elas se originam principalmente no flóculo e no nódulo (lobo posterior), mas algumas fibras são derivadas do lobo anterior e do núcleo do fastígio. O complexo nuclear vestibular projeta para os núcleos reticulares pontinos e para os núcleos motores dos músculos extrínsecos do bulbo do olho no fascículo longitudinal medial. O complexo também projeta para a medula espinal através dos tratos vestibulospinais e do fascículo longitudinal medial (Fig. 18.19).

As informações derivadas dos núcleos vestibulares também atingem o córtex cerebral por meio do tálamo (provavelmente através de partes posteriores do complexo anteroposterior e do pulvinar medial). A área cortical vestibular primária está localizada no lobo parietal na junção entre os sulcos intraparietal e pós-central, a qual é adjacente à porção do giro pós-central onde a cabeça está representada. Isto faz sentido sob o ponto de vista funcional, uma vez que esta região do córtex somatossensorial está relacionada à avaliação consciente da posição do corpo. Pode haver uma representação adicional do sistema vestibular no giro temporal superior, próximo ao córtex auditivo.

Núcleo do nervo abducente

O núcleo do nervo abducente é um grupo de aproximadamente 6.500 neurônios que ocupam uma posição paramediana na substância cinzenta intermédia central alinhada aos núcleos dos nervos troclear, oculomotor e hipoglosso, com os quais ele forma uma coluna motora somática (Fig. 19.1). Ele se encontra anteromedial ao fascículo longitudinal medial, através do qual os núcleos vestibular, coclear e outros núcleos de nervos cranianos, especialmente o nervo oculomotor, se conectam com o nervo abducente. O núcleo do nervo abducente contém grandes neurônios motores e pequenos interneurônios multipolares, os quais estão misturados entre si, embora os últimos estejam mais intensamente concentrados em suas faces lateral e anterior. Os axônios dos neurônios motores atravessam a linha mediana ao nível do núcleo e ascendem no fascículo longitudinal medial para todos os três subnúcleos do núcleo do nervo oculomotor para o músculo reto medial do olho.

Os axônios eferentes do nervo abducente seguem anteriormente, descem através da formação reticular, do corpo trapezoide e do lemnisco medial, e atravessam a parte anterior da ponte para emergir em sua margem inferior (Fig. 19.14): eles inervam o músculo reto lateral do olho (Cap. 39).

O núcleo do nervo abducente recebe conexões aferentes derivadas de fibras corticobulbares (que são principalmente contralaterais, sendo algumas delas fibras corticospinais aberrantes que descem do mesencéfalo até este nível no lemnisco medial); do fascículo longitudinal medial (pelo qual ele está conectado aos núcleos dos nervos oculomotor, troclear e núcleos vestibulares); do trato tetobulbar (das camadas mais profundas do colículo superior); da formação reticular pontina paramediana (a qual se encontra anterossuperior e inferior ao núcleo); do núcleo prepósito do nervo hipoglosso; e da formação reticular do bulbo contralateral.

Núcleo do nervo facial

O núcleo do nervo facial (motor) se encontra na formação reticular pontina inferior, posterior ao núcleo trapezoide posterior e anteromedial ao trato e ao núcleo espinal do nervo trigêmeo. Grupos de neurônios faciais formam colunas que inervam músculos individuais ou que correspondem aos ramos do nervo facial. Os neurônios que inervam os músculos no couro cabeludo e na parte superior da face são posteriores, e os que suprem os músculos da parte inferior da face são anteriores.

As fibras eferentes dos grandes neurônios motores do núcleo do nervo facial formam a raiz motora do nervo facial. O núcleo motor representa a coluna eferente branquial, mas ele se encontra muito mais profundamente na ponte do que se poderia esperar, e seus axônios têm um trajeto mais incomum (Fig. 19.14). Primeiramente, eles se inclinam posteromedialmente em direção ao quarto ventrículo, abaixo do núcleo do nervo abducente, e ascendem medialmente a ele, próximo ao fascículo longitudinal medial. Em seguida, eles se curvam margeando o polo superior do núcleo do nervo abducente e descem anterolateralmente através da formação reticular. Finalmente, eles passam entre seu próprio núcleo medialmente e o núcleo espinal do nervo trigêmeo. Eles emergem entre a oliva e o pedúnculo cerebelar inferior no ângulo pontocerebelar.

O núcleo do nervo facial recebe fibras corticobulbares para controle voluntário. Acredita-se que os neurônios que inervam os músculos no couro cabeludo na parte superior da face recebam fibras corticobulbares bilaterais, enquanto os que suprem os músculos inferiores da face receberiam apenas uma inervação contralateral. Sob o ponto de vista clínico, as lesões em neurônios motores superiores e inferiores do nervo facial podem ser diferenciadas porque as lesões nos primeiros resultam em uma paralisia que está confinada à parte inferior da face contralateral, enquanto as lesões nos últimos resultam em uma completa paralisia ipsilateral (paralisia de Bell).

O núcleo do nervo facial também recebe aferências ipsilaterais do núcleo solitário e do núcleo sensitivo do nervo trigêmeo, estabelecendo importantes conexões reflexas.

Algumas fibras eferentes do nervo facial se originam de neurônios no núcleo salivatório superior, o qual se considera como estando na formação reticular posterolateralmente à extremidade inferior do núcleo do nervo facial. Estes neurônios pré-ganglionares parassimpáticos pertencem à coluna eferente visceral geral. Eles enviam fibras para a raiz sensitiva do nervo facial. Estas seguem pela corda do tímpano até o gânglio submandibular e pelo nervo petroso maior e pelo nervo do canal pterigoide para alcançar o gânglio pterigopalatino.

Reflexo corneano

Um toque na córnea ou a incidência de uma luz brilhante no olho provoca um fechamento reflexo de ambos os olhos. A primeira ação estimula os ramos nasociliares do nervo oftálmico, e a última estimula a retina e a via óptica. Em ambos os casos, impulsos aferentes entram no sistema nervoso central e se espalham através de interneurônios que ativam neurônios no núcleo do nervo facial motor na ponte (Fig. 19.15). Os impulsos eferentes seguem no nervo facial para ativar a parte palpebral do músculo orbicular do olho, o qual se contrai, produzindo um "piscar". O deslizamento das pálpebras carreia secreções lacrimais por sobre o olho, ajudando a remover quaisquer partículas irritantes.

Núcleo sensitivo do nervo trigêmeo

Ao entrar na ponte, as fibras da raiz sensitiva do nervo trigêmeo seguem posteromedialmente em direção ao núcleo sensitivo principal (Fig. 19.9). Cerca de 50% das fibras se dividem em ramos ascendentes e descendentes; as outras ascendem ou descem sem divisão. As fibras descendentes formam o trato espinal do nervo trigêmeo, o qual termina no núcleo subjacente ao trato espinal (núcleo espinal) do nervo trigêmeo.

Algumas fibras ascendentes do nervo trigêmeo, muitas delas intensamente mielinizadas, fazem sinapses às margens dos pequenos neurônios no núcleo sensitivo principal (Fig. 19.16), o qual se encontra lateralmente ao núcleo motor, medialmente ao pedúnculo cerebelar médio, e é contínuo inferiormente com o núcleo espinal. O núcleo principal é considerado como essencialmente relacionado aos estímulos táteis.

Outras fibras ascendentes entram no núcleo mesencefálico, uma coluna de células unipolares cujos ramos periféricos podem conduzir impulsos proprioceptivos derivados dos músculos da mastigação, e possivelmente também dos dentes e dos músculos da face e extrínsecos do bulbo do olho. Seus neurônios são exclusivos em serem os únicos neurônios sensitivos

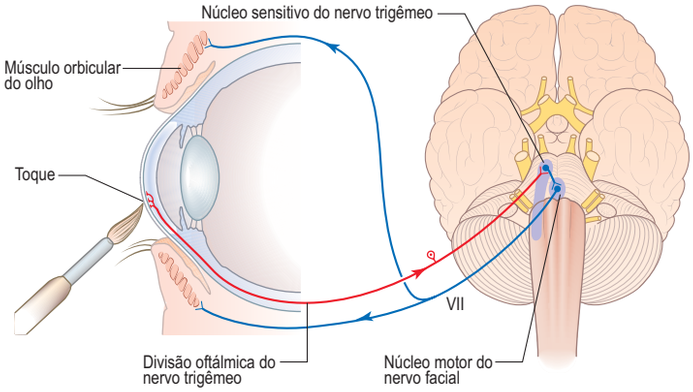


Fig. 19.15 Reflexo corneano. A estimulação unilateral da córnea provoca um reflexo corneano bilateral (não ilustrado).

primários com corpos no SNC. Ele é a estação de retransmissão para o reflexo de abertura da mandíbula (*"jaw jerk"*), que é o único reflexo monossináptico supraspinal significativo. As fibras nervosas que ascendem até o núcleo mesencefálico podem originar colaterais para o núcleo motor do nervo trigêmeo e para o cerebelo.

Reflexo de abertura da mandíbula (*"jaw jerk"*)

A rápida distensão dos músculos que fecham a mandíbula (masseter, temporal, pterigoide medial) ativa aferências em fusos neuromusculares, as quais seguem pela divisão mandibular do nervo trigêmeo até o tronco encefálico (Fig. 19.17). Os corpos celulares destes neurônios aferentes primários estão localizados no núcleo mesencefálico do nervo trigêmeo. Colaterais projetam de forma monossináptica para o núcleo motor do nervo trigêmeo na ponte. Desse local, axônios motores do nervo mandibular inervam os músculos que fecham a mandíbula.

A maioria das fibras que se originam nos núcleos sensitivos do nervo trigêmeo atravessa a linha mediana e ascende no lemnisco trigeminal. Elas terminam no núcleo anteroposterior medial contralateral do tálamo, do qual neurônios de terceira ordem projetam para o giro pós-central do córtex cerebral (áreas 1, 2 e 3). Algumas eferências do núcleo ascendem até o núcleo anteroposterior medial do tálamo ipsilateral.

Núcleo motor do nervo trigêmeo

O núcleo motor do nervo trigêmeo tem um formato ovoide e se encontra na parte superior do tegmento da ponte, sob a parte lateral do assoalho do quarto ventrículo (Fig. 19.1). Ele se encontra medial ao núcleo sensitivo principal e está separado dele por fibras do nervo trigêmeo. Ele ocupa a posição da coluna eferente branquial (visceral especial).

O núcleo motor do nervo trigêmeo contém grandes neurônios multipolares característicos, entremeados com células multipolares menores. Os neurônios estão organizados em vários subnúcleos relativamente distintos, cujos axônios inervam músculos individuais. Ele recebe fibras de ambos os tratos corticobulbares. Estas fibras deixam os tratos ao nível nuclear ou em posição mais alta na ponte (fibras corticospinais aberrantes) e descem no lemnisco medial. Elas podem terminar em neurônios motores ou em interneurônios. O núcleo motor recebe aferências derivadas dos núcleos sensitivos do nervo trigêmeo, possivelmente incluindo algumas do núcleo mesencefálico, que formam arcos reflexos monossinápticos para o controle proprioceptivo dos músculos da mastigação. Ele também recebe aferências da formação reticular, do núcleo rubro e do teto, do fascículo longitudinal medial e possivelmente do *locus ceruleus*. Coletivamente, estas representam vias pelas quais a secreção salivar e a mastigação podem estar coordenadas.

Reflexo dos músculos tensor do tímpano e estapédio

Sons altos provocam a contração reflexa dos músculos tensor do tímpano e estapédio, o que atenua o movimento da membrana timpânica e dos ossículos da orelha média (Cap. 36). Os impulsos aferentes seguem pelo nervo coclear para os núcleos cocleares no tronco encefálico. As fibras eferentes para o músculo tensor do tímpano se originam no núcleo motor do nervo trigêmeo e seguem na divisão mandibular do referido nervo. As fibras eferentes para o músculo estapédio se originam no núcleo do nervo facial e seguem pelo nervo facial.

Núcleo salivatório

O núcleo salivatório (ou salivar) encontra-se próximo ao polo superior do núcleo do nervo vago, um pouco acima da junção bulbopontina e próximo ao polo inferior do núcleo do nervo facial. Ele está comumente dividido em núcleos salivatórios superior e inferior, os quais enviam fibras préganglionares parassimpáticas para o nervo facial e glossofaríngeo para o controle das glândulas salivares e lacrimais.

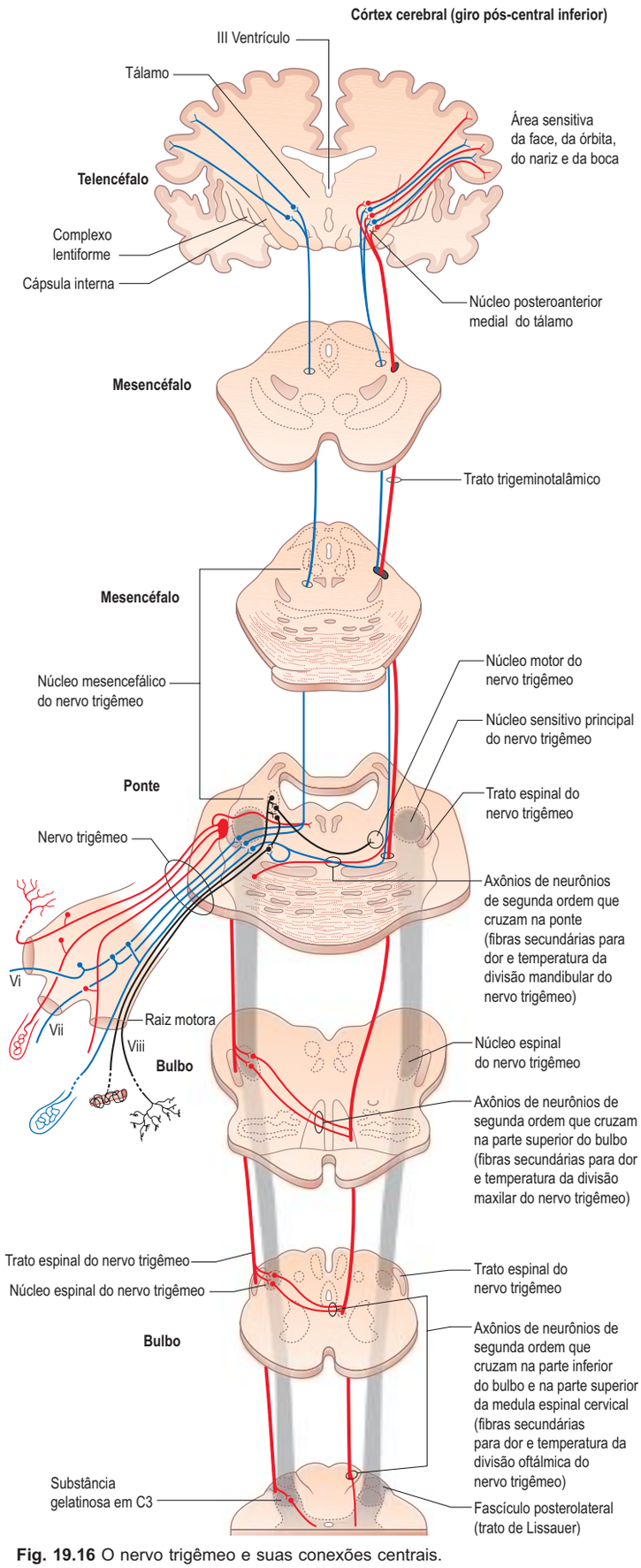


Fig. 19.16 O nervo trigêmeo e suas conexões centrais.

MESENCÉFALO

MORFOLOGIA EXTERNA E RELAÇÕES

O mesencéfalo atravessa o hiato no tentório do cerebelo, e conecta a ponte e o cerebelo com o telencéfalo. Ele é o segmento mais curto do tronco encefálico, com aproximadamente 2 cm de comprimento, e cuja maior

parte se encontra na fossa posterior do crânio. Lateralmente a ele estão os giros para-hipocampais, que encobrem suas partes laterais quando a superfície inferior do encéfalo é examinada. Para propósitos descritivos, o mesencéfalo pode ser dividido posteriormente em teto e anteriormente em pedúnculos cerebrais (direito e esquerdo), cada um dos quais sendo ainda subdividido em pilar do cérebro, em posição anterior, e tegmento, em posição posterior, por uma lâmina pigmentada, a substância negra. Os dois pilares estão separados, enquanto as partes do tegmento estão unidas e atravessadas pelo aqueduto do mesencéfalo que conecta o terceiro e o quarto ventrículos. O teto se encontra posterior ao aqueduto do mesencéfalo e consiste na área pré-tetal e nos pares de colículos superiores e inferiores (corpos quadrigêmeos).

Os pilares do cérebro são superficialmente corrugados e emergem dos hemisférios cerebrais. Eles convergem à medida que eles descem e se encontram conforme eles entram na ponte, onde formam os limites inferolaterais da fossa interpeduncular (Figs. 19.18 e 19.19). Ao nível da incisura tentorial, a artéria basilar se divide na fossa interpeduncular em artérias cerebrais posteriores direita e esquerda. As artérias cerebelares superiores se ramificam a partir da artéria basilar imediatamente antes desta bifurcação. As artérias cerebral posterior e cerebelar superior seguem lateralmente margeando a superfície anterior do pilar do cérebro, com a primeira percorrendo por sobre o tentório do cerebelo e a segunda passando por baixo. Os nervos oculomotor e troclear se encontram entre as duas artérias. As raízes do nervo oculomotor emergem a partir da face medial do pilar do cérebro (Fig. 15.7). A artéria comunicante posterior se une à artéria cerebral posterior na superfície medial do pedúnculo na fossa interpeduncular. A parte inferior mediana da fossa interpeduncular constitui a substância perfurada posterior, que é transpassada por ramos centrais (perfurantes) das artérias cerebrais posteriores. O trato óptico se projeta posterolateralmente ao redor do pilar do cérebro, próximo onde este último emerge dos hemisférios cerebrais.

Os colículos superiores e inferiores são dois pares de eminências na superfície posterior do mesencéfalo (Fig. 19.3). Eles se dispõem anteros-superiormente ao véu medular superior do bulbo, inferiormente à glândula pineal e à comissura posterior. Abaixo do esplênio do corpo caloso, eles são parcialmente sobrepostos pelo pulvinar do tálamo. Os colículos superiores e inferiores estão separados por um sulco cruciforme. O limite superior do sulco se expande em uma depressão para a glândula pineal, e um frênulo mediano do véu medular superior do bulbo é prolongado a partir de sua extremidade inferior para baixo e por sobre o véu medular superior do bulbo. Os nervos trocleares emergem lateralmente ao frênulo, seguem anteriormente sobre as faces laterais dos pedúnculos cerebrais e atravessam a cisterna interpeduncular até a extremidade petrosa do seio cavernoso. Os colículos superiores, maiores que os inferiores, são centros para respostas dos reflexos visuais. Os colículos inferiores são uma parte da via auditiva ascendente.

Os braços dos colículos passam anterolateralmente a partir da face lateral de cada colículo (Fig. 19.3). O braço do colículo superior (braço quadrigeminal superior) segue inferiormente ao pulvinar do tálamo, se sobrepondo parcialmente ao corpo geniculado medial, e conduz fibras provenientes da retina para o colículo superior. O braço do colículo inferior (braço quadrigeminal inferior) ascende anteriormente e conduz fibras derivadas do lemnisco lateral e do colículo inferior para o corpo geniculado medial.

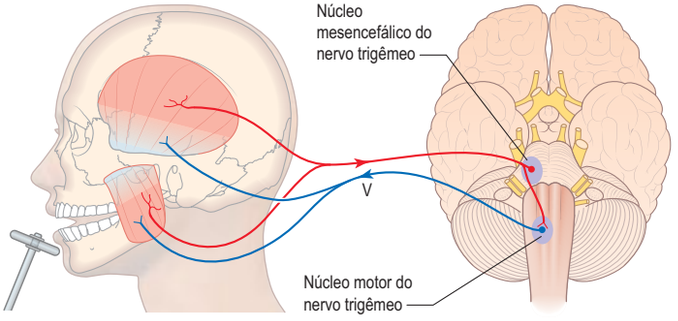


Fig. 19.17 Reflexo da abertura da mandíbula ("*jaw jerk*").

MORFOLOGIA INTERNA

Cortes transversais do mesencéfalo

Em cortes transversais, os pedúnculos cerebrais são vistos como sendo compostos por regiões posterior e anterior separadas pela substância negra (Figs. 19.18 e 19.19). A cada lado, a região posterior é o tegmento, e a parte anterior é o pilar do cérebro. Os tegmentos são contínuos através da linha mediana, porém os pilares são separados.

Pilar do cérebro

O pilar do cérebro tem um formato aproximadamente semilunar ao corte, sendo convexo externamente e côncavo internamente. Ele contém fibras corticobulbares e corticospinais. As fibras corticobulbares terminam em vários níveis do tronco encefálico, algumas em associação com os núcleos de nervos cranianos (fibras corticonucleares). As fibras corticospinais seguem ininterruptas através do tronco encefálico para entrar na pirâmide do bulbo e, consequentemente, formar os tratos corticospinais da medula espinal (Fig. 18.18). As fibras corticonucleares e corticospinais ocupam os

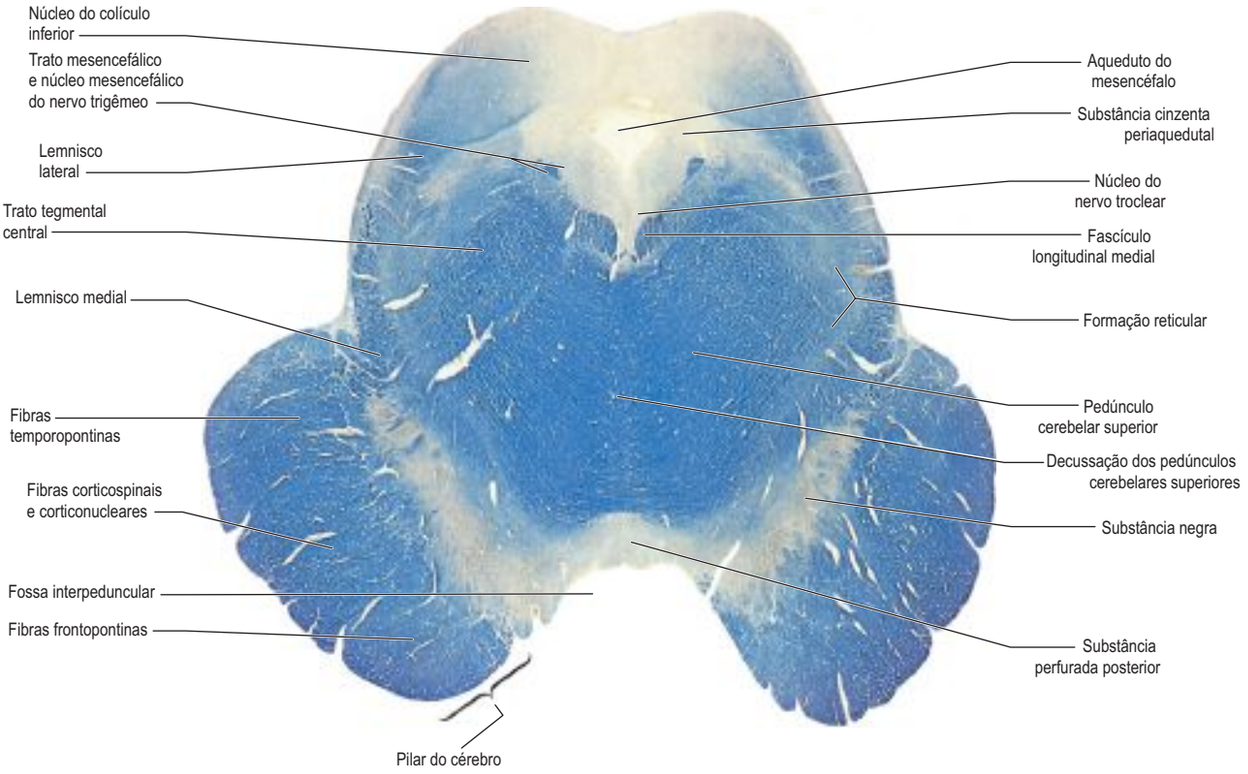


Fig. 19.18 Corte transversal do mesencéfalo ao nível dos colículos inferiores.

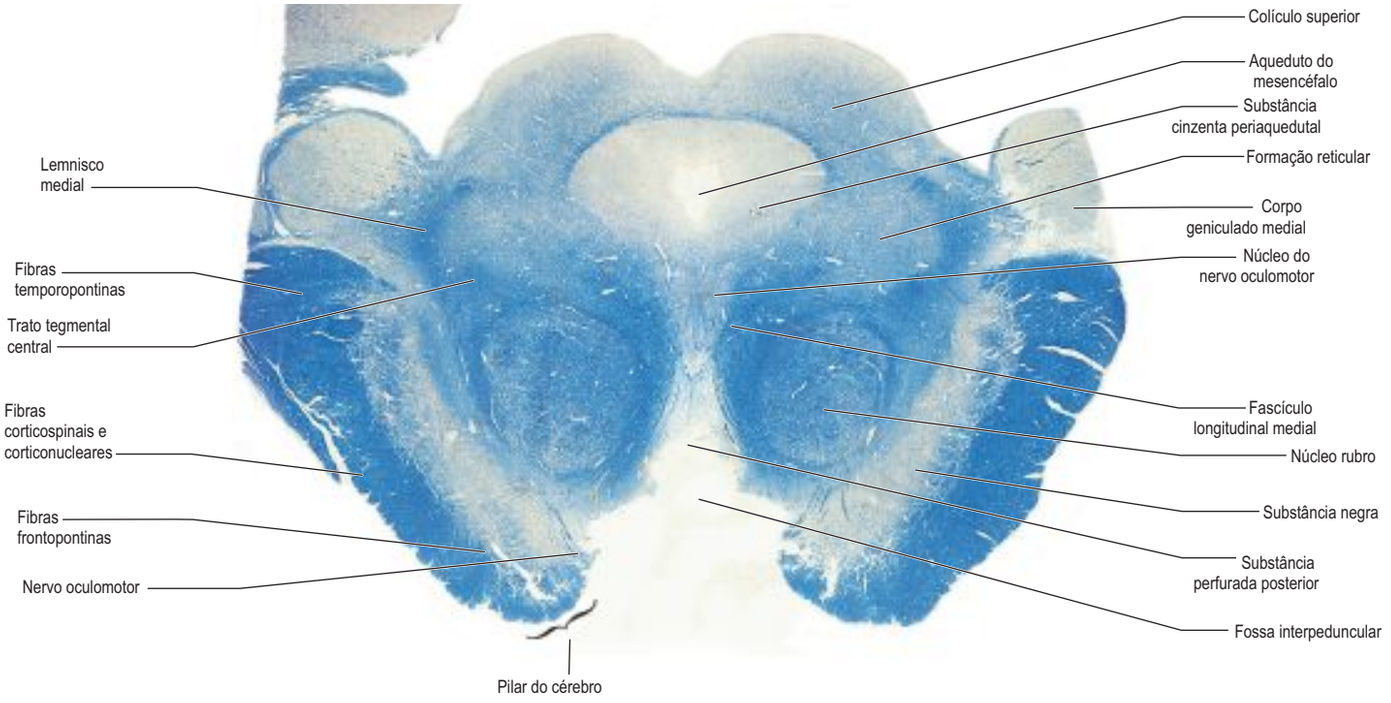


Fig. 19.19 Corte transversal do mesencéfalo ao nível dos colículos superiores.

dois terços intermediários do pilar do cérebro. As fibras corticopontinas se originam no córtex cerebral e formam dois grupos, ambos os quais terminam nos núcleos pontinos. As fibras frontopontinas derivadas do lobo frontal, principalmente das áreas 6 e 4, atravessam a cápsula interna e em seguida ocupam o sexto medial do pilar do cérebro ipsilateral. As fibras temporopontinas, que se originam grandemente da região posterior do lobo temporal, atravessam a cápsula interna e em seguida seguem no sexto lateral do pilar do cérebro ipsilateral. As fibras parietopontinas e occipitopontinas também estão descritas no pilar do cérebro, dispondo-se medialmente às fibras temporopontinas. Existem poucas fibras derivadas do córtex sensorial primário nas projeções corticopontinas.

Tegmento mesencefálico

O tegmento mesencefálico é contínuo com o tegmento pontino. Ao nível dos colículos inferiores, a substância cinzenta está restrita a coleções espalhadas de neurônios na formação reticular e a uma região periaquedutal central, anterior ao aqueduto do mesencéfalo. O núcleo do nervo troclear se encontra nesta última região, próximo à linha mediana, em uma posição que corresponde aos núcleos do nervo abducente e hipoglosso em níveis mais inferiores. Ele se estende através da metade inferior do mesencéfalo, um pouco inferior ao núcleo do nervo oculomotor e imediatamente posterior ao fascículo longitudinal medial.

O núcleo mesencefálico do nervo trigêmeo ocupa uma posição lateral na substância cinzenta intermédia central (Fig. 19.2). Ele ascende a partir do núcleo sensitivo principal do nervo trigêmeo na ponte até o nível do colículo superior no mesencéfalo. Seus grandes neurônios ovoides são unipolares, como aqueles dos gânglios periféricos sensitivos. Eles estão organizados em muitos grupos pequenos, que se estendem como lâminas curvas nas margens laterais da substância cinzenta periaquedutal: os neurônios são mais numerosos inferiormente.

Afora estes núcleos, o tegmento mesencefálico contém muitos outros neurônios espalhados, a maioria dos quais está incluída na formação reticular.

A substância branca do tegmento mesencefálico contém a maioria dos tratos presentes no tegmento pontino. A decussação dos pedúnculos cerebelares superiores é particularmente proeminente. Numerosas fibras ascendentes entram no tegmento mesencefálico a partir do cerebelo e seguem anteromedialmente, decussando na linha mediana (Fig. 19.18). Consequentemente, as fibras ascendentes encapsulam e penetram no núcleo rubro, no qual algumas fibras, ou seus colaterais, terminam (Fig. 19.19). No entanto, a maioria das fibras ascende para terminar no núcleo anterior lateral do tálamo. Acredita-se que uma quantidade relativamente pequena de fibras não cruzadas termine na substância cinzenta periaquedutal e na formação reticular, no núcleo intersticial e no núcleo da comissura posterior (núcleo de Darkschewitsch). Este último núcleo pode enviar fibras eferentes para o fascículo longitudinal medial e para a comissura posterior. Aparentemente, os fascículos descendentes derivados dos pedúnculos cerebelares superiores também terminam na formação reticular da ponte e do bulbo, no complexo olivar inferior e, possivelmente, nos núcleos motores dos nervos cranianos.

O fascículo longitudinal medial se une à coluna celular eferente somática, posterior aos pedúnculos cerebelares superiores em decussação (Fig. 19.18). Os lemniscos medial, do nervo trigêmeo, lateral e espinal formam uma faixa curva posterolateralmente à substância negra. As fibras nos lemniscos medial, do nervo trigêmeo e espinal continuam um trajeto anterossuperior para fazer sinapses com os neurônios nas partes lateral e medial do núcleo posterior anterior do tálamo. Algumas fibras do lemnisco lateral terminam no núcleo do colículo inferior ou enviam colaterais para ele. As fibras dos lemniscos laterais restantes se unem a fibras que se originam no colículo inferior e entram no braço quadrigeminal inferior, que as transporta para o corpo geniculado medial.

Ao nível do colículo superior, o tegmento contém o núcleo rubro (Fig. 19.19), que se estende anterossuperiormente para a região subtalâmica. A substância cinzenta intermédia central anteromedial ao redor do aqueduto contém o núcleo do nervo oculomotor, de formato alongado, o qual se encontra adjacente anterolateralmente ao fascículo longitudinal medial e inferiormente atinge o núcleo do nervo troclear. O núcleo do nervo oculomotor é divisível em grupos neuronais que podem estar em parte correlacionados à distribuição motora do nervo oculomotor. Um grupo de neurônios pré-ganglionares parassimpáticos que controlam a atividade da musculatura lisa no globo ocular, o núcleo de Edinger-Westphal, se encontra posteriormente ao núcleo do nervo oculomotor.

Substância negra

A substância negra é um grande núcleo que se prolonga através de toda a extensão do mesencéfalo (Figs. 19.18 e 19.19). Ela tem as principais conexões com os núcleos da base e é fundamental na patologia da doença de Parkinson (Cap. 22).

A substância negra está localizada[2] entre o pilar do cérebro anterolateralmente e as fibras dos lemniscos ascendentes posteromedialmente. Sua parte medial é atravessada por axônios do nervo oculomotor que seguem anteriormente até seu ponto de emergência na fossa interpeduncular. A substância negra é dividida em uma parte compacta, em posição posterior, e uma parte reticular, em posição anterior; os neurônios em cada parte têm conexões bastante diferentes.

A parte compacta consiste em neurônios intensamente pigmentados, os quais contêm grânulos de neuromelanina. Sua organização é irregular e eles penetram parcialmente na parte reticular subjacente. A pigmentação aumenta com a idade, é mais abundante em primatas, máxima na espécie humana e está presente mesmo em albinos. Os neurônios pigmentados da parte compacta sintetizam dopamina como seu neurotransmissor e projetam predominantemente para o corpo estriado dos núcleos da base, assim como também para outros locais. A parte compacta corresponde ao grupo celular dopaminérgico A9 (Fig. 22.10). Dois outros grupos celulares dopa-

[2] **Nota da Revisão Científica**: A **substância negra** não é um componente do tegmento do mesencéfalo. É anterolateral ao tegmento e separa esta área dos feixes de fibras do pilar do cérebro. Alguns autores incluem a substância negra como parte da base do pedúnculo, uma convenção seguida aqui por orientação da terminologia anatômica.

minérgicos são encontrados no tegmento anterior: o grupo celular A10 na região anteromedial, o qual corresponde à área tegmental anterior (de Tsai); e o grupo celular A8 na área reticular posterolateral, o qual forma o núcleo parabraquial pigmentoso. Todo o sistema tegmental anterior de neurônios dopaminérgicos parece atuar como um centro integrador para o comportamento adaptativo. Ele projeta através de uma certa quantidade de vias, principalmente através de fibras ascendentes no feixe prosencefálico medial ipsilateral. Estas vias formam um sistema mesodiencefálico, o qual termina em núcleos do tálamo e hipotalâmicos; uma projeção mesostriatal para o núcleo caudado e para o putame; uma via mesolímbica para o núcleo acumbens, tubérculo olfatório, septo lateral, núcleo intersticial da estria terminal, amídala e córtex entorrinal; e fibras mesocorticais que projetam para a maioria das áreas corticais, particularmente os córtices pré-frontal, orbitofrontal e cingulado.

A parte compacta projeta intensamente para o núcleo caudado e para o putame de uma maneira topograficamente organizada (fibras nigrostriatais). Projeções menos abundantes terminam no globo pálido e no núcleo subtalâmico. Na doença de Parkinson, os níveis de dopamina na substância negra e no estriado diminuem drasticamente como resultado da degeneração dos neurônios da parte compacta (Cap. 22).

A parte reticular da substância negra se estende anterossuperiormente até a região subtalâmica. Ela é considerada como um homólogo do segmento medial (interno) do globo pálido, com o qual se assemelha em termos de tipos celulares e conectividade. Ela consiste em agregados de neurônios, muitos dos quais se entremeiam com fibras do pilar do cérebro. A maioria dos neurônios da parte reticular é GABAérgica e também contém altos níveis de ferro.

Existem conexões recíprocas entre a substância negra e os núcleos da base. As fibras eferentes derivadas dos núcleos da base terminam principalmente, mas não exclusivamente, na parte reticular. As fibras estriatonigrais, topograficamente organizadas, se originam do núcleo caudado e do putame, e projetam para a parte reticular. A cabeça do núcleo caudado projeta para o terço anterossuperior da substância negra, enquanto o putame projeta para todas as partes. As fibras terminam em sinapses axodendríticas. Um pequeno número de fibras palidonigrais GABAérgicas derivadas do segmento lateral (externo) do globo pálido termina principalmente na parte reticular. O núcleo subtalâmico envia uma importante projeção glutamatérgica para a parte reticular e para o globo pálido. As projeções subtalamonigrais e subtalamopalidais são importantes na fisiopatologia das doenças dos movimentos, tais como a doença de Parkinson e as discinesias (Cap. 22).

Os neurônios GABAérgicos na parte reticular projetam anterossuperiormente para os núcleos talâmicos anterior e posteromedial, e inferiormente para o núcleo pedunculopontino e para a formação reticular, de onde impulsos são retransmitidos para os neurônios do corno anterior da medula espinal. Uma parte lateral da substância negra é reconhecível, porém pequena, na espécie humana. Ela projeta para o colículo superior ipsilateral e pode estar envolvida no controle de movimentos oculares.

Algumas fibras corticonigrais parecem existir, seguindo dos giros pré-central e pós-central, para neurônios na parte reticular.

Núcleo rubro

O núcleo rubro é uma massa rosada e ovoide de aproximadamente 5 mm de diâmetro e disposta posteromedialmente à substância negra (Fig. 19.19). A tonalidade aparece apenas em material fresco e é causada pelo pigmento férrico em seus neurônios multipolares. Estes últimos são de tamanho variável e suas proporções relativas e organização variam entre as espécies. Em primatas, o elemento magnocelular é reduzido, e existe um aumento recíproco no tamanho do componente parvocelular. Pequenos neurônios multipolares ocorrem em todas as partes do núcleo. Na espécie humana, os maiores neurônios estão restritos à parte inferior do núcleo e têm sido estimados em um número em torno de 200. O elemento magnocelular é considerado antigo sob o ponto de vista filogenético, o que está de acordo com a predominância parvocelular em primatas. Anterossuperiormente, o núcleo rubro é mal demarcado, e ele se funde com a formação reticular e com o polo inferior do núcleo intersticial. Ele é atravessado e circundado por fascículos de fibras nervosas, incluindo muitos derivados do núcleo do nervo oculomotor.

As principais conexões aferentes do núcleo rubro são as fibras corticorrubrais e cerebelorrubrais. As fibras corticorrubrais não cruzadas se originam de áreas somatomotoras e somatossensoriais primárias. Em animais, o núcleo rubro recebe fibras do núcleo interpósito contralateral (o qual corresponde aos núcleos globoso e emboliforme de cerebelos humanos), e do núcleo denteado, através do pedúnculo cerebelar superior. Ele tem conexões bilaterais, provavelmente recíprocas, com os colículos superiores. Em seres humanos, o trato rubrospinal é pequeno e se origina da parte inferior magnocelular do núcleo rubro. Poucas fibras atingem a medula cervical. As fibras decussam e, em seguida, seguem oblíqua e lateralmente na decussação tegmental anterior, anteriormente à decussação tetospinal e posteriormente ao lemnisco medial. Ao atingir a substância cinzenta anterior ao pedúnculo cerebelar inferior, o trato se volta inferiormente para entrar na parte lateral do lemnisco lateral. Ele continua descendo anteriormente ao trato e ao núcleo do nervo trigêmeo por todo o bulbo, e entra na parte superior da medula espinal cervical misturado a fibras do trato corticospinal lateral. Alguns axônios eferentes formam um trato rubrobulbar para núcleos motores dos nervos trigêmeo, facial, oculomotor, troclear e abducente.

O maior grupo de eferências derivadas do núcleo rubro na espécie humana é um componente descendente do trato tegmental central ipsilateral. Inicialmente, este trato se encontra lateral ao fascículo longitudinal medial e posterolateral ao núcleo rubro e à decussação dos pedúnculos cerebelares superiores (Figs. 19.9, 19.10, 19.11 e 19.18). A maioria das fibras se origina da parte parvocelular do núcleo rubro e segue para o núcleo olivar inferior ipsilateral no bulbo. Algumas fibras do trato terminam nos núcleos reticulares do tronco encefálico. Axônios ascendentes e descendentes derivados da formação reticular do tronco encefálico também seguem no trato tegmental central. Estes axônios incluem feixes noradrenérgicos ascendentes posteriores e anteriores, um feixe serotoninérgico ascendente anterior e algumas fibras de feixes colinérgicos ascendentes posteriores e anteriores.

Conforme mencionado em vários locais (pág. 269), as lesões do sistema corticospinal na espécie humana resultam em paresia ou paralisia permanente. Em macacos, embora inicialmente completa, a paralisia desaparece e ocorre uma boa recuperação. A explicação para esta variabilidade na recuperação entre primatas de lesões corticospinais parece estar na capacidade diferencial do sistema rubrospinal de compensar a perda do impulso corticospinal. Os macacos nunca se recuperam completamente de lesões combinadas de ambos os tratos corticospinal e rubrospinal, o que sugere que os dois sistemas estão funcionalmente inter-relacionados no controle dos movimentos. Ambos codificam parâmetros de força, velocidade e direção, mas o sistema rubrospinal direciona principalmente a atividade tanto durante a fase terminal de um movimento como no momento que precede um movimento. Existe, portanto, uma sobreposição da atividade nos dois sistemas para todos os parâmetros durante movimentos de membros e mesmo de dedos individuais. O sistema corticospinal é mais ativo durante o aprendizado de novos movimentos, enquanto o sistema rubrospinal é mais ativo durante a execução de movimentos aprendidos de forma automática.

A projeção rubro-olivar, que se desloca pelo trato tegmental central, conecta o núcleo rubro indiretamente ao córtex cerebelar contralateral. Considera-se que o cerebelo desempenha um papel no aprendizado motor, e de modo que o sistema rubro-olivar possa mudar o controle de movimentos do sistema corticospinal para o sistema rubrospinal por automação programada. A relativa ausência de um sistema rubrospinal na espécie humana poderia explicar a má recuperação da função motora após um acidente vascular encefálico (AVE).

Núcleo do nervo oculomotor

O complexo nuclear do qual as fibras eferentes do nervo oculomotor se originam consiste em vários grupos de grandes neurônios motores (coletivamente, o núcleo do nervo oculomotor; Fig. 19.19) e neurônios pré-ganglionares parassimpáticos menores (o núcleo de Edinger-Westphal). Os grupos de neurônios motores do núcleo do nervo oculomotor inervam, em ordem posteroanterior, os músculos reto inferior, oblíquo inferior e reto medial do olho ipsilaterais. Uma coluna de células situada medialmente inerva o músculo reto superior contralateral: os axônios deste subnúcleo decussam em sua parte inferior. O subnúcleo do reto medial consiste em três subpopulações anatomicamente distintas. A porção anterior, que contém o maior número de neurônios motores, ocupa os dois terços anterossuperiores; uma subpopulação de neurônios motores menores se encontra posteriormente à totalidade dos dois terços anterossuperiores do núcleo e inerva as pequenas fibras orbitais do músculo reto medial; e uma outra subpopulação se encontra posterolateralmente nos dois terços inferiores do núcleo.

Um subnúcleo mediano de grandes neurônios, o núcleo central inferior, se encontra no polo inferior do núcleo do nervo oculomotor, adjacente aos subnúcleos dos músculos reto superior e reto medial do olho. Em primatas não humanos, aproximadamente 30% dos neurônios motores neste subnúcleo inervam os músculos levantadores da pálpebra superior bilateralmente, o que é exclusivo para músculos esqueléticos pareados.

O núcleo de Edinger-Westphal, composto de pequenos neurônios multipolares pré-ganglionares parassimpáticos, se encontra posterior ao núcleo principal do nervo oculomotor. Seus neurônios dão origem a axônios que seguem no nervo oculomotor e fazem sinapses com neurônios pós-ganglionares no gânglio ciliar.

Fascículos de axônios de todos estes subnúcleos seguem adiante no mesencéfalo e emergem como o nervo oculomotor na fossa interpeduncular. Os fascículos estão mais provavelmente organizados da região medial para a lateral, suprindo a pupila, os músculos reto inferior, reto medial, levantador da pálpebra superior, reto superior e oblíquo inferior. O nervo oculomotor humano contém aproximadamente 15.000 axônios.

Estímulos aferentes ao complexo nuclear do nervo oculomotor incluem fibras derivadas do núcleo intersticial anterossuperior do fascículo longitudinal medial e do núcleo intersticial de Cajal, ambos os quais estão envolvidos no controle funcional do olhar vertical e torsional. Outros estímulos advêm, seja direta ou indiretamente, de núcleos da comissura posterior, do núcleo intersticial de Cajal, dos campos oculares frontais, do colículo superior, do núcleo denteado e de outras áreas corticais. O fascí-

culo longitudinal medial transporta conexões dos núcleos troclear e vestibular, e do nervo abducente; os núcleos vestibulares medial e lateral projetam para o subnúcleo do músculo reto medial do olho.

Estímulos aferentes ao núcleo de Edinger-Westphal advêm principalmente dos núcleos pré-tetais bilateralmente, mediando o reflexo luminoso pupilar, e do córtex visual, mediando a acomodação.

Núcleo do nervo troclear

O núcleo do nervo troclear se encontra na substância cinzenta do assoalho do aqueduto do mesencéfalo, nivelado com a parte superior do colículo inferior (Figs. 19.1 e 19.18). Ele está alinhado com a parte anteromedial do núcleo do nervo oculomotor, na posição da coluna eferente somática. O fascículo longitudinal medial encontra-se anterior e lateralmente a ele. Os núcleos dos nervos oculomotor e troclear frequentemente se sobrepõem ligeiramente, mas podem ser distinguidos pelo menor tamanho dos neurônios dos núcleos trocleares. Os estímulos aferentes para o núcleo do nervo troclear são similares àqueles descritos para o núcleo do nervo oculomotor. As fibras eferentes do nervo troclear seguem lateroposteriormente ao redor da substância cinzenta intermédia central; em seguida, descem medialmente ao núcleo do nervo trigêmeo no mesencéfalo para atingir a extremidade superior do véu medular superior do bulbo, onde elas decussam e emergem lateralmente ao frênulo do véu. Poucas fibras permanecem ipsilaterais.

Fascículo longitudinal medial

O fascículo longitudinal medial (Figs. 19.9, 19.18, e 39.12) é um trato composto predominantemente mielínico, disposto próximo à linha mediana, anteriormente à substância cinzenta periaquedutal. Ele ascende até o núcleo intersticial de Cajal, o qual se encontra na parede lateral do terceiro ventrículo, um pouco acima do aqueduto do mesencéfalo. O fascículo retém sua posição relativa à substância cinzenta intermédia central através do mesencéfalo, da ponte e da parte superior do bulbo, mas está deslocado anteriormente por sucessivas decussações dos lemniscos mediais e dos tratos corticospinais laterais. Nos níveis espinais, ele é sinônimo de trato vestibulospinal medial.

O fascículo interconecta os núcleos do nervo oculomotor, troclear, abducente, de Edinger-Westphal, vestibulares, reticulares e acessório espinal coordenando movimentos oculares conjugados e movimentos associados da cabeça e do pescoço. Lesões causam a oftalmoplegia internuclear. Todos os quatro núcleos vestibulares contribuem com fibras ascendentes. Aquelas derivadas do núcleo superior permanecem não cruzadas, enquanto as outras são parcialmente cruzadas. Algumas fibras atingem os núcleos intersticial e comissural posterior, e algumas decussam para os núcleos contralaterais. Axônios descendentes, derivados dos núcleos vestibulares mediais e talvez dos núcleos laterais e inferiores, decussam parcialmente e descem no fascículo para formar o trato vestibulospinal medial (Fig. 18.19). As fibras se unem no fascículo a partir dos núcleos trapezoide posterior, lemniscal lateral e comissural posterior, o que significa que componentes tanto cocleares como vestibulares do nervo vestibulococlear podem influenciar os movimentos dos olhos e da cabeça através do fascículo longitudinal medial. Algumas fibras vestibulares podem ascender no fascículo longitudinal medial até o tálamo.

Teto

Colículo inferior

O colículo inferior (Fig. 19.18) é parte da via auditiva ascendente (Cap. 37) e é o principal local de terminação do lemnisco lateral. Ele tem um núcleo principal central, de formato ovoide, o qual é contínuo com a substância cinzenta periaquedutal. Ele é circundado por uma lâmina de fibras nervosas, muitas derivadas do lemnisco lateral, as quais terminam nele. O núcleo central tem zonas posteromediais e anterolaterais, que são cobertas por um córtex posterior. Em seres humanos, o córtex tem quatro camadas citoarquitetônicas: a camada I contém pequenos neurônios com campos dendríticos radiais achatados; a camada II, neurônios de tamanho médio com campos dendríticos ovoides, alinhados paralelamente com a superfície do colículo; a camada III, neurônios de tamanho médio com campos dendríticos esféricos; e a camada IV, grandes neurônios com campos dendríticos de formato variável. O núcleo central é laminado. Faixas de células com campos dendríticos em formato de disco ou estrelados espalham ortogonalmente as camadas de fibras nas quais os terminais de fibras dos lemniscos laterais se ramificam. Os neurônios são refinadamente coadunados com a frequência, e as lâminas podem representar a base estrutural da discriminação dos tons. Estudos experimentais encontraram células estimuladas por baixas frequências nas lâminas posteriores e outras estimuladas por altas frequências nas lâminas anteriores. Os neurônios são amplamente ajustados à frequência no córtex posterior e no núcleo lateral.

A maioria das fibras eferentes derivadas do colículo inferior segue através do braço inferior para o corpo geniculado medial ipsilateral. As fibras do lemnisco transmitem apenas para o núcleo central, e algumas seguem sem repasse para o corpo geniculado medial. Na espécie humana, a divisão anterior do corpo geniculado medial recebe uma projeção topográfica a partir do córtex posterior. Algumas fibras coliculogeniculadas não transmitem para o corpo geniculado, mas continuam, com aquelas que o fazem, através da radiação auditiva para o córtex auditivo. Uma projeção descendente derivada do córtex auditivo atinge o colículo inferior através do corpo geniculado medial. Algumas fibras podem atravessar esta projeção sem repasse. Esta via descendente pode produzir efeitos em níveis do corpo geniculado medial para baixo, e ela provavelmente se liga a fibras cocleares eferentes através dos núcleos olivares superior e coclear.

As projeções dos colículos inferiores para o tronco encefálico e para a medula espinal parecem atravessar os colículos superiores antes de descerem. Nesta via, elas se conectam com as origens dos tratos tetospinal e tetotegmental. Estas projeções são relativamente pequenas e provavelmente medeiam a rotação reflexa da cabeça e dos olhos em resposta a sons.

Em animais experimentais, as lesões do colículo inferior ou de seu braço produzem defeitos na discriminação dos tons, na localização dos sons e nos reflexos auditivos. Os efeitos de tais lesões são mal documentados em seres humanos.

Colículo superior

O colículo superior é uma estrutura laminada. Em sucessivas profundidades a partir da superfície externa, ele pode ser dividido em um estrato zonal, um estrato cinéreo, um estrato óptico e um estrato de lemniscos. O estrato de lemniscos pode ser subdividido em um estrato cinzento intermédio, um estrato branco intermédio, um estrato cinzento profundo e um estrato branco profundo. Estas sete camadas também podem ser denominadas estratos zonais, cinzenta superficial, óptica, cinzenta intermédia, cinzenta profunda, branca profunda e periventricular. Os dois esquemas não estão completamente de acordo, porém, como uma generalização, as camadas podem ser consideradas como compostas alternadamente de corpos celulares de neurônios ou de seus prolongamentos. A camada zonal consiste principalmente em fibras mielínicas e amielínicas derivadas do córtex occipital (áreas 17, 18 e 19), que chegam como o trato corticotetal externo. Ela também contém alguns pequenos neurônios, os quais estão horizontalmente organizados. A camada cinzenta superficial (ou estrato cinéreo) forma uma lâmina em formato de crescente por sobre as camadas mais profundas e contém muitos interneurônios multipolares pequenos, nos quais as fibras corticais fazem sinapses. A camada óptica consiste parcialmente em fibras derivadas do trato óptico. À medida que elas terminam, permeiam toda a extensão anteroposterior das camadas superficiais com numerosos ramos colaterais. Este arranjo fornece um mapa retinotópico do campo visual contralateral, no qual a fóvea está representada anterolateralmente. Os axônios retinianos terminam em agregados derivados de neurônios retinotetais específicos e como colaterais de fibras retinogeniculadas. A camada também contém alguns grandes neurônios multipolares. As fibras eferentes para a retina são ditas como começando nesta camada.

As camadas cinzenta intermédia e branca constituem coletivamente a principal zona receptiva. O principal estímulo aferente é a via corticotetal medial derivada de neurônios da camada V do córtex occipital ipsilateral (área 18) e de outras áreas neocorticais que estão relacionadas a movimentos oculares de seguimento. As fibras aferentes também atingem a medula espinal contralateral (através de vias espinotetal ou espinotalâmica), o colículo inferior, o *locus ceruleus* e os núcleos da rafe (por neurônios noradrenérgicos e serotoninérgicos). As camadas cinzenta profunda e branca profunda adjacentes à substância cinzenta periaquedutal são coletivamente chamadas de núcleo parabigeminal. Elas contêm neurônios cujos dendritos se estendem para a camada óptica e de cujos axônios se formam muitas eferências coliculares.

O colículo superior recebe aferências de muitas fontes, incluindo a retina, a medula espinal, o colículo inferior e os córtices occipital e temporal. As primeiras três destas vias conduzem impulsos visuais, táteis e provavelmente térmicos, de dor e auditivos. As eferências coliculares seguem para a retina, corpo geniculado lateral, pré-teto, núcleo parabigeminal, regiões inferior, medial e lateral do pulvinar do tálamo e para numerosos locais no tronco encefálico e na medula espinal. As fibras que advêm do pulvinar são conduzidas para os córtices cerebrais visuais primário e secundário, e formam uma via retinocortical extrageniculada para orientação visual e atenção.

Os tratos tetospinal e tetobulbar começam a partir de neurônios nos colículos superiores. Eles seguem anteriormente ao redor da substância cinzenta intermédia central para decussar anteriormente aos núcleos do nervo oculomotor e aos fascículos longitudinais mediais como parte da decussação tegmental posterior. O trato tetospinal desce anteriormente ao fascículo longitudinal medial até a decussação do lemnisco medial no bulbo, onde ele diverge anterolateralmente para atingir a coluna espinal branca anterior, próximo ao lábio anterior da fissura mediana anterior. As fibras tetospinais descem para segmentos cervicais. O trato tetobulbar, principalmente cruzado, desce próximo ao trato tetospinal e termina nos núcleos da ponte e em núcleos motores dos nervos cranianos, particularmente aqueles que inervam os músculos extrínsecos do bulbo do olho. Ele proporciona movimentos oculares reflexos. Outras fibras tetotegmentais atingem vários núcleos reticulares tegmentais na formação reticular mesencefálica ipsilateral e na formação reticular pontobulbar contralateral

(núcleos reticular gigantocelular, reticular pontino inferior e reticular pontino oral), além da substância negra e do núcleo rubro. As fibras tetopontinas, que provavelmente descem com o trato tetospinal, terminam em núcleos pontinos posterolaterais, com um repasse para o cerebelo. Uma projeção teto-olivar, derivada de lâminas coliculares mais profundas até o terço superior do núcleo olivar acessório medial, existe em primatas. Ela é cruzada e se liga à parte posterior do verme.

Em animais, a estimulação central dos colículos produz um movimento contralateral da cabeça, além de movimentos que envolvem os olhos, o tronco e os membros, os quais implicam o colículo superior na integração da visão e dos movimentos corporais.

Núcleo pré-tetal

O núcleo pré-tetal é uma massa mal definida de neurônios na junção do mesencéfalo com o diencéfalo. Ele se estende inferiormente, a partir de uma posição posterolateral até a comissura posterior, em direção ao colículo superior, com o qual é parcialmente contínuo. Recebe fibras derivadas do córtex visual através do braços dos colículos superiores, da retina através da raiz lateral do trato óptico, e do colículo superior. Suas fibras eferentes atingem ambos os núcleos parassimpáticos de Edinger-Westphal. Aquelas que decussam seguem anteriormente ao aqueduto ou através da comissura posterior. Desta maneira, os músculos esfíncteres da pupila se contraem em ambos os olhos em resposta a impulsos de cada olho. Este reflexo bilateral à luz talvez não seja a única atividade do núcleo pré-tetal. Algumas de suas eferências projetam para o pulvinar do tálamo e para lâminas profundas do colículo superior, e fornecem uma outra via extrageniculada para o córtex cerebral.

FORMAÇÃO RETICULAR DO TRONCO ENCEFÁLICO

O tronco encefálico contém extensos campos de corpos celulares de neurônios e fibras nervosas entremeados, os quais são coletivamente denominados formação reticular. As regiões reticulares são frequentemente consideradas como antigas sob o ponto de vista filogenético, representando uma rede nervosa primitiva sobre a qual conexões organizadas mais anatomicamente, e funcionalmente seletivas, se desenvolveram durante a evolução.

As regiões reticulares tendem a ser coleções mal definidas de neurônios com conexões difusas. Suas vias de condução são difíceis de definir, frequentemente complexas e polissinápticas, e elas têm componentes ascendentes e descendentes que são parcialmente cruzados e não cruzados. Seus componentes proporcionam funções somáticas e viscerais. Eles também incluem alguns grupos celulares distintos e importantes, que são distinguidos com base em suas substâncias neurotransmissoras. Tais grupos incluem neurônios dopaminérgicos e noradrenérgicos (grupo A), serotoninérgicos (grupo B), adrenérgicos (grupo C) e colinérgicos (grupo Ch).

Estudos com a técnica de Golgi mostram que poucos neurônios da formação reticular do tronco encefálico são clássicos neurônios do tipo II de Golgi (isto é, com axônios curtos que se ramificam localmente). Em contraste, eles têm longos dendritos que se espalham através do longo eixo do tronco encefálico em lâminas transversais. Estes dendritos irradiados podem se espalhar por cerca de 50% da área transversal de sua metade do tronco encefálico, e eles são atravessados, inclusive podendo fazer sinapses, por um complexo de fibras ascendentes e descendentes. Muitos axônios de neurônios reticulares ascendem ou descem, ou se bifurcam para fazer as duas coisas. Eles frequentemente seguem por longas distâncias, talvez através de todo o tronco encefálico ou mesmo além. Como exemplo, um axônio em bifurcação a partir de uma célula no núcleo magnocelular do bulbo pode projetar anterossuperiormente até a parte superior do bulbo, ponte, tegmento do mesencéfalo, subtálamo, hipotálamo, tálamo posterior, septo, lobo límbico e neocórtex, enquanto seu ramo descendente inerva o eixo reticular da parte inferior do bulbo e pode atingir a substância cinzenta intermédia da região cervical da medula espinal (lâminas V e VI). Muitos neurônios reticulares têm axônios mais curtos e unidirecionais que fazem sinapses com os dendritos irradiados de numerosos outros neurônios *en route*, e originam colaterais que fazem sinapses com células em núcleos "específicos" do tronco encefálico ou em formações corticais, tais como o cerebelo. Multidões de fibras aferentes que convergem para neurônios individuais, e os milhares de destinos das fibras eferentes, fornecem a base estrutural para considerar a formação reticular como tendo uma função "polimodal", "difusa" ou "inespecífica".

Uma forma dendrítica contrastante é também encontrada, na qual os dendritos são curtos, sinuosos ou curvados, se ramificam profusamente e seguem trajetos simultâneos no perímetro de um grupo nuclear, definindo um limite entre ele e suas imediações. Neurônios com uma complexidade dendrítica intermediária ocorrem nestes núcleos e em suas proximidades, e variam em densidade em grande parte da formação reticular restante. Em diferentes zonas, a proporção de diferentes tamanhos de corpos celulares de neurônios varia. Algumas regiões contêm apenas células multipolares de pequenas a intermediárias (regiões "parvocelulares"). No entanto, existem poucas áreas onde estas células se misturam com grandes neurônios multipolares em núcleos "gigantocelulares" ou "magnocelulares".

Em termos gerais, a formação reticular é um eixo contínuo que atravessa todo o tronco encefálico, e é contínua abaixo com as lâminas intermédias de substância cinzenta reticulares da medula espinal. Ela é divisível, com base em critérios citoarquitetônicos, quimioarquitetônicos e funcionais, em três colunas longitudinais bilaterais: a mediana; a medial, que contém principalmente grandes neurônios reticulares; e a lateral, que contém predominantemente neurônios de tamanho pequeno a intermediário (Fig. 19.20).

COLUNA MEDIANA DOS NÚCLEOS RETICULARES

A coluna mediana de núcleos reticulares se estende por todo o bulbo, ponte e mesencéfalo, e contém neurônios que estão grandemente agregados em lâminas verticais bilaterais misturados na linha mediana e ocupando as zonas paramedianas. Coletivamente, eles são chamados de núcleos da rafe. Muitos neurônios nos núcleos da rafe são serotoninérgicos e estão agrupados em nove agregados, de B1 a B9. O núcleo pálido da rafe e o núcleo escuro da rafe associado se encontram nos dois terços superiores do bulbo e cruzam a junção bulbopontina. O núcleo magno da rafe, correspondente a muitos neurônios B3, parcialmente se sobrepõe a eles, e ascende para a ponte. Acima deste encontra-se o núcleo pontino da rafe, que é formado pelo grupo celular B5. Também localizado na ponte está o núcleo superior central da rafe, que contém partes dos grupos celulares B6 e B8. O núcleo posterior (ou anterossuperior) da rafe, aproximando-se do grupo celular B7, se estende através de grande parte do mesencéfalo.

Os axônios que se originam dos neurônios serotoninérgicos da rafe se ramificam extensamente por todo o SNC. Embora muitas destas fibras estejam difusamente distribuídas, outras têm conexões mais específicas. Por exemplo, enquanto o núcleo central superior da rafe projeta de modo divergente para todas as áreas do córtex cerebral, diferentes neurônios no núcleo posterior da rafe não somente projetam especificamente para regiões circunscritas dos córtices frontal, parietal e occipital, mas também para regiões funcionalmente relacionadas ao córtex cerebelar. De forma similar, o núcleo caudado e o putame recebem um estímulo preferencial a partir do núcleo posterior da rafe, enquanto o hipocampo, o septo e o hipotálamo são inervados principalmente por células no núcleo mesencefálico superior central da rafe.

Todos os núcleos da rafe fornecem principalmente projeções descendentes serotoninérgicas, as quais terminam no tronco encefálico e na medula espinal. As conexões do tronco encefálico são múltiplas e complexas. Por exemplo, o núcleo posterior da rafe, além de enviar um grande número de fibras para o *locus ceruleus*, projeta para o núcleo tegmental posterior e para a maior parte da formação reticular do rombencéfalo, juntamente com os núcleos superior central, pontino e magno da rafe.

Os axônios serotoninérgicos espinais da rafe se originam principalmente de neurônios nos núcleos magno, pálido e obscuro da rafe. Eles projetam como tratos espinais anterior, posterior e intermédio nos funículos anterior e lateral, e terminam respectivamente nos cornos anteriores e nas lâminas I, II e V dos cornos posteriores de todos os segmentos e nas colunas celulares toracolombares intermediolaterais simpáticas e sacrais pré-ganglionares parassimpáticas. As projeções espinais posteriores da rafe atuam como uma via de controle da dor que desce de um centro mesencefálico de controle de dor localizado na substância cinzenta periaquedutal e nos núcleos posterior da rafe e cuneiforme (Cap. 18). A projeção rafe-espinal intermédia é inibitória, e, em parte, modula o controle simpático central da função cardiovascular. O sistema rafe-espinal anterior excita as células dos cornos anteriores e poderia atuar para aumentar as respostas motoras a estímulos nociceptivos.

O sistema mesencefálico serotoninérgico da rafe está principalmente interconectado anterossuperior e reciprocamente com o lobo límbico, septo, córtex pré-frontal e hipotálamo. Eferências ascendem e formam uma grande via central e uma pequena via posterior. Ambas se originam de neurônios nos núcleos posterior e superior central da rafe. O núcleo magno da rafe também contribui para a via serotoninérgica ascendente posterior, a qual é primeiramente incorporada no fascículo longitudinal posterior (de Schütz). Poucas fibras terminam na substância cinzenta central do mesencéfalo e na parte posterior do hipotálamo, mas a maioria continua no feixe medial prosencefálico e se mistura com os axônios da via anterior, os quais estão distribuídos para os mesmos alvos. As fibras da via serotoninérgica ascendente anterior surgem na face anterior dos núcleos da rafe do mesencéfalo, e em seguida seguem anterossuperiormente através do tegmento anterior, de onde as fibras se estendem para a área tegmental anterior, para a substância negra e para o núcleo interpeduncular. Então, um grande número de fibras entra no trato habenulointerpeduncular e segue anterossuperiormente para inervar o núcleo habenular, os núcleos talâmicos intralaminar, da linha mediana, anterior e anteroposterior lateral, e o corpo geniculado lateral. A via serotoninér-

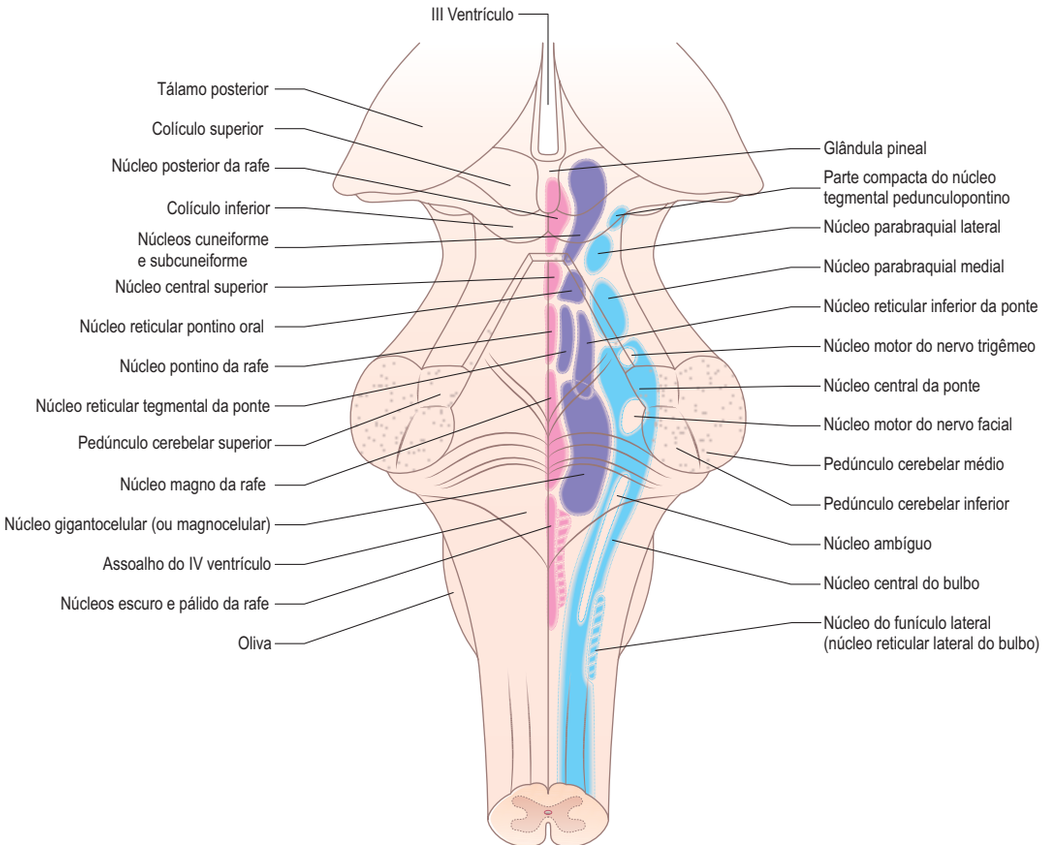


Fig. 19.20 Face posterior do tronco encefálico mostrando a localização aproximada dos núcleos da formação reticular. Núcleos da coluna nuclear mediana e paramediana: em magenta; núcleos da coluna medial: em púrpura; núcleos da coluna lateral: em azul.

gica ascendente anterior entra no feixe medial prosencefálico na área lateral do hipotálmo e se divide para seguir medialmente e lateralmente. As fibras no trato medial terminam no corpo mamilar e nos núcleos hipotalâmicos posteromedial, anteromedial, infundibular anterior e lateral, pré-ópticos medial e lateral, e supraquiasmático. As fibras no trato lateral captam a via da alça peduncular e amigdalofugal anterior para o corpo amigdaloide, estriado, e neocórtex inferior. O feixe medial prosencefálico transporta os demais axônios serotoninérgicos ascendentes anteriores para a estria do bulbo, estria terminal, fórnice, faixa diagonal, cápsula externa, fascículo cingulado e estria olfatória medial, para terminar em todas as estruturas que estes sistemas interconectam.

As principais aferências para os núcleos da rafe do mesencéfalo incluem aquelas derivadas do núcleo interpeduncular, que ligam os sistemas límbico e serotoninérgico; as derivadas do núcleo habenular lateral, que ligam o septo, o hipotálamo pré-óptico e o córtex pré-frontal através do trato habenulointerpeduncular e o feixe medial prosencefálico; e as derivadas da substância cinzenta intermédia central da ponte.

O sistema ascendente da rafe provavelmente atua para moderar as atividades do prosencéfalo, particularmente atividades límbicas, septais e hipotalâmicas. Um grau de conectividade específica regional sugere que ela exerça um controle preciso, além de tonal.

COLUNA MEDIAL DOS NÚCLEOS RETICULARES

A coluna medial de núcleos reticulares é composta predominantemente de neurônios de tamanho médio, embora neurônios muito grandes sejam encontrados em algumas regiões, e a maioria tenha prolongamentos orientados no plano transversal. Na parte inferior do bulbo, a coluna é pouco distinta, e é talvez representada por uma fina lâmina lateral aos núcleos da rafe. Todavia, na parte superior do bulbo, ela se expande para dentro do núcleo gigantocelular (ou magnocelular) do bulbo, que se encontra anterolateralmente ao núcleo do nervo hipoglosso, anteriormente aos núcleos do nervo vago e posteriormente ao complexo olivar inferior. Ainda ascendente, a coluna continua como o núcleo gigantocelular (ou magnocelular) da ponte, o qual se encontra medialmente no tegmento. Seus neurônios subitamente diminuem de tamanho para formar, em ordem anterossuperior, os núcleos reticulares oral e caudal do tegmento da ponte, quase coextensivos. Em seguida, ela se expande para o núcleo cuneiforme e para o núcleo subcuneiforme, antes de desaparecer no tegmento do mesencéfalo.

Os axônios de neurônios da coluna reticular medial formam um sistema ascendente e descendente multissináptico dentro da coluna, e finalmente entram na medula espinal e no diencéfalo. As fibras descendentes formam os tratos pontospinal (reticulospinal lateral) e bulbospinal (reticulospinal medial). Os axônios pontospinais se originam de neurônios nas partes oral e caudal do núcleo reticular da ponte, descem não cruzados no funículo espinal anterior e terminam nas lâminas VII, VIII e IX da medula espinal. Os axônios bulbospinais descem bilateralmente para terminar nas lâminas VII, VIII, IX e X, e ipsilateralmente para terminar nas lâminas IV, V e VI. O sistema modula a função motora espinal e os estímulos nociceptivos segmentares.

Os componentes aferentes para a coluna nuclear reticular medial incluem a projeção espinorreticular e os colaterais de fibras trigeminais espinais, vestibulares e cocleares, que se projetam centralmente. As fibras espinorreticulares se originam a partir de neurônios na substância cinzenta intermédia da medula espinal. Elas decussam na comissura branca anterior, ascendem no funículo anterolateral, usualmente através de vários neurônios, e terminam não somente em todos os níveis da coluna medial dos núcleos reticulares, mas também nos núcleos intralaminares do tálamo. Três áreas da zona reticular medial recebem densidades particularmente altas de terminações. Estas são as extremidades inferior e anterossuperior combinadas dos núcleos gigantocelular e central, respectivamente, o núcleo reticular caudal da ponte e o tegmento da ponte. As fibras retinotetais e tetorreticulares repassam informações visuais e o feixe medial prosencefálico transmite impulsos olfatórios.

As eferências derivadas da coluna medial de núcleos reticulares projetam através de uma via multissináptica dentro da coluna até o tálamo. As áreas de terminação máxima de fibras espinorreticulares também projetam diretamente para os núcleos intralaminares do tálamo. A via multissináptica é integrada à coluna lateral dos núcleos reticulares com neurônios colinérgicos no tegmento lateral da ponte. Os núcleos intralaminares do tálamo projetam diretamente para o estriado e para o neocórtex.

COLUNA LATERAL DOS NÚCLEOS RETICULARES

A coluna lateral dos núcleos reticulares contém seis grupos nucleares. Estes são a parte reticular parvocelular, a área reticular anterolateral superficial, os grupos celulares noradrenérgicos tegmentais laterais da ponte A1, A2, A4-A7 (A3 está ausente em primatas), os grupos celulares adrenérgicos C1-C2 e os grupos celulares colinérgicos Ch5-Ch6. A coluna desce através dos dois terços inferiores do tegmento lateral da ponte e da parte superior

do bulbo, onde ela se encontra entre o núcleo gigantocelular medialmente e os núcleos sensitivos do nervo trigêmeo lateralmente. Ela continua inferiormente e se expande para dar origem à maior parte da formação reticular lateral para os núcleos da rafe. Ela é contígua à área reticular anterolateral superficial, ao núcleo solitário, ao núcleo ambíguo e ao núcleo do nervo vago, e aí contém o grupo celular adrenérgico C2 e o grupo noradrenérgico A2.

O núcleo paragigantocelular lateral se encontra no polo anterossuperior da área reticular anterolateral superficial difusa (ao nível do núcleo do nervo facial). A zona se estende inferiormente como o núcleo retroambíguo e desce para a medula espinal. Ela contém os grupos celulares noradrenérgicos A1, A2, A4 e A5 e o grupo celular adrenérgico C1. A área reticular anterolateral está envolvida nos reflexos cardiovasculares, respiratórios, vasorreceptores e quimiorreceptores, e na modulação da nocicepção. O grupo celular A2, ou grupo celular noradrenérgico posterior do bulbo, se encontra no núcleo do trato solitário, no núcleo do nervo vago e na parte parvocelular reticular adjacente. O grupo adrenérgico C1 se encontra anterossuperiormente ao grupo celular A2. O grupo celular noradrenérgico A4 se estende para o tegmento lateral da ponte, ao longo da superfície subependimária do pedúnculo cerebelar superior. O grupo noradrenérgico A5 forma parte do núcleo paragigantocelular lateral inferior no tegmento da ponte. O grupo celular noradrenérgico A5 e o grupo celular adrenérgico C1 provavelmente atuam como centros de controle vasomotor. Toda a região é subdividida em áreas funcionais com base em experimentos de estimulação em animais, nos quais efeitos vasoconstritores, aceleradores da função cardíaca, depressores, inspiratórios, expiratórios e sudomotores foram provocados.

A substância cinzenta reticular lateral do tegmento da ponte está relacionada ao pedúnculo cerebelar superior e forma os núcleos parabraquial medial e lateral e o núcleo anterior de Kölliker-Fuse, um centro pneumotáxico. O *locus ceruleus* (grupo celular noradrenérgico A6), a área subceruleus, o grupo celular noradrenérgico A7 e o grupo colinérgico Ch5 no núcleo tegmental pedunculopontino estão todos localizados nas áreas reticulares tegmentais lateral e mesencefálica da ponte. O grupo mesencefálico Ch5 é contínuo inferiormente com o grupo celular Ch6 na substância cinzenta intermédia central da ponte.

O grupo celular A6 contém todas as células noradrenérgicas na região central do *locus ceruleus*. O grupo A6 tem extensões anteriores (núcleo *subcoeruleus*, A6 Cs), anterossuperiores e inferolaterais, sendo que estas últimas se fundem com o grupo A4. O *locus ceruleus* provavelmente atua como um centro de atenção, enfocando funções neurais para as necessidades prevalentes. O grupo noradrenérgico A7 ocupa a parte anterossuperior do tegmento da ponte e é contínuo com os grupos A5 e A1 através do tegmento lateral rombencefálico. O complexo A7-A5-A1 também está conectado por agregados celulares noradrenérgicos com o grupo A2, inferiormente, e com o grupo A6, anterossuperiormente. Os grupos A5 e A7 se encontram principalmente dentro dos núcleos parabraquial medial e de Kölliker-Fuse. Os neurônios reticulares na área reticular tegmental lateral da ponte, como aqueles da zona anterolateral, atuam para regular as atividades respiratórias, cardiovasculares e gastrointestinais. Dois centros da micção estão localizados nas partes posteromedial e anterolateral do tegmento da ponte.

As conexões dos núcleos reticulares da coluna lateral são complexas. Os curtos axônios ascendentes e descendentes da área reticular parvocelular constituem vias de reflexos do bulbo, as quais conectam todos os núcleos branquiomotores e o núcleo do nervo hipoglosso com os complexos neurais cranianos aferentes centrais através de um sistema propriobulbar. A área também recebe aferências descendentes do córtex motor contralateral através do trato corticotegmental, e do núcleo rubro contralateral através do trato rubrospinal. O feixe longitudinal catecolaminérgico passa através da formação reticular parvocelular.

A área reticular anterolateral superficial recebe seu principal estímulo do núcleo solitário e proporciona reflexos cardiovasculares, barorreceptores, quimiorreceptores e respiratórios; ela também recebe alguns estímulos advindos da medula espinal, do córtex insular e do corpo amigdaloide. As fibras reticulospinais derivadas da região terminam bilateralmente em neurônios pré-ganglionares simpáticos na medula espinal torácica. As fibras derivadas do centro pneumotáxico projetam para um centro inspiratório na parte anterolateral do núcleo solitário e para um centro expiratório-inspiratório misto na área reticular anterolateral superficial. Neurônios inspiratórios em ambos os centros projetam de modo monossináptico para os neurônios frênicos e motores intercostais. Os axônios dos neurônios expiratórios terminam nos neurônios motores inferiores, que inervam a musculatura intercostal e do abdome.

A área anterolateral superficial também é o local da "resposta de alerta visceral". As fibras derivadas do hipotálamo, da substância cinzenta periaquedutal e do tegmento do mesencéfalo medeiam a atividade respiratória aumentada, a pressão sanguínea elevada, a taquicardia, a vasodilatação na musculatura esquelética e a vasoconstrição renal e gastrointestinal. Eferências ascendentes derivadas da área anterolateral superficial fazem sinapses em neurônios dos núcleos hipotalâmicos supraóptico e paraventricular. A excitação destes neurônios causa a liberação de vasopressina pela neurohipófise. Os grupos celulares noradrenérgicos A1 e A2 do bulbo também inervam (direta e indiretamente) a eminência mediana e controlam a liberação do hormônio do crescimento, do hormônio luteinizante e do hormônio adrenocorticotrófico.

O tegmento lateral da ponte, particularmente a região parabraquial, é reciprocamente conectada ao córtex insular. Ele compartilha projeções recíprocas com o corpo amigdaloide através da via amigdalofugal anterior, do feixe medial prosencefálico e do trato tegmental central, e com os núcleos hipotalâmico, pré-óptico mediano e paraventricular, os quais preferencialmente projetam para o núcleo parabraquial lateral e os centros de micção. Ele também compartilha projeções bulbares recíprocas, muitas derivadas do centro pneumotáxico, com o núcleo solitário e a área reticular anterolateral superficial.

Fibras reticulospinais descem do tegmento lateral da ponte. Uma via subceruleospinal predominantemente ipsilateral está distribuída para todos os segmentos da medula espinal através do funículo espinal lateral. As fibras pontospinais cruzadas descem anterolateralmente do tegmento da ponte, decussam na parte anterossuperior da ponte e ocupam o funículo espinal posterolateral contralateral. Elas terminam nas lâminas I, II, V e VI de todos os segmentos da medula espinal. As fibras derivadas do centro pneumotáxico inervam o núcleo frênico e os neurônios pré-ganglionares simpáticos T1-T3 bilateralmente através deste sistema de projeção.

Projeções bilaterais derivadas dos centros de micção seguem no funículo espinal lateral. Elas terminam em neurônios pré-ganglionares parassimpáticos do segmento sacral da medula (os quais inervam o músculo detrusor na bexiga urinária) e em neurônios no núcleo de Onuf (os quais inervam a musculatura do assoalho pélvico e os esfíncteres anal e uretral) (Cap. 75).

As fibras descendentes dos neurônios adrenérgicos A6 do *locus ceruleus* projetam para o fascículo longitudinal posterior (como o ramo inferior da via periventricular posterior) e para o ramo inferior do feixe noradrenérgico posterior (como parte do feixe catecolaminérgico longitudinal). Desta forma, elas inervam — principalmente ipsilateralmente — todas as outras áreas reticulares do rombencéfalo, os núcleos principal e espinal do nervo trigêmeo, os núcleos da ponte, os núcleos cocleares, os núcleos do lemnisco lateral e, bilateralmente, todos os neurônios espinais autônomos pré-ganglionares e a região anterior do corno posterior em todos os segmentos da medula espinal. Outros axônios que contribuem para o feixe catecolaminérgico longitudinal se originam dos grupos celulares C1, A1, A2, A5, e A7. A principal projeção é uma descendente derivada de grupos celulares C1 e A5, que são centros de controle neural sudomotor e inervam neurônios pré-ganglionares simpáticos.

A maioria das fibras ascendentes derivadas do *locus ceruleus* segue no feixe noradrenérgico (ou tegmental) posterior; outras seguem no ramo anterossuperior da via periventricular posterior ou no pedúnculo cerebelar superior. Estas últimas fibras terminam nos núcleos cerebelares profundos. O feixe noradrenérgico posterior é grande e segue através da substância cinzenta periaquedutal anterolateral para se unir ao feixe medial prosencefálico no hipotálamo, de onde fibras continuam adiante para inervar todas as áreas anterossuperiores do encéfalo. A via contém axônios eferentes e aferentes que conectam reciprocamente o *locus ceruleus* com estruturas adjacentes ao longo de seu trajeto, por exemplo, a substância cinzenta central do mesencéfalo, o núcleo posterior da rafe, os colículos superiores e inferiores, o núcleo interpeduncular, o epitálamo, a parte posterior do tálamo , os núcleos habenulares, o corpo amigdaloide, o septo, o bulbo olfatório e o núcleo olfatório anterior, toda a formação hipocampal e o neocórtex. As fibras advindas do *locus ceruleus* que seguem no ramo anterossuperior da via periventricular posterior ascendem na substância periaquedutal anteromedial adjacente ao fascículo posterior longitudinal e terminam na parte parvocelular do núcleo paraventricular no hipotálamo.

As funções do *locus ceruleus* e dos grupos celulares noradrenérgicos tegmentais relacionados são mal compreendidas. A diversidade de suas projeções anterossuperiores e inferiores sugere um papel generalizado no processamento central. Em animais, as frequências de disparo dos neurônios do *locus ceruleus* atingem um pico durante a vigília e diminuem durante o sono — elas param quase completamente durante o sono de movimento ocular rápido (REM). Durante a vigília, as frequências de disparo são aumentadas quando novos estímulos estão presentes. O *locus ceruleus* pode, portanto, atuar no controle do nível de atenção. Outras funções que foram atribuídas ao *locus ceruleus* incluem o controle do ciclo de sono e vigília, regulação do fluxo sanguíneo e manutenção da plasticidade sináptica.

Os grupos celulares noradrenérgicos A1, A2, A5 e A7 projetam anterossuperiormente principalmente através do trato tegmental central. Seus axônios constituem uma importante via catecolaminérgica longitudinal que continua através do feixe medial prosencefálico e termina no corpo amigdaloide, no núcleo septal lateral, no núcleo do leito da estria terminal, no núcleo da faixa diagonal e no hipotálamo. A via periventricular

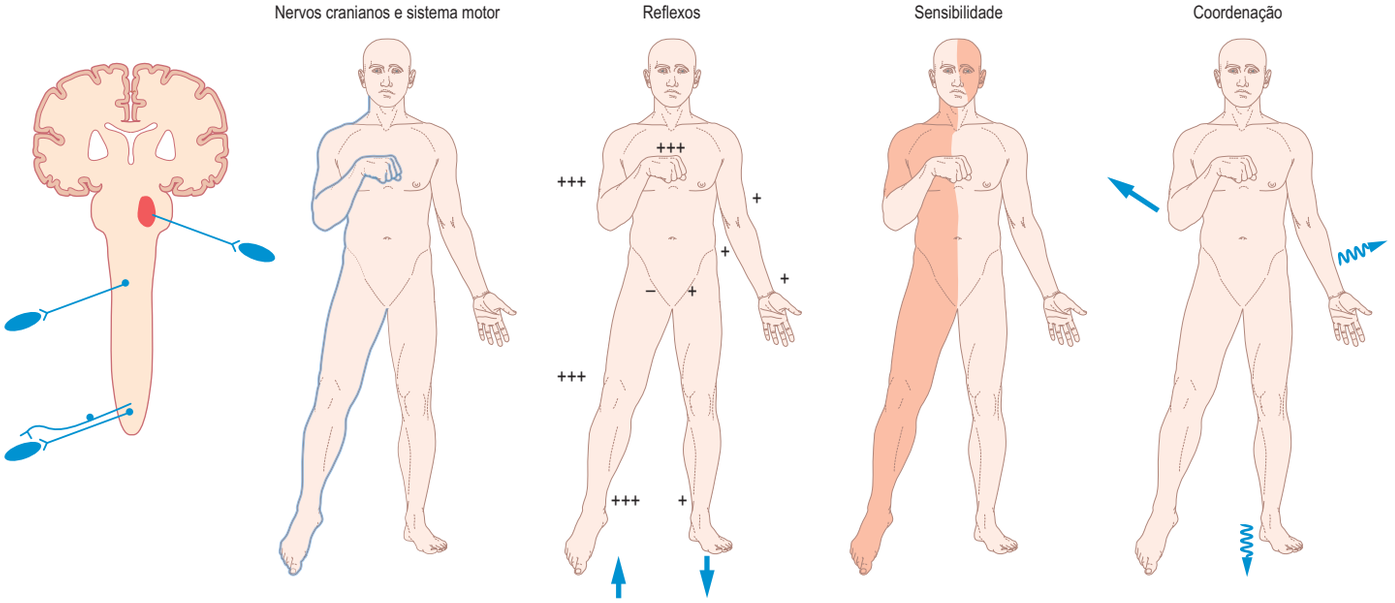


Fig. 19.21 Lesões do tronco encefálico. (Por permissão de Crossman, A. R., Neary, D. 2000, Neuroanatomy, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

posterior ascendente contém poucas fibras noradrenérgicas não ceruleanas, as quais terminam na região periventricular do tálamo.

As projeções propriobulbares recebem uma contribuição dos grupos celulares posteriores do bulbo e noradrenérgicos tegmentais laterais, difusamente organizados. Estes interconectam os núcleos dos nervos cranianos e outros grupos celulares reticulares, particularmente os dos nervos vago, facial e trigêmeo, e a rafe rombencefálica e os núcleos parabraquiais.

Três núcleos pré-cerebelares, os núcleos reticulares lateral e paramediano e o núcleo do tegmento pontino, estão envolvidos na retransmissão de informações espinais para o verme e para as regiões paravermais do hemisfério cerebelar ipsilateral. Eles recebem estímulos dos neocórtices motor primário e sensitivo contralaterais, e dos núcleos cerebelares e vestibulares ipsilaterais e da medula espinal (esta última através da via espinorreticular ascendente). Este sistema aumenta os tratos espinocerebelar, cuneocerebelar, cuneocerebelar acessório e trigêmeo-cerebelar, tanto posteriores como anteriores.

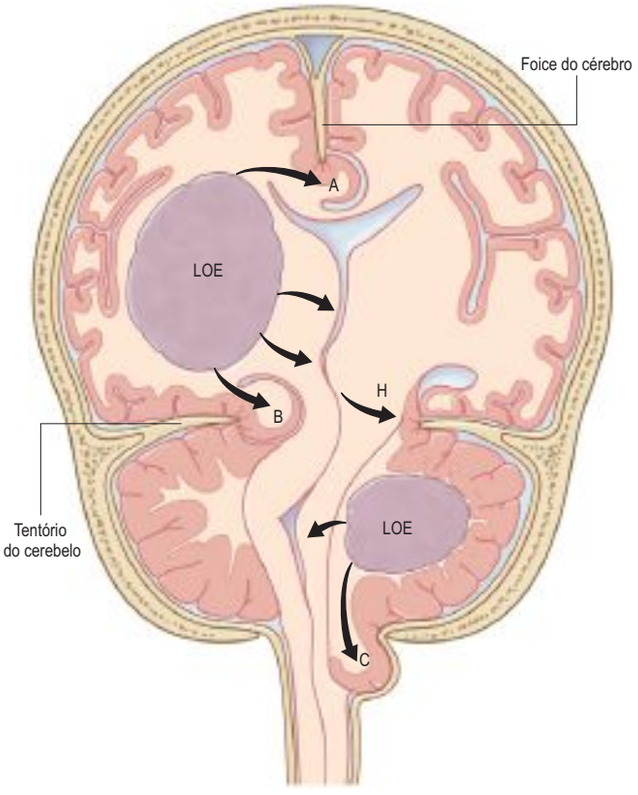
LESÕES DO TRONCO ENCEFÁLICO

As lesões unilaterais do tronco encefálico (Figs. 19.21 e 19.22) podem se originar como resultado de uma compressão extrínseca do tronco encefálico por tumores que ocupem espaço (por ex., meningeoma, neuroma acústico ou carcinoma metastático) ou podem ser causadas por alguma doença intrínseca (por ex., glioma, desmielinização ou AVC). A síndrome clínica é determinada pelo local neuroanatômico da lesão. Ao nível segmentar, ocorre uma paralisia ipsilateral dos nervos cranianos. Abaixo do nível da lesão, existe uma perda contralateral de força e de sensibilidade nos membros (correspondente à disfunção das vias corticospinal em decussação e das vias sensitivas ascendentes), e uma descoordenação ipsilateral dos membros (como resultado da interrupção das conexões cerebelares eferentes e aferentes).

A disfunção ipsilateral dos nervos cranianos reflete o nível segmentar da lesão no mesencéfalo, na ponte e no bulbo. As lesões no mesencéfalo causam oftalmoplegia, dilatação pupilar e ptose (paralisia do nervo oculomotor), e olhar alterado para cima (p. ex., devido a um pinealoma). As lesões pontinas (p. ex., um neuroma acústico no ângulo pontocerebelar) levam à oftalmoplegia (lesão do nervo abducente), perda de sensibilidade facial e fraqueza dos músculos da mastigação (lesão do nervo trigêmeo), fraqueza dos músculos da face (lesão do nervo facial), surdez e vertigem (lesão do nervo vestibulococlear). As lesões no bulbo causam uma "paralisia bulbar", isto é, disartria, disfagia e disfonia, com desgaste da hemilíngua e do palato (lesões nos nervos glossofaríngeo, vago e hipoglosso), e fraqueza e desgaste dos músculos esternocleidomastóideo e trapézio (lesão do nervo acessório).

Além desta síndrome focal do tronco encefálico, o bloqueio do escoamento de LCE a partir do quarto ventrículo através dos forames de Magendie e de Luschka (p. ex., por tumores extrínsecos) produz uma hidrocefalia, que é caracterizada por dor de cabeça, papiledema, estupor progressivo e coma.

As lesões destrutivas bilaterais do tronco encefálico são fatais, se não tratadas, devido ao dano a "centros" no bulbo que controlam a respiração,



A Herniação do giro do cíngulo sob a foice do cérebro
B Herniação tentorial do giro para-hipocampal
C Herniação das tonsilas cerebelares através do forame magno
H Hemorragia para o interior do mesencéfalo: compressão do pedúnculo cerebral contra a margem livre do tentório do cerebelo

Fig. 19.22 Consequências de uma lesão ocupante de espaço (LOE).

a frequência cardíaca e a pressão sanguínea. O dano ao sistema de ativação reticular no centro do tronco encefálico leva a uma progressiva deterioração do estado consciente, seguida de estupor e coma. Neste estado de "morte do tronco encefálico", a vida pode ser sustentada apenas artificialmente. Este é o destino de todas as lesões em expansão no crânio que ocupam espaços e não são tratadas (p. ex., hematoma, abscesso, tumor, seja extrínseco ou intrínseco ao encéfalo, e edema cerebral). Uma lesão que ocupe um espaço no interior do rígido crânio aumenta a pressão intracraniana (PIC) diretamente e também indiretamente devido à obstrução do fluxo de LCE, o que causa dor de cabeça e papiledema. O encéfalo é distorcido e deslocado para baixo (anteroinferiormente) dentro

do crânio e do arcabouço das meninges. O tronco encefálico é vulnerável a compressões em dois locais críticos, os quais são determinados pelas relações neuroanatômicas entre o tentório meníngeo, o forame magno, o hemisfério cerebral (supratentorial) e o tronco encefálico (infratentorial). O deslocamento para baixo do hemisfério cerebral leva à herniação do lobo temporal medial (unco) ipsilateral através da incisura tentorial. Pode haver uma compressão ipsilateral direta do mesencéfalo e dos nervos cranianos oculomotor e troclear emergentes ou uma compressão contralateral da parte superior do tronco encefálico pela margem aguda limitante do tentório. A artéria cerebral posterior ipsilateral é vulnerável a uma compressão neste local. A herniação unilateral é definida por uma paralisia progressiva do nervo oculomotor (oftalmoplegia, dilatação da pupila e ptose), fraqueza do membro contralateral, nível decadente de consciência e, se o tratamento for muito adiado, uma hemianopia homônima contralateral. A compressão do tronco encefálico contralateral pelo tentório leva a sinais de "localização falsa" ipsilaterais.

O subsequente deslocamento anteroinferior progressivo do encéfalo leva definitivamente à herniação do bulbo através do forame magno e para dentro do canal vertebral. Isto é acompanhado por uma disfunção bilateral dos nervos cranianos, tetraplegia, coma em aprofundamento e finalmente apneia, isto é, morte do tronco encefálico. Estes processos neuroanatômicos e funcionais embasam o diagnóstico e o tratamento do paciente com lesão encefálica traumática, e as complicações de hematomas intracranianos (extradurais, subdurais e intracerebrais) e do edema cerebral.

REFERÊNCIAS

Brodal P, Bjaalie JG 1992 Organization of the pontine nuclei. Neurosci Res 13: 83–118.

Ciriello J 1983 Brainstem projections of aortic baroreceptor afferent fibres in the rat. Neurosci Lett 36: 37–42.

Dahlström A, Fuxe K 1964 Evidence for the existence of monamine-containing neurones in the central nervous system. Acta Physiol Scand Suppl 232: 1–55.

Dahlström A, Fuxe K 1965 Evidence for the existence of monoamine neurones in the central nervous system. II. Experimentally induced changes in the intraneuronal amine levels of bulbospinal neurone systems. Acta Physiol Scand Suppl 247: 1–36.

Hamilton RB, Norgren R 1984 Central projections of gustatory nerves in the rat. J Comp Neurol 222: 560–77.

Johnston JB 1909 The morphology of the forebrain vesicle in vertebrates. J Comp Neurol 19: 458–539.

Millar J, Basbaum AI 1975 Topography of the projection of the body surface of the cat to cuneate and gracile nuclei. Exp Neurol 49(1 pt 1): 281–90.

Nathan PW, Smith MC 1982 The rubrospinal and central tegmental tracts in man. Brain 105: 223–69.

Nieuwenhuys R, Voogd J, Huijzen C van 1988 The Human Central Nervous System. A Synopsis and Atlas, 3rd edn. Berlin: Springer Verlag.

Olszewski J 1950 On the anatomical and functional organization of the spinal trigeminal nucleus. J Comp Neurol 92: 401–9.

CAPÍTULO
20

Cerebelo

O cerebelo ocupa a fossa posterior do crânio, separado do lobo occipital dos hemisférios cerebrais pelo tentório do cerebelo. Ele é a maior parte do metencéfalo; em adultos, a proporção do peso do cerebelo para o cérebro é aproximadamente de 1:10 e em crianças, 1:20. O cerebelo localiza-se posterior à ponte e ao bulbo, dos quais ele é separado pelo quarto ventrículo. Ele está unido ao tronco encefálico bilateralmente por três pedúnculos cerebelares que contêm todas as fibras nervosas aferentes e eferentes associadas com o cerebelo.

A organização interna básica do cerebelo é de um córtex superficial sobrejacente a um denso centro de substância branca. O córtex é extremamente enrolado, formando saliências estreitas, ou folhas do cerebelo, com sulcos e fissuras intervindo. Os conglomerados de corpos celulares de neurônios imersos no interior da substância branca constituem os núcleos do fastígio, globoso, emboliforme e denteado – coletivamente conhecidos como os núcleos cerebelares (profundos). Em termos gerais, a maioria das aferências para o cerebelo termina no córtex. A saída a partir do córtex é conduzida pelos axônios das células corticais de Purkinje; muitos destes axônios terminam nos núcleos profundos do cerebelo, os quais são a principal origem das projeções eferentes cerebelares.

O cerebelo é uma importante parte do circuito que conecta as áreas sensoriais às áreas motoras do encéfalo e suas funções para coordenar os movimentos. Ele provê correções durante os movimentos que servem de base para a precisão e a acurácia, e ele está muito envolvido no aprendizado motor e na modificação reflexa. O cerebelo recebe informações dos receptores periféricos através das vias espinal, trigeminal e vestibulococlear, e a partir do córtex cerebral e do teto através de um núcleo pontino intermediário. As eferências do cerebelo são predominantemente dirigidas para o tálamo e posteriormente para o córtex motor, e também para os centros do tronco encefálico, tais como o núcleo rubro, o núcleo vestibular e o núcleo reticular, que dão origem às vias espinais descendentes.

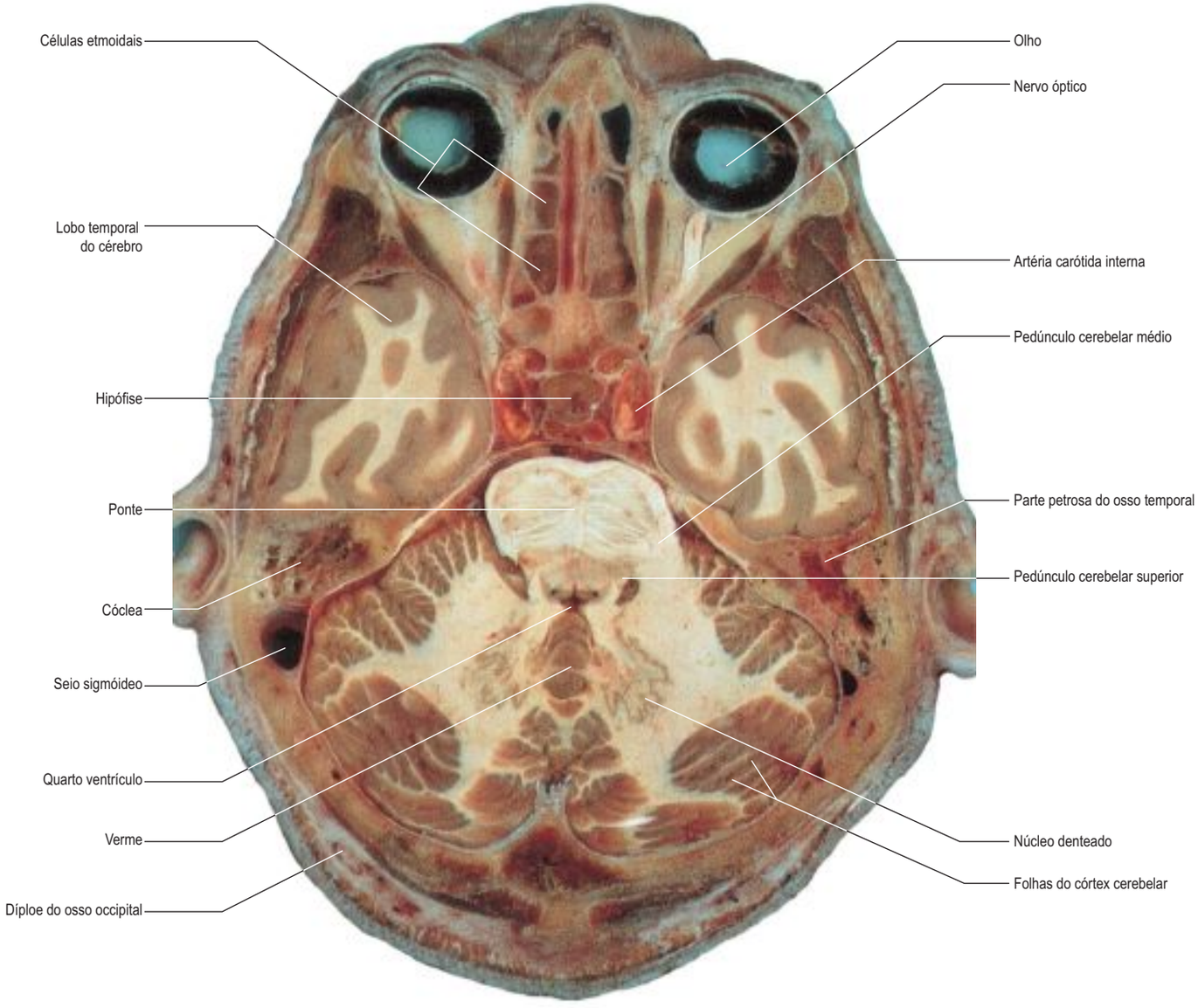


Fig. 20.1 Secção transversal através do cerebelo e tronco encefálico. (Cortesia do Dr. GJA Maart.)

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E RELAÇÕES

O cerebelo consiste de dois hemisférios grandes, localizados lateralmente, que são unidos pelo verme na linha mediana (Figs. 20.1, 20.2, 20.3). A face superior do cerebelo, que constituiria a parte anterior do córtex cerebelar desenrolado, possui um perfil plano (Fig. 20.3). O sulco paramediano é raso e as margens entre o verme e os hemisférios são indicadas por dobras na fissura transversa. A face superior une-se ao tentório do cerebelo e projeta-se além de sua margem livre. O seio transverso margeia o cerebelo no ponto onde as faces superior e inferior se reúnem. A face inferior é caracterizada por um massivo alargamento dos hemisférios cerebelares, que se estendem medialmente para recobrir um pouco do verme. O profundo sulco paramediano separa claramente o verme dos hemisférios. Posteriormente, os hemisférios são separados por uma profunda valécula do cerebelo, que contém a foice do cerebelo (prega de dura-máter). A face inferior do cerebelo localiza-se contra a escama occipital. A forma da face voltada para o tronco encefálico é irregular e forma o teto do quarto ventrículo e o recesso lateral de cada lado dele, enquanto os pedúnculos cerebelares definem a forma de diamante do ventrículo quando visto posteriormente. Anterolateralmente, o cerebelo localiza-se contra a face posterior da parte petrosa do osso temporal.

A superfície cerebelar é dividida por numerosas fissuras transversas curvas que separam suas folhas e dão a elas uma aparência laminar. As fissuras mais profundas dividem o cerebelo em lobos e lóbulos. Uma fissura conspícua, a fissura horizontal, se estende ao redor da margem posterolateral de cada hemisfério desde o pedúnculo cerebelar médio até a valécula do cerebelo, separando as faces superior e inferior. Embora a fissura horizontal seja proeminente, ela aparece relativamente tarde no desenvolvimento embriológico e não marca o limite entre as principais subdivisões funcionais do córtex. A fissura mais profunda no verme é a fissura primária, que se curva anterolateralmente ao redor da face superior do cerebelo para reunir-se à fissura horizontal; ela aparece cedo no desenvolvimento embriológico e marca o limite entre os lobos anterior e posterior.

Devido ao córtex cerebelar ter uma forma aproximadamente esférica, a real relação entre suas partes é um tanto obscura. Assim, o lóbulo mais anterior do verme cerebelar, a língula do cerebelo, localiza-se muito perto do lóbulo mais posterior, o nódulo. Os lóbulos da região superior do verme que pertencem ao lobo anterior são a língula, o lóbulo central e o cúlmen. A língula é uma única lâmina de quatro ou cinco folhas rasas. Seu centro branco é contínuo com o véu medular superior, e é separado do lóbulo central pela fissura pré-central. O lóbulo central e o cúlmen são contínuos bilateralmente com uma extensão lateral adjacente, ou asa, em cada hemisfério. O lóbulo central é separado do cúlmen pela fissura pré-culminar. O cúlmen (com os lóbulos quadrangulares anteriores anexados) localiza-se entre as fissuras pré-culminar e primária.

O lóbulo simples (com os lóbulos quandrangulares posteriores anexados) e a folha (com os lóbulos semilunares superiores anexados) localizam-se entre a fissura primária e a fissura horizontal: os dois lóbulos são separados pela fissura pós-clival.

A partir da anterior para a posterior, a região inferior do verme é dividida no túber, pirâmide, úvula e nódulo, nesta ordem. O túber é contínuo lateralmente com os lóbulos semilunares inferiores e separado da pirâmide pela fissura lunográcil. A pirâmide e os lóbulos biventres anexados (contendo uma fissura intrabiventre) são separados da úvula e fixos à tonsila do cerebelo pela fissura secundária. Atrás da úvula e separado dela pela parte mediana da fissura posterolateral está o nódulo. As tonsilas são aproximadamente esféricas e pendem sobre o forame magno de cada lado do bulbo.

O nódulo e o flóculo anexo a ele constituem um lóbulo flóculo-nodular à parte, que está separado da úvula e das tonsilas pela profunda fissura posterolateral. O lóbulo flóculo-nodular está amplamente interconectado com o núcleo vestibular, que se localiza na margem lateral do quarto ventrículo.

DIVISÕES FUNCIONAIS DO CEREBELO

Funcionalmente falando, o cerebelo pode ser dividido em um corpo, com aferências principalmente a partir da medula espinal e núcleos da ponte, e um lóbulo flóculo-nodular, que possui fortes conexões aferentes e eferentes com os núcleos vestibulares (Fig. 20.4). O corpo é subdividido em uma série de regiões tomadas por suas aferências espinais ou pontinas. O lobo anterior, o lóbulo simples, a pirâmide e os lóbulos biventres são os principais destinatários de aferentes cerebelares trigeminais e espinais. As aferências pontocerebelares tomam conta da folha, túber e úvula, e de todo o hemisfério, incluindo aquelas regiões que recebem aferentes da medula espinal.

A subdivisão médio-lateral do cerebelo no verme e nos hemisférios representa uma subdivisão funcional que está intimamente relacionada com sua eferência. Em mamíferos, o desenvolvimento do córtex é paralelo, e reflete a importância das aferências corticopontocerebelares e das projeções eferentes dos hemisférios cerebelares (através dos núcleos denteado, emboliforme e globoso) para o tálamo e posteriormente para o córtex cerebral.

ESTRUTURA INTERNA

A grande maioria dos corpos celulares neuronais do cerebelo está localizada no interior da altamente retorcida camada externa cortical. Sob o córtex, a substância branca cerebelar forma uma extensiva medula (miolo) central a partir do qual um padrão ramificado característico de fibras nervosas (árvore da vida) se estende em direção à superfície cortical. A substância branca consiste de fibras nervosas aferentes e eferentes seguindo para e a partir do córtex cerebelar. As fibras que cruzam a linha mediana no centro branco do cerebelo e o véu medular anterior efetivamente constituem uma "comissura" cerebelar; a porção aferente contém fibras do corpo restiforme e do pedúnculo cerebelar médio, e a porção eferente contém fibras que decussam a partir do núcleo do fastígio.

NÚCLEOS CEREBELARES

De cada lado no interior do centro de substância branca, existem quatro núcleos cerebelares. Eles são os núcleos denteado, emboliforme, globoso e do fastígio. O núcleo denteado, que está localizado mais lateralmente, é claramente o maior, sendo o único núcleo visível facilmente a "olho nu" (Fig. 20.1). Ele possui a forma de uma irregular folha dobrada de corpos celulares neuronais, com um hilo direcionado medialmente através do qual passa uma massa de fibras derivadas principalmente dos neurônios do núcleo denteado e que formam o tronco do pedúnculo cerebelar superior. Os núcleos emboliforme e globoso localizam-se medialmente ao denteado e são equiparados ao núcleo interpósito nas espécies inferiores; os núcleos emboliforme e globoso podem às vezes ser referidos como núcleos interpósitos anterior e posterior, respectivamente. Suas fibras nervosas eferentes se juntam ao pedúnculo cerebelar superior.

O núcleo do fastígio localiza-se próximo à linha mediana, margeando o teto do quarto ventrículo. Uma grande proporção de fibra nervosas eferentes que deixam esse núcleo decussam no interior da substância branca do cerebelo e, subsequentemente, constituem o fascículo unciforme, que passa posterior ao pedúnculo cerebelar superior para entrar no núcleo vestibular contralateral. Fibras não cruzadas fastigiobulbares entram no núcleo vestibular passando ao longo do ângulo lateral do quarto ventrículo, e algumas fibras do núcleo do fastígio ascendem no pedúnculo cerebelar superior.

PEDÚNCULOS CEREBELARES

Três pares de pedúnculos conectam o cerebelo com o tronco encefálico (Cap. 19; Fig. 20.5). O pedúnculo cerebelar médio é o mais lateral e é visivelmente o maior dos três. Ele passa obliquamente da parte basilar da ponte ao cerebelo e é composto quase inteiramente de fibras que se originam do núcleo pontino basal contralateral, com uma pequena adição dos núcleos do tegmento da ponte.

O pedúnculo cerebelar inferior está localizado medial ao pedúnculo cerebelar médio. Ele consiste de um trato externo compacto de fibras nervosas, o corpo restiforme, e de um medial, corpo justarrestiforme. O corpo restiforme é um sistema puramente aferente; ele recebe o trato espinocerebelar posterior da medula espinal e os tratos trigeminocerebelar, cuneocerebelar, reticulocerebelar e olivocerebelar do bulbo. O corpo justarrestiforme é principalmente um sistema eferente; ele se compõe quase que inteiramente de axônios eferentes de células de Purkinje do cerebelo vestibular no seu caminho para o núcleo vestibular, e de fibras não cruzadas do núcleo do fastígio. Ele também contém fibras nervosas aferentes primárias que seguem no nervo vestibular e fibras nervosas aferentes secundárias do núcleo vestibular. As fibras cruzadas do núcleo do fastígio passam posteriormente ao pedúnculo cerebelar superior e entram no tronco encefálico como o fascículo unciforme na margem dos corpos restiforme e justarrestiforme.

O pedúnculo cerebelar superior contém todas as fibras nervosas eferentes dos núcleos denteado, emboliforme e globoso e um pequeno fascículo do núcleo do fastígio. Suas fibras decussam na região inferior do mesencéfalo, no seu caminho para fazer sinapse no núcleo rubro e tálamo contralaterais. O trato espinocerebelar anterior chega à parte superior do tegmento da ponte antes de curvar-se para baixo dentro deste pedúnculo para juntar-se às fibras espinocerebelares que entram através do corpo restiforme.

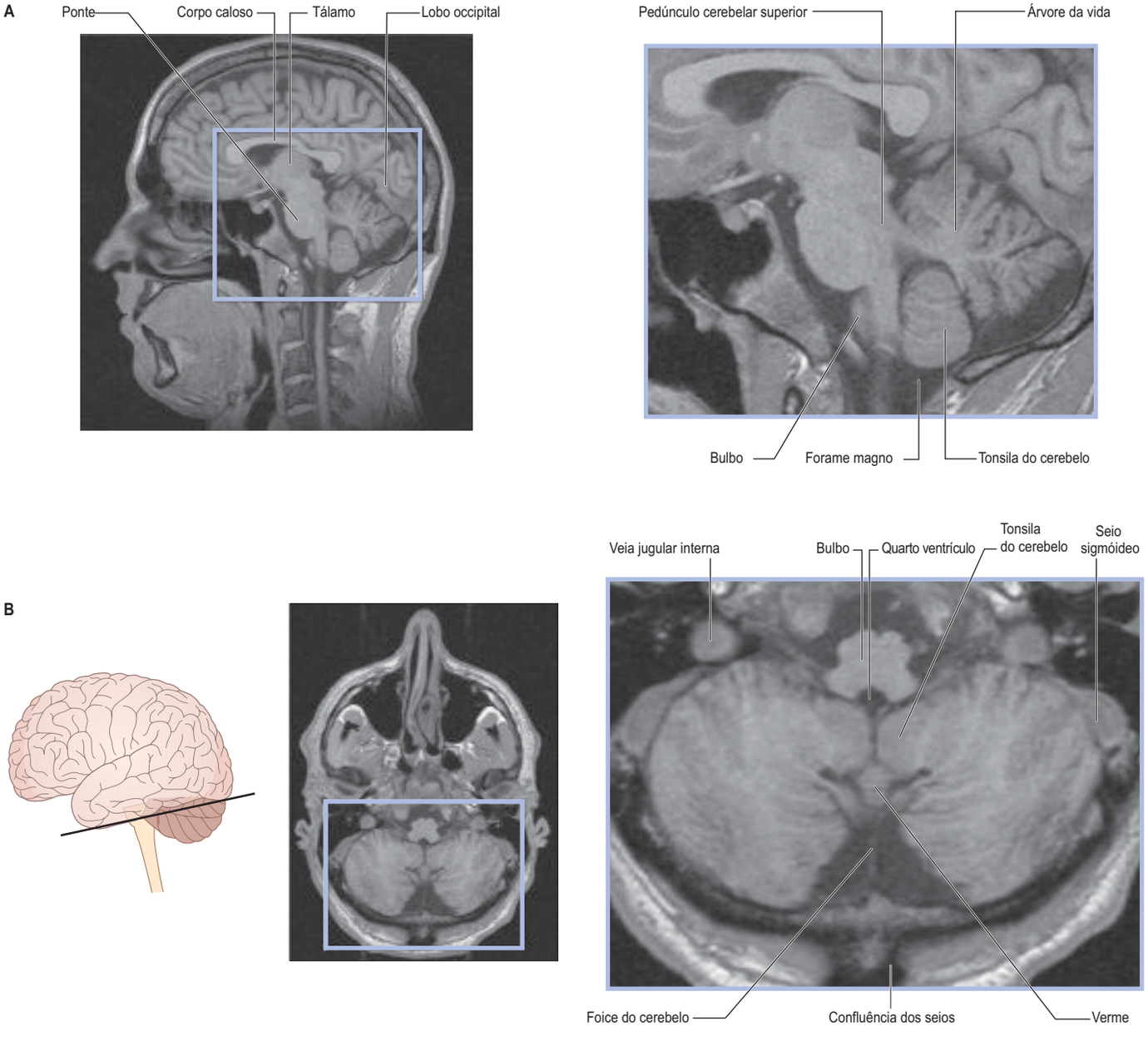
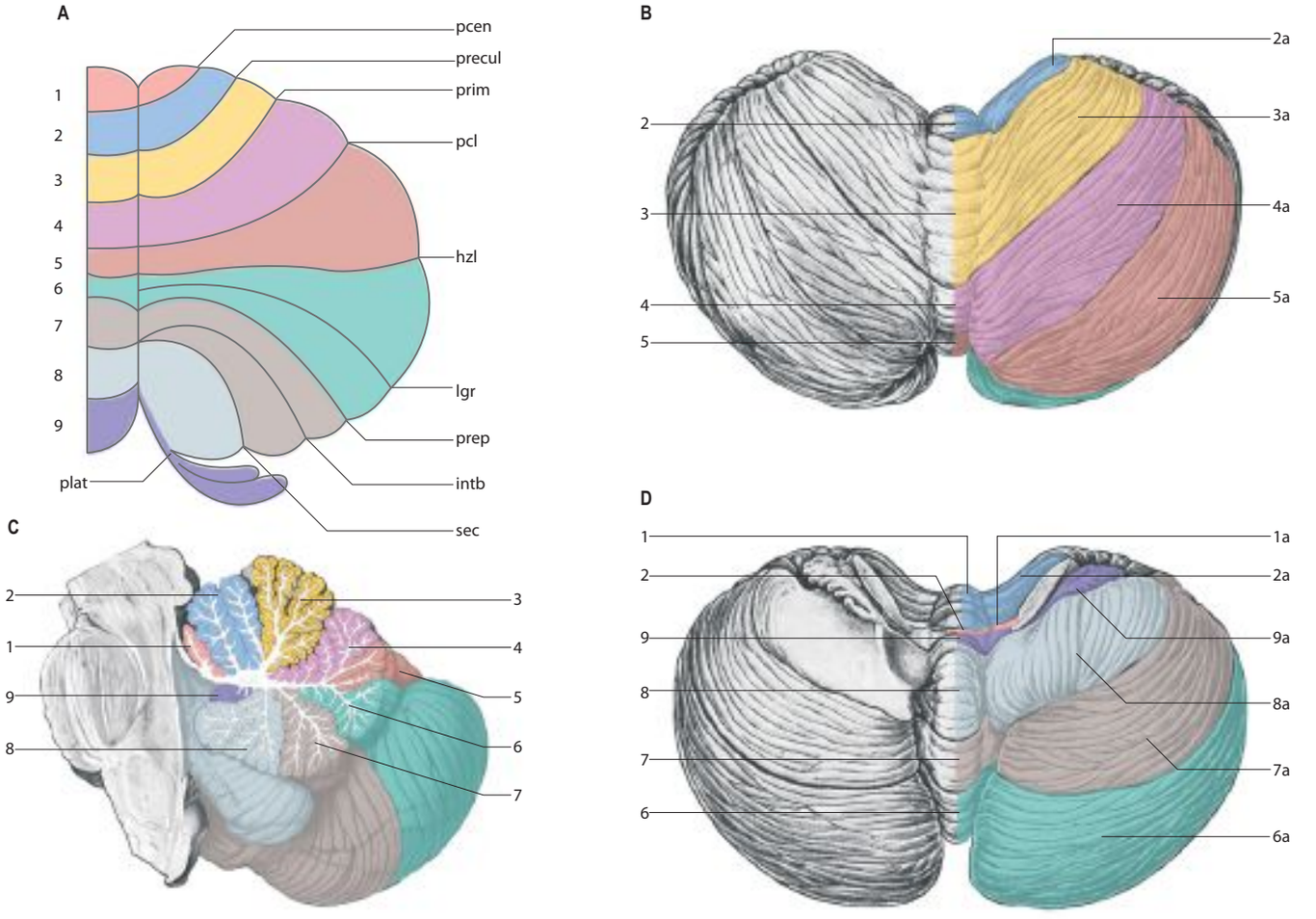


Fig. 20.2 Imagens de ressonância magnética do cerebelo de uma jovem de 16 anos. **A**, Sagital **B**, Axial, **C**, Coronal. (Cortesia dos Drs JP Finn e T Parrish, Northwestern University School of Medicine, Chicago.)



Lobo anterior	Lobo posterior	Lóbulo flóculo-nodular
1 Língula do cerebelo	4 Lóbulo simples	9 Nódulo
2 Lóbulo central	5 Folha do verme	
3 Cúlmen	6 Túber	
	7 Pirâmide	
	8 Úvula	

Fissuras	Asas
pcen – pré-central	1a asa da língula
precul – pré-culminal	2a asa do lóbulo central
prim – primária	3a lóbulo quadrangular anterior
pcl – pós-clival	4a lóbulo quadrangular posterior
hzl – horizontal	5a lóbulo semilunar superior
lgr – lunográcil	6a lóbulo semilunar inferior
prep – pré-piramidal	7a lóbulo biventre
intb – intrabiventre	8a tonsila do cerebelo
sec – secundária	9a flóculo
plat – posterolateral	

Fig. 20.3 Terminologia dos lobos cerebelares e fissuras usando um diagrama esquemático "desenrolado" como um sistema de referência. **A,** Córtex cerebelar desenrolado. Os lóbulos são marcados por números e as fissuras entre as asas são listadas. **B,** Vista superior do cerebelo. **C,** Secção sagital mediana do cerebelo. Os nódulos e as asas são numerados e listados. **D,** Vista inferior do cerebelo.

CÓRTEX CEREBELAR

Embora o cerebelo humano componha aproximadamente 1/10 do peso do encéfalo inteiro, a superfície (área) do córtex cerebelar, se desenrolada, seria aproximadamente a metade do córtex cerebral. A grande maioria dos neurônios cerebelares são pequenas células granulares, tão densamente comprimidas que o córtex cerebelar contém muito mais neurônios do que o córtex cerebral. Diferente do córtex cerebral, onde um grande número de diversos tipos de células está organizado em regiões diferentes e de modo diferente, o córtex cerebelar contém um número relativamente pequeno de diferentes tipos de célula, que estão interconectadas em uma via altamente estereotipada. Como consequência, todas as regiões do córtex cerebelar têm aspecto similar em cortes histológicos.

Os elementos do córtex cerebelar possuem uma ordem geométrica precisa, que é organizada correspondente aos planos tangencial, longitudinal e transverso em folhas individuais. O córtex contém as terminações aferentes das fibras nervosas "trepadeiras" e "musgosas", cinco variedades de neurônios (granular estrelado, em cesta, de Golgi e de Purkinje), neuróglia e vasos sanguíneos.

Existem três estratos principais: molecular, de Purkinje e granular (Fig. 20.6). O principal circuito do cerebelo envolve as células granulares, as células de Purkinje e os neurônios nos núcleos cerebelares. As células granulares recebem as terminações das fibras musgosas aferentes (*i. e*, todo o sistema eferente, exceto as fibras olivocerebelares). Os axônios das células granulares ascendem para o estrato molecular, onde eles se bifurcam em fibras nervosas paralelas, que são assim chamadas porque elas são orientadas paralelamente às fissuras transversas e perpendiculares às árvores dendríticas das células de Purkinje nas quais elas terminam. Os neurônios de Purkinje são grandes e são as únicas células de eferência do córtex cerebelar. Seus axônios terminam nos núcleos cerebelares e nos núcleos vestibulares. Em adição ao denso arranjo de fibras nervosas paralelas, as árvores dendríticas das células de Purkinje recebem terminações das fibras trepadeiras que se originam de neurônios no núcleo olivar inferior. O córtex cerebelar, portanto, recebe dois tipos distintos de aferências: fibras nervosas trepadeiras olivocerebelares, que fazem sinapse diretamente nos neurônios de Purkinje; e fibras musgosas, que se conectam às células de Purkinje via neurônios granulares, cujos axônios são as fibras paralelas.

Ambas as fibras, paralelas e trepadeiras, excitam as células de Purkinje, mas diferem enormemente em suas características de disparo e seus efeitos sobre elas. Os axônios das células de Purkinje inibem seus neurônios-alvo nos núcleos cerebelares; as últimas se projetam para os centros de controle motor no tronco encefálico e no cérebro. As células estreladas, em cesta e de Golgi são interneurônios inibitórios e conectam os elementos corticais nos complexos padrões geométricos.

O estrato molecular tem aproximadamente 300-400 µm de espessura. Ele contém uma esparsa população de neurônios, arborizações dendríticas, axônios não mielinizados e fibras nervosas radiais de células neurogliais.

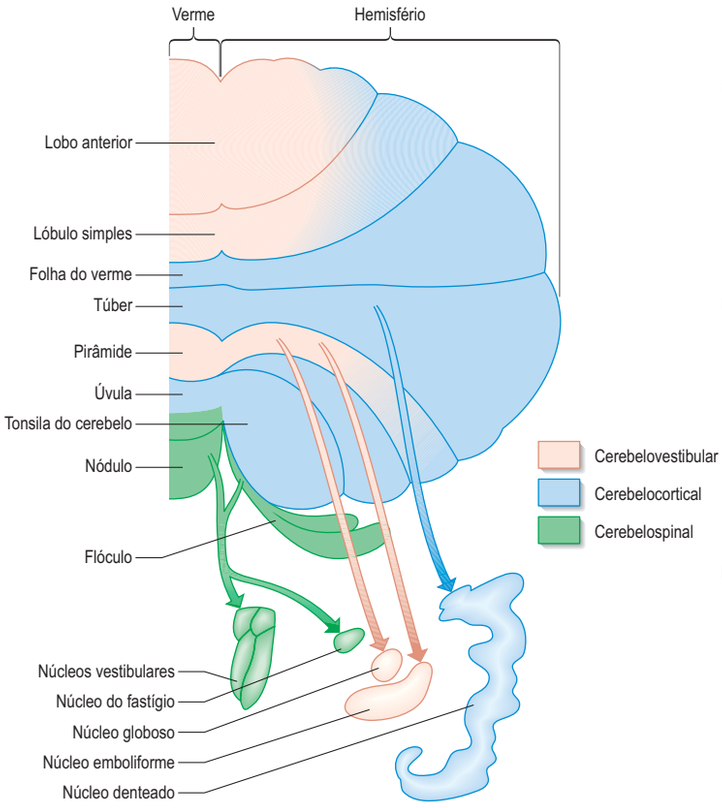


Fig.. 20.4 A superfície cerebelar achatada e núcleos cerebelares. A organização lobular transversa das conexões aferentes espino, ponto e vestibulocerebelar do córtex é mostrada juntamente com a organização zonal longitudinal das eferências do verme e dos hemisférios para os núcleos cerebelar e vestibular.

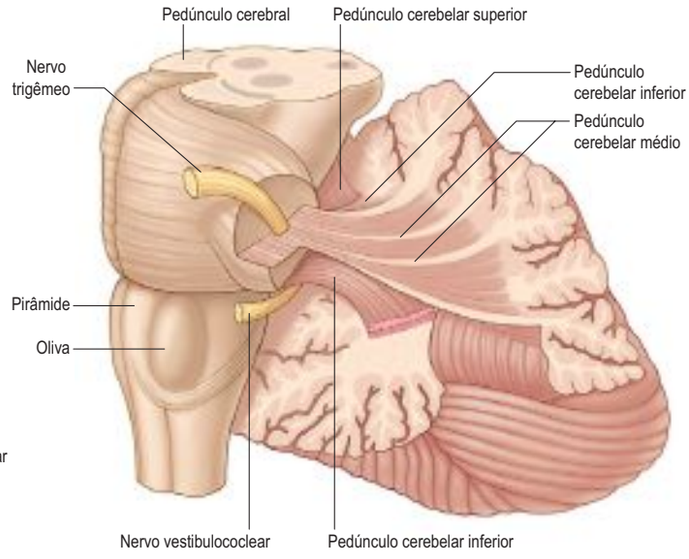
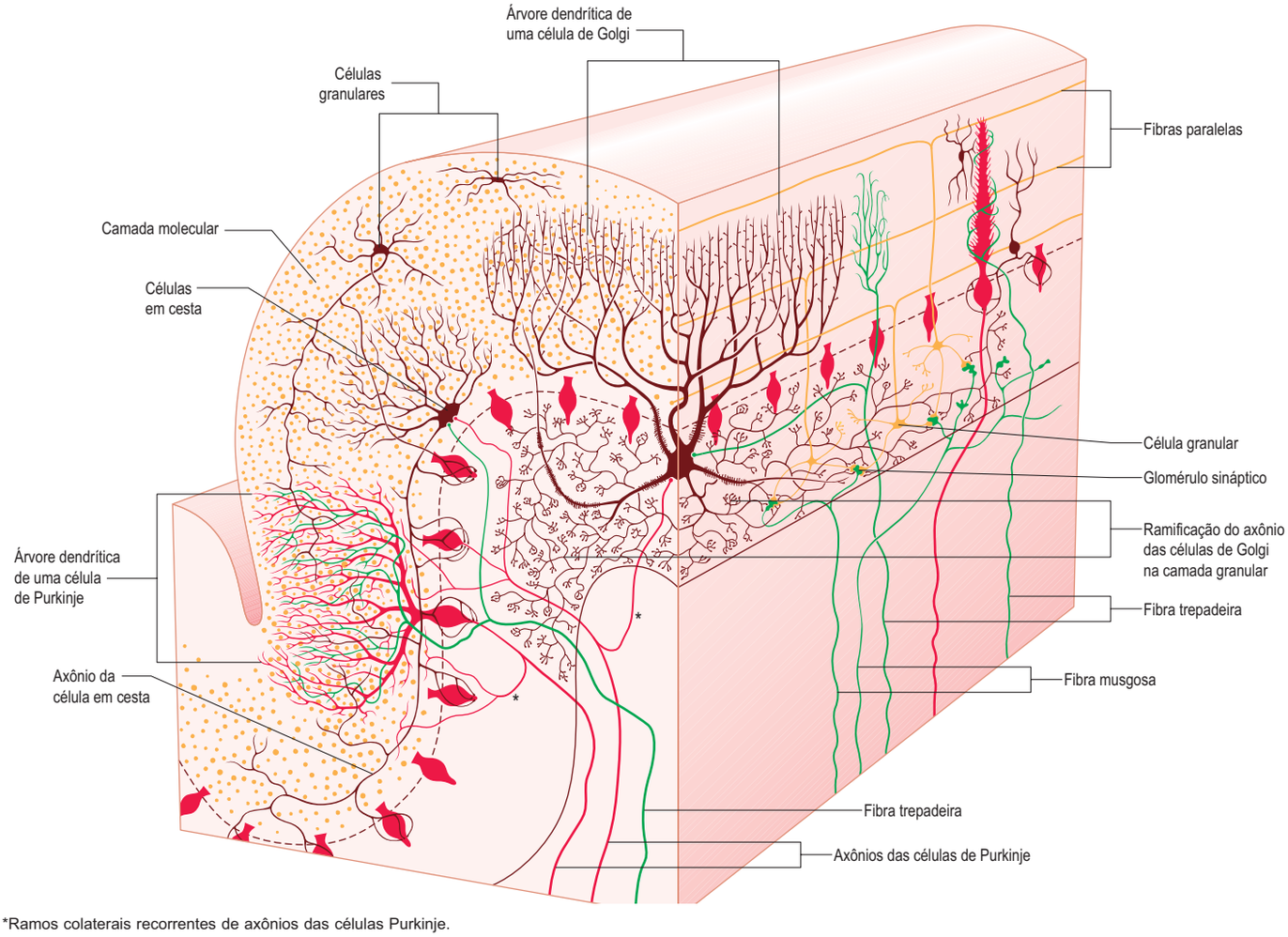


Fig. 20.5 Dissecção do hemisfério cerebelar esquerdo e seus pedúnculos



*Ramos colaterais recorrentes de axônios das células Purkinje.

Fig. 20.6 Organização geral do córtex cerebelar. Uma única folha foi seccionada vertical e transversalmente em seu eixo longitudinal (parte direita do diagrama).

As árvores dendríticas de células de Purkinje estendem-se em direção à superfície e propagam-se em um plano perpendicular ao longo do eixo das folhas do cerebelo. Os dendritos das células de Purkinje são achatados. A extensão lateral dos dendritos das células de Purkinje é cerca de 30 vezes maior no plano transverso do que em um plano paralelo às folhas do cerebelo. As fibras paralelas são os axônios das células granulares, seus troncos sobem em direção ao estrato molecular onde elas se bifurcam nos ramos em forma de T. Os dois ramos se estendem em direções opostas como fibras paralelas ao longo do eixo de uma folha. As fibras paralelas terminam nos dendritos das células de Purkinje e das células de Golgi, as quais passam em seu caminho, e nas células em cesta e estreladas do estrato molecular. As árvores dendríticas de neurônios de Golgi sobem rumo à superfície. Ao contrário da árvore dendrítica achatada das células de Purkinje, os dendritos das células de Golgi alcançam o território de muitos neurônios de Purkinje tanto longitudinal como transversalmente. Estes dendritos recebem sinapses de fibras paralelas. Alguns dendritos das células de Golgi entram no estrato granular, onde eles contactam terminações de fibras musgosas. Os corpos celulares dos neurônios de Golgi localizam-se abaixo, na parte superficial do estrato granular. O estrato molecular também contém o corpo celular, dendritos e axônios de neurônios estrelados (que estão localizados superficialmente no interior do estrato molecular) e das células em cesta (cujo corpo celular localiza-se profundamente no interior do estrato molecular). As fibras nervosas trepadeiras, as terminações das fibras olivocerebelares, ascendem através do estrato granular para conectar os dendritos das células de Purkinje no estrato molecular. Ramos irradiando-se das grandes células gliais epiteliais (Bergmann) liberam processos que circundam todos os elementos neuronais, exceto nas sinapses. Suas expansões cônicas juntam-se para formar uma membrana limitante externa na superfície do cerebelo.

O estrato de Purkinje contém o grande corpo celular em forma de pera das células de Purkinje e o pequeno corpo celular das células gliais de Bergmann. Grumos de células granulares e ocasionalmente células de Golgi penetram entre o corpo celular das células de Purkinje.

O estrato granular (Fig. 20.6) é cerca de 100 µm espessa nas fissuras e 400-500 µm no topo das folhas. Existem aproximadamente 2,7 milhões de neurônios granulares por milímetro cúbico. Foi estimado que o cerebelo humano possui um total de $4{,}6 \times 10^{10}$ células granulares e que existem 3.000 células granulares para cada célula de Purkinje.

Em resumo, o estrato granular consiste do corpo celular de células granulares e o segmento inicial de seus axônios; dendritos de células granulares; terminações de axônios que ramificam de fibras musgosas aferentes; fibras trepadeiras que passam através do estrato granular na rota para o estrato molecular; e o corpo celular, dendritos basais e ramificações do complexo axonal de neurônios de Golgi. Os glomérulos cerebelares são rosetas sinápticas que consistem de uma terminação de fibra musgosa que forma sinapses excitatórias com os dendritos das células granulares e das células de Golgi.

Dos cinco tipos de células descritas, as primeiras quatro são inibitórias liberando ácido γ-aminobutírico (GABA), e a quinta é excitatória liberando L-glutamato. A figura 20.7 resume suas principais conexões.

As células de Purkinje possuem uma geometria específica, que é conservada em todas as classes de vertebrados (Fig. 20.6). Elas são arranjadas em uma única camada entre os estratos molecular e granular. As células de Purkinje individuais são separadas por cerca de 50 µm transversalmente e 50-100 µm longitudinalmente. Seu corpo celular mede aproximadamente 50-70 µm verticalmente e 30-35 µm transversalmente. A estrutura subcelular da célula de Purkinje é similar à de outros neurônios. Uma característica de distinção são as cisternas da subsuperfície, frequentemente associadas com a mitocôndria, que estão presentes abaixo do plasmalema do corpo celular e dendritos, e podem penetrar no interior das espinhas. As cisternas são alojamentos de cálcio intracelular que são importantes ligações no sistema mensageiro secundário da célula.

Um, algumas vezes dois grandes dendritos primários originam-se do polo externo de uma célula de Purkinje. A partir destes, uma abundante arborização, com uma ordem diversa de subdivisão, se estende na direção da superfície. Ramos de cada neurônio são confinados em uma lâmina estreita em um plano transverso ao longo eixo das folhas.

Na parte proximal, os dendritos de primeira e segunda ordens possuem superfícies lisas com espinhas atarracadas curtas e estão contactados pelas fibras nervosas trepadeiras. Ramos distais mostram um arranjo dentro de espinhas dendríticas, que recebem sinapses das terminações das fibras nervosas paralelas. Sinapses inibitórias são recebidas a partir de células em cesta e estreladas e a partir de colaterais recorrentes de axônios das células de Purkinje, que contactam os eixos dos dendritos proximais. O número total de espinhas dendríticas por neurônio de Purkinje está na ordem de 180.000.

O axônio de uma célula de Purkinje deixa o polo interno do corpo celular e cruza o estrato granular para entrar na substância branca subjacente. O segmento de axônio inicial recebe contatos sinápticos axo-axônicos a partir dos ramos distais dos axônios das células em cesta. Depois do segmento inicial, o axônio aumenta, torna-se mielinizado, e dá ramos colaterais. Por fim, o axônio principal forma um plexo no núcleo cerebelar ou vestibular. Os ramos colaterais recorrentes terminam em outras células de Purkinje e em neurônios em cesta e de Golgi.

As células em cesta e estreladas são os neurônios do estrato molecular. Suas escassas árvores dendríticas ramificadas e as ramificações de seus axônios localizam-se em um plano aproximadamente perpendicular ao longo eixo das folhas, isto é, no mesmo plano que a árvore dendrítica das células de Purkinje. As células estreladas estão localizadas no estrato molecular superficial e seus axônios fazem sinapse com as estrias dos dendritos das células de Purkinje. As células estreladas e em cesta recebem sinapses excitatórias de fibras nervosas paralelas que passam através de sua árvore dendrítica. As células em cesta localizam-se no terço inferior do estrato molecular. Seu corpo celular recebe sinapses das colaterais recorrentes das células de Purkinje, das fibras nervosas trepadeiras e musgosas bem como das fibras paralelas. Os axônios das células em cesta aumentam em tamanho quando distantes do seu corpo celular e seguem profundamente no estrato molecular logo acima das células de Purkinje. Continuando por cerca de 1 mm, cada uma cobre o território de 10 a 12 neurônios de Purkinje. Colaterais dos axônios das células em cesta ascendem ao longo dos dendritos das células de Purkinje e descem na direção do corpo celular destas células e de segmentos axonais iniciais, formando redes pericelulares, ou "cestas" ao redor deles. Os ramos de cada axônio das células em cesta também se estendem na direção do longo eixo das folhas para apoiar três a seis fileiras de neurônios de Purkinje, flanqueando o axônio. Segue-se que ao redor de 70 neurônios das células de Purkinje podem receber sinapses de um simples neurônio em cesta.

A maioria dos corpos celulares das células de Golgi ocupa a zona superficial do estrato granular contígua aos corpos celulares das células de Purkinje. Seus dendritos difundem-se na direção do estrato molecular. Ao contrário das células de Purkinje, as árvores dendríticas das células de Golgi não são achatadas, aparecendo da mesma forma em secções transversa e longitudinal das folhas. Em ambos os planos, elas cobrem parcialmente os territórios de diversas células de Golgi e de Purkinje vizinhas. Alguns dendritos de Golgi, no entanto, dividem-se no estrato granular e se juntam ao glomérulo cerebelar, onde eles recebem contatos sinápticos excitatórios das fibras nervosas musgosas. O axônio das células de Golgi se originam da base dos corpos celulares ou dendritos proximais e imediatamente dividem-se em uma arborização profunda que se estende através de toda a espessura do estrato granular. O território ocupado pelas ramificações axonais é de um volume que corresponde aproximadamente à sua árvore dendrítica no estrato molecular, e que se sobrepõe com as arborizações axonais das células de Golgi adjacentes. A principal aferência sináptica para os dendritos das células de Golgi é a partir das fibras paralelas no estrato molecular. Colaterais recorrentes das células de Purkinje e fibras nervosas musgosas e trepadeiras também terminam em seus dendritos proximais e, de modo mais escasso, em seu corpo celular.

Cada célula granular possui um núcleo esférico, de 5-8 µm de diâmetro, com um simples reservatório de citoplasma contendo algumas pequenas mitocôndrias, ribossomos e um diminuto complexo de Golgi. As células granulares dão origem a de três a cinco dendritos curtos, que acabam em terminações como garras dentro do glomérulo sináptico. Os finos axônios das células granulares entram no estrato molecular e ramificam em uma junção T para formar fibras paralelas que passam em direções opostas sobre uma distância de diversos milímetros. Terminações localizadas ao longo das fibras paralelas dão-lhe uma aparência de gota e são locais de sinapses em direção aos dendritos das células de Purkinje, estreladas, em cesta e de

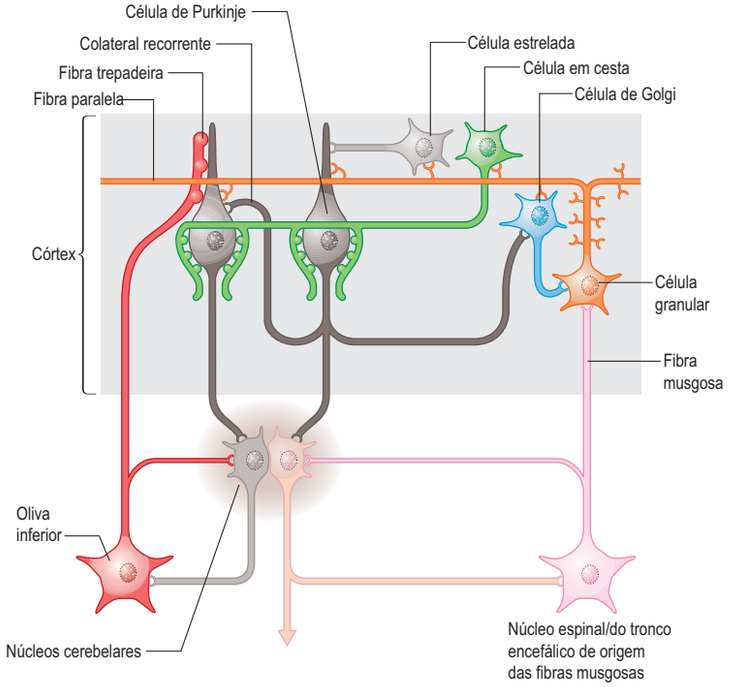


Fig. 20.7 Principais conexões intrínsecas do córtex cerebelar.

Golgi no estrato molecular. As mais numerosas são as sinapses com as espinhas dendríticas de Purkinje. Foi estimado que cerca de 250.000 fibras paralelas cruzam uma única árvore dendrítica de Purkinje, embora cada fibra paralela não possa fazer sinapse com cada árvore dendrítica que ela cruza.

Duas aferências excitatórias muito diferentes inervam o córtex cerebelar, denominadas fibras nervosas trepadeiras e fibras nervosas musgosas.

As fibras nervosas trepadeiras se originam apenas a partir do núcleo olivar inferior. Fibras nervosas olivocerebelares cruzam a substância branca e entram no estrato granular onde se ramificam para formar as fibras nervosas trepadeiras. Cada fibra trepadeira inerva uma única célula de Purkinje. Há cerca de 10 vezes mais células de Purkinje do que células na oliva inferior, e para cada ramo da fibra olivocerebelar cerca de 10 fibras trepadeiras. Fibras trepadeiras individuais passam lateralmente ao longo do corpo celular de uma célula de Purkinje, e então ramificam para fazer numerosas sinapses com as curtas e atarracadas espinhas que se projetam a partir dos segmentos proximais dos dendritos das células de Purkinje.

As fibras musgosas têm sua origem na medula espinal, no nervo trigêmeo, na coluna posterior, nos núcleos reticulares do bulbo, no tegmento da ponte e parte basilar da ponte. Assim como as fibras trepadeiras, elas são excitatórias, mas contrastam acentuadamente em sua distribuição anatômica e propriedades fisiológicas. Como cada fibra musgosa percorre a substância branca, seus ramos divergem para entrar em diversas folhas adjacentes. No interior de cada folha, estes ramos se expandem em terminações sinápticas em forma de cacho de uva (rosetas de fibras musgosas), que ocupam o centro do glomérulo cerebelar.

Fibras nervosas noradrenérgicas e serotonérgicas formam um rico plexo em todas as camadas do córtex cerebelar. As fibras aminérgicas são finas, varicosas e formam extensivos plexos corticais: sua liberação de noradrenalina e serotonina pressupõe-se ser não sináptica, e seus efeitos parácrinos envolvem volumes de tecido. As fibras nervosas aferentes serotoninérgicas do cerebelo têm sua origem nos neurônios da formação reticular medular, diferente dos núcleos da rafe. As projeções noradrenérgicas ceruleocerebelares, quando ativas, inibem o disparo das células de Purkinje não pela ação direta, mas na inibição mediada-receptor-β-adrenérgico de adenilato ciclase nas células de Purkinje. Aferentes cerebelares têm sido rastreados a partir de células dopaminérgicas na área tegmental ventral, e receptores dopamina D2 e D3 estão presentes no estrato molecular. Um fino plexo de ChAT contendo fibras nervosas está centrado no estrato Purkinje. As células de origem destas fibras nervosas colinérgicas não são conhecidas.

As conexões do cerebelo estão organizadas em dois planos perpendiculares, correspondendo à organização planar do córtex cerebelar. As conexões eferentes do córtex estão dispostas em folhas sagitais ou feixes, que conectam faixas longitudinais de células de Purkinje com núcleos cerebelares ou vestibulares específicos. As fibras trepadeiras aferentes para uma zona de células de Purkinje a partir da oliva inferior mostram uma disposição zonal similar. Eferências cerebelares são organizadas em módulos, onde um módulo consiste de uma ou mais zonas de células de Purkinje, seus núcleos cerebelares ou vestibulares-alvo, e suas eferências olivocerebelares das fibras trepadeiras. A função modular é determinada por projeções do tronco encefálico dos núcleos cerebelares ou vestibulares-alvo. Uma característica geral da organização modular do cerebelo é que os neurônios GABAérgicos nos núcleos cerebelares se projetam para os subnúcleos da oliva inferior contralateral, que dão origem às suas respectivas fibras nervosas trepadeiras aferentes. Estas conexões recorrentes são conhecidas como vias núcleo-olivares.

O sistema de fibras nervosas musgosas aferentes dos núcleos pré-cerebelares na medula espinal e no tronco encefálico termina no estrato granular de certos lóbulos nos campos terminais orientados transversalmente. O arranjo lobular transverso das fibras musgosas aferentes é executado pela orientação transversa das fibras paralelas, que são axônios das células granulares e constituem a segunda ligação na aferência da fibra musgosa-fibra paralela das células de Purkinje. Fibras paralelas cruzam e terminam nas células de Purkinje pertencentes a diversos módulos sucessivos enquanto eles seguem através do estrato molecular.

As células de Purkinje podem ser ativadas de duas maneiras diferentes. A atividade das células granulares gera impulsos simples, que se assemelham à resposta de outros neurônios no encéfalo, ao passo que a ativação por uma fibra trepadeira produz uma despolarização prolongada sobre a qual diversas ondas em forma de impulsos são superpostas. O ritmo de disparo de impulsos simples e complexos também difere marcadamente. Enquanto a célula de Purkinje pode disparar impulsos simples em um ritmo de centenas por segundo, impulsos complexos ocorrem em frequências baixas, raramente mais que três ou quatro por segundo.

A atividade das células de Purkinje é regulada pelas células de Golgi, em cesta e estreladas locais. Como as células de Purkinje, as células de Golgi possuem uma rica árvore dendrítica que se estende através do estrato molecular. Diferente das células de Purkinje, os dendritos das células de Golgi não estão restritos a um plano transverso às folhas e seus axônios não deixam o córtex cerebelar. As células de Golgi regulam o disparo pela inibição pré-sináptica de fibras musgosas aferentes, e assim agem como um regulador, ou limitador do ritmo, da atividade das células de Purkinje. Células estreladas e em cesta fazem sinapse diretamente nas células de Purkinje e são poderosas inibidoras de sua atividade.

Localização estrutural e funcional cerebelar

Visto que o córtex cerebelar é amplamente uniforme na microestrutura e no microcircuito, parece provável que seu modo básico de operação seja também uniforme. A maior parte das aferências evidentes para esta operação é providenciada pelas fibras musgosas aferentes, que carregam informações de todos os níveis da medula espinal, e informações sensitivas e motoras especializadas transmitidas a partir do córtex cerebral e centros motores subcorticais. A maioria das eferências evidentes do cerebelo é direcionada às vias motoras. As células de Purkinje são organizadas em módulos, isto é, descontínuas, zonas paralelas que convergem em direção a diferentes núcleos cerebelares de saída acoplados a diferentes vias motoras no tronco encefálico, medula espinal e córtex cerebral. A função cerebelar está, portanto, determinada por fatores temporais e espaciais, por exemplo, interneurônios inibitórios do córtex cerebelar, que regulam o acesso de uma combinação particular de aferências fibras musgosas/fibras nervosas paralelas para uma eferência apropriada. Mudanças plásticas nas propriedades de resposta das células de Purkinje, na forma da depressão a longo prazo das sinapses fibra paralela/células de Purkinje estão sob a influência das fibras trepadeiras.

Uma localização duplicada, espelhada, existe no cerebelo anterior e posterior (Fig. 20.8). O lobo anterior, o lóbulo simples, a pirâmide e os lóbulos adjacentes do hemisfério do lobo posterior todo recebem ramos das mesmas fibras nervosas trepadeiras e musgosas e se projetam para os mesmos núcleos cerebelares. As vias eferentes destas regiões monitoram a atividade no trato corticospinal e nos sistemas motores subcorticais descendo a partir dos núcleos vestibulares e formação reticular. As aferências para o cerebelo e as eferências a partir dele estão organizadas de acordo com os mesmos padrões somatotópicos, mas a orientação destes padrões é invertida. A representação da cabeça é encontrada principalmente no lóbulo simples, e caudalmente em uma região correspondente do lobo posterior. A representação dupla do corpo segue uma ordem somatotópica grosseira. Conexões vestibulares do cerebelo mostram uma representação dupla similar na maioria dos lóbulos rostrais do lobo anterior e ao longo inferiormente no cerebelo vestibular (Fig. 20.9).

As folhas, o túber, a úvula, a tonsila e o lóbulo biventre posterior recebem uma entrada quase puramente de fibras nervosas musgosas da ponte. As fibras nervosas trepadeiras da oliva inferior e as fibras nervosas musgosas dos núcleos da parte basilar e do tegmento da ponte transmitem informação visual e acústica a partir da respectiva área de associação cerebral e teto do mesencéfalo para as folhas e túber para representar uma área visual/acústica do verme (Fig. 20.8). As conexões eferentes desta área seguem via núcleo do fastígio para centros de olhar fixo na ponte e mesencéfalo.

CONEXÕES AFERENTES DO CEREBELO

As fibras musgosas e as fibras trepadeiras conduzem as conexões aferentes do cerebelo. O sistema de fibras musgosas termina bilateralmente nas áreas "lobulares" orientadas transversalmente; existem consideráveis sobreposições entre as terminações. As fibras trepadeiras a partir de diferentes

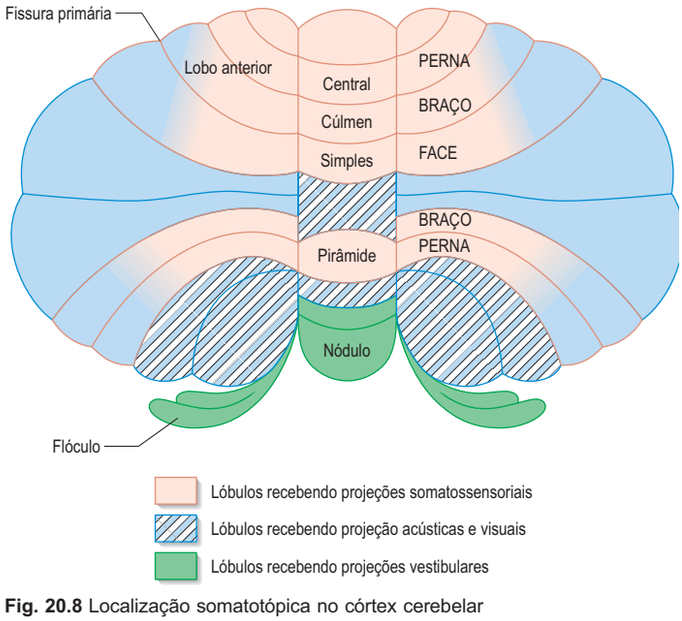


Fig. 20.8 Localização somatotópica no córtex cerebelar

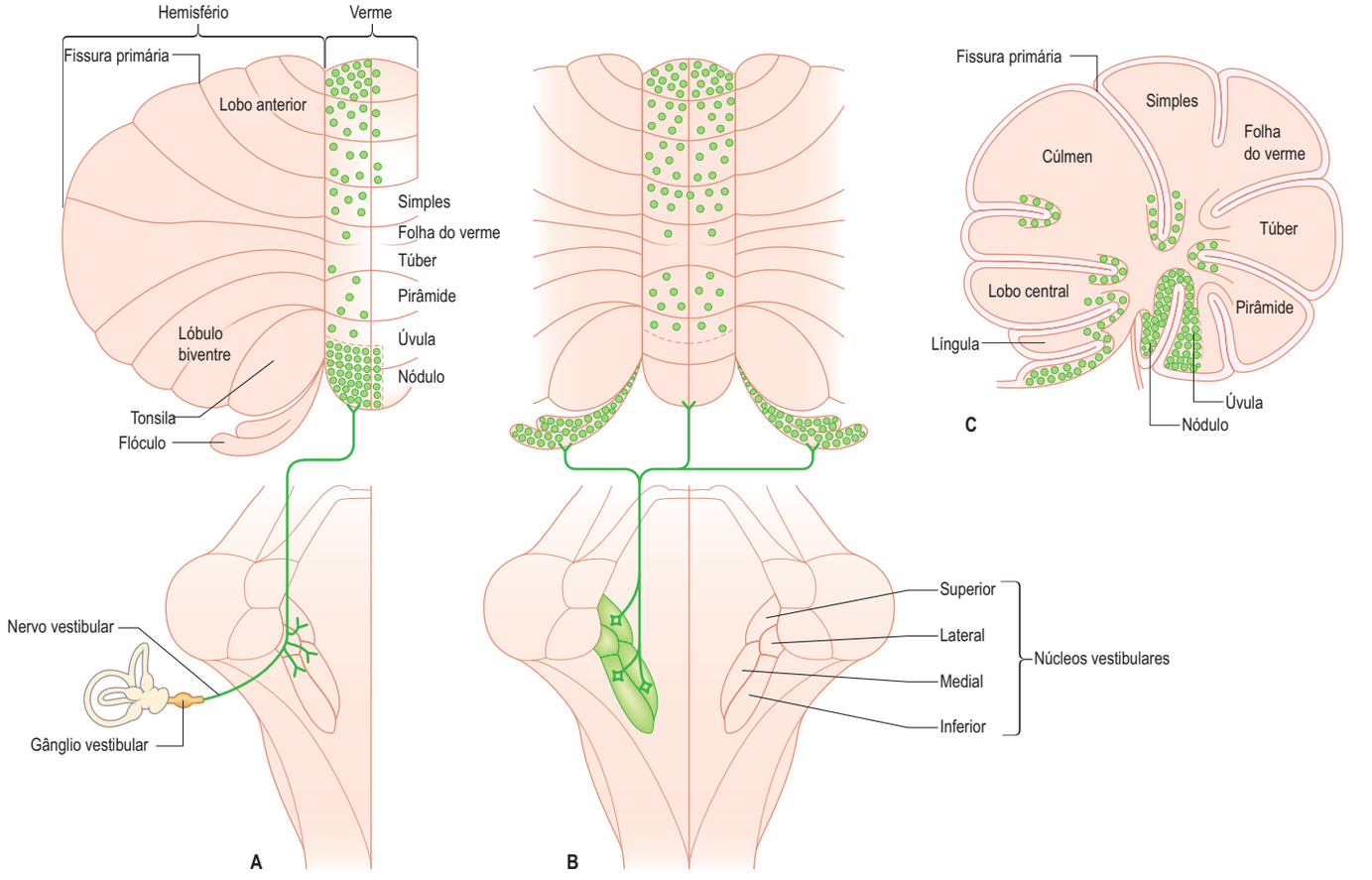


Fig. 20.9 Projeções vestibulocerebelares das fibras musgosas. **A,** Projeções vestibulocerebelares primárias de neurônios bipolares do gânglio vestibular. **B,** Projeções vestibulocerebelares secundárias dos núcleos vestibulares. **C,** Secção sagital mostrando a distribuição dos conjuntos de aferências.

subnúcleos da oliva inferior terminam contralateralmente em discretas faixas longitudinais de células de Purkinje. Este padrão longitudinal corresponde rigorosamente com o arranjo zonal na projeção corticonuclear (Fig. 20.10).

Fibras espinocerebelares e trigeminocerebelares

A medula espinal está conectada ao cerebelo através dos tratos espinocerebelar e cuneocerebelar e através de vias indiretas de fibras musgosas transmitidas pelo núcleo reticular lateral no bulbo. Estas vias são todas excitatórias naturalmente e dão colaterais para os núcleos interpósito e do fastígio antes de terminar nas células granulares corticais.

O trato espinocerebelar posterior tem sua origem a partir das células da coluna intermédia na base do corno posterior em todos os segmentos torácicos da medula espinal (Fig. 20.11). Ele entra no pedúnculo cerebelar inferior, dá colaterais para os núcleos cerebelares, e termina ipsilateralmente no verme, nas regiões adjacentes do lobo anterior e na pirâmide e lóbulos adjacentes do lobo posterior. A coluna intermédia recebe aferentes primárias de todos os tipos dos músculos e das articulações dos membros inferiores, que chegam ao núcleo via fascículo grácil. Ela também recebe colaterais dos neurônios sensoriais cutâneos. Consequentemente, o trato transmite informações proprioceptivas e exteroceptivas sobre o membro inferior ipsilateral. Conduções muito rápidas são requeridas para manter o cerebelo informado sobre os movimentos em curso. Os axônios no trato espinocerebelar posterior são os maiores no SNC, medindo 20 µm de diâmetro. O ramo superior equivalente do trato espinocerebelar posterior é o trato cuneocerebelar.

O trato espinocerebelar anterior é uma via complexa. Ele informa o cerebelo sobre o estado da atividade dos arcos reflexos espinais relacionados ao membro inferior e ao tronco inferior. Suas fibras nervosas se originam na substância cinzenta intermédia dos segmentos lombar e sacral da medula espinal (Fig. 20.11). Elas cruzam próximo de sua origem e sobem rente à superfície até a região inferior do mesencéfalo antes de curvar-se para baixo no pedúnculo cerebelar superior. A maior parte das fibras nervosas cruza novamente na substância branca cerebelar. Deste modo, suas distribuições para os núcleos cerebelares e para o córtex parecem ser as mesmas que as do trato posterior.

O trato espinocerebelar rostral origina-se de um grupo de células da zona intermédia e do corno da intumescência cervical. Embora o ramo

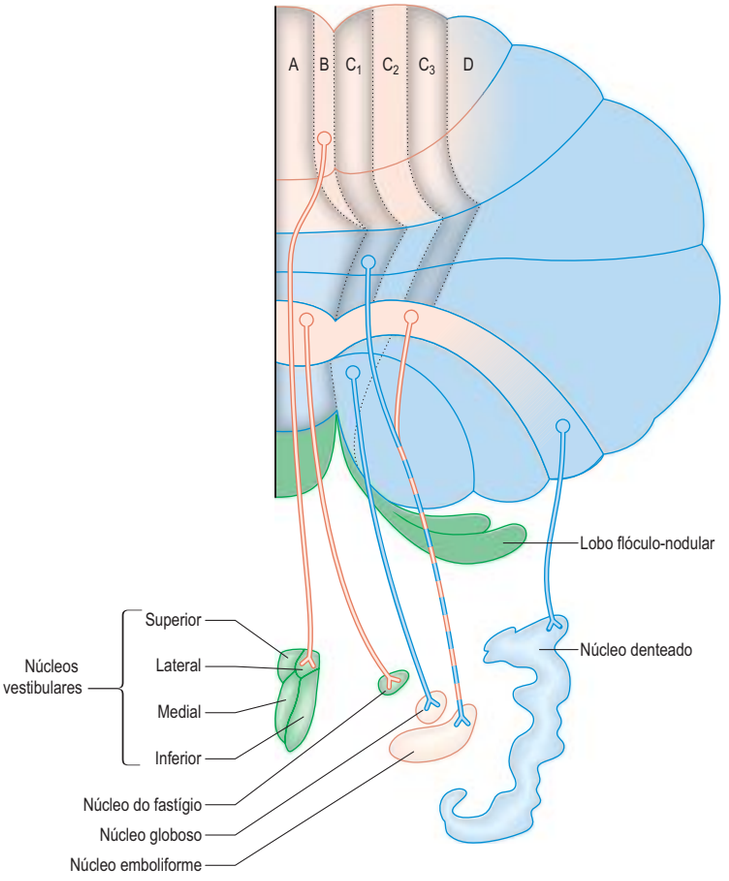


Fig. 20.10 Projeções corticonucleares e corticovestibulares cerebelares. A projeção generalizada do lóbulo flóculo-nodular para os núcleos vestibulares não está marcada, mas é indicada em verde.

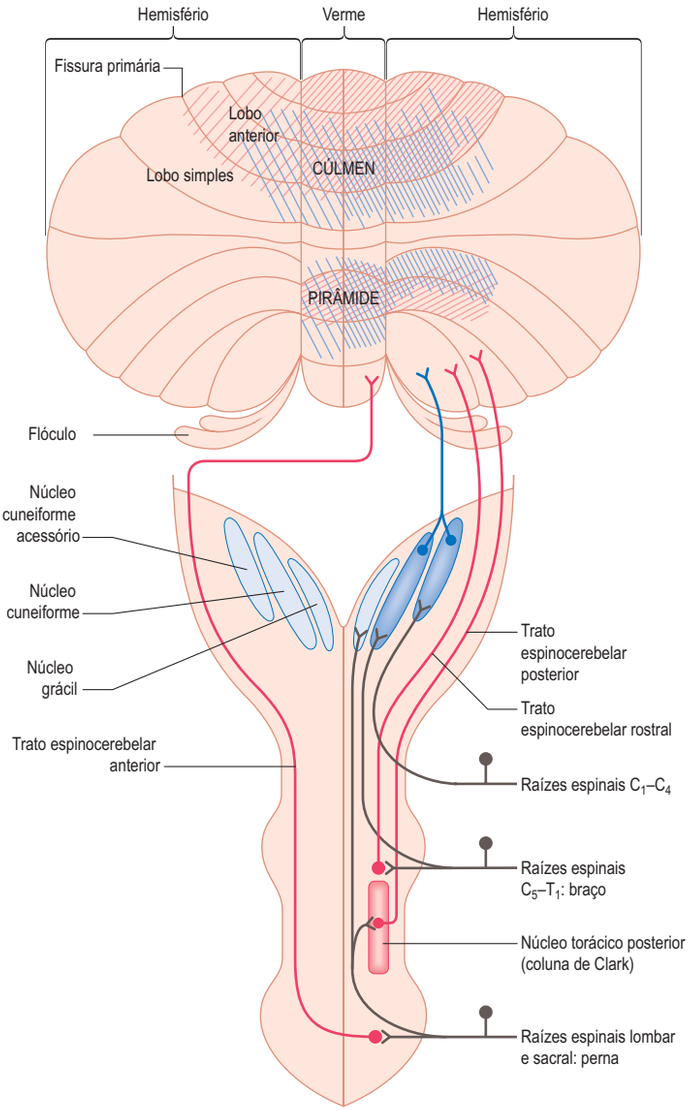


Fig. 20.11 Projeções espinocerebelares e cuneocerebelares de fibras musgosas para o cúlmen e pirâmide e áreas intermédias relacionadas do córtex cerebelar.

superior e o tronco superior sejam considerados semelhantes ao trato espinocerebelar anterior, a maior parte de suas fibras nervosas permanece ipsilateral por todo o seu curso. Elas entram no pedúnculo cerebelar inferior e terminam nos mesmos núcleos cerebelares e folhas que o trato cuneocerebelar.

O trato cuneocerebelar contém componentes exteroceptivos e proprioceptivos que se originam dos núcleos cuneiforme e cuneiforme externo, respectivamente. As aferentes primárias seguem no fascículo cuneiforme. O próprio trato é predominantemente não cruzado e termina na metade posterior do lobo anterior. Fibras musgosas exteroceptivas e proprioceptivas componentes do trato terminam diferencialmente nas partes apical e basal das folhas. O componente exteroceptivo se sobrepõe à projeção das fibras musgosas pontocerebelares nos ápices da folha do lobo anterior.

Comparáveis conjuntos de projeções cerebelares ipsilaterais proprioceptiva e interoceptiva existem para o extensivo território dos núcleos trigeminais do tronco encefálico. Estes núcleos também se projetam para a oliva inferior ipsilateral, transmitindo de lá para o córtex cerebelar contralateral e para os núcleos profundos. A representação cortical da cabeça está diretamente atrás da fissura primária.

Fibras olivocerebelares

Localização das vias olivocerebelares: zonas e microzonas

As fibras trepadeiras se originam exclusivamente de subnúcleos do complexo olivar inferior contralateral e terminam em faixas longitudinais de células de Purkinje no córtex cerebelar; suas colaterais terminam nos núcleos-alvo cerebelar ou vestibular destas células de Purkinje. Uma organização zonal longitudinal é, portanto, característica da organização da projeção olivocerebelar. Além disso, as zonas de projeção olivocerebelar correspondem precisamente às zonas de projeção corticonucleares já descritas (Fig. 20.10). As fibras trepadeiras da oliva inferior estão aptas para modificar a saída cerebelar de tal forma que as células no interior de cada subnúcleo do complexo olivar inferior monitora a saída de um único módulo cerebelar.

O complexo olivar inferior e suas fibras trepadeiras podem ser ativados por estimulação tátil, proprioceptiva, visual e vestibular, e a partir dos córtices sensorial, motor, visual e seus relés no tronco encefálico. Uma organização somatotópica das partes do corpo, correspondente às projeções olivares sobre o córtex cerebelar, foi descrita em animais.

Conexões olivocerebelares das fibras trepadeiras

O complexo olivar inferior pode ser subdividido em um núcleo olivar principal convoluto e núcleos olivares acessórios medial e posterior. Fibras nervosas olivares formam a projeção olivocerebelar para o córtex cerebelar contralateral e dão colaterais para o núcleo vestibular lateral e para os núcleos cerebelares. As fibras nervosas trepadeiras terminam em faixas longitudinais de células de Purkinje. Os padrões zonais das projeções olivocerebelar e Purkinje-nuclear correspondem precisamente. O núcleo olivar acessório projeta-se ao verme e hemisférios adjacentes. As metades caudais dos núcleos acessórios medial e posterior inervam o verme. A parte inferior do núcleo acessório posterior projeta-se para o núcleo de Deiter e para a zona B da região anterior do verme. A metade inferior do núcleo olivar acessório medial dá origem a uma projeção para o núcleo do fastígio e provê fibras trepadeiras para a zona A. As metades rostrais do núcleo olivar acessório projetam-se para a parte intermédia. As fibras trepadeiras do núcleo olivar acessório posterior rostral dão projeções colaterais para o núcleo emboliforme e terminam nas zonas C1 e C3. A zona C2 recebe terminações do núcleo olivar acessório medial rostral, que provê uma projeção colateral para o núcleo globoso. O núcleo principal projeta-se para o hemisfério contralateral (zona D) e dá colaterais para o núcleo denteado.

O complexo olivar inferior recebe conexões aferentes da medula espinal e do núcleo relé sensorial no tronco encefálico, incluindo a coluna posterior e o núcleo sensorial do nervo trigêmeo. Ele também recebe conexões descendentes do colículo superior, parte parvocelular do núcleo rubro e núcleos relacionados no mesencéfalo, e uma projeção GABAérgica, principalmente cruzada, dos núcleos cerebelares e certos núcleos vestibulares. As últimas duas conexões são organizadas topicamente. Assim, o núcleo denteado projeta-se para o núcleo principal; o núcleo emboliforme, para o núcleo acessório posterior rostral; e o núcleo globoso, para o núcleo acessório medial rostral. O núcleo do fastígio está conectado com o núcleo olivar acessório inferomedial, mas as fibras são pouco numerosas. O núcleo olivar acessório posteroinferior recebe uma projeção do núcleo vestibular lateral.

O núcleo olivar acessório posterior e a metade caudal do núcleo olivar acessório medial recebem uma aferência da medula espinal e do núcleo relé sensorial. A região média do núcleo olivar acessório medial recebe uma projeção do colículo superior e projeta-se para as folhas e para o verme. A parte parvocelular do núcleo rubro e núcleos relacionados projetam-se para a oliva através do trato tegmental central descendente ipsilateral, que termina na metade rostral do núcleo olivar acessório medial e na região principal da oliva. A parte parvocelular do núcleo rubro recebe projeções convergindo dos núcleos cerebelares e dos córtices motor e pré-motor. As vias diretas do córtex cerebral para a oliva inferior são esparsas. As vias indiretas por meio da parte parvocelular do núcleo rubro são muito maiores.

As fibras nervosas trepadeiras que terminam no cerebelo vestibular (flóculo-nodular) são derivadas dos neurônios do núcleo olivar acessório medial, que recebe uma forte conexão aferente descendente dos centros optocinéticos no mesencéfalo. A informação optocinética é usada pelo flóculo na adaptação a longo prazo dos movimentos compensatórios dos olhos. Os neurônios vizinhos estão sob o controle vestibular e se projetam para o nódulo e úvula adjacentes.

Fibras vestibulocerebelares

Fibras musgosas vestibulocerebelares primárias são fibras do ramo vestibular do nervo vestibulococlear. Elas entram no cerebelo com o ramo ascendente do nervo vestibular e passam através do núcleo vestibular superior e do corpo justarrestiforme. Elas terminam ipsilateralmente no estrato granular do nódulo, parte caudal da úvula, parte central do lobo anterior e no âmago das fissuras profundas do verme (Fig. 20.9A). Fibras musgosas vestibulocerebelares secundárias se originam do núcleo vestibular superior e das porções inferiores dos núcleos vestibulares inferior e medial. Elas terminam bilateralmente não apenas nas mesmas regiões que recebem fibras vestibulocerebelares primárias, mas também no flóculo, que necessita de uma projeção vestibulocerebelar primária (Fig. 20.9B). Algumas das fibras musgosas dos núcleos vestibulares inferior e medial são colinérgicas.

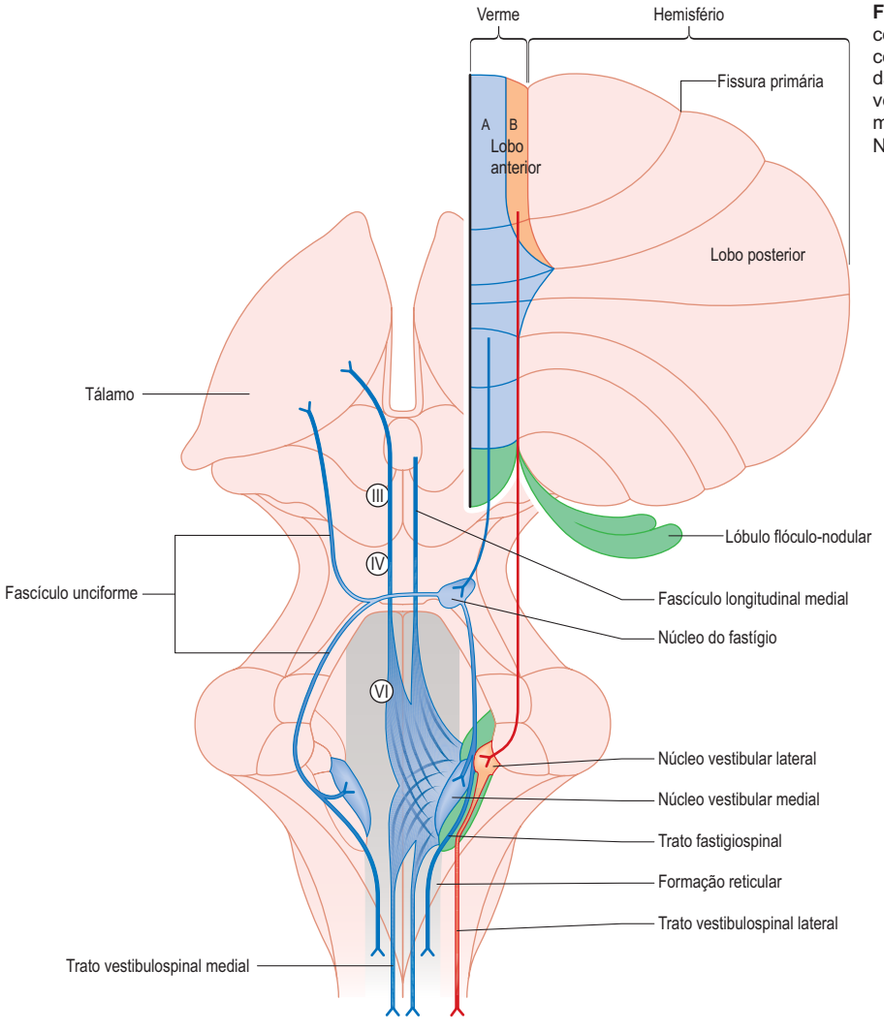


Fig. 20.12 Conexões eferentes do verme do cerebelo. As conexões da zona A do verme e do lóbulo flóculo-nodular com o núcleo do fastígio são indicadas, e também aquelas da zona B com o núcleo vestibular lateral. Alguns eferentes vestibulares ascendem bilateralmente para o núcleo ocular motor e o tálamo, outros descendem para a medula espinal. Núcleos motores do 3°,4° e 6° nervos cranianos.

Fibras reticulocerebelares

O núcleo reticular lateral do bulbo e os núcleos reticular do tegmento e reticular paramediano da ponte dão origem às fibras musgosas. Os últimos núcleos também fornecem as principais projeções colaterais aos núcleos cerebelares. Fibras espinorreticulares terminam em um padrão somatotópico no interior do núcleo reticular lateral todo, onde elas se sobrepõem com colaterais dos tratos rubrospinal e vestibulospinal lateral e com uma projeção do córtex cerebral.

O núcleo reticular lateral projeta-se bilateralmente para o verme e para os hemisférios do cerebelo. A projeção a partir da região dorsal do núcleo, que recebe colaterais do trato rubrospinal em adição às aferentes espinais, está centrada no hemisfério ipsilateral. A parte ventral do núcleo, que recebe uma forte projeção da medula espinal e uma projeção colateral do trato vestibulospinal lateral, projeta-se de maneira bilateral, principalmente ao verme. O núcleo reticular lateral provê uma forte projeção ao núcleo do fastígio superior, ao núcleo emboliforme e ao polo medial do núcleo globoso.

O núcleo reticular paramediano consiste de um grupo de células na margem lateral do fascículo longitudinal medial. Ele recebe fibras nervosas do núcleo vestibular e dos tratos tetospinal e interticiospinal (que descem no fascículo longitudinal medial), e da medula espinal e córtex cerebral. Ele projeta-se para o cerebelo todo.

O núcleo reticular do tegmento da ponte está localizado próximo à linha mediana na metade inferior do tegmento. Ele recebe conexões aferentes do córtex cerebral, teto, núcleo do trato óptico e núcleos cerebelares via ramo descendente cruzado do pedúnculo cerebelar superior. Eferentes do núcleo reticular do tegmento da ponte chegam ao cerebelo através do pedúnculo cerebelar médio. Alguns terminam superficialmente no córtex do lobo anterior, mas muitos terminam no lóbulo simples, nas folhas, túber, verme e flóculo adjacente. Eferentes adicionais terminam no núcleo do fastígio caudal, núcleo denteado e partes laterais do núcleo globoso.

Fibras pontocerebelares

O córtex cerebral é a maior fonte individual de fibras nervosas que se projetam para os núcleos da ponte. Fibras nervosas a partir dos núcleos da ponte acessam o cerebelo por meio do pedúnculo cerebelar médio, que é a maior via aferente do cerebelo humano. Muitas fibras corticopontinas são colaterais de axônios que se projetam para outros alvos no encéfalo ou na medula espinal. Por exemplo, é provável que todas as fibras corticopontinas deem colaterais para os núcleos pontinos. Embora os axônios corticopontinos se originem da lâmina V das células piramidais, a projeção de diferentes áreas do córtex cerebral é altamente desigual. As áreas do córtex cerebral que se projetam para os núcleos da ponte são aquelas que estão particularmente envolvidas no controle do movimento. Por exemplo, no caso das áreas visuais, a entrada origina-se das áreas visuais extraestriadas no lobo parietal cujas células são responsáveis pelo movimento e funcionam como importantes *links* na orientação visual dos movimentos. Os núcleos dorsais da ponte recebem ramos colaterais de fibras nervosas corticotectais que se projetam para os colículos superior e inferior das áreas parietal, temporal e frontal do córtex cerebral, e dos relés tectopontinos. O reenvio das projeções pontocerebelares vai para o lóbulo simples e para as folhas e túber do verme.

As fibras nervosas do núcleo reticular da ponte estão distribuídas bilateralmente, com predominância ipsilateral, para todos os lóbulos do cerebelo, exceto a língula e o nódulo. Mais de 90% das fibras nervosas no pedúnculo cerebelar médio pertencem à via corticopontocerebelar. As fibras nervosas corticopontinas seguem no pedúnculo cerebral. As fibras nervosas a partir do lobo frontal ocupam a parte medial do pedúnculo, e as fibras a partir dos lobos parietal, occipital e temporal ocupam a parte lateral. Elas fazem sinapse em cerca de 20 milhões de neurônios em regiões correspondentes da parte basilar da ponte. O reenvio de projeções de fibras musgosas pontocerebelares vai predominantemente para as regiões laterais dos lobos posterior e anterior (Fig. 20.4), mas colaterais são enviadas para o núcleo denteado.

CONEXÕES EFERENTES DO CEREBELO

A saída do cerebelo consiste nas projeções inibitórias das células de Purkinje para os núcleos cerebelar e vestibular e nas conexões eferentes dos núcleos cerebelares para os centros motores no tronco cerebral e, através do tálamo, para o córtex motor. Seus efeitos sobre os movimentos são sempre indiretos porque não existem projeções diretas a partir dos núcleos cerebelares para os neurônios motores. As conexões dissinápticas das células de

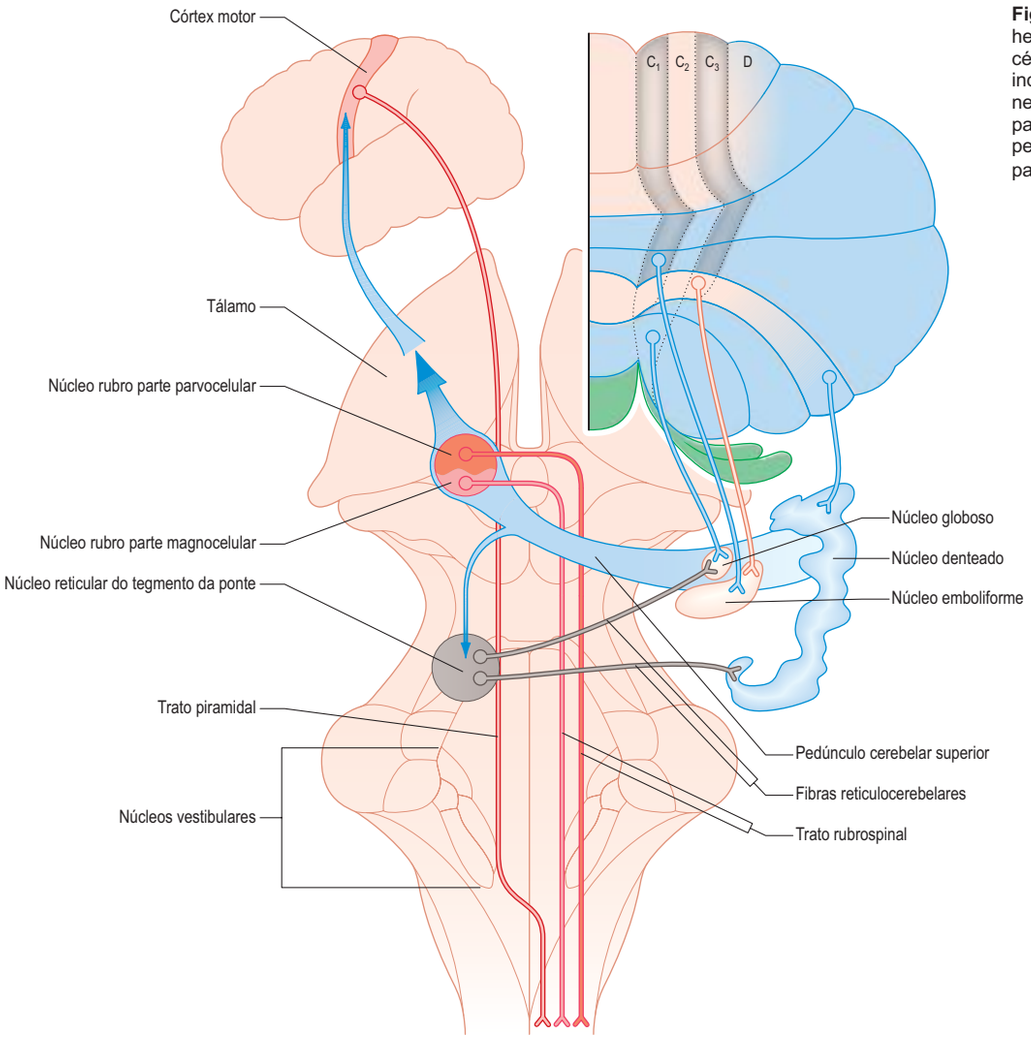


Fig. 20.13 Conexões eferentes dos hemisférios cerebelares. As zonas de células de Purkinje e seus núcleos-alvo são indicadas com as mesmas cores. Fibras nervosas eferentes do córtex motor e da parte magnocelular do núcleo rubro muito pequenas cruzam novamente e descem para a parte superior da medula espinal.

Purkinje no verme anterior e no cerebelo vestibular com neurônios motores que controlam os movimentos oculogíricos e os músculos proximais dos membros são mediadas pelos núcleos vestibulares. O verme também influencia estes neurônios motores bilateralmente através de vias multissinápticas que envolvem os núcleos do fastígio e vestibular, e a formação reticular (Fig. 20.12). O verme não pode ser considerado como um módulo simples. Cada metade do verme é composta de diversos módulos (cada um composto por zonas de células de Purkinje longitudinais e um núcleo-alvo) e suas projeções aferentes de fibras nervosas trepadeiras de apoio.

Cada hemisfério cerebelar influencia os movimentos das extremidades ipsilaterais por meio de projeções para os núcleos denteado e interpósito (emboliforme e globoso), que por sua vez se projetam para o núcleo rubro contralateral, para o tálamo e para o córtex motor (Fig. 20.13).

Fibras corticonucleares e corticovestibulares

As células de Purkinje de cada metade do verme projetam-se para os núcleos vestibular e do fastígio ipsilateral. As células de Purkinje do hemisfério projetam-se para os núcleos interpósito e denteado. Embora o córtex cerebelar seja organizado em faixas de zonas de células de Purkinje, que se projetam para diferentes núcleos cerebelares e vestibulares, as margens entre estas faixas não são aparentes na estrutura do córtex quando ele é examinado microscopicamente usando métodos convencionais de coloração histológica. O verme do lobo anterior e do lóbulo simples consiste de duas faixas paralelas, A e B, de células de Purkinje (Figs. 20.10, 20.12). A faixa medial (zona A) projeta-se para o polo rostral do núcleo do fastígio, e a faixa lateral (zona B) projeta-se para o núcleo vestibular lateral. A zona B não continua além do lóbulo simples. O córtex de toda a região inferior do verme, que se projeta para o núcleo do fastígio, está incluído na zona A. As folhas e o túber do verme representam regiões do cerebelo que recebem informações visuais e que estão envolvidas na calibração acurada dessas aferências e projetam-se para o polo inferior do núcleo do fastígio. A pirâmide, a úvula e o nódulo podem ser subdivididos em diversas zonas de células de Purkinje. No entanto, o significado de suas conexões com os núcleos cerebelares e vestibulares não é bem conhecido. Projeções corticovestibulares para os núcleos vestibulares superior, medial e inferior, mas não para o núcleo lateral, têm suas origens no nódulo e na região adjacente da úvula.

A região intermédia consiste de duas faixas de células de Purkinje (zonas C1 e C3) que se projetam para o núcleo emboliforme (interpósito anterior). Elas flanqueiam uma zona ímpar (C2) que se projeta para o núcleo globoso (interpósito posterior) (Figs. 20.10, 20.13). O restante do hemisfério projeta-se para o núcleo denteado. Existem indicações para uma subdivisão do hemisfério em duas zonas que se projetam para as partes inferomedial e rostromedial do núcleo denteado, respectivamente. Os neurônios do núcleo denteado inferomedial são geralmente menores do que aqueles da posição rostromedial e as convoluções são mais amplas. As conexões eferentes do flóculo são principalmente com os núcleos vestibulares superior, medial e inferior e se assemelham às do nódulo e da úvula.

Fibras cerebelovestibulares e cerebelorreticulares

Conexões eferentes do núcleo do fastígio

O núcleo do fastígio está conectado bilateralmente com os núcleos vestibulares e com a formação reticular bulbar e pontina (Fig. 20.12). Pequenas conexões cruzadas sobem ao mesencéfalo e ao diencéfalo ou descem na direção da medula espinal. Pequenos neurônios GABAérgicos dão origem a fibras fastígio-olivares, que terminam no núcleo olivar acessório medial. O fascículo unciforme é a principal via eferente do núcleo do fastígio. Suas fibras nervosas cruzam na parte rostral da substância branca cerebelar, e passam posteriormente ao pedúnculo cerebelar superior para entrar nos núcleos vestibulares a partir de sua região lateral. Fibras nervosas não cruzadas entram nos núcleos vestibulares através do corpo justarrestiforme. A distribuição das projeções do núcleo do fastígio é bilateral, mas com uma

preponderância contralateral. Projeções cruzadas e não cruzadas terminam nos núcleos vestibulares medial e inferior, e também atravessam estes núcleos para terminar na região medial da formação reticular. Algumas fibras nervosas cruzadas podem ser encontradas inferiormente na direção da medula espinal. Um pequeno fascículo de fibras cruzadas a partir do núcleo do fastígio sobe ao longo do pedúnculo cerebelar superior e é distribuído bilateralmente para a região posterior do tegmento, para a substância cinzenta central, para as camadas profundas do colículo superior e para os núcleos da comissura posterior. Fibras nervosas terminam bilateralmente no núcleo ventral lateral e nos núcleos intralaminares do tálamo.

Conexões cerebelovestibulares

As relações entre o cerebelo e os núcleos vestibulares são complexas (Figs. 20.9, 20.12). Além do cerebelo vestibular (nódulo, folhas adjacentes da úvula e flóculo), a região principal do verme e o núcleo do fastígio também se projetam para os núcleos vestibulares.

O cerebelo vestibular se projeta para os núcleos vestibulares superior, medial e inferior. Os neurônios destes núcleos, que recebem uma entrada do nervo vestibular e projetam-se para os núcleos que controlam os movimentos dos olhos (células relé vestíbulo-oculares), estão entre os principais alvos das células de Purkinje do nódulo e do flóculo. Através destas conexões com os neurônios relé vestíbulo-oculares, o flóculo está envolvido na adaptação a longo prazo dos movimentos compensatórios do olho, na geração de movimentos suaves dos olhos usados para seguir um objeto, e na supressão do reflexo vestíbulo-ocular durante um acompanhamento suave. A função do nódulo no controle do movimento dos olhos é bem menos compreendida.

Os núcleos vestibulares são a principal fonte de fibras musgosas aferentes para o nódulo; sua projeção para o flóculo é relativamente menor. A maioria das fibras musgosas que terminam no flóculo se origina da formação reticular e transmite informações optocinéticas e visuais.

O núcleo vestibular lateral, que necessita de uma entrada a partir do labirinto e recebe axônios das células de Purkinje a partir da zona B da região anterior do verme, pode ser considerado como um núcleo cerebelar deslocado. Ele dá origem ao trato vestibulospinal lateral, que desce por todos os níveis da medula espinal. Ele é evitado pelas vias aferentes do núcleo do fastígio, que terminam mais anteriormente em grandes neurônios na parte magnocelular do núcleo vestibular medial e na região medial da formação reticular. Os núcleos vestibulares inferior e medial recebem uma aferência maior do nervo vestibular e dão origem aos tratos ascendente e descendente bilateralmente que cursam no fascículo longitudinal medial. O trato ascendente é composto predominantemente de axônios das células relés vestíbulo-oculares. As fibras nervosas descendentes formam o trato vestibulospinal medial, que está particularmente envolvido nos reflexos de correção postural da cabeça quando o tronco é inclinado.

Fibras do fastígio, que terminam na formação reticular, estimulam os tratos reticulospinais bulbares descendentes bilateralmente. A zona A do verme exerce uma influência bilateral sobre os interneurônios espinais localizados anteromedialmente e sobre os neurônios motores que inervam os músculos da região axial do tronco proximal aos membros. Algumas fibras nervosas do fascículo unciforme do cerebelo descem até a região cervical da medula espinal, onde elas terminam nos mesmos neurônios motores. A zona B exerce uma influência sobre os interneurônios ipsilaterais e sobre os neurônios motores do mesmo sistema através de sua projeção para o núcleo vestibular lateral e para o trato vestibulospinal lateral.

As projeções do núcleo do fastígio para o tálamo são relativamente menores. Elas são bilaterais porque as fibras ascendentes cruzadas do fascículo unciforme subsequente cruzam novamente. Seus alvos incluem partes do núcleo ventral lateral e os núcleos intralaminares, central lateral e parafascicular. Fibras nervosas que terminam no núcleo ventral lateral localizam-se medial às terminações de fibras nervosas dos núcleos denteado e interpósito. Esta região do núcleo ventral lateral projeta-se para o córtex motor, mas também envia colaterais para a formação reticular do bulbo, que influencia os interneurônios anteromediais e os neurônios motores nos segmentos lombar e sacral da medula espinal por meio dos tratos reticulospinais do bulbo.

A região inferior do núcleo do fastígio recebe axônios das células de Purkinje das folhas e do túber do verme, uma área do verme que recebe aferências visuais. Ela se projeta para o centro do olhar fixo horizontal contralateral (formação reticular paramediana da ponte), para o centro de olhar fixo vertical (núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial), e bilateralmente para camadas profundas do colículo superior. Estas projeções provavelmente medeiam a adaptação das percepções pela área visual do verme.

O cerebelo influencia o sistema visceromotor por meio das projeções do núcleo do fastígio para o núcleo solitário (uma região que margeia os núcleos viscerossensoriais do trato solitário), para o núcleo posterior do nervo vago, para a substância cinzenta central, para os núcleos da rafe serotoninérgicos da ponte e do bulbo, e para o *locus ceruleus* noradrenérgico.

Outras vias a partir dos núcleos cerebelares terminam no núcleo relé pré-cerebelar que dá origem a fibras musgosas ou trepadeiras. Circuitos recorrentes envolvendo o núcleo do fastígio incluem o núcleo reticular do tegmento da ponte e uma projeção a partir do núcleo do fastígio para o núcleo olivar acessório medial. Projeções núcleo-olivares se originam de todos os núcleos cerebelares, são cruzadas, e contêm GABA como neurotransmissor. As conexões do núcleo do fastígio com os núcleos reticulares são excitatórias.

Os núcleos cerebelares também se projetam ao núcleo intersticial contralateral de Darkschewitsch, que se localiza no limite entre o mesencéfalo e o diencéfalo. Este núcleo se projeta para o núcleo olivar acessório medial por meio do trato tegmental central. O núcleo do fastígio controla a eferência das fibras nervosas trepadeiras do núcleo olivar acessório medial por meio de sua projeção núcleo-olivar e por sua conexão com o núcleo de Darkschewitsch.

Fibras cerebelorrubrais e cerebelotalâmicas

Os axônios dos neurônios nos núcleos denteado e interpósito deixam o cerebelo pelo pedúnculo cerebelar superior. O pedúnculo superior, incluindo seus componentes núcleo-olivares, decussa na região inferior do mesencéfalo (Fig. 20.13) e então dá um pequeno ramo descendente que conduz fibras nervosas que terminam na formação reticular medial da ponte e do bulbo e no núcleo reticular do tegmento da ponte. As fibras nervosas núcleo-olivares se juntam neste ramo descendente e terminam na região inferior da oliva de uma maneira estritamente ordenada. O ramo ascendente é distribuído ao mesencéfalo e ao diencéfalo, principalmente ao núcleo rubro e ao tálamo. O núcleo emboliforme (interpósito anterior) se projeta para a parte magnocelular do núcleo rubro. Em humanos, esta projeção é muito pequena e os neurônios-alvo dão origem a um relativamente trivial trato rubrospinal, que cruza na região inferior do mesencéfalo e termina nos interneurônios bulbares laterais e em um pequeno número de neurônios motores na região cervical superior da medula espinal.

O núcleo emboliforme (interpósito anterior) projeta-se para a face lateral do núcleo anterolateral do tálamo, que está conectado com elementos do córtex motor que se projetam para os músculos da região proximal dos membros e axiais e para a formação reticular da ponte e do bulbo. Ele também se projeta para o núcleo reticular do tegmento da ponte e para os núcleos basilares da ponte, ambos os quais dão origem a fibras nervosas musgosas. Suas eferências núcleo-olivares terminam na metade rostral do núcleo olivar posterior acessório.

As projeções do núcleo globoso (interpósito posterior) são muito similares àquelas do núcleo do fastígio. Os dois núcleos partilham projeções para a medula, colículo superior, substância cinzenta central e para os núcleos da rafe. Projeções núcleo-olivares a partir do núcleo globoso e do núcleo globoso recorrente das vias núcleo-intersticial e núcleo-olivar inferior convergem em direção à metade rostral do núcleo-olivar acessório medial. As projeções talâmicas se sobrepõem entre os núcleos do fastígio e emboliforme.

O núcleo denteado projeta-se para a parte parvocelular do núcleo rubro contralateral e para o tálamo. O trato tegmental central tem sua origem na parte parvocelular do núcleo rubro e termina no núcleo principal da oliva. A projeção talâmica do núcleo ventral lateral se sobrepõe às dos outros núcleos cerebelares. As partes inferior e lateral do núcleo denteado se projetam em direção à região mais medial do núcleo ventral lateral, que por sua vez se projeta para a área pré-motora do lobo frontal.

O tálamo recebe uma aferência massiva de outras vias motoras principais, além da aferência que ele recebe do cerebelo. Em particular, a saída dos núcleos da base está relacionada ao tálamo por uma projeção do globo pálido (Cap. 22). Evidências disponíveis sugerem que estas duas grandes vias motoras subcorticais terminam em diferentes regiões anteriormente no tálamo e se projetam para diferentes alvos no córtex motor e pré-motor.

FUNÇÕES CEREBELARES

O verme do cerebelo está envolvido na tomada de medidas preventivas a fim de manter uma postura ereta quando objetos são apanhados. Por exemplo, quando um livro é pego de uma prateleira, o primeiro grupo muscular a ser ativado não é o dos flexores do braço, antebraço ou dedos, mas os flexores plantares. A contração dos flexores plantares move os pés anteriormente para empurrar os membros inferiores e o tronco para trás no momento em que as mãos agarram o livro. Uma vez que o levantamento está em curso, os músculos eretores da espinha regulam-se para o peso do livro alcançando o braço, a fim de evitar transmitir o balanço da cabeça e

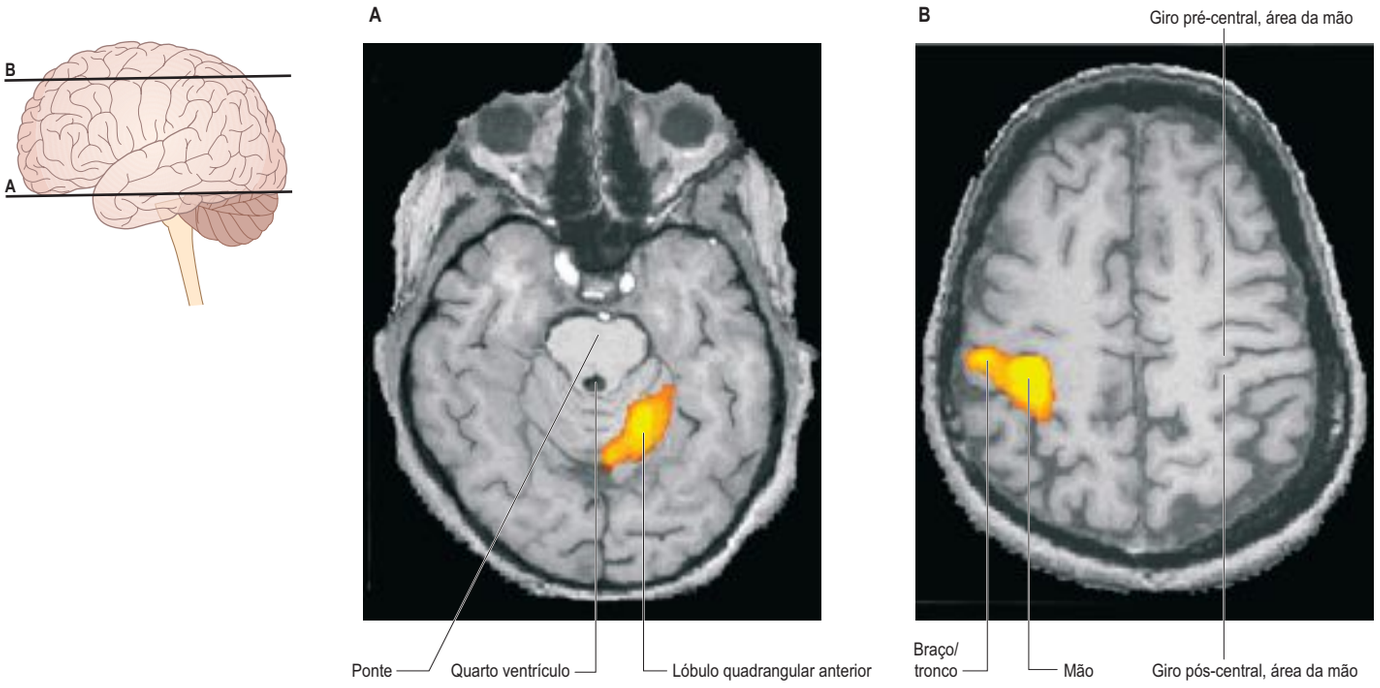


Fig. 20.14 Imagem de ressonância magnética funcional (RMf) de um voluntário executando movimentos repetitivos com os dedos da mão direita. (Cortesia dos Drs. JP Finn e T Parrish, Northwestern University School of Medicine, Chicago).

tronco. Receptores labirínticos simultaneamente informam o cerebelo diante de qualquer movimento da cabeça, e impulsos antigravitacionais adequados são exercidos por meio de ambos os tratos vestibulospinais laterais.

A região posterolateral do cerebelo possui um papel na fixação da postura para prevenir a oscilação das partes distais dos membros causadas pelas propriedades viscoelásticas dos músculos em resposta a movimentos súbitos. Se um voluntário é instruído para realizar uma extensão rápida do punho e manter a postura de extensão por dois segundos, registros eletromiográficos tomados dos motores primários e antagonistas revelam que os antagonistas iniciam sua contração antes da realização do movimento, e que eles continuam a contrair e relaxar várias vezes em padrões alternados com os motores primários, embora com muito menos força, medida durante o período de fixação.

O cerebelo possui um papel no aprendizado motor. Estudos experimentais mostram que, quando uma nova habilidade motora começa a ser aprendida, o sistema de fibras trepadeiras olivo-cerebelares torna-se ativo quando ocorrem erros. O complexo olivar inferior parece estar envolvido na correção, baseado na recepção de uma cópia do movimento pretendido a partir de ramos colaterais do trato corticospinal. A eferência cerebelar por meio do pedúnculo cerebelar superior é também copiada na parte parvocelular do núcleo rubro e projetada dele para a parte inferior da oliva, onde ela pode ser comparada com a original. Rompantes curtos de atividades das fibras nervosas trepadeiras deprimem as células de Purkinje responsáveis pela produção dos erros.

Muitas habilidades motoras requerem "timing" preciso que envolve um extremo grau de cooperação entre os efetores e seus antagonistas. Por exemplo, ler uma página impressa requer que o escaneamento dos olhos volte ao início de uma linha repetidas vezes: cada pequeno erro pode resultar em dislexia, onde a ligeira descoordenação dos movimentos dos olhos pode fazer com que as letras de uma palavra pareçam embaralhadas. Testes clínicos de "timing" podem ser realizados facilmente checando-se a capacidade para realizar movimentos rítmicos como uma repetitiva pronação/supinação (Fig. 20.14).

LESÕES CEREBELARES

Lesões cerebelares na linha mediana, por exemplo, tumores como o meduloblastoma e carcinoma secundário, levam a anormalidades posturais, de modo que o paciente não pode sentar-se ou levantar-se sem cair, geralmente para trás.

Lesões unilaterais nos hemisférios cerebelares, por exemplo, acidente vascular encefálico, produzem sinais e sintomas ipsilaterais. A descoordenação dos movimentos dos olhos leva ao nistagmo, que é mais marcado quando o olhar fixo é direcionado para o lado da lesão. A descoordenação do membro superior ipsilateral é manifestada no teste índex-nasal (dedo-nariz). Os movimentos são imprecisos (dismetria); o membro oscila anterior e posteriormente de modo contínuo, a amplitude torna-se maior do que a meta a ser alcançada (tremor de intenção); existe um desarranjo na harmonia da cooperação entre os músculos que controlam as articulações do membro superior (assinergia); os movimentos alternados da mão são desajeitados (disdiadococinesia). Quando o braço é estendido, há uma tendência do membro à hiperpronação e elevação; e quando uma pressão é aplicada para estender o braço e em seguida soltá-lo, há um marcado rebote do membro. A descoordenação unilateral do membro inferior é evidente porque o teste calcanhar/tornozelo é impreciso.

As lesões bilaterais dos hemisférios cerebelares levam ao nistagmo e a uma forma de disartria na qual as sílabas são estendidas e a pronúncia é perdida (fala escaneada). A marcha possui base larga, cambaleante, e descoordenada (ataxia): a ataxia não é significantemente pior de olhos fechados (sinal de Romberg negativo). As lesões bilaterais podem ser agudas, como na encefalite que se segue à catapora; ou crônicas, como no uso abusivo de álcool e nas ataxias espinocerebelares hereditárias. A ocorrência conjunta de nistagmo, fala escaneada e tremor de intenção foi apontada pelo neurologista Charcot no século XIX como sendo patognomônica de esclerose múltipla.

Especula-se que as lesões cerebelares podem levar a desordens de funções corticais superiores e a mudanças nas emoções, mas isto ainda não foi fundamentado.

REFERÊNCIAS

Bastian AJ, Mugnaini E, Thach WT 1999 Cerebellum. In: Zigmond MJ, Bloom FE, Landis SC, Roberts JL, Squire LR (eds) Fundamental Neuroscience. San Diego: Academic Press: 973–92.

Jueptner M, Kruckenberg M 2001 Anatomic basis of functional magnetic resonance imaging. Motor system. Neuroimage Clin N Am 11: 203–19.

Rae C, Harasty JA, Dzendrowskyj TE, Talcott JB, Simpson JM, Blamire AM, Dixon RM, Lee A, Thompson CH, Styles P, Richardson AJ, Stein JF. 2002 Cerebellar morphology in developmental dyslexia. Neuropsychologia 40: 1285–92.

Schmahmann JD, Sherman JC 1998 The cerebellar cognitive affective syndrome. Brain 121: 561–79.

Ivry RB, Spencer RM, Zelaznik HN, Diedrichsen J 2002 The cerebellum and event timing. Ann NY Acad Sci 978: 302–17.

Gebhart AL, Petersen SE, Thach WT 2002 Role of the posterolateral cerebellum in language. Ann NY Acad Sci 978: 318–33.
Um dos vários estudos que utilizam RNMf que indicou que o cerebelo posterolateral direito é envolvido durante a recuperação da palavra e geração da sintaxe.

Topka H, Mescheriakov S, Boose A et al 1999 A cerebellar-like terminal and postural tremor induced in normal man by transcranial magnetic stimulation. Brain 122: 1551–62.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 21

Diencéfalo

O diencéfalo é parte do encéfalo, o qual se desenvolve a partir da vesícula primordial do prosencéfalo (encéfalo embrionário). Situa-se anterossuperiormente e diferencia-se em mais duas vesículas, o diencéfalo caudal (inferior) e o telencéfalo rostral (anterossuperior). Os hemisférios cerebrais desenvolvem-se a partir das projeções laterais do telencéfalo embrionário, cada um contendo um ventrículo lateral. Os locais de evaginação tornam-se os forames interventriculares, através dos quais os dois ventrículos laterais e o terceiro ventrículo, na linha mediana, se comunicam. O diencéfalo corresponde largamente às estruturas que se desenvolvem inferolateralmente ao terceiro ventrículo. As paredes laterais do diencéfalo formam o epitálamo mais superiormente, o tálamo centralmente, e o subtálamo e o hipotálamo mais inferiormente.

TÁLAMO

O tálamo é uma massa nuclear ovoide, com cerca de 4 cm de comprimento, que delimita a parte posterior do terceiro ventrículo (Figs. 21.1 e 21.2). O estreito polo anterior encontra-se próximo à linha média e forma o limite posterior do forame interventricular. Posteriormente, uma expansão, o pulvinar, estende-se para além do terceiro ventrículo para se projetar sobre o colículo superior (Fig. 19.3). O braço do colículo superior (ou braço quadrigêmeo superior) separa o pulvinar acima e o corpo geniculado medial. Uma pequena elevação oval, o corpo geniculado lateral, encontra-se lateral ao corpo geniculado medial.

A superfície superior (dorsal) do tálamo (Fig. 19.3) é coberta por uma delgada camada de substância branca, o estrato zonal. Ele estende-se lateralmente a partir da tênia do tálamo (linha de reflexão do epêndima) e forma o teto do terceiro ventrículo. Esta superfície curvada está separada do corpo do fórnice, em posição sobrejacente, pela fissura corióidea, com a tela corióidea em seu interior. Mais lateralmente, ela forma parte do assoalho do ventrículo lateral. A margem lateral da superfície superior do tálamo é marcada pela estria terminal e pela veia tálamo-estriada sobrejacente, as quais separam o tálamo do corpo do núcleo caudado. Lateralmente, uma delicada lâmina de substância branca, a lâmina medular lateral (externa), separa o corpo principal do tálamo do núcleo reticular. Lateralmente a este, o espesso ramo posterior da cápsula interna encontra-se entre o tálamo e complexo lentiforme.

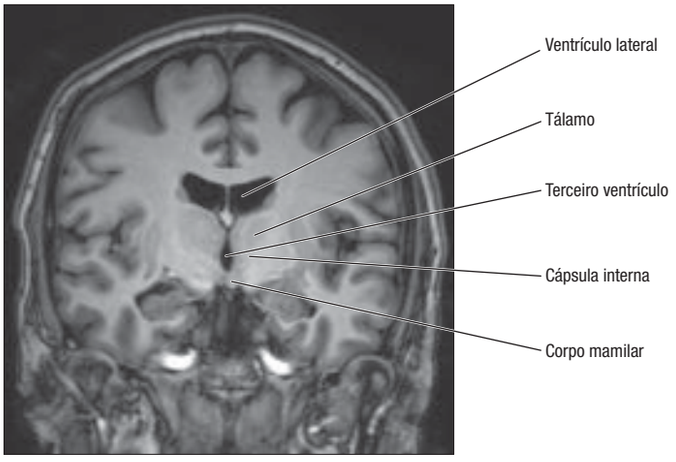


Fig. 21.1 Imagem coronal em RM de recuperação por inversão de peso T1 ao nível do tálamo e do terceiro ventrículo em um voluntário normal. (Cortesia do Professor Alan Jackson, Wolfson Molecular Imaging Centre, The University of Manchester, Manchester, UK.)

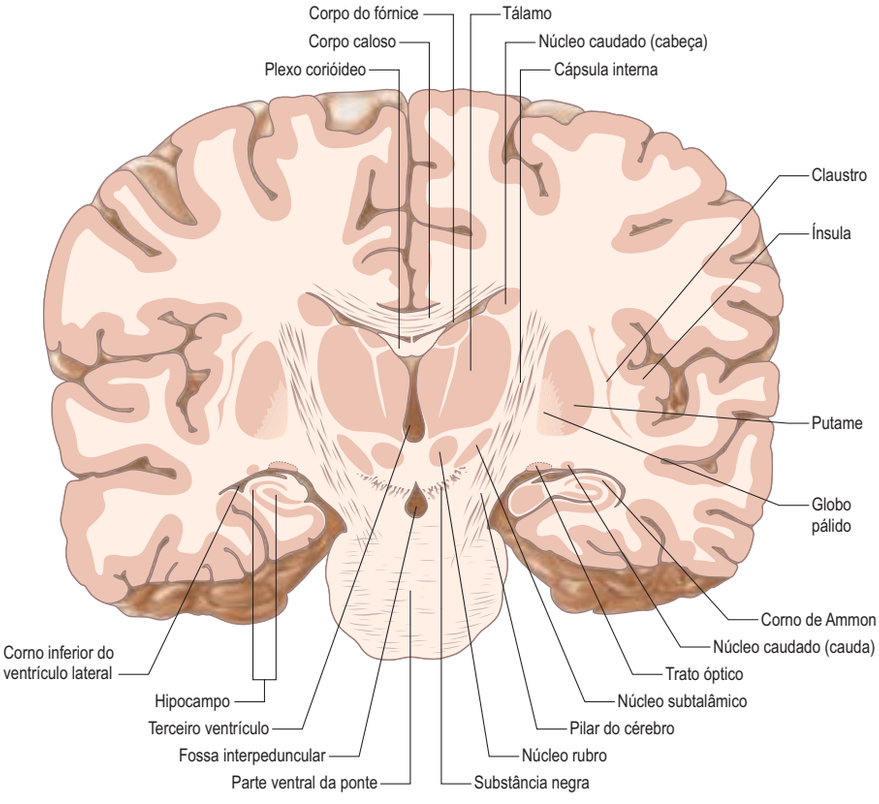


Fig. 21.2 As principais partes do diencéfalo e dos núcleos da base, corte coronal.

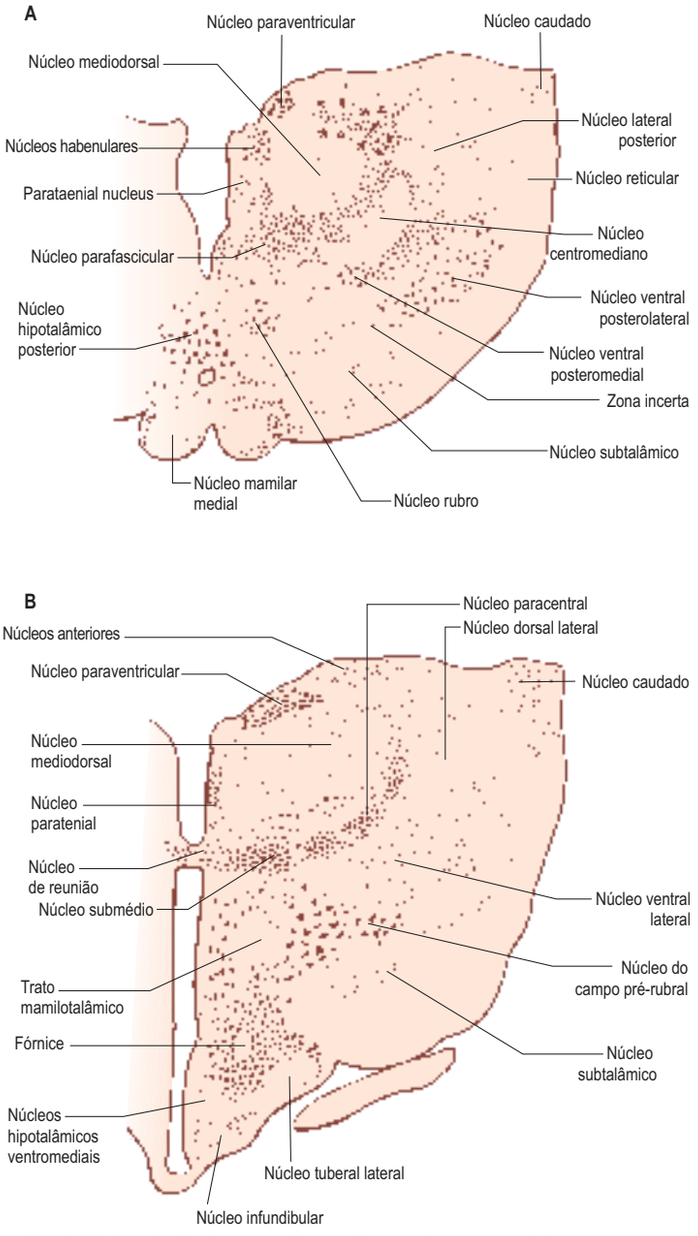


Fig. 21.3 Os principais agregados nucleares de corpos celulares no diencéfalo (cortes coronais). **A,** Ao nível dos corpos mamilares. **B,** Ao nível do túber cinéreo. Observe as variações no tamanho celular, formato e densidade de compactação, que caracterizam as massas nucleares do tálamo, do subtálamo e do hipotálamo a estes níveis.

A superfície medial do tálamo é a parte superior (superomedial) da parede lateral do terceiro ventrículo. Ela está normalmente conectada ao tálamo contralateral através da aderência intertalâmica, posterior aos forames interventriculares (Fig. 16.7). O limite com o hipotálamo é marcado por um sulco hipotalâmico pouco distinto, o qual se curva a partir da extremidade superior do aqueduto do mesencéfalo até o forame interventricular. O tálamo é contínuo ao tegmento do mesencéfalo, ao subtálamo e ao hipotálamo.

Internamente, a maior parte do tálamo é dividida em grupos nucleares anterior, medial e lateral por uma lâmina vertical de substância branca em formato de Y, a lâmina medular medial (interna) (Figs. 21.3 e 21.4). Além disso, os núcleos intralaminares encontram-se envolvidos no interior da lâmina medular medial e os núcleos da linha média limitam-se com as paredes laterais do terceiro ventrículo. O núcleo reticular forma uma cobertura lateral semelhante a uma concha para a principal massa nuclear, separado desta por uma lâmina medular lateral de fibras nervosas.

Em geral, os núcleos do tálamo projetam para o córtex cerebral e recebem fibras dele (Fig. 21.4). Todo o córtex cerebral, incluindo o neocórtex, o paleocórtex do lobo piriforme e o arquicórtex da formação hipocampal, está reciprocamente conectado com o tálamo. O tálamo é a maior via pela qual a atividade neuronal subcortical influencia o córtex cerebral, e os maiores estímulos para a maior parte dos núcleos talâmicos advêm do córtex cerebral.

A projeção para o tálamo advinda do córtex é precisamente recíproca; cada área cortical projeta de uma maneira topograficamente organizada para todos os locais no tálamo dos quais ela receba um estímulo. As fibras talamocorticais terminam predominantemente na camada IV do córtex. As fibras corticotalâmicas que tornam recíprocas "específicas" vias talamocorticais originam-se a partir de células piramidais modificadas da camada IV, enquanto aquelas aferências "não específicas" recíprocas se originam de típicas células piramidais da camada V, e podem em parte ser colaterais axônicos de outras vias cortico-subcorticais.

Costuma-se considerar os núcleos do tálamo como núcleos "específicos", os quais medeiam informações sensoriais finamente organizadas e precisamente transmitidas para áreas sensoriais corticais definidas, ou como núcleos "não específicos", os quais são parte de um sistema de estimulação geral. Os núcleos específicos são ainda subdivididos em núcleos de retransmissão e núcleos de associação. Todavia, muitos núcleos classificados como específicos também enviam projeções não específicas para áreas corticais disseminadas. De forma similar, a divisão dos núcleos do tálamo em grupos de retransmissão e de associação baseia-se na hipótese de que os núcleos de retransmissão recebem uma via subcortical principal, enquanto os núcleos de associação recebem sua principal aferência não cortical a partir de outros núcleos do tálamo. Existem poucas evidências de uma conectividade intratalâmica significativa, porém há indicações crescentes de vias aferentes não corticais ligadas aos chamados núcleos de associação: a extensa conectividade entre o núcleo reticular e outros núcleos do tálamo é uma notável exceção.

NÚCLEOS ANTERIORES DO TÁLAMO

O grupo anterior de núcleos encontra-se incluso entre os braços da lâmina medular medial em formato de Y e situa-se inferior ao tubérculo anterior do tálamo (Figs. 19.3 e 21.4). Três subdivisões são reconhecidas: a maior é o núcleo anteroventral e as outras são os núcleos anteromedial e anterodorsal.

Os núcleos anteriores são os principais recipientes do trato mamilotalâmico, que se origina dos núcleos mamilares do hipotálamo. Os núcleos mamilares recebem fibras advindas do hipocampo através do fórnice. O núcleo mamilar medial projeta para os núcleos anteroventral, anteromedial e ipsilaterais do tálamo, e o núcleo mamilar lateral projeta bilateralmente para os núcleos anterodorsais. Os núcleos do grupo anterior também recebem uma proeminente aferência colinérgica derivada do prosencéfalo basal e do tronco encefálico.

Os alvos corticais das fibras eferentes derivadas dos núcleos anteriores do tálamo encontram-se amplamente na superfície medial do hemisfério. Eles incluem a área límbica anterior (em frente e inferior ao corpo caloso), o giro do cíngulo e o giro para-hipocampal (incluindo o córtex entorrinal medial, o pré-subículo e o parassubículo). Estas vias talamocorticais são recíprocas. Parece haver também conexões menores entre os núcleos anteriores e as áreas pré-frontal, dorsolateral e posterior do neocórtex. Acredita-se que os núcleos anteriores do tálamo estejam envolvidos na regulação da agilidade e da atenção e na aquisição de memória.

NÚCLEOS MEDIAIS DO TÁLAMO

O único componente desta região do tálamo é o núcleo dorsomedial (ou medial dorsal), que é particularmente grande na espécie humana. Lateralmente, ele está limitado pela lâmina medular medial e pelos núcleos intralaminares. Medialmente, limita-se com os núcleos medianos (paratenial e de reunião) da linha média. Ele é dividido em partes magnocelular (medial) e parvocelular (lateral).

A divisão magnocelular, menor, recebe aferências olfatórias do córtex piriforme e do córtex adjacente, do pálido ventral e do corpo amigdaloide. O núcleo amigdaloide mediobasal projeta para a parte posterior do núcleo magnocelular anteromedial, e os núcleos laterais projetam para as regiões mais centrais e anteroinferiores. O núcleo magnocelular anteromedial projeta para o córtex pré-frontal anterior e medial, notavelmente para as áreas olfatórias, posterolateral e posterocentral na superfície orbital do lobo frontal. Além disso, fibras seguem para o córtex cingulado ventromedial e algumas seguem para o córtex parietal inferior e para a parte anterior da ínsula. Estas conexões corticais são recíprocas.

A divisão parvocelular posterolateral, maior, conecta-se reciprocamente com o córtex pré-frontal dorsolateral e dorsomedial, com o giro cingulado anterior e com a área motora suplementar. Ademais, fibras eferentes seguem para o córtex parietal posterior.

O núcleo mediodorsal parece estar envolvido em uma ampla variedade de funções superiores. Lesões podem levar a uma diminuição na ansiedade, na tensão, na agressão ou no pensamento obsessivo. Pode haver também uma amnésia transitória, com confusão se desenvolvendo particularmente com a passagem do tempo. Grande parte da neuropsicologia de lesões nos núcleos mediais reflete os defeitos nas funções simila-

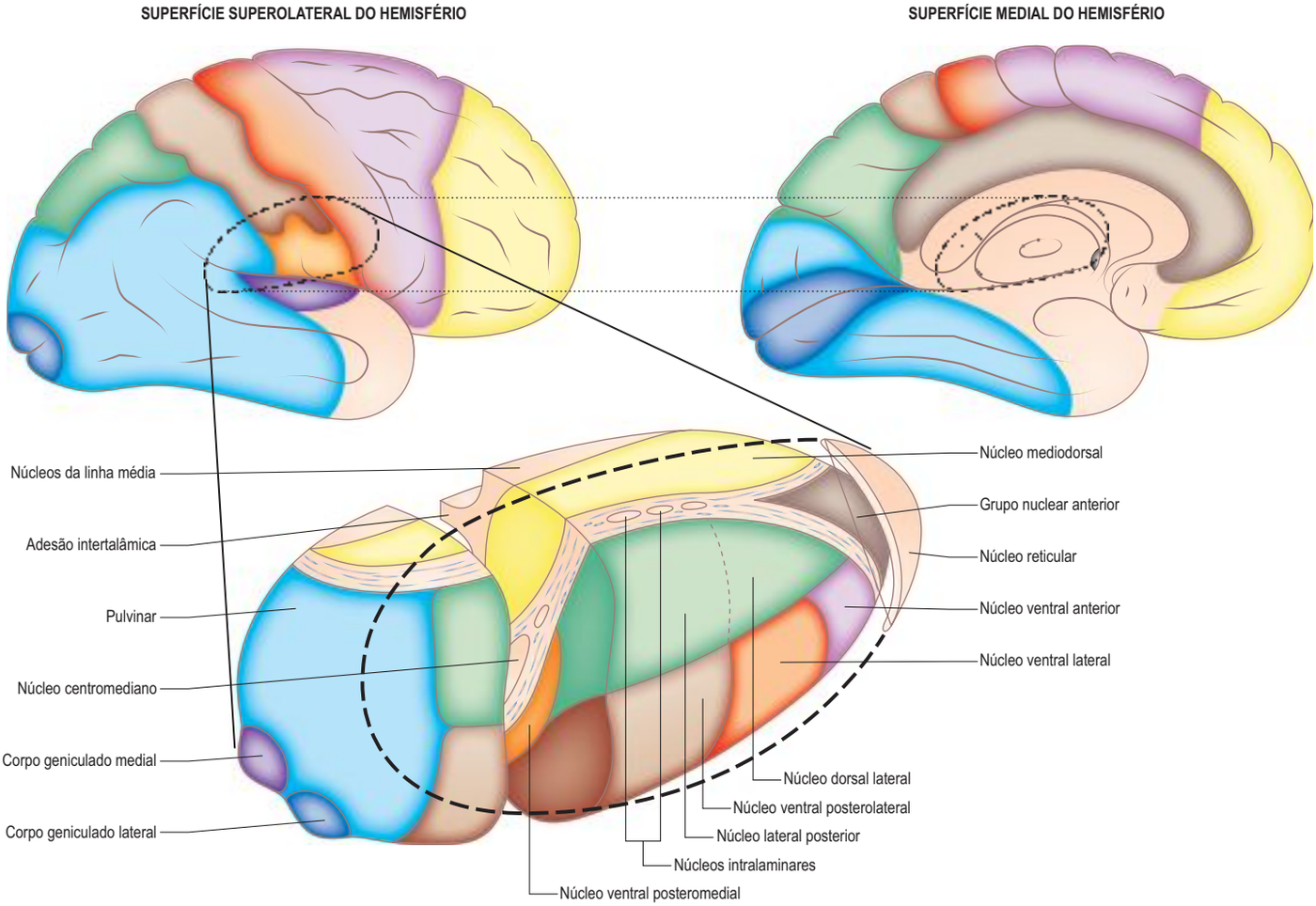


Fig. 21.4 As principais massas nucleares do tálamo (vistas a partir da face lateral na ilustração inferior) codificadas por cores para indicar as áreas de neocórtex cerebral com as quais estão conectadas. A ausência de cor nos núcleos centromediano, intralaminares e reticular e em áreas dos lobos frontal e temporal não está relacionada ao código de cores. O núcleo reticular encontra-se lateralmente à massa principal do tálamo. Apenas o polo anterior do núcleo reticular está mostrado, sendo sua parte posterior representada pela linha tracejada espessa.

res àquelas realizadas pelo córtex pré-frontal, com o qual eles estão intimamente ligados. Os efeitos da ablação nos núcleos mediodorsal são comparáveis, em parte, aos resultados de uma lobotomia pré-frontal.

NÚCLEOS LATERAIS DO TÁLAMO

O complexo nuclear lateral, disposto lateralmente à lâmina medular interna, é a maior divisão do tálamo. Ele está dividido em fileiras dorsal e ventral de núcleos. O núcleo dorsolateral, o núcleo lateroposterior e o pulvinar encontram-se todos dorsalmente. Os núcleos geniculados lateral e medial encontram-se inferiormente ao pulvinar, próximo ao polo posterior do tálamo. Os núcleos da fileira ventral são os núcleos ventral anterior, ventral lateral e ventral posterior.

Núcleo ventral anterior

O complexo nuclear ventral anterior (VA) encontra-se no polo anterior do grupo nuclear ventral. Ele é limitado anteriormente pelo núcleo reticular, posteriormente pelo núcleo ventral lateral e encontra-se entre as lâminas medulares externa e interna. Ele consiste em uma parte principal (VApc) e uma parte magnocelular (VAmc). As conexões subcorticais para esta região são largamente ipsilaterais a partir do segmento interno do globo pálido e da parte reticular da substância negra. Os campos terminais a partir destas origens não se sobrepõem. As fibras derivadas do globo pálido terminam em VApc. A substância negra projeta para VAmc. As fibras corticotalâmicas derivadas do córtex pré-motor (área 6) terminam em VApc e as fibras derivadas do campo ocular frontal (área 8) terminam em VAmc. O tálamo VA não parece receber fibras diretamente do córtex motor. As projeções eferentes derivadas do VA não são completamente conhecidas. Algumas seguem para os núcleos talâmicos intralaminares e outras projetam para regiões espalhadas do lobo frontal e para o córtex parietal anterior. Suas funções são pouco claras. O tálamo VA parece desempenhar um papel central na transmissão da "resposta de recrutamento" cortical, um fenômeno no qual a estimulação do tálamo pode iniciar ondas elétricas negativas e repetitivas de alta voltagem e de longa duração sobre grande parte do córtex cerebral.

Núcleo ventral lateral

O núcleo ventral lateral (VL) consiste em duas divisões principais com conexões e funções diferentes. A divisão anterior ventrolateral, ou parte oral (VLo), recebe fibras topograficamente organizadas a partir do segmento interno do globo pálido ipsilateral. A divisão posterior ventrolateral, ou parte caudal (VLc), recebe fibras topograficamente organizadas a partir dos núcleos cerebelares profundos contralaterais. Projeções subcorticais adicionais têm sido relatadas a partir do trato espinotalâmico e dos núcleos vestibulares. Numerosas aferências corticais para VLo e VLc originam-se de áreas corticais motoras pré-centrais, incluindo tanto a área 4 como a área 6.

O núcleo VLo envia fibras eferentes para o córtex motor suplementar na superfície medial do hemisfério e para o córtex pré-motor lateral. O núcleo VLc projeta fibras eferentes para o córtex motor primário, onde elas terminam em uma maneira topograficamente organizada. A região da cabeça da área 4 recebe fibras da parte medial de VLc e a região da perna recebe fibras do VLc lateral.

Aproximadamente 70% dos neurônios de VL são grandes neurônios de retransmissão e os outros 30% são interneurônios de circuito local. As respostas podem ser registradas no tálamo VL durante o movimento passivo e ativo da parte contralateral do corpo. A topografia de suas conexões e os registros feitos dentro do núcleo sugerem que o VLc contém uma representação do corpo comparável àquela no núcleo ventral posterior. Em pacientes com tremor, agregados de neurônios em VL disparam em salvas que são sincronizadas com o tremor periférico: estas células têm sido designadas "células de tremor". A cirurgia estereotáxica do núcleo ventral lateral é às vezes usada no tratamento do tremor essencial. No passado, a talamotomia era usada extensivamente para o tratamento da doença de Parkinson. O segmento interno do globo pálido e o núcleo subtalâmico são agora os alvos neurocirúrgicos preferidos para a doença de Parkinson (Cap. 22).

Núcleo ventral posterior

O núcleo ventral posterior (VP) é a principal estação de retransmissão talâmica para as vias somatossensoriais. Considera-se que ele se constitui de duas divisões principais, os núcleos ventral posterolateral (VPl) e ventral posteromedial (VPm). O núcleo VPl recebe as vias lemnisco medial e espinotalâmica, e o núcleo VPm recebe a via trigeminotalâmica. As conexões derivadas dos núcleos vestibulares e das fibras dos lemniscos terminam ao longo da superfície ventral do núcleo VP.

Existe uma representação topográfica bem ordenada do corpo no núcleo ventral posterior. O VPl está organizado de modo que segmentos sacrais estejam representados lateralmente e segmentos cervicais medialmente. Estes últimos limitam-se com a área de representação da face (território trigeminal) no VPm. Fibras gustativas fazem sinapses mais anteriormente e ventromedialmente dentro do núcleo ventral posterolateral.

Em uma descrição mais detalhada, regiões únicas do corpo estão representadas como lamelas curvas de neurônios, paralelamente ao limite lateral do núcleo ventral posterior, de modo que haja uma contínua progressão de sobreposição de campos receptores adjacentes derivados da região dorsolateral até a ventromedial. Mudanças consideravelmente menores na localização do campo receptor no corpo são vistas quando se segue anteroposteriormente através do núcleo. Apesar de não serem precisamente de natureza dermatomérica, estas lamelas curvilíneas de células provavelmente são derivadas de aferências relacionadas a alguns poucos segmentos espinais adjacentes. Existe uma considerável distorção do mapa do corpo dentro do núcleo, refletindo as diferenças na densidade da inervação periférica que ocorre em diferentes regiões do corpo, como o fato de neurônios responderem muito mais à estimulação da mão do que à do tronco. Dentro de uma única lamela, os neurônios na parte anterodorsal do núcleo respondem a estímulos profundos, incluindo o movimento das articulações, a distensão de tendões e a manipulação de músculos. Mais ventralmente, os neurônios mais uma vez respondem a estímulos profundos, particularmente leves batidas. As células intervenientes dentro de uma única lamela respondem apenas a estímulos cutâneos. Esta organização tem sido confirmada por registros feitos no núcleo ventral posterior humano.

Axônios de lemniscos isolados têm uma zona terminal anteroposterior estendida dentro do núcleo. Colunas de células que seguem a extensão das lamelas anteroposteriores, dorsoventralmente orientadas, respondem com propriedades e localizações de campos receptores extremamente similares, derivadas a partir de um pequeno feixe de aferências lemniscais. Consequentemente, parece que cada lamela contém uma representação completa de uma única parte do corpo, como um dedo da mão. As lamelas consistem em múltiplas estreitas colunas de neurônios, orientadas anteroposteriormente, sendo que cada uma delas recebe estímulos derivados da mesma pequena região do corpo representada dentro da lamela, e a partir do mesmo tipo de receptores. Estas "colunas" do tálamo formam a base para o estímulo específico para o local e modalidade das colunas de células no córtex somático sensorial. Aferências do trato espinotalâmico para o núcleo ventral posterolateral terminam por todo o núcleo. Os neurônios dos quais estes axônios se originam parecem ser principalmente da classe da "ampla faixa dinâmica", que responde a mecanorreceptores de baixo limiar e a nociceptores de alto limiar; uma proporção menor de neurônios responde exclusivamente a nociceptores de alto limiar. Alguns neurônios respondem a alterações de temperatura. Existem evidências de que neurônios do trato espinotalâmico que carreiam informações nociceptivas e térmicas terminam em uma distinta área nuclear, identificada como a parte posterior do núcleo ventral medial (VMpo).

O núcleo VP projeta para o córtex somático sensorial primário (SI) do giro pós-central e para a segunda área somática sensorial (SII) no opérculo parietal. VMpo projeta para o córtex insular. Dentro do córtex sensorial primário, o eixo cutâneo central do núcleo VP projeta somente para a área 3b; dorsal e ventral a ela, uma estreita faixa de células projeta para as áreas 3b e 1. As células receptoras mais dorsais e ventrais para estímulos profundos projetam para as áreas 3a e 2. Todo o núcleo projeta para a segunda área somática sensorial.

Corpo (núcleo) geniculado medial

O corpo geniculado medial, que é uma parte da via auditiva (Cap. 37), está localizado dentro do corpo geniculado medial, uma elevação arredondada situada posteriormente na superfície ventrolateral do tálamo e separada do pulvinar pelo braço do colículo superior. Ele recebe fibras que seguem no braço do colículo inferior. Três subnúcleos principais – medial magnocelular, ventral e dorsal – são reconhecidos em seu interior. O braço inferior separa o núcleo medial, que consiste em esparsos neurônios intensamente corados, do núcleo lateral, que é formado por células de tamanho médio, densamente compactadas e intensamente coradas. O núcleo dorsal sobrepõe-se ao núcleo ventral e expande-se posteriormente; ele é, portanto, às vezes conhecido como o núcleo posterior do corpo geniculado medial. Ele contém células de tamanho pequeno a médio e palidamente coradas, que são menos densamente compactadas do que as do núcleo lateral. O núcleo ventral recebe fibras derivadas do núcleo central do colículo inferior ipsilateral através do braço do colículo inferior e também do colículo inferior contralateral. O núcleo contém uma representação tonotópica completa. Sons de baixa intensidade são representados lateralmente e sons de intensidade progressivamente mais alta são encontrados à medida que o núcleo é atravessado da região lateral para a medial. O núcleo dorsal recebe aferências do núcleo pericentral do colículo inferior e de outros núcleos do tronco encefálico da via auditiva. Uma representação tonotópica não foi descrita nesta subdivisão e células no interior do núcleo dorsal respondem a uma ampla faixa de frequências. O núcleo medial magnocelular recebe fibras do colículo inferior e das camadas profundas do colículo superior. Neurônios na subdivisão magnocelular podem responder a modalidades diferentes da do som. Entretanto, muitas células respondem a estímulos auditivos, usualmente em uma faixa mais ampla de frequências do que neurônios no núcleo ventral. Muitas unidades apresentam evidências de interação binaural, com o efeito principal surgindo a partir de estímulos na cóclea contralateral. O núcleo ventral projeta principalmente para o córtex auditivo primário. O núcleo dorsal projeta para áreas auditivas que circundam o córtex auditivo primário. A divisão medial magnocelular projeta de forma difusa para áreas auditivas do córtex e para campos insulares e operculares adjacentes.

Corpo (núcleo) geniculado lateral

O corpo geniculado lateral, que é parte da via visual (Cap. 40), é uma pequena projeção ventral, de formato ovoide, derivada do tálamo posterior (Fig. 21.5). O braço do colículo superior entra na parte posteromedial do corpo geniculado lateral dorsalmente, disposto entre o corpo geniculado medial e o pulvinar.

O núcleo geniculado lateral é um núcleo em formato de U invertido, um tanto achatado, e é laminado. Sua organização interna é usualmente descrita com base em seis lâminas, embora sete ou oito possam estar presentes. As lâminas são numeradas de 1 a 6, a partir da ventral mais interna até a dorsal mais externa (Fig. 21.6). As lâminas 1 e 2 consistem em grandes células, as camadas magnocelulares, enquanto as lâminas 4 a 6 têm neurônios menores, as lâminas parvocelulares. Os espaços aparentes entre as lâminas são chamados de zonas interlaminares. Mais ventralmente, uma lâmina adicional, ou lâmina S, é reconhecida.

O corpo geniculado lateral recebe uma importante aferência da retina. A hemirretina nasal contralateral projeta para as lâminas 1, 4 e 6, enquanto que a hemirretina temporal ipsilateral projeta para as lâminas 2, 3 e 5. As lâminas parvocelulares recebem axônios predominantemente de células ganglionares retinianas do tipo X, isto é, células que conduzem mais lentamente com respostas prolongadas para estímulos visuais. As células ganglionares retinianas do tipo Y, de condução e de adaptação mais rápidas, projetam principalmente para as lâminas celulares 1 e 2 e dão origem a ramos axonais para o colículo superior. Um terceiro tipo de célula ganglionar retiniana, as células W, que têm grandes campos receptores e respostas lentas, projeta para o colículo superior e para o corpo

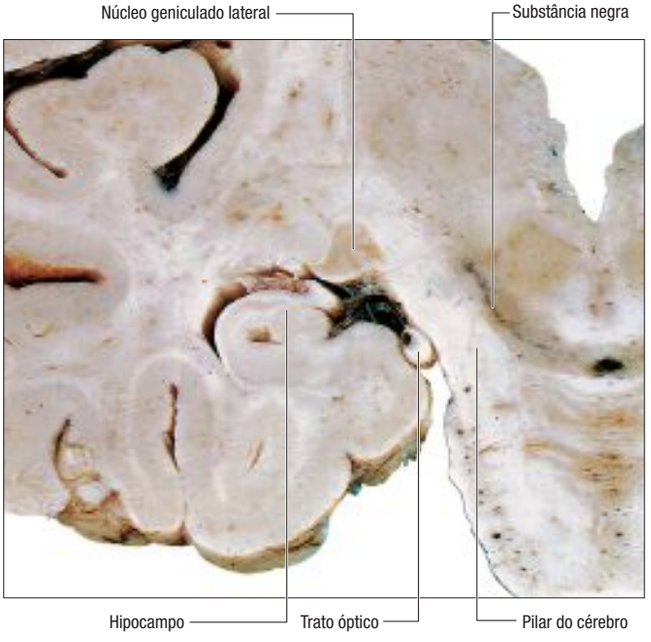


Fig. 21.5 Corte coronal através do encéfalo, mostrando o núcleo geniculado lateral. (Fotografia por Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London.)

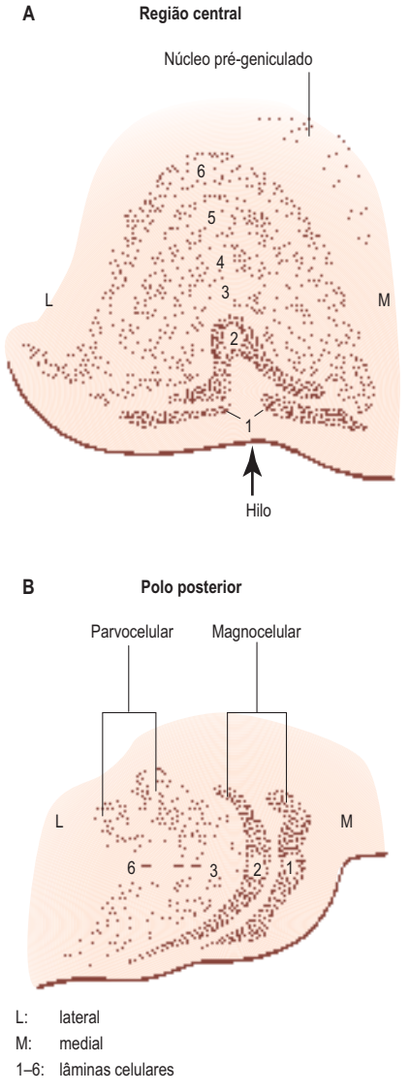


Fig. 21.6 Cortes coronais através do núcleo geniculado lateral, ilustrando a organização laminar de neurônios (**A**) próximo a sua região central e (**B**) próximo a seu polo posterior.

geniculado lateral, onde termina particularmente nas zonas interlaminares e na lâmina S.

O corpo geniculado lateral está organizado de maneira visuotópica e contém um mapa preciso do campo visual contralateral. O meridiano vertical está representado posteriormente, o periférico anteriormente, o campo superior lateralmente e o campo inferior medialmente. Uma representação precisa similar, ponto a ponto, é também encontrada na projeção do corpo geniculado lateral para o córtex visual. Pirâmides invertidas radialmente organizadas de neurônios em todas as lâminas respondem a uma única e pequena área do campo visual contralateral e projetam para uma área circunscrita do córtex. A terminação dos axônios geniculocorticais no córtex visual é considerada em detalhe em outras seções (Cap. 23).

À parte as aferências retinianas, o corpo geniculado lateral recebe uma importante projeção corticotalâmica, cujos axônios se ramificam densamente nas zonas interlaminares. A parte principal desta projeção origina-se do córtex visual primário, a área 17 de Brodmann, porém projeções menores derivadas de áreas visuais extraestriadas seguem para as lâminas magnocelular e S. Outras aferências incluem fibras derivadas da camada superficial do colículo superior (que terminam na zona interlaminar entre as lâminas 1 e 2, 2 e 3, e ao redor da lâmina S); fibras noradrenérgicas derivadas do *Locus ceruleus*; aferências serotoninérgicas derivadas dos núcleos da rafe do mesencéfalo; e fibras colinérgicas derivadas da formação reticular pontina e mesencefálica.

As fibras eferentes do corpo geniculado lateral seguem principalmente para o córtex visual primário (área 17) nas margens do sulco calcarino. É possível que pequenas projeções adicionais sigam para áreas visuais extraestriadas no lobo occipital, possivelmente se originando, sobretudo, nas zonas interlaminares.

Núcleo dorsolateral

O núcleo dorsolateral é o mais anterior da fileira dorsal dos núcleos laterais. Seu polo anterior encontra-se dentro de uma fenda da lâmina medular interna e posteriormente funde-se com o núcleo lateroposterior. Aferências subcorticais para o núcleo dorsolateral são derivadas do pré-teto e do colículo superior. Ele está conectado com os córtices do giro do cíngulo retroesplênico e para-hipocampal posterior, com o pré-subículo da formação hipocampal e com o córtex parietal.

Núcleo posterolateral

O núcleo posterolateral, que se encontra dorsalmente ao núcleo ventral posterolateral, recebe suas aferências subcorticais do colículo superior. Ele está reciprocamente conectado com o lobo parietal superior. Conexões adicionais foram relatadas com os córtices parietal inferior, cingulado e para-hipocampal medial.

Pulvinar

O pulvinar corresponde à expansão posterior do tálamo, que se sobrepõe ao colículo superior (Fig. 21.4). Ele tem três subdivisões principais, que são os núcleos pulvinares medial, lateral, inferior e anterior. O núcleo pulvinar medial é dorsomedial e consiste em neurônios compactados, homogeneamente espaçados. O núcleo pulvinar inferior encontra-se inferolateralmente e é atravessado por feixes de axônios no plano mediolateral, um arranjo que confere uma aparência fragmentada de cordões horizontais ou lâminas de células separadas por feixes de fibras. O núcleo pulvinar inferior encontra-se em sua maior parte inferolateralmente e é uma coleção mais homogênea de células.

As aferências subcorticais ao pulvinar são incertas. Os núcleos pulvinares medial e lateral podem receber fibras do colículo superior. Tem sido sugerido que o núcleo pulvinar inferior recebe fibras do colículo superior e diretamente da retina e que contém uma representação retinotópica completa.

Os alvos corticais de fibras eferentes derivadas do pulvinar estão espalhados. Essencialmente, o núcleo pulvinar medial projeta para áreas de associação do córtex parietotemporal, enquanto os núcleos pulvinares lateral e inferior projetam para áreas visuais nos lobos, temporal (parte posterior) e occipital. Desta forma, o núcleo pulvinar inferior conecta-se com o estriado e o córtex extraestriado no lobo occipital e com áreas de associação visuais na parte posterior do lobo temporal. O núcleo pulvinar lateral conecta-se com áreas extraestriadas do córtex occipital, com partes posteriores do córtex de associação temporal e com o córtex parietal. O núcleo pulvinar medial conecta-se com o córtex parietal inferior, com a parte posterior do giro do cíngulo e com as áreas espalhadas do lobo temporal, incluindo a parte posterior do giro para-hipocampal e os córtices perirrinal e entorrinal. Ele também tem extensas conexões com os córtices pré-frontal e orbitofrontal. De modo similar, o núcleo pulvinar lateral pode também se conectar com o córtex pré-frontal rostromedial.

Pouco se sabe sobre as funções do pulvinar. O núcleo pulvinar inferior contém uma representação retinotópica completa e os núcleos pulvinares lateral e medial também contêm células responsivas sob o ponto de vista visual. Todavia, o último núcleo, pelo menos, não é puramente visual – outras respostas de modalidades podem ser registradas e algumas células podem ser polissensoriais. Devido à complexidade das funções das áreas de associação para as quais eles projetam, particularmente no lobo temporal (p. ex., percepção, cognição e memória), é provável que o papel do pulvinar na modulação destas funções seja igualmente complexo.

Anteriormente, as principais subdivisões do pulvinar misturam-se em uma região mal diferenciada, dentro da qual vários componentes nucleares foram reconhecidos, incluindo o pulvinar anterior ou oral, o núcleo suprageniculado-limitante e os núcleos posteriores. A conectividade deste complexo também não é bem compreendida. Reconhece-se que diferentes componentes recebem aferências subcorticais derivadas do trato espinotalâmico e dos colículos superior e inferior. As conexões corticais estão centralizadas principalmente no lobo da ínsula e em partes adjacentes do opérculo parietal posteriormente. A estimulação desta região, como tem sido relatado, provoca dor e grandes lesões podem aliviar condições dolorosas. Similarmente, a excisão de seu alvo cortical no opérculo parietal ou pequenos infartos nesta região cortical podem resultar em hipoalgesia.

NÚCLEOS INTRALAMINARES

O termo núcleos intralaminares refere-se a coleções de neurônios dentro da lâmina medular interna do tálamo (Fig. 21.4). Dois grupos de núcleos são reconhecidos. O grupo anterior (ou rostral) está subdividido em núcleos central medial, paracentral e central lateral. O grupo intralaminar posterior (caudal) consiste nos núcleos centromediano e parafascicular. As designações central medial e centromediano são propícias à confusão, mas são uma parte aceita da terminologia de núcleos talâmicos em uso comum.

O núcleo centromediano é muito maior, é consideravelmente expandido na espécie humana em comparação a outras espécies e está relacionado de forma importante ao globo pálido, aos núcleos cerebelares profundos e ao córtex motor. Anteriormente, a lâmina medular interna separa o núcleo mediodorsal do complexo ventral lateral. Ela é ocupada pelo núcleo paracentral lateralmente e pelo núcleo central medial ventromedialmente, à medida que as duas lâminas convergem em direção à linha média. Um pouco mais posteriormente, o núcleo central lateral aparece dorsalmente na lâmina à medida que esta se bifurca para envolver o núcleo dorsal lateral. Mais posteriormente, ao nível do núcleo ventral posterior, a lâmina bifurca-se para envolver o núcleo centromediano, de formato ovoide. O núcleo parafascicular, menor, encontra-se mais medialmente.

Os núcleos intralaminares anteriores, isto é, o central medial, o paracentral e o central lateral, têm conexões recíprocas com áreas corticais disseminadas. Existem algumas evidências de preferência por áreas: o núcleo central lateral projeta principalmente para as áreas de associação parietal e temporal; o núcleo paracentral para os córtices occipitotemporal e pré-frontal; e o núcleo central medial para os córtices orbitofrontal e pré-frontal e para o córtex da superfície medial. Em contraste, os núcleos posteriores, isto é, os núcleos centromediano e parafascicular, têm conexões mais restritas, principalmente com as áreas motora, pré-motora e motora suplementar. Os núcleos intralaminares anteriores e posteriores também projetam para o estriado. Muitas células por todos os núcleos anteriores têm axônios ramificados, os quais seguem tanto para o córtex como para o estriado. Projeções duplas são menos frequentes nos núcleos posteriores. A projeção tálamo-estriada é topograficamente organizada. Os núcleos intralaminares posteriores recebem uma aferência principal a partir do segmento interno do globo pálido. Aferências adicionais advêm da parte reticular da substância negra, dos núcleos cerebelares profundos, do núcleo pedúnculo-pontino do mesencéfalo e possivelmente do trato espinotalâmico. Os núcleos anteriores têm aferências subcorticais disseminadas. O núcleo central lateral recebe aferências provenientes do trato espinotalâmico e todos os núcleos componentes recebem fibras da formação reticular do tronco encefálico, do colículo superior e de vários núcleos pré-tetais. As aferências para todos os núcleos intralaminares advindas da formação reticular do tronco encefálico incluem uma proeminente via colinérgica.

O papel funcional preciso dos núcleos intralaminares não está claro. Eles parecem mediar a ativação cortical a partir da formação reticular do tronco encefálico e desempenhar um papel na integração sensório-motora. Lesões aos núcleos intralaminares podem contribuir para a negação talâmica, isto é, para a negligência unilateral dos estímulos que se originam da parte contralateral do corpo ou do espaço extrapessoal. Isto pode se originar particularmente de uma lesão unilateral ao complexo nuclear centromediano e parafascicular. Este último tem sido o alvo em seres humanos para o controle neurocirúrgico de dor e de epilepsia. A injúria bilateral aos núcleos intralaminares posteriores leva a um mutismo cinético com apatia e perda de motivação. Uma segunda síndrome associada a lesões envolvendo os núcleos intralaminares é a de negação motora unilateral, na qual existe uma escassez contralateral de movimentos espontâneos e de atividade motora.

NÚCLEOS DA LINHA MÉDIA

Existem consideráveis divergências entre diferentes autores em relação a que elementos do diencéfalo medial constituem os núcleos do grupo talâmico da linha média. Na presente descrição, o grupo da linha média de núcleos inclui aquelas estruturas mediais do tálamo localizadas ventralmente ao núcleo central medial, isto é, os núcleos romboide e de reunião, juntamente com os núcleos parateniais mais dorsolateralmente.

Os núcleos da linha média recebem fibras aferentes subcorticais advindas do hipotálamo, da substância cinzenta periaquedutal do mesencéfalo, do trato espinotalâmico e da formação reticular do bulbo e da ponte. Eles são o principal alvo talâmico de axônios noradrenérgicos e serotoninérgicos ascendentes derivados do *Locus ceruleus* e dos núcleos da rafe, respectivamente, e também recebem uma aferência colinérgica advinda do mesencéfalo. Eferências dos núcleos da linha média seguem para a formação hipocampal, para o corpo amigdaloide e para o núcleo *accumbens*. Axônios talamocorticais adicionais atingem o córtex do giro do cíngulo e, possivelmente, o córtex orbitofrontal. A dupla relação nuclear cortical e basal destes núcleos tem frequentemente levado ao fato de eles serem considerados parte do sistema intralaminar. As projeções corticais são recíprocas. As relações dos núcleos da linha média identificam-nos claramente como parte do lobo límbico. Existem algumas evidências de que eles possam desempenhar um papel na memória e no despertar e, sob o ponto de vista patológico, possam ser importantes na regulação da atividade de convulsões.

NÚCLEO RETICULAR

O núcleo reticular é uma lamela curva de grandes células fusiformes intensamente coradas que se dispõe ao redor da margem lateral do tálamo, separado deste pela lâmina medular externa. Anteriormente, ele se curva ao redor do polo rostral do tálamo para se posicionar entre este e os núcleos pré-talâmicos, notavelmente o núcleo do leito da estria terminal. O núcleo é assim denominado, porque ele é atravessado por feixes de fibras, os quais, à medida que seguem entre o tálamo e o córtex, produzem uma aparência reticular.

Considera-se que o núcleo recebe ramos colaterais de fibras corticotalâmicas, talamocorticais e provavelmente talamoestriatais e pálido-talâmicas, à medida que elas o atravessam. Ele recebe uma via aferente adicional, provavelmente colinérgica, derivada do núcleo cuneiforme do mesencéfalo. Descrevendo de forma ampla, as aferências do córtex e do tálamo são topograficamente organizadas. O núcleo reticular contém regiões visuais, somáticas e auditivas, cada uma com uma representação topográfica grosseira do sensório relacionado. As células nestas regiões respondem a estímulos visuais, somáticos ou auditivos com uma latência, o que sugere que estas propriedades se originam da ativação por colaterais axonais talamocorticais. Apenas em áreas onde as representações se limitam é que as células apresentam convergência de modalidades.

As fibras eferentes advindas do núcleo reticular seguem para dentro do corpo do tálamo e são GABAérgicas. As projeções para os principais núcleos talâmicos tornam-se amplamente – mas não inteiramente – recíprocas com as conexões talamorreticulares. Pode haver também projeções para o tálamo dorsal contralateral. Acredita-se que o núcleo reticular funcione no controle da informação retransmitida através do tálamo.

HIPOTÁLAMO

O hipotálamo consiste em apenas 4 cm^3 de tecido nervoso, ou 0,3% do total do encéfalo. Não obstante, ele contém os sistemas integradores que, através dos sistemas efetores autônomo e endócrino, controlam o equilíbrio de líquidos e de eletrólitos, a ingestão de alimentos e o equilíbrio de energia, a reprodução, a termorregulação, as respostas imunológicas e muitas respostas emocionais.

O hipotálamo estende-se da lâmina terminal até um plano vertical posterior aos corpos mamilares, e do sulco hipotalâmico até a base do encéfalo, abaixo do terceiro ventrículo. Ele encontra-se abaixo do tálamo (Fig. 21.3) e anterior à parte tegmental do subtálamo e ao tegmento mesencefálico (Figs. 21.7 e 21.8). Lateralmente, é delimitado pela parte anterior do subtálamo, pela cápsula interna e pelo trato óptico. Estruturas no assoalho do terceiro ventrículo atingem a superfície pial na fossa interpeduncular. Da região anterior para a posterior, elas são o quiasma óptico, o túber cinéreo, as eminências tuberais e o pedículo infundibular, os corpos mamilares e a substância perfurada posterior. Esta última encontra-se no intervalo entre os pilares do cérebro divergentes e é perfurada por pequenos ramos centrais das artérias cerebrais posteriores. Ela contém o pequeno núcleo interpeduncular, o qual recebe terminais do fascículo retroflexo de ambos os lados, e tem outras conexões com a formação reticular mesencefálica e os corpos mamilares.

Os corpos mamilares são eminências lisas e de formato hemisférico, do tamanho de uma ervilha, dispostas lado a lado, anteriores à substância perfurada posterior, cada um com núcleos envolvidos em fascículos de fibras derivadas largamente do fórnice. O túber cinéreo, entre os corpos mamilares e o quiasma óptico, é uma massa convexa de substância cinzenta. A partir dele, o infundíbulo, em posição mediana, de formato cônico e oco, torna-se contínuo anteriormente à neuro-hipófise. Ao redor da base do infundíbulo, encontra-se a eminência mediana, a qual está demarcada por um raso sulco túbero-infundibular.

Lesões hipotalâmicas têm sido associadas há muito tempo com síndromes endócrinas disseminadas e bizarras e com distúrbios metabólicos, viscerais, motores e emocionais. O hipotálamo tem importantes interações com o sistema neuroendócrino e com o sistema nervoso autônomo, integrando respostas com estímulos aferentes internos e externos, com a complexa análise do mundo fornecida pelo córtex cerebral.

O hipotálamo controla o sistema endócrino de diversos modos: através de projeções neurossecretoras magnocelulares para a neuro-hipófise; através de projeções neurossecretoras parvocelulares para a eminência mediana (estas controlam a descarga endócrina da adeno-hipófise e consequentemente os órgãos endócrinos periféricos); e através do sistema nervoso autônomo. Os neuro-hormônios da neuro-hipófise, a vasopressina e a oxitocina, estão principalmente envolvidos no controle da homeostase osmótica e de vários aspectos da função reprodutiva, respectivamente. Através de seus efeitos sobre a adeno-hipófise, o hipotálamo influencia a glândula tireoide (hormônio estimulador da tireoide, TSH), o córtex da suprarrenal (hormônio adrenocorticotrófico, ACTH), as gônadas (hormônio luteinizante, LH; hormônio folículo-estimulante, FSH; prolactina), a glândula mamária (prolactina) e os processos de crescimento e de homeostase metabólica (hormônio do crescimento, GH).

O hipotálamo influencia as divisões parassimpática e simpática do sistema nervoso autônomo. Em geral, os efeitos parassimpáticos predominam quando a parte anterior do hipotálamo é estimulada; os efeitos simpáticos dependem mais da parte posterior do hipotálamo.

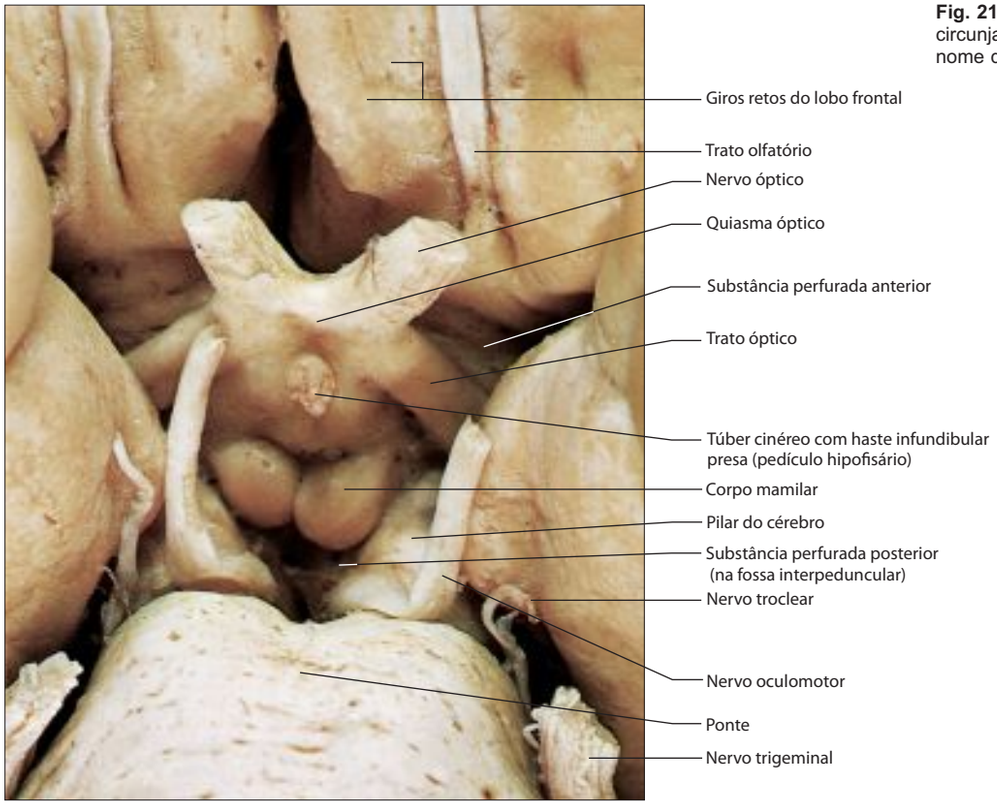


Fig. 21.7 A face inferior do hipotálamo e estruturas circunjacentes. (Fotografia por Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London.)

A estimulação da parte anterior do hipotálamo e do núcleo paraventricular pode causar um decréscimo da pressão sanguínea e da frequência cardíaca. A estimulação na parte anterior do hipotálamo induz a sudorese e a vasodilatação (e, desta forma, a perda de calor) através de projeções que seguem através da parte medial do prosencéfalo para centros autônomos no tronco encefálico e na medula espinal. Uma lesão da parte anterior do hipotálamo, como durante uma cirurgia para extensões suprasselares de tumores hipofisários, pode resultar em uma elevação incontrolável na temperatura corporal. Projeções para o hipotálamo ventromedial regulam conjuntamente a ingesta de alimentos. A estimulação na parte posterior do hipotálamo induz o estímulo simpático que produz vasoconstrição, ereção de pelos, tremores e produção aumentada de calor metabólico. Os circuitos que medeiam os tremores estão localizados na parte posterior e dorsomedial do hipotálamo. Isto não implica a existência de "centros" parassimpáticos e simpáticos distintos. Estímulos em muitas partes diferentes do hipotálamo podem causar profundas alterações na frequência cardíaca, no débito cardíaco, no tônus vasomotor, na resistência periférica, no fluxo sanguíneo diferencial nos órgãos e nos membros, na frequência e na profundidade da respiração, na motilidade e na secreção no trato alimentar, na ereção e na ejaculação.

NÚCLEOS DO HIPOTÁLAMO

O hipotálamo contém um número de grupos neuronais que têm sido classificados em bases filogenéticas, de desenvolvimento, citoarquitetônicas, sinápticas e histoquímicas em núcleos devidamente denominados, muitos dos quais não estão claramente delimitados, especialmente no adulto. Enquanto ele contém poucos tratos mielínicos grandes, muitas das conexões são difusas e amielínicas, e as precisas vias de muitas conexões aferentes, eferentes e intrínsecas são incertas.

O hipotálamo pode ser dividido anteroposteriormente em regiões quiasmática (supraóptica), tuberal (infundibulotuberal) e posterior (mamilar), e mediolateralmente em zonas periventricular, intermediária (medial) e lateral. Entre as zonas intermediária e lateral encontra-se um plano paramediano, o qual contém as proeminentes fibras mielínicas da coluna do fórnice, o trato mamilotalâmico e o fascículo retroflexo. Por esta razão, alguns autores agrupam as zonas periventricular e intermediária como uma zona medial única. Estas divisões são artificiais e os sistemas funcionais as atravessam. Os principais grupos nucleares e tratos mielínicos estão ilustrados nas Figuras 21.8 e 21.9.

A zona periventricular do hipotálamo limita-se com o terceiro ventrículo. Na parede anterior do ventrículo, encontra-se o órgão vascular da lâmina terminal (OVLT), o qual é contínuo dorsalmente com o núcleo pré-óptico mediano e com o órgão subfornical. A cada lado na região quiasmática estão parte do núcleo pré-óptico; o pequeno núcleo supraquiasmático, dimórfico sob o ponto de vista sexual; neurônios periventriculares, os quais são mediais ao núcleo paraventricular e se misturam a este. Na região tuberal, o grupo celular periventricular expande-se ao redor da base do terceiro ventrículo para formar o núcleo arqueado, o qual se sobrepõe à eminência mediana. Na região posterior, a estreita zona periventricular é contínua lateralmente com a área posterior do hipotálamo e posterior a esta com a substância cinzenta periaquedutal do mesencéfalo. A zona periventricular também contém um proeminente sistema de fibras periventriculares.

Núcleo supraquiasmático

Embora contenha apenas poucos milhares de neurônios, o núcleo supraquiasmático é uma notável estrutura. Ele parece ser o substrato neural para os ciclos diurnos-noturnos na atividade motora, na temperatura corporal, na concentração plasmática de muitos hormônios, na secreção renal, no sono e na vigília, e em muitas outras variáveis. Lesões da região supraquiasmática levam a um ciclo desordenado de sono e vigília.

O núcleo supraquiasmático tem duas subdivisões principais, a ventrolateral e a dorsomedial. Fibras retinianas terminam na subdivisão ventrolateral, caracterizada por neurônios imunorreativos ao peptídeo intestinal vasoativo (VIP). Esta parece ser uma zona geral de aferências, que também recebe aferências da rafe do mesencéfalo e de partes do núcleo geniculado lateral do tálamo. A subdivisão dorsomedial tem uma inervação aferente relativamente esparsa e de forma característica contém neurônios parvocelulares imunorreativos para arginina-vasopressina (AVP). Os neurônios nos núcleos supraquiasmáticos que recebem aferências retinianas diretas não respondem a padrões, movimentos ou cores. Em vez disso, eles operam como detectores de iluminação, respondendo ao aparecimento e ao declínio de luz, e suas frequências de disparo variam em proporção à intensidade da luz, sincronizando-os consequentemente ao ciclo de luz-escuridão.

O núcleo supraquiasmático recebe aferências glutamatérgicas das células ganglionares retinianas que estão envolvidas no ritmo do ciclo claro-escuro, mas elas não são essenciais para a produção do ritmo, que persiste no cego. O núcleo contém muitos neurotransmissores diferentes, incluindo vasopressina, VIP, neuropeptídeo Y (NPY) e neurotensina. Os axônios do núcleo supraquiasmático seguem para muitos outros núcleos do hipotálamo, incluindo os núcleos paraventricular, ventromedial, dorsomedial e arqueado.

O núcleo supraquiasmático também influencia a atividade dos neurônios simpáticos pré-ganglionares espinais superiores. Estes neurônios, por sua vez, projetam para neurônios do gânglio cervical superior, os quais projetam para a glândula pineal. Na pineal, que contém fotorreceptores

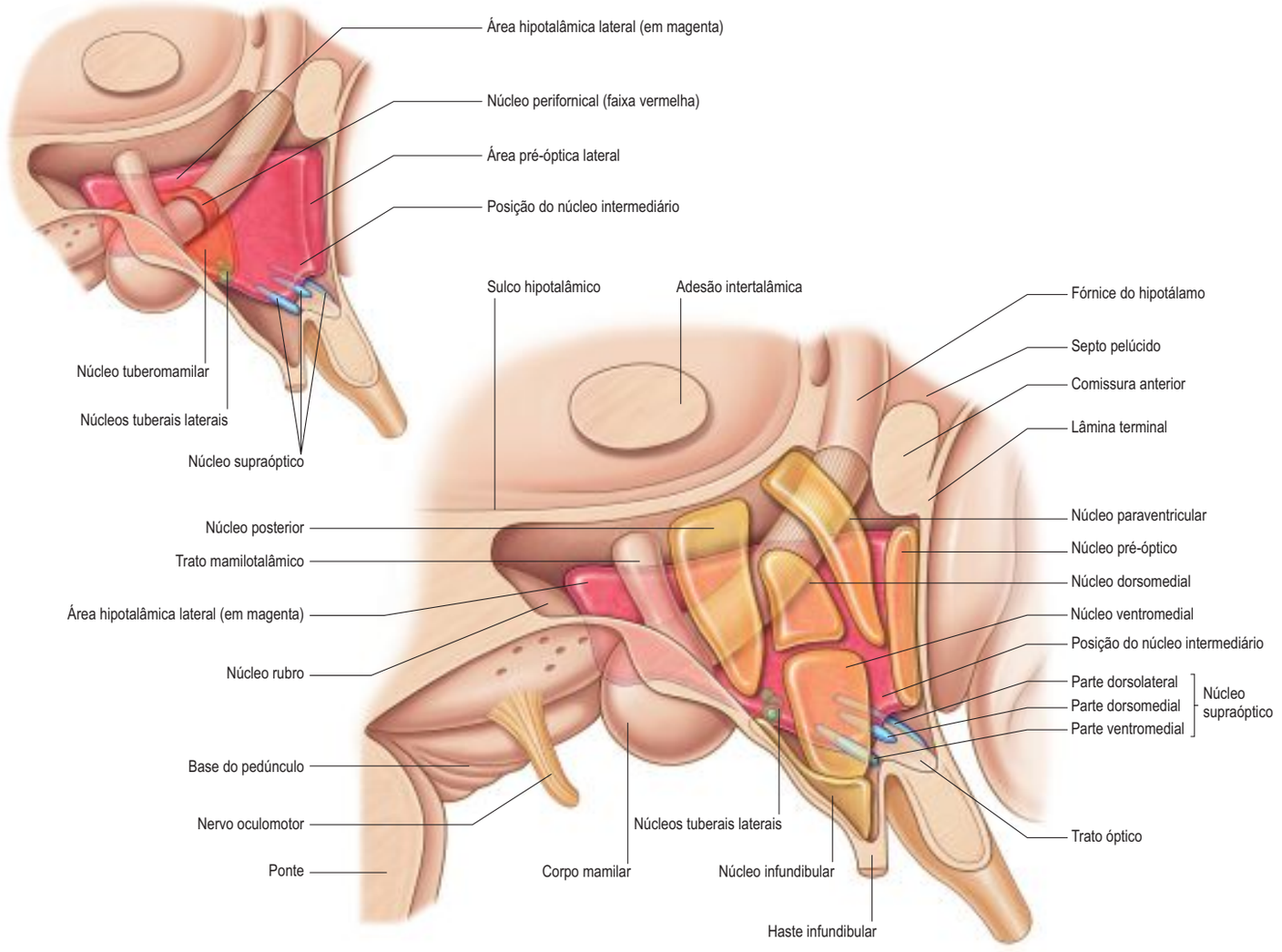


Fig. 21.8 A região hipotalâmica do hemisfério cerebral esquerdo, vista a partir da face medial e dissecada para expor os principais núcleos hipotalâmicos. No diagrama superior, os grupos nucleares situados medialmente foram removidos; no diagrama inferior, ambos os grupos lateral e medial estão incluídos. Lateralmente ao fórnice do hipotálamo e ao trato mamilotalâmico, encontra-se a região hipotalâmica lateral, na qual o núcleo tuberomamilar está situado posteriormente e o núcleo pré-óptico lateral, rostralmente. Circundando o fórnice do hipotálamo encontra-se o núcleo perifornical, que une a área hipotalâmica lateral com o núcleo hipotalâmico posterior. Os núcleos localizados medialmente (em amarelo) preenchem grande parte da região entre o trato mamilotalâmico e a lâmina terminal, mas também se projetam caudalmente ao trato. Os núcleos tuberais laterais estão situados ventralmente, principalmente na área hipotalâmica lateral. O núcleo supraóptico pode formar três partes bastante separadas. Os núcleos intermediários formam três grupos entre os núcleos supraóptico e paraventricular. (Modificado a partir de Nauta WJH, Haymaker W 1969 Hypothalamic nuclei and fibre connections. In: Haymaker W, Anderson E, Nauta WJH (eds). The Hypothalamus, por permissão de Charles C Thomas Publisher, Ltd, Springfield, Illinois.)

modificados, a variação circadiana no estímulo simpático pós-ganglionar causa uma variação paralela na atividade da N-acetiltransferase da glândula pineal e, deste modo, na produção de melatonina pela glândula pineal. O papel da glândula pineal na espécie humana é incerto: tumores da glândula pineal podem influenciar o desenvolvimento reprodutivo e a administração de melatonina tem sido defendida como aliviadora do jato lento.

Os neurônios neurossecretores parvocelulares encontram-se na zona periventricular, em particular na parte parvocelular medial do núcleo paraventricular, e no núcleo arqueado. O núcleo arqueado é mediano na parte pós-infundibular do túber cinéreo. Ele estende-se para a frente, para o interior da eminência mediana e quase envolve a base infundibular, mas não atinge anteriormente, onde o infundíbulo se une à parte mediana do quiasma óptico. Seus numerosos neurônios são todos pequenos e arredondados ao corte coronal, e ovais e fusiformes ao corte sagital. Não há uma camada glial interveniente entre o núcleo e os tanicitos ependimários que revestem o recesso infundibular do terceiro ventrículo. A variação circadiana na secreção de todos os hormônios da adeno-hipófise sugere que projeções derivadas do núcleo supraquiasmático devem atingir os neurônios neurossecretores parvocelulares. Aferências do lobo límbico provavelmente medeiam os efeitos disseminados do estresse, e a serotonina e a noradrenalina derivadas do tronco encefálico influenciam a descarga da maioria dos hormônios da adeno-hipófise. Os axônios de neurônios parvocelulares convergem no infundíbulo, formando um trato túbero-infundibular, que termina nas alças capilares que formam os vasos porta-hipofisários.

Os neurônios que produzem o hormônio de liberação do hormônio do crescimento (GHRH, *growth hormone-releasing hormone*) são amplamente restritos ao núcleo arqueado. Alguns estendem-se dorsalmente para o interior do núcleo periventricular e lateralmente para a área retroquiasmática. Suas fibras seguem através da região periventricular para a zona neurovascular da eminência mediana. Os neurônios recebem informações aferentes a partir de receptores de glicose no núcleo ventromedial. Aferências do complexo hipocampal-amígdalo-septal poderiam explicar a liberação de GH durante o estresse. Na espécie humana, os defeitos da linha média, tais como displasia septo-óptica, estão associados a uma secreção defeituosa de hormônio do crescimento. A dopamina tem um efeito estimulante.

Os neurônios que produzem somatostatina (hormônio inibidor da liberação de hormônio do crescimento) estão localizados no núcleo periventricular. O GHRH e a somatostatina são secretados em pulsos recíprocos intermitentes (3-5 horas), mas a origem dos pulsos não está clara. Um grande pulso de GH é secretado no início da lenta onda de sono. A somatostatina também inibe a liberação de hormônio estimulante da tireoide (TSH) pela hipófise.

Os neurônios que produzem GHRH e que projetam para a eminência mediana também estão localizados nos núcleos periventricular e arqueado. Outros neurônios secretores de GHRH são encontrados na área pré-óptica periventricular, mas estes parecem projetar para o órgão vascular da lâmina terminal. O hormônio luteinizante (LH) e o hormônio folículo-estimulante (FSH) são secretados em pulsos de hora em hora, os quais são estimulados pelo GHRH, e são influenciados por monoaminas centrais e

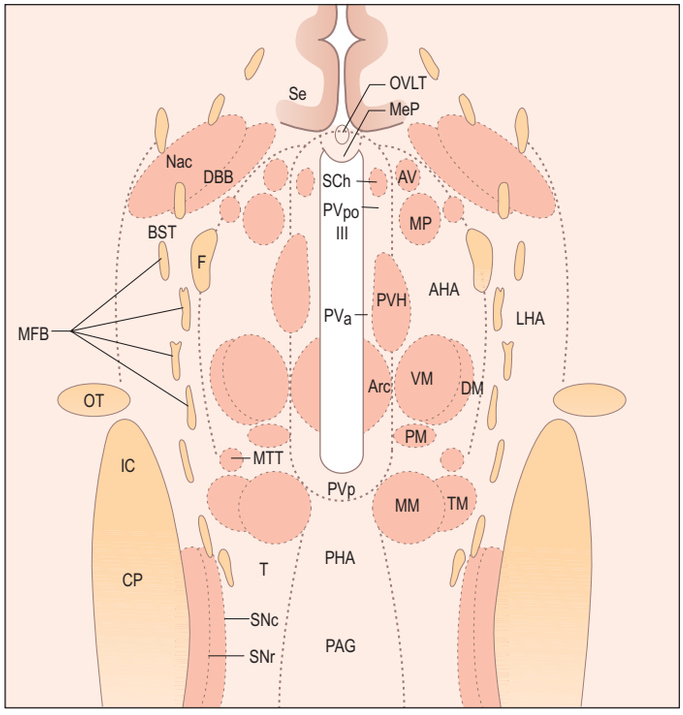


Fig. 21.9 Corte horizontal mostrando os principais grupos celulares e tratos no hipotálamo e ao seu redor. Abreviações: III, terceiro ventrículo; AHA, área hipotalâmica anterior; Arc, núcleo arqueado; AV, núcleo pré-óptico anteroventral; BST, núcleo do leito da estria terminal; CP, núcleo caudado e putame; DBB, núcleo da faixa diagonal; DM, núcleo dorsomedial ; LHA, área hipotalâmica lateral; MM, corpo mamilar (principalmente o núcleo mamilar medial); MeP, núcleo pré-óptico mediano; MP, núcleo pré-óptico medial; Nac, núcleo *accumbens*; OVLT, órgão vascular da lâmina terminal; PAG, substância cinzenta periaquedutal; PHA, área hipotalâmica posterior; PV, núcleo periventricular (PVpo, parte pré-óptica; PVa, parte anterior; PVp, parte posterior); PVH, núcleo paraventricular (hipotalâmico); Se, córtex septal; SCh, núcleo supraquiasmático; T, tegmento do mesencéfalo; TM, núcleo tuberomamilar; VM, núcleo ventromedial; Tratos de fibras: CP, pedúnculo cerebral; F, fórnice; IC, cápsula interna; MFB, feixe prosencefálico medial; MTT, trato mamilotalâmico; OT, trato óptico. (Modificado com permissão de Elsevier: Progress in Brain Research, vol 87, Swanson LW, Biochemical switching in hypothalamic circuits mediating responses to stress, pp. 181-200, 1991.)

GABA, por estrógenos e progesterona que atuam indiretamente através de outros neurônios, pelo fator liberador de corticotrofina e por opioides endógenos.

O hormônio liberador de corticotrofina (CRH) está localizado principalmente em neurônios paraventriculares parvocelulares. Eles são profundamente estimulados pelo estresse neurogênico (estímulo límbico) e pelo estresse hipoglicêmico (núcleo ventromedial), e também são controlados por *feedback* negativo pelo cortisol.

Neurônios secretores de hormônio liberador de tireotrofina (TRH) são bem mais amplamente distribuídos nos núcleos periventricular, ventromedial e dorsomedial. A liberação de TRH é influenciada pela temperatura central, percebida na parte anterior do hipotálamo, e por *feedback* negativo de hormônios tireoidianos. Ele estimula a liberação de TSH hipofisário e também atua para excitar neurônios sensíveis ao frio e inibir neurônios sensíveis ao calor na área pré-óptica.

Outros neurônios túbero-infundibulares do núcleo arqueado contêm neuropeptídeo Y (NPY) e neurotensina. Os neurônios do núcleo arqueado que contêm peptídeos derivados da pró-opimelanocortina projetam para o núcleo periventricular, em vez de projetar para a eminência mediana.

Além destas células que contêm peptídeos, neurônios dopaminérgicos no núcleo arqueado (grupo A12) têm terminais na eminência mediana e no infundíbulo. A dopamina atua como o principal hormônio inibidor da liberação de prolactina e também inibe a secreção de TSH (da mesma forma, o TSH atua como um hormônio inibidor de prolactina). Terminais noradrenérgicos são encontrados na eminência mediana, onde podem atuar amplamente de maneira parácrina.

A zona intermediária do hipotálamo contém os núcleos mais bem diferenciados, que são os seguintes: os núcleos paraventricular e supraóptico; grupos nucleares "intermediários", os quais apresentam dimorfismo sexual; os núcleos ventromedial e dorsomedial; o corpo mamilar; e os núcleos túbero-mamilares. Neurônios neurossecretores magnocelulares são encontrados no núcleo supraóptico, no núcleo paraventricular e como agregados isolados de células entre eles.

Núcleos supraóptico e paraventricular

O núcleo supraóptico, curvado sobre a parte lateral do quiasma óptico, contém uma população uniforme de grandes neurônios. Atrás do quiasma, uma delgada placa de células no assoalho do encéfalo forma a parte retroquiasmática.

Os neurônios do núcleo supraóptico sintetizam a vasopressina e todos eles parecem projetar para a neuro-hipófise. Os neurônios magnocelulares secretores de vasopressina detectam até mesmo um aumento de 1% na pressão osmótica do sangue e estimulam a liberação de vasopressina pela neuro-hipófise. Uma queda no volume sanguíneo ou na pressão sanguínea maior que 5-10% estimula a liberação de vasopressina e a vontade de ingerir líquidos. Estas respostas são mediadas através de receptores de volume nas paredes das grandes veias e dos átrios, e de barorreceptores no seio carótico, sendo que todos projetam através dos nervos vago e glossofaríngeo para o núcleo do trato solitário, e daí para os núcleos magnocelulares. Um defeito bioquímico na produção de vasopressina ou a interrupção da via supraóptica-hipofisária (p. ex., devido a uma injúria na cabeça) podem causar diabetes insípido central (cranial).

O núcleo paraventricular estende-se do sulco hipotalâmico inferiormente, através da face medial da coluna do fórnice, com seu ângulo ventrolateral atingindo o núcleo supraóptico. Seus neurônios são mais diversos. Neurônios magnocelulares, que projetam para a neuro-hipófise, tendem a se dispor lateralmente; neurônios parvocelulares, que projetam para a eminência mediana e para o infundíbulo, encontram-se mais medialmente; neurônios de tamanho intermediário, que podem se projetar inferiormente, encontram-se posteriormente. Os axônios dos neurônios magnocelulares do núcleo paraventricular seguem em direção ao núcleo supraóptico (trato paraventricular-hipofisário), onde se unem aos axônios dos neurônios do núcleo supraóptico para formar um trato supraóptico-hipofisário. Este segue em direção ao infundíbulo, superficialmente, e para o interior do lobo da neuro-hipófise, onde os axônios são distendidos e se ramificam repetidamente ao redor dos capilares. A vasopressina e a oxitocina são produzidas por neurônios separados: os neurônios secretores de vasopressina tendem a se agrupar na parte ventrolateral do núcleo paraventricular e os neurônios secretores de oxitocina encontram-se ao redor destes.

O hipotálamo é essencial para o controle da secreção de oxitocina, e de gonadotrofinas e de prolactina hipofisárias. A liberação de oxitocina dos terminais nervosos neurossecretores na neuro-hipófise induz a contração do útero e de células mioepiteliais que circundam os alvéolos das glândulas mamárias. Dois reflexos neuroendócrinos estão envolvidos. A distensão da cérvice uterina durante o parto estimula uma via aferente multissináptica que segue através do plexo pélvico, da coluna anterolateral e do tronco encefálico até os neurônios magnocelulares secretores de oxitocina (o reflexo de Ferguson). Este é um mecanismo de *feedback* positivo, que é terminado pelo nascimento da criança. O reflexo de ejeção do leite é provocado pela sucção do mamilo, que ativa os nervos intercostais e, com isso, uma conexão aferente ao hipotálamo. O reflexo pode estar condicionado ao choro de uma criança e ser inibido pelo estresse.

Ao nível tuberal, o núcleo ventromedial é bem definido por uma zona circunjacente pobre em neurônios, mas o núcleo dorsomedial acima dele é muito menos distinto. O núcleo ventromedial contém neurônios receptivos aos níveis plasmáticos de glicose e de outros nutrientes e recebe aferências somáticas viscerais através do núcleo do trato solitário. O hipotálamo lateral recebe aferências olfatórias, que atuam como importantes sinais alimentares. Ambas as áreas recebem extensos estímulos a partir das estruturas do lobo límbico. Experimentos com estimulação e lesões, juntamente com estudos de caso humanos, sugerem que os núcleos ventromediais atuam juntos como um "centro da saciedade". A lesão bilateral ao núcleo ventromedial promove uma superalimentação (hiperfagia) e a restrição à ingestão de alimentos pode provocar explosões semelhantes à fúria. A obesidade resultante está normalmente acoplada a uma hipossexualidade (síndrome de Fröhlich). De modo interessante, em bebês, a lesão ao núcleo ventromedial pode levar a uma emaciação, apesar da amamentação aparentemente normal. Lesões experimentais na parte lateral do hipotálamo promovem uma hipofagia ou uma afagia, enquanto a estimulação pode prolongar a amamentação, sustentando o conceito de um "centro de alimentação" hipotalâmico lateral.

O núcleo ventromedial, a área hipotalâmica lateral e o núcleo paraventricular também influenciam o metabolismo intermediário através dos sistemas autônomo e endócrino. Estes parecem complementar os efeitos sobre o comportamento de alimentação. Deste modo, a estimulação ventromedial facilita a liberação de glucagon e aumenta a glicogenólise, a gliconeogênese e a lipólise, enquanto a estimulação hipotalâmica lateral causa liberação de insulina e os efeitos metabólicos opostos. Lesões do núcleo ventromedial também causam um tônus vagal aumentado e um tônus simpático diminuído.

Os núcleos mamilares mediais, que formam a maior parte dos corpos mamilares, são muito proeminentes. A existência distinta de um núcleo mamilar lateral é controversa, embora um grupo de células maiores de fato ocorra ao longo da margem lateral do núcleo mamilar medial. Lateral a este encontra-se o núcleo túbero-mamilar, que dá origem a axônios

espalhados que inervam difusamente todo o córtex cerebral, o hipotálamo e o tronco encefálico.

A zona lateral do hipotálamo forma um conexo que segue do núcleo pré-óptico, através da área lateral do hipotálamo, até a parte posterior do hipotálamo. Na região tuberal, os núcleos tuberais laterais são grandes e bem definidos, e circundados por delicadas fibras.

CONEXÕES DO HIPOTÁLAMO

O hipotálamo tem interações recíprocas com o restante do corpo através de duas (possivelmente três) vias bastante distintas: conexões neurais, a corrente sanguínea e (provavelmente) o LCE.

Alguns neurônios hipotalâmicos têm receptores específicos que percebem a temperatura, a osmolaridade, a glicose, os ácidos graxos livres e o conteúdo hormonal do sangue. Os neurônios neurossecretores secretam neuro-hormônios no sangue. Eles controlam a adeno-hipófise e atuam sobre órgãos tais como o rim, a mama, o útero e os vasos sanguíneos. Algumas das conexões neurais, especialmente aquelas para os corpos mamilares, formam distintos fascículos de fibras mielínicas, porém a maioria constitui-se de fascículos difusos e com fibras amielínicas, e sua origem e terminação são incertas. A maioria das vias é multissináptica e muitas das sinapses sobre neurônios hipotalâmicos são derivadas de interneurônios intrínsecos.

De forma ampla, os estímulos neurais para o hipotálamo são derivados dos sistemas visceral ascendente e somático sensorial, dos sistemas visual e olfatório, e de numerosos tratos derivados do tronco encefálico, do tálamo, de estruturas "límbicas" e do neocórtex. Projeções neurais eferentes são recíprocas para a maioria destes e, em particular, vão de encontro às origens centrais das fibras nervosas autônomas e as controlam. Consequentemente, o hipotálamo exerce seu controle através dos sistemas autônomo e endócrino e através de suas conexões para o telencéfalo.

Conexões aferentes

O hipotálamo recebe informações sensoriais viscerais, gustativas e somáticas a partir da medula espinal e do tronco encefálico. Ele recebe projeções largamente polissinápticas a partir do núcleo do trato solitário, provavelmente direta e indiretamente através do núcleo parabraquial e de grupos celulares noradrenérgicos do bulbo (feixe noradrenérgico ventral); de colaterais de aferências somáticas lemniscais (para o hipotálamo lateral); e de projeções derivadas da formação reticular longitudinal dorsal. Muitas entram pelo feixe prosencefálico medial (Fig. 21.9) e pelo sistema de fibras periventriculares. Outras convergem no tegmento mesencefálico, formando o pedúnculo mamilar para o corpo mamilar.

Os principais estímulos do prosencéfalo para o hipotálamo são derivados de estruturas no lobo límbico, incluindo formação hipocampal, corpo amigdaloide e septo, e do lobo piriforme e do neocórtex adjacente. Estas conexões, que são recíprocas, formam proeminentes sistemas de fibras, ou seja, o fórnice, a estria terminal e os tratos amígdalo-fugais ventrais.

A formação hipocampal, em particular o subículo e CA1, está reciprocamente conectada ao hipotálamo pelo fórnice, um complexo trato que também contém conexões comissurais. À medida que o fórnice se curva ventralmente em direção à comissura anterior, ele é unido por fascículos derivados do giro do cíngulo, do indúsio cinzento e da área septal. Ele divide-se ao redor da comissura anterior em partes pré-comissural e pós-comissural. O fórnice pré-comissural é distribuído para o septo e para o hipotálamo pré-óptico, e o septo por sua vez envia numerosas fibras para o hipotálamo. O fórnice pós-comissural segue ventral e posteriormente através do hipotálamo até o núcleo mamilar medial. Em seu trajeto, dá origem a muitas fibras para os núcleos mediais e laterais do hipotálamo.

O corpo amigdaloide inerva a maioria dos núcleos do hipotálamo anteriormente aos corpos mamilares. Seu núcleo corticomedial inerva as áreas hipotalâmicas pré-óptica e anterior e o núcleo ventromedial. Os núcleos centrais projetam para a parte lateral do hipotálamo. As fibras atingem o hipotálamo através de duas vias. A via amígdalo-fugal ventral, de trajeto curto, segue medialmente por sobre o trato óptico, inferior ao complexo lentiforme, para alcançar o hipotálamo. A estria terminal, longa e curvada, segue paralelamente ao fórnice, separada deste pelo ventrículo lateral, passa pelo núcleo do leito da estria terminal e, em seguida, é distribuída para a parte anterior do hipotálamo através do feixe prosencefálico medial.

As aferências olfatórias atingem o hipotálamo extensamente através do núcleo *accumbens* e dos núcleos septais, e a maioria termina na parte lateral do hipotálamo. As aferências visuais saem do quiasma óptico e seguem dorsalmente ao núcleo supraquiasmático. Nenhuma conexão auditiva foi identificada, embora esteja claro que tais estímulos influenciam a atividade hipotalâmica. Entretanto, muitos neurônios hipotalâmicos respondem melhor a complexos estímulos sensoriais, sugerindo que informações sensoriais que atingem o neocórtex convergem e são processadas pelo corpo amigdaloide, pelo hipocampo e pelo neocórtex. Aferências cortico-hipotalâmicas neocorticais para o hipotálamo são mal definidas, porém provavelmente se originam dos córtices dos lobos, frontal e da ínsula. Algumas podem retransmitir no núcleo talâmico mediodorsal e projetar para o hipotálamo através da via periventricular. Outras fibras cortico-hipotalâmicas diretas podem terminar em núcleos hipotalâmicos laterais, dorsomediais, mamilares e posteriores, mas todas estas conexões são questionadas.

Como o resto do prosencéfalo, o hipotálamo também recebe estímulos aminérgicos difusos a partir do *Locus ceruleus* e dos núcleos da rafe. Além disso, ele recebe estímulos a partir da via colinérgica ascendente tegmental ventral; um estímulo noradrenérgico para os núcleos hipotalâmicos dorsomedial, periventricular, paraventricular, supraóptico e lateral a partir do feixe noradrenérgico tegmental ventral, e de fibras do sistema dopaminérgico mesolímbico. O grupo A11 inerva os núcleos hipotalâmicos mediais e os grupos A13 e A14 suprem os núcleos hipotalâmicos dorsais e rostrais. Muitas destas fibras também seguem no feixe prosencefálico medial.

O feixe prosencefálico medial é um frouxo grupamento de vias de fibras que seguem principalmente no sentido longitudinal através da parte lateral do hipotálamo (Fig. 21.9). Ele conecta as estruturas autônomas do prosencéfalo e estruturas do lobo límbico com o hipotálamo e o tronco encefálico, recebendo e originando pequenos fascículos durante todo o seu trajeto. Ele contém aferências hipotalâmicas descendentes derivadas da área septal e do córtex orbitofrontal, aferências ascendentes derivadas do tronco encefálico e eferências derivadas do hipotálamo.

Conexões eferentes

As eferências hipotalâmicas incluem vias recíprocas para o lobo límbico, vias polissinápticas descendentes para neurônios autônomos e motores somáticos, e ligações neurais e neurovasculares com a glândula hipófise.

As áreas septais e o corpo amigdaloide têm conexões hipotalâmicas recíprocas ao longo das vias descritas acima. As áreas anterior e pré-óptica medial do hipotálamo originam curtas projeções para grupos hipotalâmicos adjacentes. O núcleo ventromedial tem projeções mais extensas que seguem através do feixe prosencefálico medial para o núcleo do leito da estria terminal, o núcleo basal de Meynert, o núcleo central do corpo amigdaloide e a formação reticular mesencefálica. A parte posterior do hipotálamo projeta largamente para a substância cinzenta central do mesencéfalo. Alguns neurônios hipotalâmicos tuberais e laterais posteriores projetam diretamente para todo o neocórtex e parecem ser essenciais para a manutenção da excitação cortical, mas a topografia destas projeções é obscura.

Os neurônios hipotalâmicos que projetam para neurônios autônomos são encontrados no núcleo paraventricular (neurônios secretores de oxitocina e de vasopressina), nos núcleos perifornical e dorsomedial (neurônios secretores de peptídeo natriurético atrial), na área lateral do hipotálamo (neurônios secretores de hormônio estimulante de melanócitos α, ou α-MSH), e na zona incerta (neurônios dopaminérgicos). Estas fibras seguem através do feixe prosencefálico medial para o tegmento, região ventrolateral do bulbo, funículo lateral e posterior da medula espinal. No tronco encefálico, as fibras inervam o núcleo parabraquial, o núcleo ambíguo, o núcleo do trato solitário e o núcleo motor dorsal do nervo vago. Na medula espinal, elas terminam em neurônios pré-ganglionares simpáticos e parassimpáticos na coluna intermédio-lateral. Tanto fibras que contêm oxitocina como fibras que contêm vasopressina podem ser traçadas até os neurônios autônomos espinais mais inferiores (caudais).

O núcleo mamilar medial dá origem a um grande feixe ascendente de fibras, que diverge nos tratos mamilotalâmico e mamilotegmental (Fig. 21.9). O trato mamilotalâmico sobe através do hipotálamo lateral para alcançar os núcleos anteriores do tálamo, enquanto massivas projeções se irradiam até o giro do cíngulo. O trato mamilotegmental curva-se inferiormente para o interior do mesencéfalo, ventralmente ao fascículo longitudinal medial, e é distribuído para os núcleos reticulares tegmentais.

GLÂNDULA HIPÓFISE

A glândula hipófise (Figs. 21.10 e 16.7) é uma estrutura ovoide, de tonalidade vermelho-acinzentada, com cerca de 12 mm de diâmetro transversal e 8 mm de diâmetro anteroposterior, e com um peso médio de 500 mg no adulto. Ela é contínua com o infundíbulo, um prolongamento inferior oco, de formato cônico, derivado do túber cinéreo do hipotálamo. Ela encontra-se dentro da fossa hipofisial do osso esfenoide, onde é coberta superiormente por um diafragma da sela, de formato circular, derivado da meninge dura-máter. Esta última é perfurada centralmente por uma abertura para o infundíbulo e separa a face anterossuperior da glândula hipófise do quiasma óptico. Inferiormente, a glândula hipófise está separada do assoalho da fossa hipofisial por um seio venoso que se comunica com seios circulares (intracavernosos anterior e posterior). As meninges fundem-se com a cápsula da glândula hipófise e não são camadas separadas.

A glândula hipófise tem duas partes principais, a neuro-hipófise e a adeno-hipófise, as quais diferem em sua origem, estrutura e função. A neuro-hipófise é uma evaginação do assoalho do diencéfalo, conectada ao hipotálamo. A adeno-hipófise é um derivado ectodérmico do estomodeu. Ambas incluem partes do infundíbulo (enquanto os antigos termos "lobo anterior" e "lobo posterior" não incluem). O infundíbulo tem uma haste infundibular central, que contém conexões hipofisárias neurais e é contínuo com a eminência mediana do túber cinéreo. Desta forma, o termo neuro-hipófise inclui a eminência mediana, a haste infundibular e o lobo neural ou parte posterior (*pars nervosa*, ou parte nervosa). Circundando a haste infundibular, encontra-se a parte tuberal (*pars tuberalis*), um componente da adeno-hipófise. A principal massa da adeno-hipófise pode ser dividida na parte anterior (parte distal, ou *pars distalis*) e na parte intermediária (*pars intermedia*), as quais estão separadas na vida fetal e pós-natal pela fenda hipofisária, um vestígio da bolsa de Rathke, da qual a adeno-hipófise se desenvolve. Normalmente obliterada na infância, remanescentes podem persistir na forma de cavidades císticas frequentemente presentes próximo ao limite entre a adeno-hipófise e a neuro-hipófise, e às vezes invadindo o lobo neural. A parte intermediária humana é rudimentar. Ela pode estar parcialmente deslocada para dentro do lobo neural, e deste modo ela tem sido incluída nas partes anterior e posterior por diferentes observadores. À parte este equívoco, que é de pouca importância, a parte anterior e a parte posterior podem ser comparadas aos lobos anterior e posterior. Quando as partes infundibulares associadas contínuas com estes lobos são incluídas, os nomes adeno-hipófise e neuro-hipófise tornam-se apropriados e serão usados aqui da seguinte maneira: a neuro-hipófise inclui a parte posterior (*pars nervosa*, parte nervosa ou lobo neural), a haste infundibular e a eminência mediana; a adeno-hipófise inclui a parte anterior (*pars distalis*, parte distal ou parte glandular), a parte intermediária (*pars intermedia*) e a parte tuberal (*pars tuberalis*).

Neuro-hipófise

No início da vida fetal, a neuro-hipófise contém uma cavidade contínua com o terceiro ventrículo. Os axônios que se originam de grupos de neurônios hipotalâmicos (p. ex., os neurônios magnocelulares dos núcleos supraóptico e paraventricular) terminam na neuro-hipófise. Os longos axônios de neurônios magnocelulares seguem para a principal massa da neuro-hipófise. Eles formam o trato hipotálamo-hipofisário neurossecretor e terminam próximo aos capilares fenestrados do lobo posterior. Alguns neurônios parvocelulares menores na zona periventricular têm axônios mais curtos e terminam na eminência mediana e na haste infundibular por entre os leitos capilares superiores da circulação porto-venosa. Estes pequenos neurônios produzem os hormônios de liberação e de inibição, que controlam as atividades secretoras da adeno-hipófise através de seu suprimento sanguíneo pelo sistema porta hipotálamo-hipofisário.

Os neuro-hormônios armazenados na principal parte da neuro-hipófise são a vasopressina (ou hormônio antidiurético, ADH), que controla a reabsorção de água pelos túbulos renais (Cap. 74), e a oxitocina, que promove a contração da musculatura lisa uterina (Cap. 77) durante o parto e a ejeção do leite pela mama durante a lactação. Os grânulos de armazenamento que contêm os polipeptídeos hormonais ativos ligados a uma glicoproteína transportadora, a neurofisina, seguem ao longo dos axônios a partir do seu local de síntese nos corpos celulares dos neurônios (Fig. 21.11).

Os delgados axônios amielínicos da neuro-hipófise são embainhados por típicos astrócitos no infundíbulo (Fig. 21.12). Próximo ao lobo posterior, os astrócitos são substituídos pelos pituicitos, que constituem a maior parte do tecido não excitável na neuro-hipófise. Os pituicitos são células neurogliais dendríticas de aspecto variável, frequentemente com longos prolongamentos que seguem paralelamente aos axônios adjacentes. Tipicamente, seus prolongamentos citoplasmáticos terminam sobre as paredes de capilares fenestrados entre os terminais nervosos. Os axônios também terminam em espaços perivasculares; eles encontram-se próximos às paredes dos capilares fenestrados, porém permanecem separados deles por duas lâminas basais, uma ao redor das terminações nervosas e a outra sobre as células endoteliais fenestradas. Os espaços entre as lâminas basais são ocupados por delicadas fibrilas de colágeno.

Adeno-hipófise

A adeno-hipófise é altamente vascularizada. Ela consiste em células epiteliais de tamanho e formato variados, organizadas em cordões ou agregados irregulares, entre os quais se encontram capilares fenestrados de paredes delgadas, sustentados por uma delicada trama de fibras reticulares (Figs. 21.11 e 21.12). A maioria dos hormônios sintetizados pela adeno-hipófise é trófica. Eles incluem o hormônio do crescimento (GH, um peptídeo), envolvido no controle do crescimento do corpo, e a prolactina (também um peptídeo), que estimula o crescimento do tecido da mama e a secreção do leite. Os hormônios tróficos glicoproteicos incluem a pró-opimelanocortina, o grande precursor da adrenocorticotrofina (ACTH), que controla a secreção de certos hormônios do córtex da suprarrenal; o hormônio estimulador da tireoide (TSH); o hormônio folículo-estimulante (FSH), que estimula o crescimento de folículos ovarianos e a secreção de estrógenos pelo ovário, e a espermatogênese (atuando sobre as células testiculares de Sertoli); e o hormônio luteinizante (LH), que induz a secreção de progesterona pelo corpo lúteo e a síntese de testosterona pelas células de Leydig no testículo. A pró-opimelanocortina é clivada em um número de diferentes moléculas, incluindo o ACTH. A β-lipotrofina é liberada pela hipófise, mas sua função lipolítica em seres humanos é incerta. A β-endorfina é um outro produto da clivagem liberado pela glândula hipófise.

As células epiteliais endócrinas, que secretam os diferentes hormônios da adeno-hipófise, são distinguidas em parte pelas suas diferentes afinidades por corantes ácidos e básicos. As células que se coram intensamente são descritas como células cromófilas e aquelas com baixa afinidade pelos corantes são as células cromófobas. As células cromófilas que se coram intensamente com corantes ácidos são classificadas como acidófilas, enquanto as basófilas se coram intensamente com corantes básicos. As

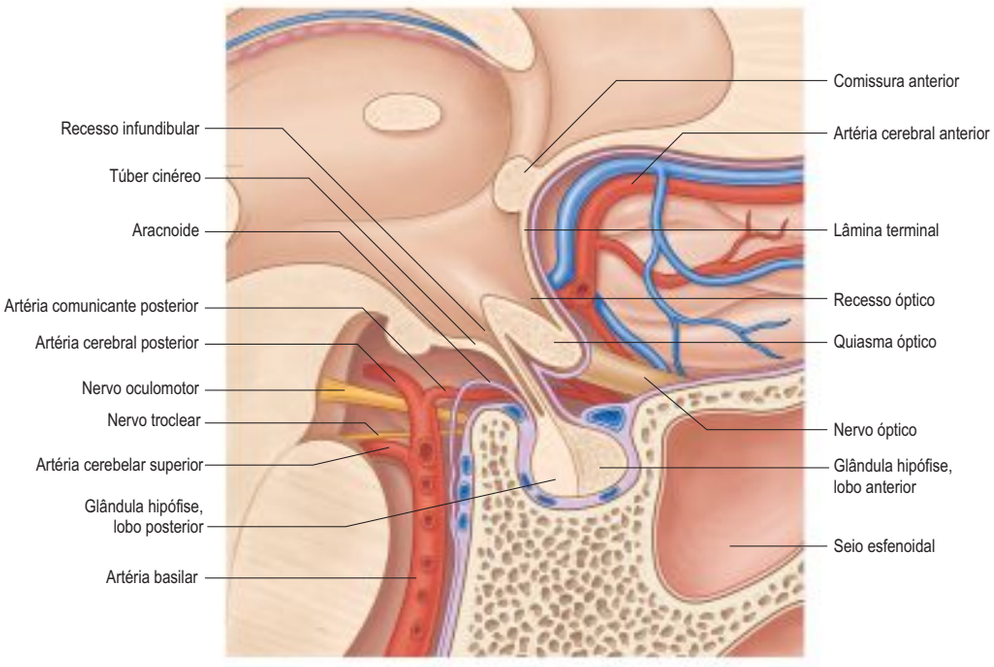


Fig. 21.10 Corte mediano através da glândula hipófise.

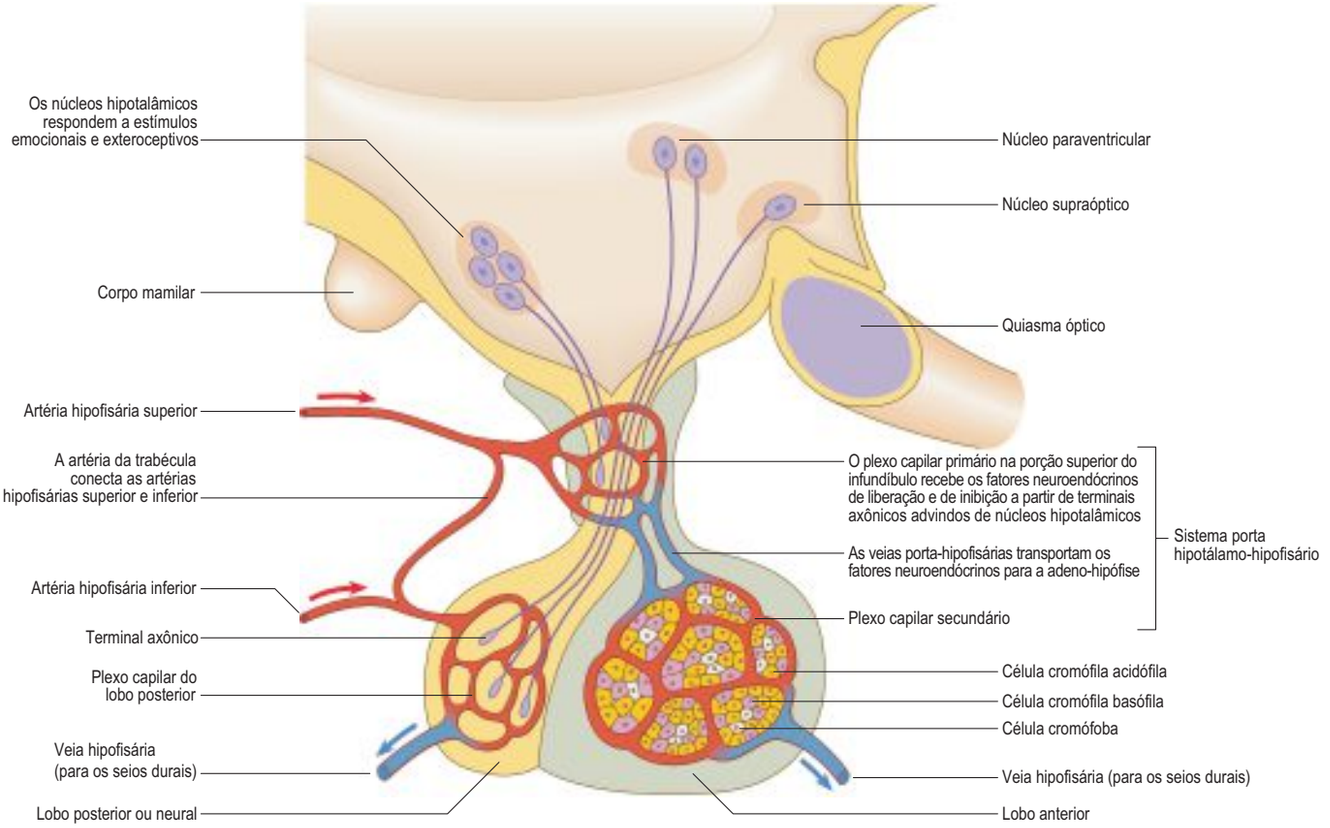


Fig. 21.11 Os principais sistemas que controlam as atividades secretoras endócrinas da glândula hipófise.

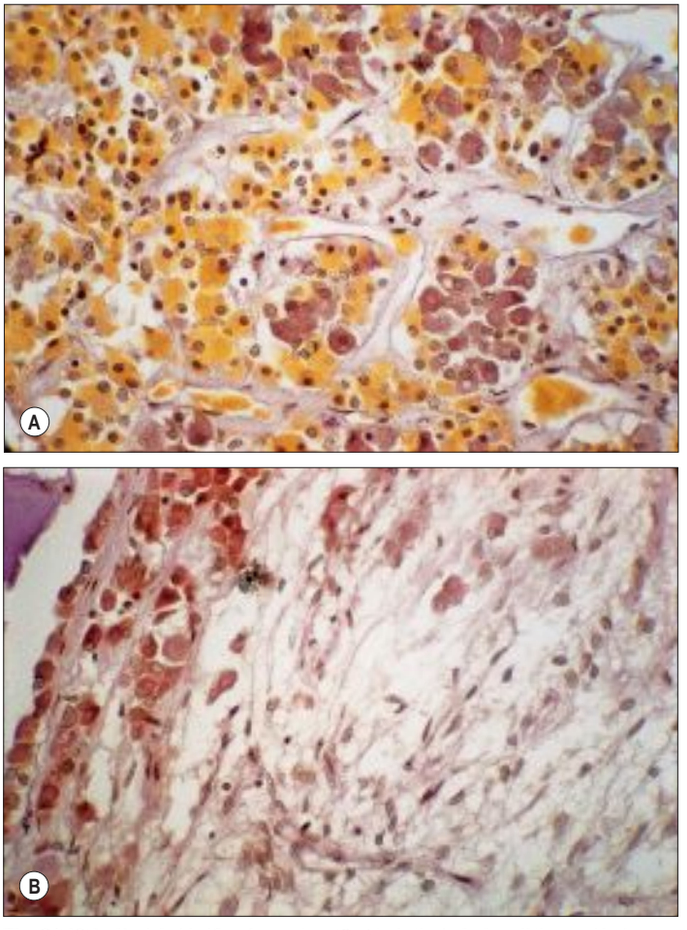


Fig. 21.12 A glândula hipófise (em coloração tricrômica). **A,** As células endócrinas da adeno-hipófise. As células cromófilas podem ser distinguidas em acidófilas (em amarelo) e basófilas (em rosa-avermelhado). As células cromófobas são palidamente coradas. Uma rede de capilares fenestrados é vista entre os agregados de células secretoras. **B,** A neuro-hipófise (à direita), com fibras nervosas e pituícitos. À esquerda, encontra-se a parte intermediária com células secretoras espalhadas intensamente coradas e um cisto contendo coloide (no alto, à esquerda), representando os remanescentes da bolsa de Rathke.

basófilas são mais prevalentes na parte central da glândula. A classificação de acordo com os hormônios sintetizados divide as células em somatotrofos (células cromófilas acidófilas secretoras de GH, o tipo de célula cromófila mais numeroso); lactotrofos (células cromófilas acidófilas secretoras de prolactina, que são dominantes na gravidez e sofrem hipertrofia durante a lactação); gonadotrofos (células cromófilas basófilas secretoras de FSH e de LH); tireotrofos (células cromófilas basófilas secretoras de TSH); e corticotrofos (células cromófilas basófilas secretoras de ACTH). As células cromófobas são consideradas células cromófilas quiescentes ou degranuladas, ou células precursoras imaturas; elas constituem até a metade das células da adeno-hipófise.

Os neurônios que secretam os peptídeos e as aminas que controlam o lobo anterior estão amplamente distribuídos no hipotálamo. Eles estão situados principalmente na zona medial, no núcleo arqueado, na parte parvocelular medial do núcleo paraventricular e no núcleo periventricular.

A parte intermediária contém cordões de células cromófobas que circundam estruturas semelhantes a cistos, revestidas por um epitélio simples cuboide e preenchidas, em graus variados, com um material coloide glicosilado. Os produtos de secreção desta região podem incluir produtos de clivagem da pró-opimelanocortina, mas seu significado funcional é incerto. A parte tuberal contém um grande número de vasos sanguíneos, entre os quais estão cordões ou agregados de gonadotrofos e células indiferenciadas.

Uma pequena coleção de parênquima da adeno-hipófise encontra-se no mucoperiósteo do teto da nasofaringe humana. Por volta de 28 semanas *in utero*, ela é bem vascularizada e capaz de secreção, recebendo sangue a partir dos vasos sistêmicos do teto da nasofaringe. Neste estágio, ela é recoberta posteriormente por tecido conjuntivo fibroso, que é substituído na segunda metade da vida fetal por seios venosos, e um sistema porto-venoso transesfenoidal se desenvolve, trazendo o parênquima hipofisial da nasofaringe sob o mesmo controle hipotalâmico que o parênquima andeno-hipofisário craniano. A vascularização periférica da glândula hipófise faríngea persiste até aproximadamente o quinto ano. O órgão é, em seguida, novamente recoberto por tecido fibroso e supostamente mantido ainda sob controle por fatores presentes no sangue sistêmico. Embora ela não mude de tamanho após o nascimento em meninos, nas meninas torna-se menor, retornando ao volume natal durante a quinta década de vida, quando mais uma vez ela pode ser controlada através de uma extensão transesfenoidal do sistema porto-venoso hipotálamo-hipofisário. A glândula hipófise faríngea humana pode ser uma reserva de um potencial parênquima adeno-hipofisial, que pode ser estimulado, particularmente em mulheres, a sintetizar e secretar hormônios da adeno-hipófise na meia-idade, quando o parênquima adeno-hipofisial intracraniano está começando a falhar.

Vasos da glândula hipófise

As artérias da glândula hipófise originam-se a partir das artérias carótidas internas através de uma única artéria hipofisária inferior e de vários ramos das artérias hipofisárias superiores a cada lado. A primeira advém da parte cavernosa da artéria carótida interna e os últimos ramos advêm de sua parte supraclinoide e das artérias cerebrais anterior e posterior. A artéria hipofisária inferior divide-se em ramos medial e lateral, que se anastomosam na linha média e formam um anel arterial ao redor do infundíbulo. Delicados ramos advindos desta anastomose circular entram na neuro-hipófise para suprir seu leito capilar. As artérias hipofisárias superiores suprem a eminência mediana, a parte superior do infundíbulo e, através das artérias das trabéculas, a parte inferior do infundíbulo. Uma rede capilar confluente, que se estende através da neuro-hipófise, é suprida por ambos os conjuntos de vasos hipofisários. A inversão do fluxo pode ocorrer nos leitos capilares cerebrais que se encontram entre os dois suprimentos vasculares.

As artérias da eminência mediana e do infundíbulo terminam em ramificações características de capilares, que são mais complexos na parte superior do infundíbulo. Na eminência mediana, eles formam um plexo externo, ou plexo do "manto", e um plexo interno, ou "profundo". O plexo externo, abastecido pelas artérias hipofisárias superiores, é contínuo com o plexo infundibular e é drenado pelos vasos porta-hipofisários longos, que descem para a parte distal. O plexo interno encontra-se em meio ao plexo externo e é suprido por este. Ele é contínuo posteriormente com o leito capilar infundibular e, como o plexo externo, é drenado pelos vasos porta-hipofisários longos. Vasos porta-hipofisários curtos seguem da parte inferior do infundíbulo até a parte distal. Ambos os tipos de vasos porta-hipofisários abrem-se em capilares fenestrados, que se encontram em meio aos cordões secretores na parte distal da adeno-hipófise e fornecem a maior parte de seu sangue. Não existe um suprimento arterial direto. O sistema porta-hipofisário carreia os fatores liberadores de hormônios, provavelmente elaborados nos grupos parvocelulares de neurônios hipotalâmicos, que controlam os ciclos de secreção de células na parte distal. A parte intermediária parece ser avascular.

Existem três possíveis vias para a drenagem venosa da neuro-hipófise: para a adeno-hipófise, através de vasos porta-hipofisários curtos e longos; para os seios venosos da dura-máter, através das grandes veias hipofisárias inferiores; e para o hipotálamo, através de capilares que seguem para a eminência mediana. A drenagem venosa transporta os hormônios hipofisários da glândula para seus alvos e também facilita o controle da secreção por *feedback*. Entretanto, a drenagem venosa da adeno-hipófise parece restrita: poucos vasos conectam-na diretamente com as veias sistêmicas, de modo que as vias pelas quais o sangue sai permanecem obscuras.

SUBTÁLAMO

O subtálamo é uma complexa região de grupos nucleares e tratos de fibras (Fig. 22.13). Os principais grupos nucleares são o núcleo subtalâmico, o núcleo reticular, a zona incerta, os campos de Forel e o núcleo pré-geniculado. Os polos rostrais do núcleo rubro e da substância negra também se estendem para esta área.

Os principais tratos subtalâmicos são os seguintes: as partes superiores dos lemniscos medial, espinal e trigeminal, e o trato solitário-talâmico, todos aproximando suas terminações aos núcleos talâmicos; o trato denteado-talâmico, derivado do pedúnculo cerebelar superior contralateral, acompanhado por fibras rubrotalâmicas ipsilaterais; o fascículo retroflexo; o fascículo lenticular; o fascículo subtalâmico; a alça lenticular; fascículos do campo pré-rubral (campo H de Forel); a continuação do fascículo lenticular (no campo H_2 de Forel); e o fascículo talâmico (o campo H_1 de Forel).

NÚCLEO SUBTALÂMICO

O núcleo subtalâmico está estrutural e funcionalmente relacionado aos núcleos da base, e consequentemente está considerado com eles no Capítulo 22.

ZONA INCERTA E CAMPOS DE FOREL

A zona incerta é um agregado de pequenas células que se encontra entre a parte ventral da lâmina medular externa do tálamo e o pedúnculo cerebral. Ela é ligada ao núcleo reticular dorsolateralmente. Mais medialmente, encontra-se um grupo espalhado de células em uma matriz de fibras, conhecido como o campo H de Forel. O campo H_1 de Forel consiste no fascículo talâmico, que se encontra dorsal à zona incerta. O campo H_2 de Forel contém o fascículo lenticular e encontra-se ventralmente, entre a zona incerta e o núcleo subtalâmico.

A zona incerta recebe fibras do córtex sensório-motor, do núcleo pré-geniculado, dos núcleos cerebelares profundos, do complexo nuclear trigeminal e da medula espinal. Ela projeta para a medula espinal e para a região pré-tetal. Suas funções são desconhecidas.

Os neurônios do campo H de Forel recebem aferências da medula espinal, da formação reticular do tronco encefálico e possivelmente do segmento interno do globo pálido. Eles podem projetar para a medula espinal. Como a zona incerta, suas funções são desconhecidas.

Além das partes terminais dos tratos lemniscais, denteado-talâmico e rubrotalâmico, o subtálamo contém massivos tratos de fibras derivados do globo pálido. O fascículo lenticular é o componente dorsal de fibras palidofugais que atravessam a cápsula interna. Ele volta-se medialmente, próximo à face medial da cápsula, parcialmente entremeado com a zona dorsal do núcleo subtalâmico e a parte ventral da zona incerta, onde o fascículo atravessa o campo H_2 de Forel. Atingindo a margem medial da zona incerta, o fascículo mistura-se com fibras da alça lenticular, com elementos disseminados do núcleo pré-rubral e com fibras denteado-talâmicas e rubrotalâmicas. Esta mistura de diversas vias e grupos celulares associados é variavelmente chamada de campo pré-rubral, tegmental ou campo H de Forel.

A alça lenticular tem uma complexa origem a partir de ambas as partes do globo pálido e possivelmente de outras estruturas adjacentes. Ela curva-se medialmente ao redor da margem ventral da cápsula interna e continua dorsomedialmente para se misturar a outras fibras no campo pré-rubral. Algumas fibras no fascículo lenticular e na alça lenticular fazem sinapses no núcleo subtalâmico, no campo pré-rubral e na zona incerta. O restante continua lateralmente, com outros fascículos, para os núcleos talâmicos, particularmente os núcleos ventral anterior, ventral lateral e centromediano.

O fascículo talâmico estende-se do campo pré-rubral e seu território é denominado campo H_1 de Forel. Ele encontra-se dorsal à zona incerta, também atravessando-a parcialmente, e está relacionado dorsalmente aos núcleos talâmicos ventrais. Ele contém continuações do fascículo lenticular e da alça lenticular, e de fibras denteadotalâmicas, rubrotalâmicas e talamoestriadas.

O fascículo subtalâmico conecta o núcleo subtalâmico ao globo pálido. Ele contém um abundante arranjo de fibras em mão dupla, que atravessam a cápsula interna, entremeando-se com ela em ângulos retos.

EPITÁLAMO

O epitálamo consiste em núcleos paraventriculares anterior e posterior, nos núcleos habenulares medial e lateral, na estria medular do tálamo, na comissura posterior e na glândula pineal.

NÚCLEOS HABENULARES E ESTRIA MEDULAR

Os núcleos habenulares encontram-se posteriormente na face dorsomedial do tálamo, imediatamente abaixo do epêndima do terceiro ventrículo, com a estria medular do tálamo acima e lateralmente. O núcleo habenular medial é uma massa densamente compactada de neurônios colinérgicos intensamente corados, enquanto o núcleo lateral é mais disperso e de coloração mais pálida. O trato habenulo-interpeduncular, ou fascículo retroflexo, emerge da margem ventral dos núcleos e segue ventralmente, rodeia a zona inferior do núcleo mediodorsal talâmico e atravessa a região superomedial do núcleo rubro para alcançar o núcleo interpeduncular. O complexo nuclear habenular é limitado lateralmente por uma lâmina fibrosa, que entra no trato habenulo-interpeduncular. Posteriormente, os núcleos dos dois lados e as lâminas medulares internas são unidos na linha média pela comissura habenular. A tela corióidea do terceiro ventrículo usualmente se origina do epêndima na parte superolateral do núcleo habenular medial.

Fibras aferentes para os núcleos habenulares seguem na estria medular a partir do córtex pré-piriforme bilateralmente, do núcleo basal de Meynert e do hipotálamo. Aferências derivadas do segmento interno do globo pálido sobem através do tálamo e podem ser colaterais de axônios palidotalâmicos. Aferências adicionais advêm da parte compacta da substância negra, dos núcleos da rafe do mesencéfalo e do núcleo tegmental dorsal lateral. As vias aferentes terminam principalmente no núcleo habenular lateral. As únicas fibras aferentes identificadas para o núcleo habenular medial advêm do núcleo septofimbrial.

O núcleo habenular medial envia fibras eferentes para o núcleo interpeduncular do mesencéfalo. O núcleo habenular lateral envia fibras para os núcleos da rafe e para a adjacente formação reticular do mesencéfalo, para a parte compacta da substância negra, para a área tegmental ventral, para o hipotálamo e para o prosencéfalo basal.

O principal efluxo habenular atinge o núcleo interpedundular, o núcleo talâmico mediodorsal, o teto e a formação reticular mesencefálicos, sendo que o maior componente constitui o trato habenulo-interpeduncular para o núcleo interpeduncular. Este último fornece retransmissão para a formação reticular do mesencéfalo, da qual tratos tetotegmentos-

pinais e fascículos longitudinais dorsais se conectam com neurônios pré-ganglionares autônomos que controlam a salivação, a atividade secretora e a motilidade gástricas e intestinais, e com núcleos motores para a mastigação e deglutição.

A estria medular atravessa a face talâmica superomedial, circunda medialmente em direção ao trígono habenular e envia muitas fibras para a habênula ipsilateral. Outras fibras atravessam a lâmina pineal anterior e decussam, como a comissura habenular, de modo a atingir a habênula contralateral. Algumas fibras são realmente comissurais e interconectam os corpos amigdaloides e os córtices hipocampais. Elas são acompanhadas por fibras teto-habenulares cruzadas. Fibras contendo serotonina advindas do feixe serotoninérgico tegmental ascendente ventral, que se unem ao trato habenulo-interpeduncular para atingir os núcleos, podem controlar os neurônios do trato habenulo-pineal e assim influenciar a inervação dos pinealócitos. De forma similar, aferências nucleares habenulares advindas do feixe noradrenérgico tegmental ascendente dorsal podem influenciar os pinealócitos.

Pouco se sabe das funções fisiológicas dos núcleos habenulares. Tem sido sugerido que eles podem estar envolvidos no controle dos mecanismos do sono. Embora a habênula humana seja relativamente pequena, ela é um foco de integração de diversas vias aferentes olfatórias, viscerais e somáticas. Lesões que incluem esta área do diencéfalo medial indicam que ela desempenha um papel na regulação de funções viscerais e neuroendócrinas. A ablação da habênula causa extensas alterações no metabolismo e na regulação endócrina e térmica.

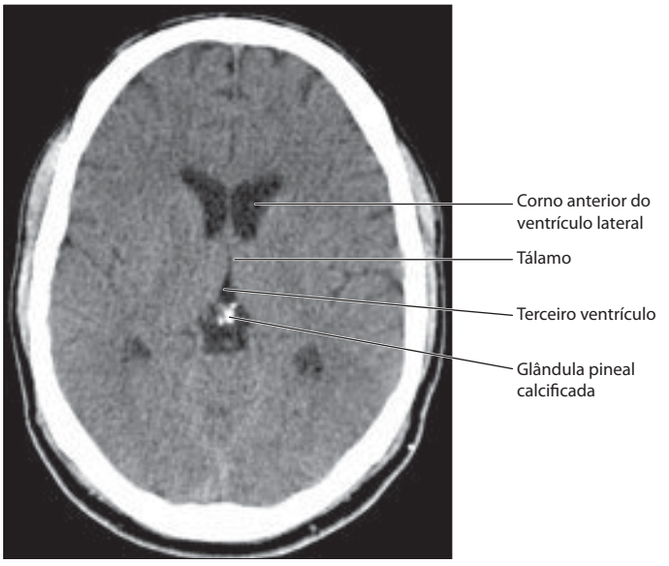


Fig. 21.13 Imagem axial de TC do encéfalo, mostrando calcificação da glândula pineal.

COMISSURA POSTERIOR

A comissura posterior, que é de constituição desconhecida na espécie humana, é um pequeno fascículo que decussa na lâmina pineal inferior. Vários pequenos núcleos estão associados a ela. Entre eles estão os núcleos intersticiais da comissura posterior, o núcleo de Darkschewitscz na substância cinzenta periaquedutal e o núcleo intersticial de Cajal, próximo à extremidade superior do complexo oculomotor, intimamente ligado ao fascículo longitudinal medial. Fibras derivadas de todos estes núcleos e o fascículo atravessam a comissura posterior. Ela também contém fibras derivadas de núcleos talâmicos e pré-tetais e do colículo superior, juntamente com fibras que conectam os núcleos tetais e habenulares. Os destinos e as funções de muitas destas fibras são obscuros.

GLÂNDULA PINEAL

A glândula pineal, ou epífise (Figs. 16.7 e 19.3), é um pequeno órgão de tonalidade vermelho-acinzentada que ocupa uma depressão entre os colículos superiores. Ela encontra-se inferior ao esplênio do corpo caloso, do qual está separada pela tela corióidea do terceiro ventrículo e das veias cerebrais contidas. A glândula é envolvida pela camada inferior da tela, que é refletida da glândula para o teto. A pineal tem cerca de 8 mm de comprimento. Sua base, direcionada anteriormente, está presa por um pedúnculo, que se divide em lâminas inferior e superior, separadas por um recesso pineal do terceiro ventrículo, e que contém as comissuras posterior e habenular, respectivamente. Fibras comissurais aberrantes podem invadir a glândula, porém não terminam próximo às células parenquimatosas.

Septos estendem-se para o interior da glândula pineal a partir da piamáter circunjacente. Eles dividem a glândula em lóbulos e transportam vasos sanguíneos e delicados axônios simpáticos amielínicos. A glândula tem um rico suprimento sanguíneo. As artérias pineais são ramos das artérias corióideas posteriores mediais, que em si são ramos da artéria cerebral posterior. No interior da glândula, os ramos das artérias suprem capilares fenestrados cujas células endoteliais se apoiam em uma tênue e às vezes incompleta lâmina basal. Os capilares drenam para numerosas veias pineais, que se abrem nas veias cerebrais internas e/ou na veia cerebral magna.

Axônios simpáticos pós-ganglionares adrenérgicos (derivados de neurônios no gânglio cervical superior) entram na face dorsolateral da glândula pineal a partir da região do tentório do cerebelo como o nervo conário, que pode ser único ou pareado. O nervo encontra-se abaixo do endotélio da parede do seio reto e está associado a vasos sanguíneos e células parenquimatosas dentro da glândula pineal.

A glândula pineal contém cordões e agregados de pinealócitos, associados a uma neuróglia semelhante a astrócitos. A neuróglia é o principal componente celular da haste pineal. Os pinealócitos são neurônios altamente modificados. Eles contêm múltiplas fitas sinápticas, distribuídas ao acaso entre células adjacentes, e encontram-se acoplados por junções comunicantes. Dois ou mais prolongamentos estendem-se de cada corpo celular e terminam em expansões bulbosas próximo a capilares ou, menos frequentemente, sobre células ependimárias do recesso pineal. Estas expansões terminais contêm retículo endoplasmático granular, mitocôndrias e vesículas de centro denso que armazenam melatonina. A melatonina e seu precursor – a serotonina – são sintetizados a partir do triptofano pelos pinealócitos e secretados na rede circunjacente de capilares fenestrados.

A pineal é uma glândula endócrina de grande importância regulatória. Ela modifica a atividade da adeno-hipófise, da neuro-hipófise, do pâncreas endócrino, das paratireoides, do córtex suprarrenal e das gônadas. Seus efeitos são largamente inibitórios. Acredita-se que a indolamina e os hormônios polipeptídicos secretados pelos pinealócitos reduzam a síntese e a liberação de hormônios pela parte distal da adeno-hipófise, seja por ação direta sobre suas células secretoras, seja indiretamente através da inibição à produção dos fatores liberadores hipotalâmicos. As secreções da pineal podem atingir suas células-alvo através do líquido cerebrospinal ou pela corrente sanguínea. Algumas indolaminas da glândula pineal, incluindo a melatonina e as enzimas para sua biossíntese (p. ex., serotonina-N-acetiltransferase) apresentam ritmos circadianos em concentração. O nível eleva-se durante a escuridão e cai durante o dia, quando a secreção pode ser inibida pela atividade simpática. Considera-se que a ritmicidade intrínseca de um oscilador circadiano endógeno no núcleo supraquiasmático do hipotálamo controla o comportamento cíclico da pineal (veja anteriormente).

A partir da segunda década, depósitos calcários acumulam-se na matriz extracelular da pineal, onde são depositados concentricamente como corpos arenáceos ou "areia cerebral" (Fig. 21.13). A calcificação é frequentemente detectável em radiografias de crânio, quando pode fornecer um indicador útil de uma lesão que ocupa um espaço, caso a glândula pineal esteja significativamente deslocada da linha média.

REFERÊNCIAS

Jones EG 1985 The Thalamus. New York: Plenum Press: 403–11.
Descreve a nomenclatura e as conexões dos núcleos talâmicos.

Macchi G, Jones EG 1997 Toward an agreement on terminology of nuclear and subnuclear divisions of the motor thalamus. J Neurosurg 86(4): 670–85.
Compara as diferentes nomenclaturas para os núcleo talâmicos motor em seres humanos e macacos e propõe uma terminologia comum.

Nieuwenhuys R 1985 Chemoarchitecture of the Brain. Berlin: Springer-Verlag.
Descreve as conexões e neuroquímica do hipotálamo.

CAPÍTULO
22

Núcleos da base

O termo núcleos da base (anteriormente gânglios da base[1]) é utilizado para denotar um número de massas nucleares subcorticais que se encontram na parte basilar (inferior) dos hemisférios cerebrais, em íntima relação com a cápsula interna (Figs. 22.1, 22.2 e 23.28). A definição tradicional de núcleos da base incluía o corpo estriado, o claustro e o corpo amigdaloide. O termo agora tem sido restrito ao corpo estriado e a suas estruturas associadas no diencéfalo e no mesencéfalo; coletivamente, eles formam um complexo funcional envolvido no controle dos movimentos e de aspectos motivacionais de comportamento. A função do claustro é desconhecida; o corpo amigdaloide está mais intimamente relacionado ao lobo límbico e, consequentemente, é descrito naquele contexto (Cap. 23).

O corpo estriado consiste no núcleo caudado, no putame e no globo pálido (Fig. 22.3). Por causa de sua íntima proximidade, o putame e o globo pálido foram inicialmente considerados uma estrutura única, denominada núcleo lentiforme (ou lenticular). Entretanto, embora o nome tenha sido retido na terminologia anatômica geral e em alguns nomes compostos (p. ex., sublenticular, retrolenticular), sabe-se agora que o putame e o núcleo caudado compartilham uma quimiocitoarquitetura e conexões comuns, e eles são referidos juntamente como neoestriado ou simplesmente estriado.

[1]**Nota da Tradução e da Revisão Científica:** Segundo a Terminologia Anatômica Internacional, o termo "gânglios da base" deve ser substituído pelo termo "**núcleos da base**". De fato, o termo "gânglio" denota um conjunto de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central, enquanto o termo "núcleo" indica uma coleção de corpos neuronais em meio ao sistema nervoso central. Como não existem gânglios no sistema nervoso central, e de modo a se evitar confusão, o termo "núcleos da base" é mais adequado para o sistema nervoso central. Para tanto, a nomenclatura "gânglios da base" — título original deste capítulo — foi mudada para "núcleos da base".

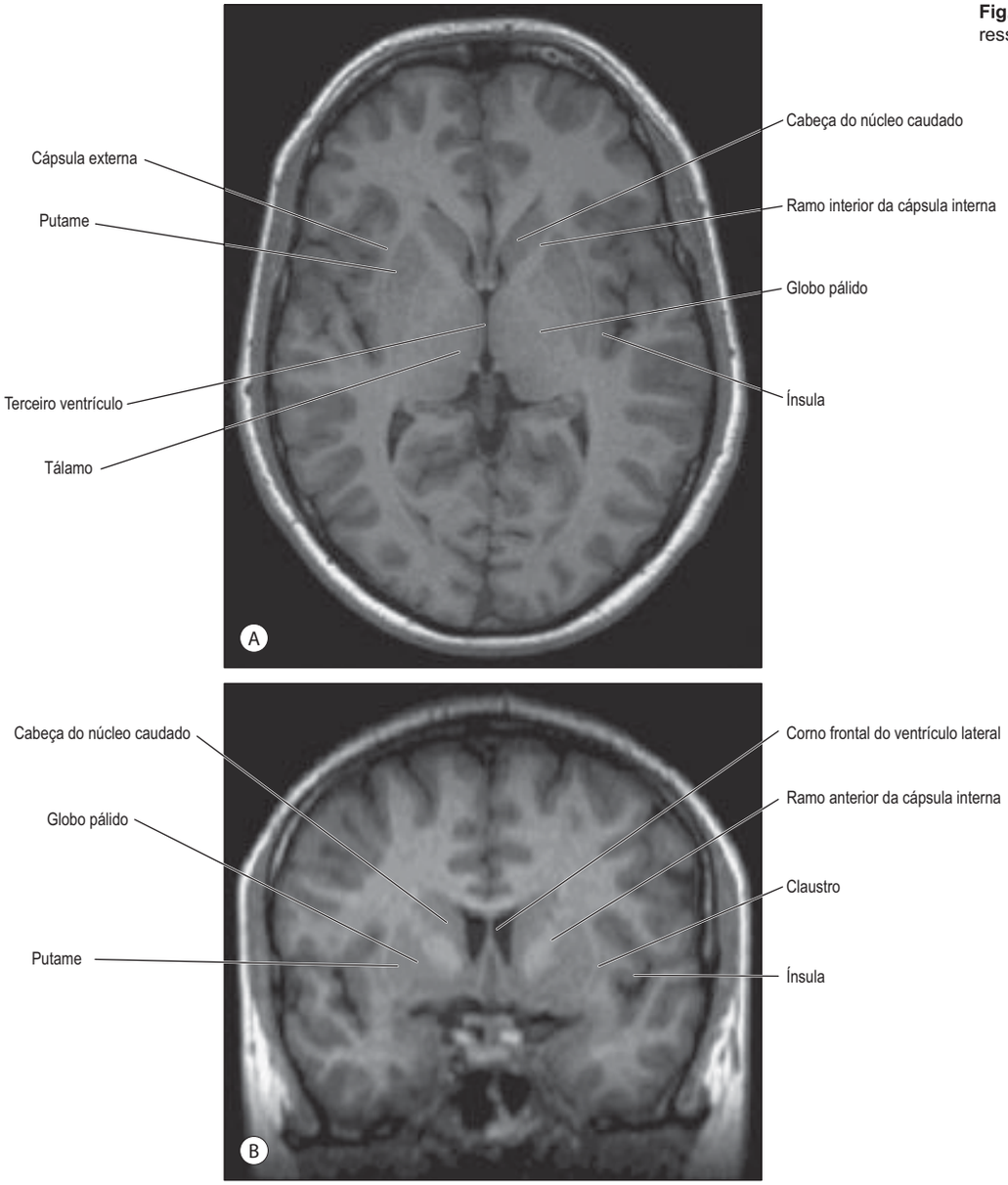


Fig. 22.1 Imagens axial (**A**) e coronal (**B**) em ressonância magnética do encéfalo.

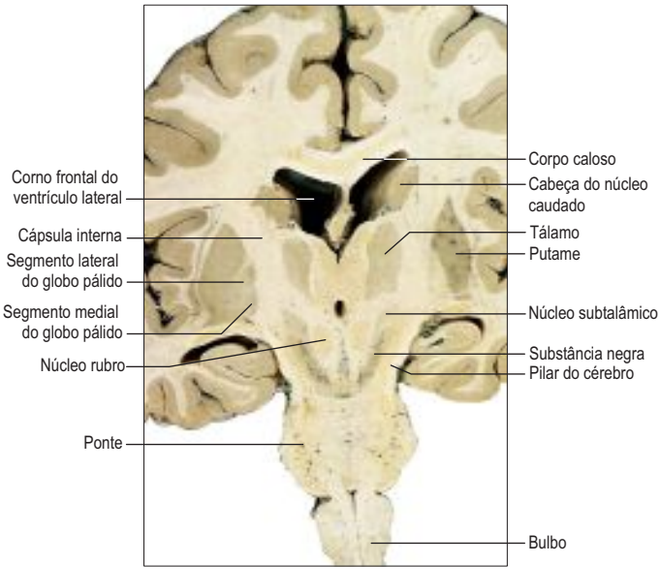


Fig. 22.2 Corte coronal oblíquo do encéfalo. (Dissecção por E L Rees: fotografia de Kevin Fitzpatrick em nome da GKT School of Medicine; London.)

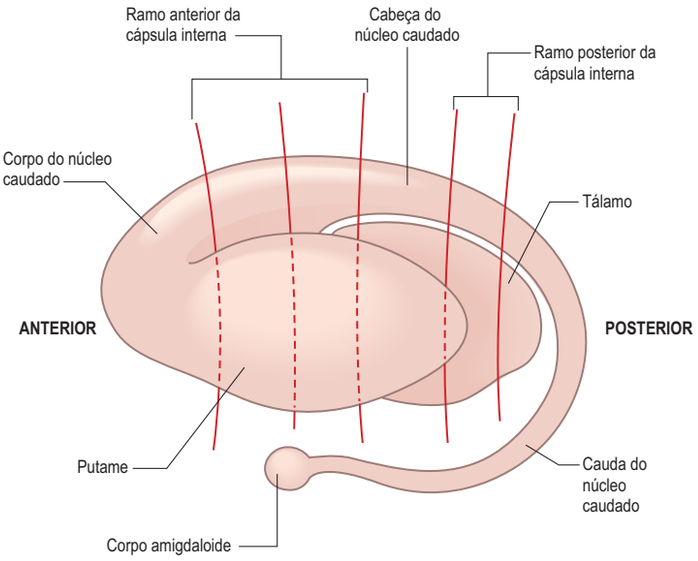


Fig. 22.4 O estriado no interior do hemisfério cerebral esquerdo. (Com permissão de Crossman, A R, Neary, D. 2000, Neuroanatomy, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

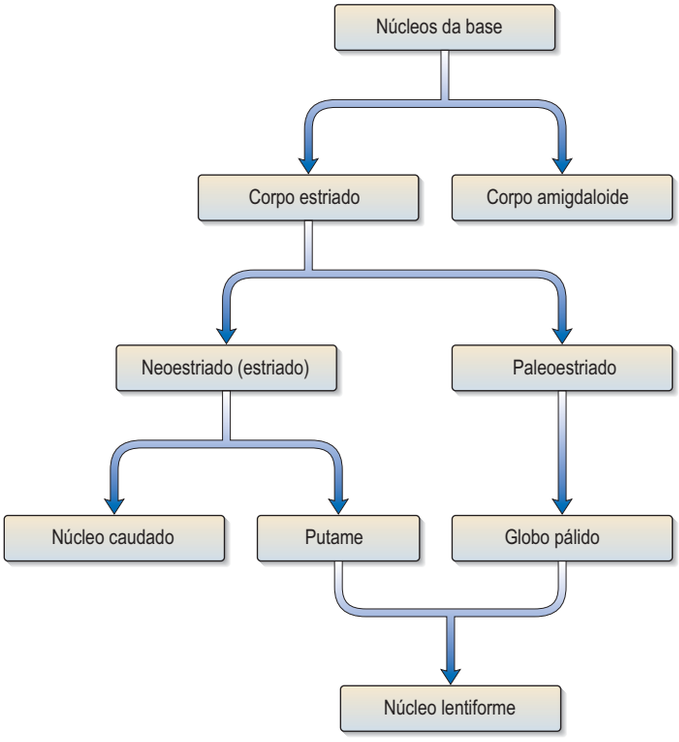


Fig. 22.3 Terminologia e relações das estruturas que formam os núcleos da base.

O corpo estriado é considerado a principal estrutura de "envio de estímulos" dos núcleos da base, uma vez que ele recebe a maioria das aferências de outras partes do neuroeixo. Suas principais conexões eferentes são para o globo pálido e para a parte reticular da substância negra. O globo pálido e, mais particularmente, seu segmento medial, juntamente com a parte reticular da substância negra, são considerados a principal estrutura de "saída", porque ele é a fonte de projeção de fibras eferentes dos núcleos da base, principalmente direcionadas para o tálamo.

Doenças dos núcleos da base são principalmente caracterizadas por anormalidades do movimento, do tônus muscular e da postura. Existe um amplo espectro de apresentações clínicas que variam da limitação dos movimentos e hipertonia em um extremo (tipificado pela doença de Parkinson), até movimentos involuntários anormais (discinesias) em outro. Os mecanismos fisiopatológicos fundamentais que medeiam essas doenças têm sido bastante estudados recentemente e são mais entendidos do que qualquer outro tipo de disfunção neurológica complexa. Isso tem levado à introdução de novas estratégias terapêuticas racionais para o tratamento tanto clínico como neurocirúrgico das doenças dos movimentos.

O núcleo caudado é uma massa curvada, em formato de girino. Ele tem uma cabeça anterior que se afila para um corpo e uma cauda que se curva posteroinferiormente (Fig. 22.4). A cabeça é coberta com epêndima, encontra-se no assoalho e na parede lateral do corno frontal (anterior) do ventrículo lateral, em frente ao forame interventricular. O corpo afilado encontra-se no assoalho da parte central do ventrículo e a estreita cauda segue o contorno do corno temporal (inferior), e se dispõe assim no teto do ventrículo, no lobo temporal. Medialmente, a maior parte do núcleo caudado limita-se com o tálamo, ao longo de uma junção que é marcada por um sulco, o sulco terminal. O sulco contém a estria terminal, disposta abaixo do epêndima (Fig. 22.5). O sulco terminal é especialmente proeminente anterossuperiormente (por causa do grande tamanho da cabeça e do corpo do núcleo caudado em relação à cauda), e aqui a estria terminal é acompanhada pela veia talamoestriada.

O corpo caloso localiza-se acima da cabeça e do corpo do núcleo caudado. Os dois estão separados lateralmente pelo fascículo fronto-occipital, e medialmente pelo fascículo subcaloso, que envolve o núcleo (Figs. 22.5 e 22.6). O núcleo caudado é largamente separado do complexo lentiforme pelo ramo anterior da cápsula interna (Figs. 22.1, 22.6 e 22.7). Entretanto, a parte inferior da cabeça do núcleo caudado se torna contínua com a parte mais inferior do putame, imediatamente acima da substância perfurada anterior; esta região juncional é às vezes conhecida como fundo do estriado (Fig. 22.6). Pontes variáveis de células conectam o putame ao núcleo caudado pela maior parte de sua extensão. Elas são mais proeminentes anteriormente, na região do fundo estriado e na cabeça e no corpo do núcleo caudado, onde penetram no ramo anterior da cápsula interna (Fig. 22.7). No lobo temporal, a parte anterior da cauda do núcleo caudado torna-se contínua com a parte posteroinferior do putame. A vasta maioria do núcleo caudado e do putame é referida como estriado dorsal. Uma parte inferomedial menor do estriado dorsal é referida como estriado ventral e inclui o núcleo acumbens.

O núcleo lentiforme (Figs. 22.1, 22.2, e 22.8) encontra-se abaixo do córtex do giro da ínsula, com o qual é grosseiramente coextensivo, embora eles sejam separados por uma delgada camada de substância branca e pelo claustro. Este último divide a substância branca subcortical do lobo insular para criar as cápsulas extrema e externa; a cápsula externa separa o claustro do putame. A cápsula interna separa o núcleo lentiforme do núcleo caudado.

O núcleo lentiforme consiste no putame, localizado lateralmente, e no globo pálido (ou *pallidum*), em posição mais medial, os quais são separados por uma delgada camada de fibras, a lâmina medular lateral ou externa. O globo pálido é em si dividido em dois segmentos, um segmento lateral (ou externo) e um segmento medial (ou interno), separados por uma lâmina medular medial (ou interna). Os dois segmentos têm distintas conexões aferentes e eferentes.

Inferiormente, um pouco atrás do fundo do estriado, o núcleo lentiforme é sulcado pela comissura anterior que conecta partes inferiores dos lobos temporais e do córtex olfatório anterior dos dois lados (Fig. 22.6). A área acima da comissura é referida como pálido dorsal, e a área abaixo dela como pálido ventral.

ESTRIADO

O estriado consiste no núcleo caudado, no putame e no estriado ventral, que são altamente celularizados e bem vascularizados. O núcleo caudado é

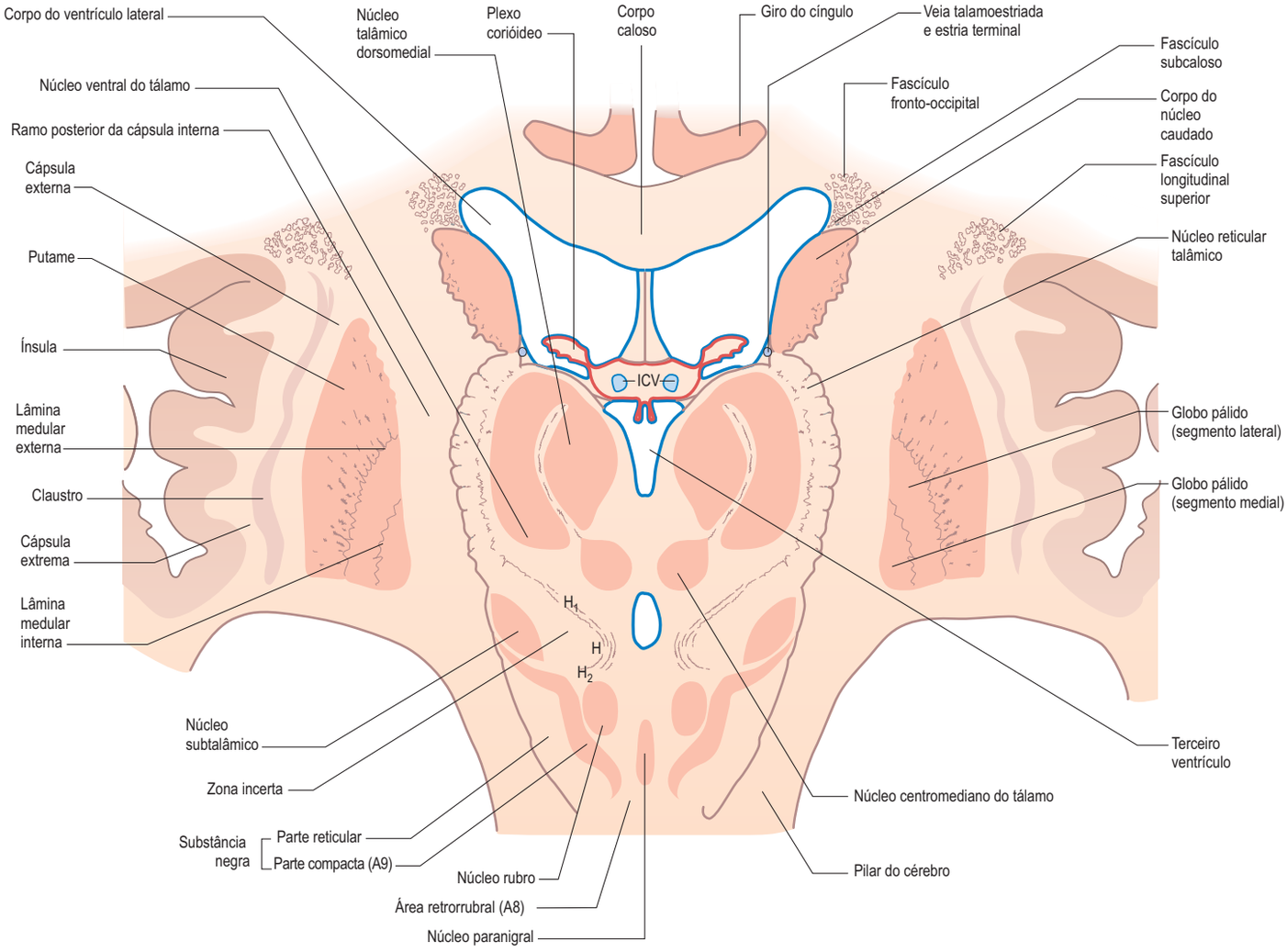


Fig. 22.5 Um corte oblíquo através do diencéfalo e dos núcleos da base. ICV, veias cerebrais internas; H, H_1, H_2, campos subtalâmicos de Forel.

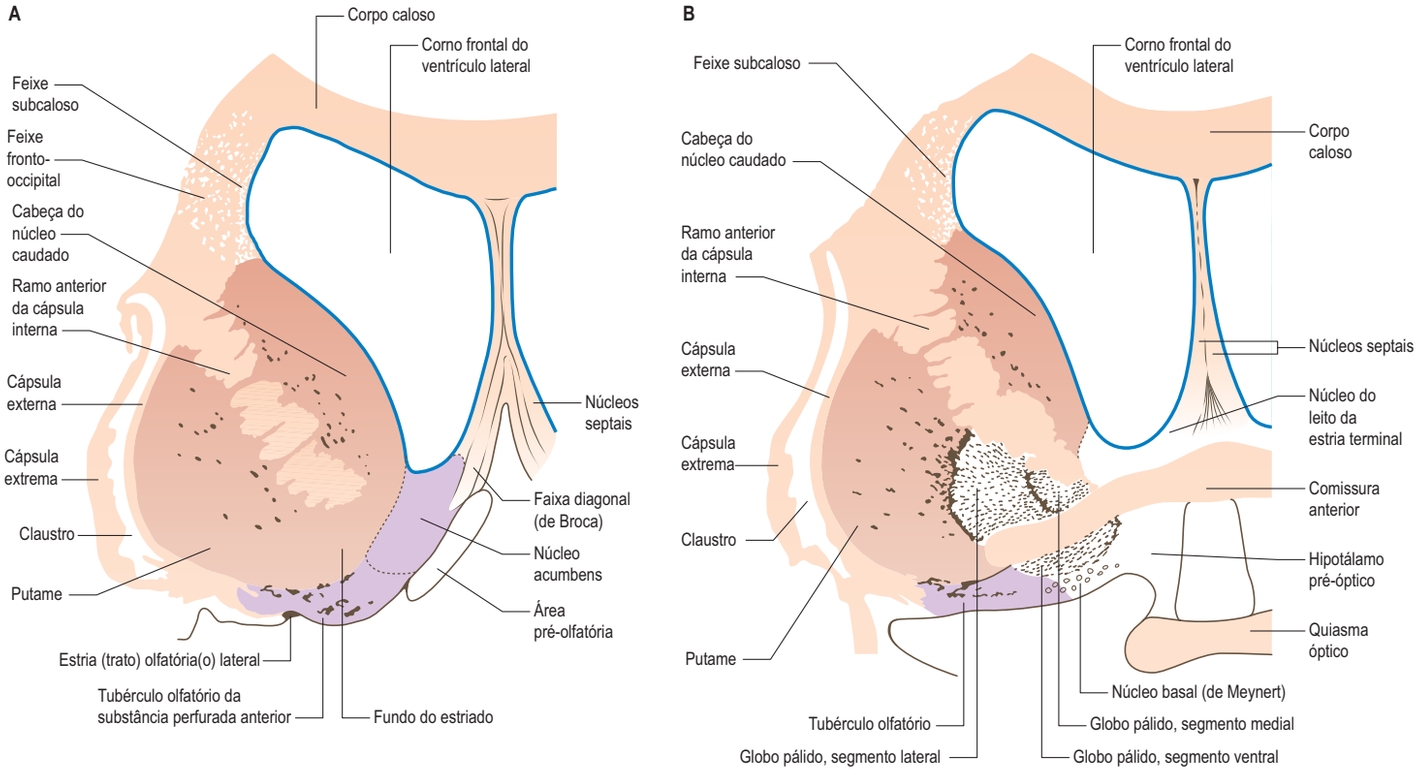


Fig. 22.6 Cortes coronais através do corpo estriado e da substância perfurada anterior. **A** é anterior a **B**.

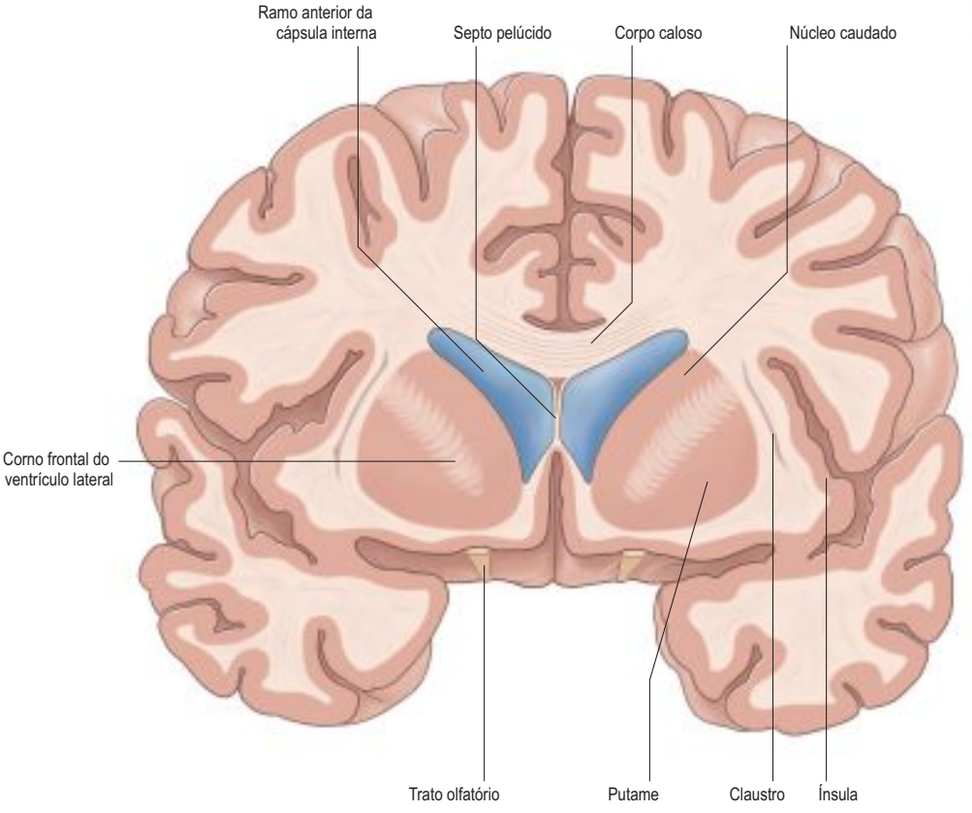


Fig. 22.7 Face posterior de um corte coronal através do corno frontal dos ventrículos laterais.

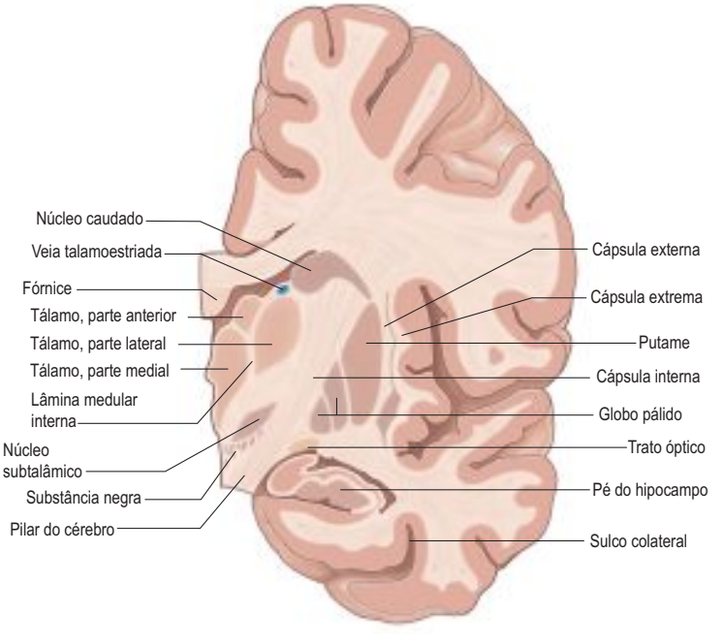


Fig. 22.8 Face anterior de um corte coronal através do hemisfério cerebral esquerdo.

atravessado por numerosos pequenos feixes de axônios de pequeno diâmetro, finamente mielínicos ou amielínicos, que são em sua maioria aferentes e eferentes do estriado. Eles se irradiam através do tecido estriatal, como se convergissem para o globo pálido, ou se irradiando deste. Os feixes são ocasionalmente referidos pelo termo arcaico "lápis de Wilson", e são responsáveis pela aparência estriada do corpo estriado.

Os neurônios do estriado dorsal e do estriado ventral são principalmente células multipolares de tamanho médio. Eles têm corpos celulares arredondados, triangulares ou fusiformes, misturados a um número menor de grandes células multipolares. A relação entre células de tamanho médio e grande é de pelo menos 20:1. Os maiores neurônios têm extensas árvores dendríticas esféricas ou ovoides, de até 60 μm de extensão. Os neurônios de tamanho médio também apresentam árvores dendríticas esféricas, de aproximadamente 20 μm de diâmetro, que recebem os terminais sinápticos de muitas aferências estriatais. Os dendritos das células estriatais de tamanhos médio e grande podem ser ricos em espículas ou não apresentar espículas. O neurônio mais comum (usualmente 75% do total) é uma célula de tamanho médio com dendritos espinhosos. Essas células utilizam o ácido γ-aminobutírico (GABA) como seu transmissor e também expressam os genes que codificam para encefalina ou para substância P/dinorfina. Os neurônios encefalinérgicos expressam receptores D2 para dopamina. Os neurônios que produzem substância P/dinorfina expressam receptores D1. Esses neurônios são a principal, e talvez exclusiva, fonte de eferências estriatais para o pálido e para a parte reticular da substância negra. Os demais neurônios estriatais de tamanho médio são desprovidos de espículas e são células intrínsecas que contêm acetilcolinesterase (AChE), colina-acetiltranferase (CAT) e somatostatina. Grandes neurônios com dendritos espinhosos contêm AChE e CAT; a maioria, talvez todos, são neurônios intrínsecos. Grandes neurônios desprovidos de espículas são neurônios intrínsecos.

As sinapses intrínsecas são provavelmente em sua maior parte assimétricas (do tipo II), enquanto as derivadas de fontes externas são simétricas (do tipo I). As aferências aminérgicas derivadas da substância negra, da rafe e do *locus ceruleus* terminam como axônios profusamente ramificados com varicosidades, que contêm vesículas de centro denso (o provável estoque de transmissores derivados de aminas). Muitas dessas varicosidades não apresentam especializações de membrana sináptica convencionais e podem liberar o transmissor de uma maneira análoga àquela encontrada em axônios simpáticos pós-sinápticos periféricos.

Substâncias químicas neuroativas, sejam intrínsecas ou derivadas de aferências, não estão distribuídas uniformemente no estriado. Por exemplo, as concentrações de serotonina e de ácido glutâmico-descarboxilase (GAD) são mais altas inferiormente, enquanto a substância P, a acetilcolina (ACh) e a dopamina são mais altas anterossuperiormente. No entanto, existe uma organização neuroquímica de grânulos mais finos que informa a visão do estriado como um mosaico de ilhotas ou estriossomas (às vezes referidos como manchas), cada uma com 0,5-1,5 mm de diâmetro, compactadas em uma matriz básica. Os estriossomas contêm substância P e encefalina. Durante o desenvolvimento, os primeiros terminais dopaminérgicos derivados da substância negra são encontrados nos estriossomas. Embora essa exclusividade não persista após o nascimento, os estriossomas no núcleo caudado do adulto ainda contêm uma concentração mais alta de dopamina do que a matriz. Esta última contém ACh e somatostatina e é o alvo dos axônios talamoestriados. Receptores para pelo menos alguns neurotransmissores estão também diferencialmente distribuídos. Por exemplo, receptores para opiáceos são encontrados quase exclusivamente no interior dos estriossomas, e receptores muscarínicos também de forma predominante. Além do mais, a distribuição de substâncias neuroativas dentro dos estriossomas não é uniforme. Em seres humanos, a trama de estriossomas/matriz é menos evidente no putame, no qual ela parece consistir predominantemente em matriz, do que no núcleo caudado.

Todas as aferências para o estriado terminam de uma maneira semelhante a um mosaico. O tamanho de um agregado de terminais é usual-

mente de 100-200 μm de diâmetro. Alguns agregados de terminais aferentes não estão organizados em paralelo com as evidentes distribuições de estriossomas/matriz vistas em axônios nigroestriatais e talamoestriatais. Em geral, as aferências derivadas do neocórtex terminam na matriz estriatal e aquelas derivadas do alocórtex terminam nos estriossomas. Entretanto, a distinção não é absoluta: embora as aferências advindas do neocórtex se originem nas camadas V e VI, aquelas derivadas da parte superficial da camada V terminam predominantemente na matriz estriatal, enquanto aquelas derivadas de partes mais profundas do neocórtex projetam para os estriossomas. Os corpos celulares estriatais, que são as fontes de eferências, também formam agregados, mas novamente não estão uniformemente relacionados aos estriossomas. Por exemplo, os corpos celulares de alguns axônios estriatopalidais e estriatonigrais encontram-se agregados dentro dos estriossomas, e outros se encontram fora destes, mas ainda em agregados. Os neurônios e o neurópilo do estriado ventral são essencialmente similares àqueles do estriado dorsal, mas a organização estriossoma/matriz é menos bem definida e parece consistir predominantemente em estriossomas.

As principais conexões do estriado estão resumidas na Figura 22.9. Embora as conexões das divisões dorsal e ventral se sobreponham, a generalização pode ser feita de modo que o estriado dorsal esteja predominantemente conectado a áreas motoras e de associação do córtex cerebral, enquanto o estriado ventral está conectado ao lobo límbico e com os córtices orbitofrontal e temporal. Tanto para o estriado dorsal como para o estriado ventral, o globo pálido e a parte reticulada da substância negra são estruturas eferentes fundamentais. O arranjo fundamental é o mesmo para ambas as divisões. O córtex cerebral projeta-se para o estriado, o qual por sua vez projeta-se para o globo pálido e para a parte reticular da substância negra, e eferências derivadas do globo pálido e da parte reticular da substância negra influenciam o córtex cerebral (seja a área motora suplementar ou os córtices pré-frontal e giro do cíngulo através do tálamo) e o colículo superior (veja a seguir).

Todo o neocórtex envia axônios glutamatérgicos para o estriado ipsilateral. Previamente, esses axônios foram considerados colaterais de eferências corticais para outras regiões, mas sabe-se agora que eles se originam exclusivamente de pequenas células piramidais nas camadas V e VI. Também tem sido sugerido que algumas dessas células de origem localizam-se nas camadas supragranulares "de associação cortical" II e III. A projeção está organizada topograficamente. A maior parte dos estímulos derivados do córtex cerebral para o estriado dorsal é derivada dos lobos frontal e parietal, e a derivada do córtex occipitotemporal é relativamente pequena. Deste modo, o córtex de associação orbitofrontal projeta-se para a parte inferior da cabeça do núcleo caudado que se localiza próximo ao estriado ventral. O córtex de associação frontal dorsolateral e os campos oculares frontais projetam-se para o resto da cabeça do núcleo caudado, e grande parte do lobo parietal projeta-se para o corpo do núcleo caudado. Os córtices somatossensorial e motor projetam-se predominantemente para o putame. Suas aferências estabelecem um padrão somatotópico, no qual a parte inferior do corpo é representada lateralmente e a parte superior é representada medialmente. O córtex motor é exclusivo em enviar axônios através do corpo caloso para o putame oposto, onde eles terminam com a mesma ordenação espacial. Os córtices occipital e temporal projetam-se para a cauda do núcleo caudado e para a parte inferior do putame.

O estriado também recebe aferências, que são mais irregular e espacialmente organizadas, a partir do tálamo intralaminar polissensorial. O núcleo central lateral, receptivo ao cerebelo, projeta-se para o estriado anterior (especialmente para o núcleo caudado), e o núcleo centromediano, receptivo ao cerebelo e ao globo pálido, projeta-se para o putame.

Os estímulos aminérgicos para o núcleo caudado e para o putame são derivados da parte compacta da substância negra (grupo dopaminérgico A9; Fig. 22.10), do núcleo retrorrubral (grupo dopaminérgico A8), do núcleo da rafe dorsal (grupo serotoninérgico B7; Fig. 22.10) e o *locus ceruleus* (grupo noradrenérgico A6). O estímulo nigroestriatal é às vezes referido como via dopaminérgica "mesoestriatal". Ele atinge o estriado por atravessar os campos em H (de Forel) no subtálamo e seguir no feixe prosencefálico mediano. Esses estímulos aminérgicos parecem modular as respostas do estriado a influências aferentes corticais e talâmicas.

Eferências do estriado seguem para segmentos do globo pálido e para a parte reticular da substância negra, onde elas terminam de uma maneira topicamente ordenada. As fibras que terminam no segmento lateral ou medial do globo pálido originam-se de diferentes células estriatais (Fig. 22.9). Aquelas para a parte lateral do globo pálido advêm de neurônios que colocalizam para GABA e encefalina, e dão origem à chamada "via indireta". Este nome se refere ao fato de que esses neurônios estriatais influenciam a atividade de neurônios de saída dos núcleos da base no globo pálido medial através da porção intermediária do núcleo subtalâmico. Outros neurônios estriatais, os quais colocalizam para GABA e substância P/dinorfina, projetam-se diretamente para o globo pálido medial e são, consequentemente, descritos como "via direta".

Um segundo efluxo é estabelecido a partir do estriado para a parte reticular da substância negra. Este também tem componentes diretos e indiretos, através do globo pálido lateral e do núcleo subtalâmico (Figs. 22.11 e 22.12). Os axônios da projeção estriatonigral direta constituem o sistema "em pente" localizado lateralmente, que é espacialmente bastante distinto da via nigroestriatal dopaminérgica ascendente. Fibras nigroestriatais terminam em uma maneira espacialmente ordenada na parte reticular.

O estriado ventral é o alvo principal das aferências corticais derivadas dos córtices límbicos, como o alocórtex, e de regiões límbicas associadas (Fig. 22.11). Assim, o hipocampo (através do fórnice) e o córtex orbitofrontal (através da cápsula interna) projetam-se para o núcleo acumbens, e os córtices olfatório, entorrinal, cingulado anterior e visual temporal projetam-se para o núcleo acumbens e para o tubérculo olfatório em graus variáveis. O tubérculo também recebe aferências do corpo amigdaloide. As contiguidades das áreas corticais, que se projetam para o estriado ventral e para o estriado dorsal adjacente, enfatizam a natureza imprecisa dos limites entre as duas divisões. Todas as regiões corticais sobrepõem-se e limitam-se uma com a outra, projetam-se para partes adjacentes do estriado dorsal e também para o estriado ventral. O fundo do estriado e a parte ventromedial do núcleo caudado limitam-se com o tubérculo olfatório e com o núcleo acumbens (Fig. 22.6) e recebem conexões do córtex orbitofrontal e, em um grau menor, dos córtices pré-frontal lateral e da parte anterior do giro do

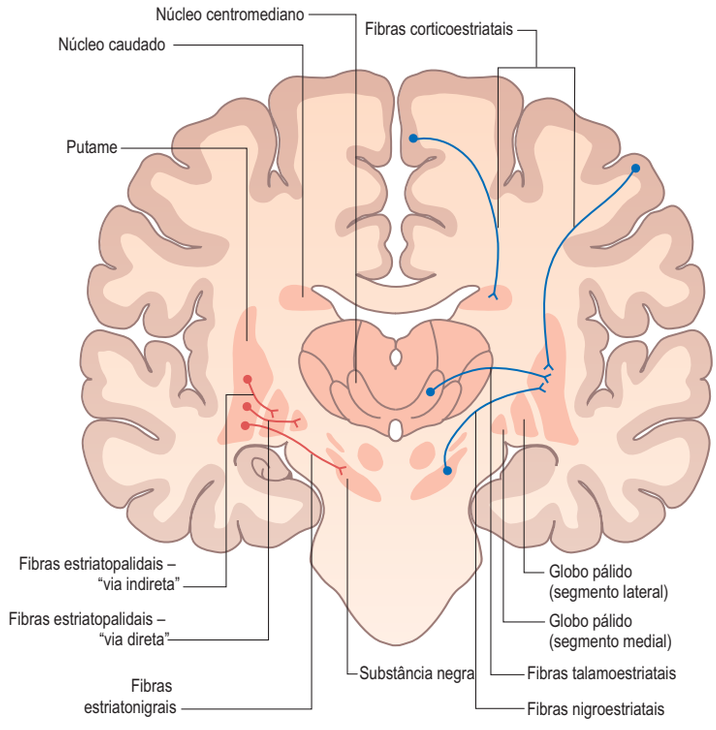


Fig. 22.9 Conexões do estriado. As principais projeções aferentes para o estriado são mostradas à direita e as principais projeções eferentes derivadas do estriado são mostradas à esquerda.

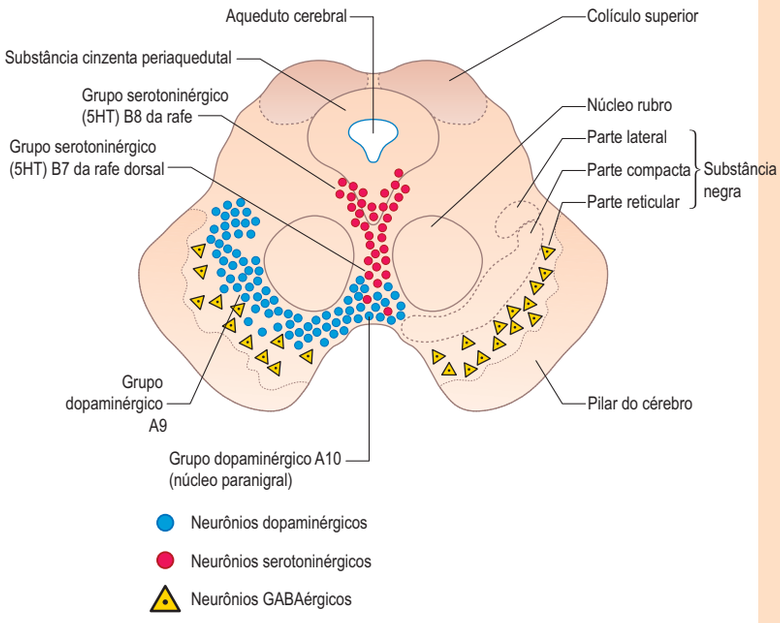


Fig. 22.10 Corte transversal através do mesencéfalo para mostrar o arranjo dos grupos celulares dopaminérgicos A9 e A10 na substância negra (à esquerda) e grupos celulares serotoninérgicos B7 e B8 na rafe.

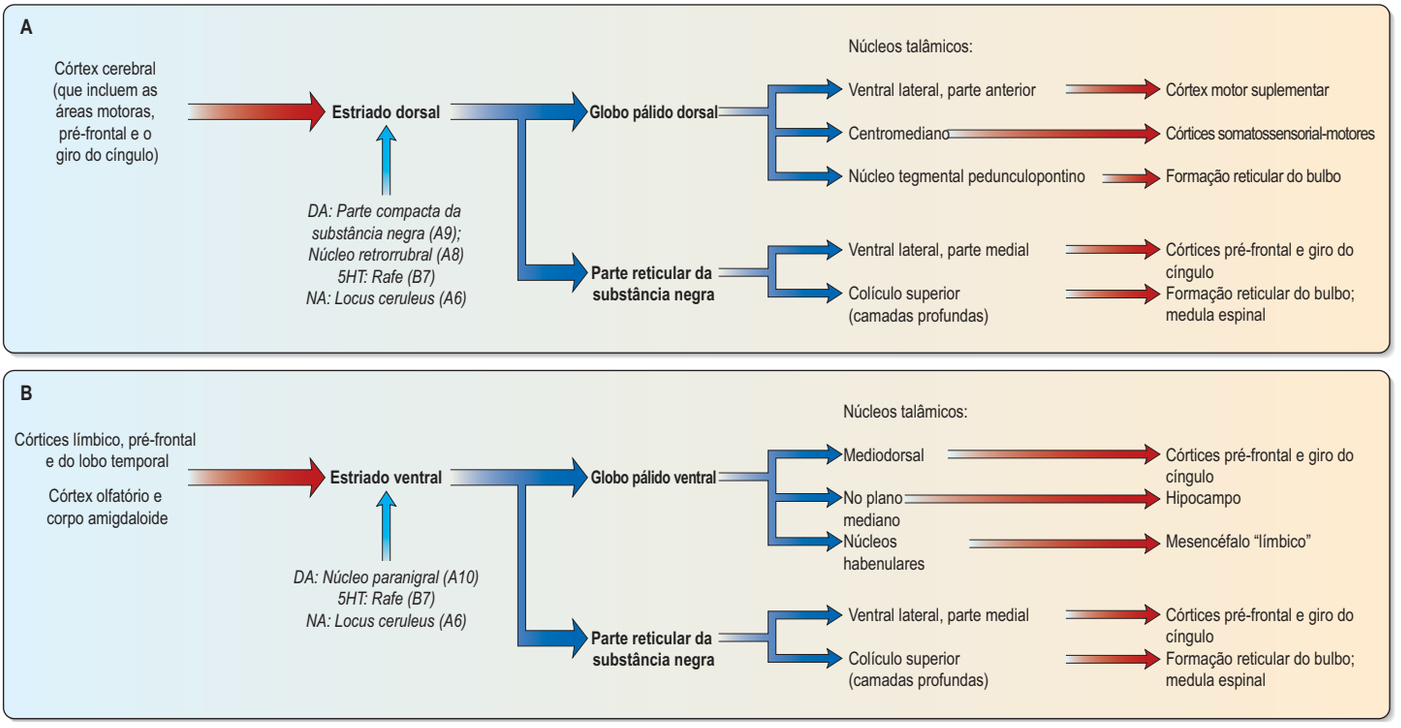


Fig. 22.11 As principais conexões de eferência dos núcleos da base derivadas das divisões dorsal (**A**) e ventral (**B**) do estriado. Em cada caso, as vias estabelecidas através do globo pálido estão distinguidas daquelas que passam através da parte reticular da substância negra. DA, dopamina; NA, noradrenalina (norepinefrina); 5HT, 5-hidroxitriptamina (serotonina).

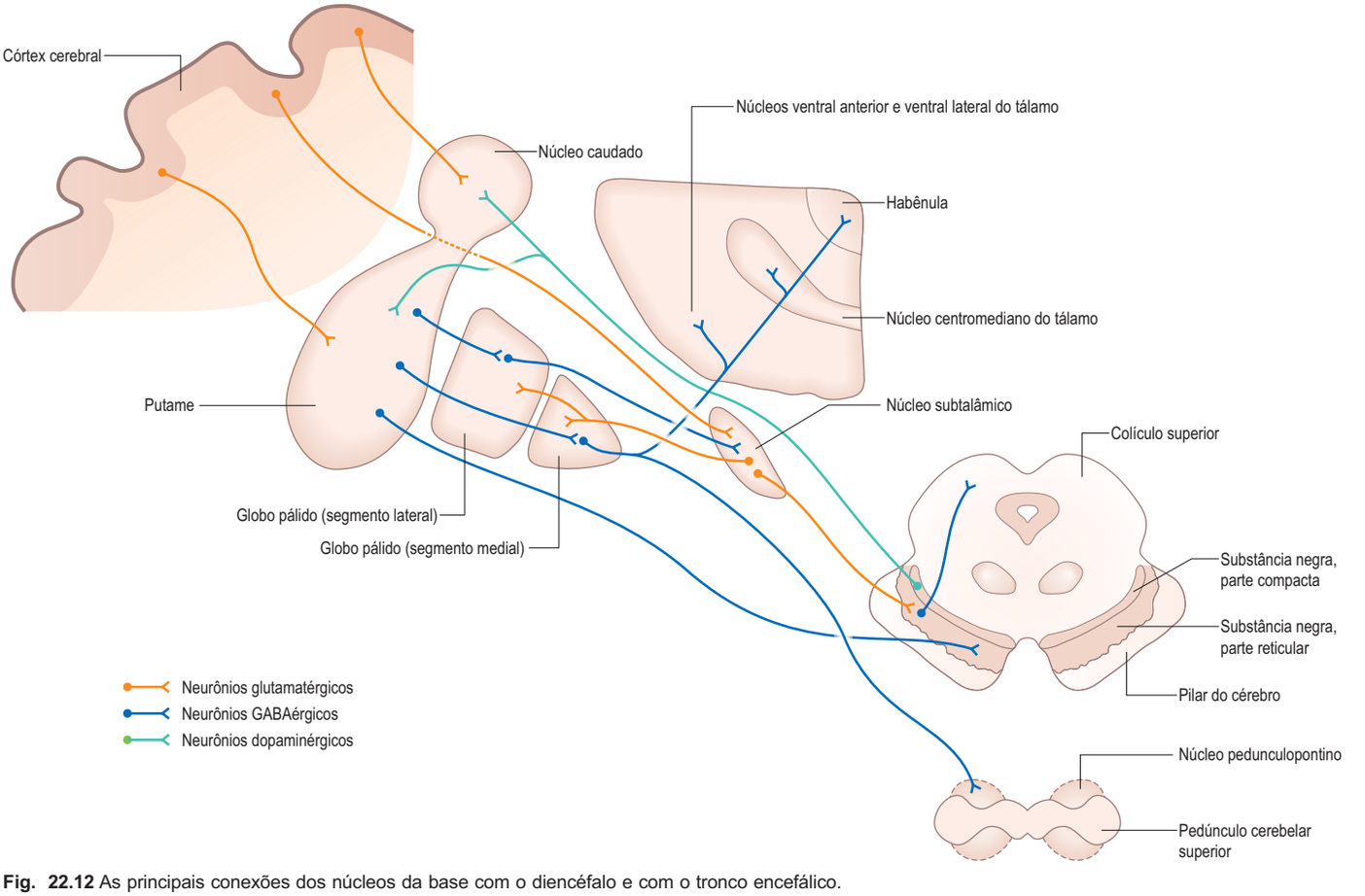


Fig. 22.12 As principais conexões dos núcleos da base com o diencéfalo e com o tronco encefálico.

cíngulo (os quais também se projetam para a cabeça contígua do núcleo caudado).

Esta continuidade dos estriados dorsal e ventral, conforme revelado pelos arranjos de projeções corticoestriatais, é reforçada pela consideração dos estímulos aminérgicos para o estriado ventral. Eles são derivados da rafe dorsal (grupo serotoninérgico B7), do *locus ceruleus* (grupo noradrenérgico A6) e do núcleo paranigral (grupo dopaminérgico A10), além da parte mais medial da parte compacta da substância negra (A9) (Fig. 22.10). As projeções dopaminérgicas constituem a chamada via dopaminérgica mesolímbica, que também se projeta para os núcleos septais, para o hipocampo, para o corpo amigdaloide e para os córtices pré-frontal e do giro do cíngulo, através do feixe prosencefálico medial. A continuidade lateromedial dos

grupos celulares A9 e A10 é, deste modo, refletida nas posições relativas de suas fibras ascendentes no subtálamo e no hipotálamo (os campos em H e o feixe prosencefálico mediano, respectivamente), assim como na topografia lateromedial dos estriados dorsal e ventral (Fig. 22.6), os quais por sua vez têm fontes contíguas e sobrepostas de aferências corticais.

Assim como no estriado dorsal, as eferências do estriado ventral projetam-se para o globo pálido (neste caso, para a parte ventral do globo pálido) e para a parte reticular da substância negra (Figs. 22.11 e 22.12). No último caso, a conexão é tanto direta como indireta através do núcleo subtalâmico. As projeções da parte reticular são como descritas para o sistema dorsal, mas os axônios derivados da parte ventral do globo pálido atingem o núcleo mediodorsal talâmico (que se projeta para o hipocampo). Axônios da parte ventral do globo pálido também atingem o complexo habenular do lobo límbico.

As áreas encefálicas além dos núcleos basais, da substância negra e do núcleo subtalâmico, para os quais os sistemas dorsal e ventral parecem projetar-se, são, consequentemente, os córtices de associação pré-frontal, o giro do cíngulo e o colículo superior, mais abaixo.

Núcleo acumbens

O estriado ventral consiste no núcleo acumbens e no tubérculo olfatório. Em frente à comissura anterior, grande parte da substância cinzenta da substância perfurada anterior, e especialmente do tubérculo olfatório, é indistinguível do fundo do estriado, e contínuo com este, em termos de composição celular, histoquímica e interconexões. O núcleo caudado é contínuo medialmente com o núcleo acumbens (Fig. 22.6), que se limita com os núcleos do septo, próximos à área paraolfatória, à faixa diagonal da área de Broca e ao fórnice.

O núcleo acumbens recebe uma inervação dopaminérgica da área tegmental ventral do mesencéfalo (grupo celular A10). Acredita-se que ele represente o substrato neural para os efeitos recompensadores de várias classes de drogas de abuso e é, consequentemente, um importante determinante de seu potencial viciador. A observação experimental de que os efeitos ativadores locomotores de drogas estimulantes psicomotoras tais como anfetamina e cocaína (as quais atuam ao nível pré-sináptico sobre neurônios dopaminérgicos para aumentar a liberação de dopamina ou bloquear sua recaptura, respectivamente) sejam dependentes da transmissão de dopamina no núcleo acumbens, levou à hipótese de que as propriedades de reforço ou de recompensa dessas drogas sejam mediadas pelo sistema dopaminérgico mesolímbico.

GLOBO PÁLIDO

O globo pálido (ou *pallidum*) localiza-se medialmente ao putame e lateralmente à cápsula interna. Ele consiste em dois segmentos, lateral (ou externo) e medial (ou interno), que estão separados por uma lâmina medular interna e que têm conexões substancialmente diferentes. Ambos os segmentos recebem grande quantidade de fibras derivadas do estriado e do núcleo subtalâmico. O segmento lateral projeta-se reciprocamente para o núcleo subtalâmico como parte da "via indireta". O segmento medial é considerado como um homólogo da parte reticular da substância negra, com a qual ele compartilha propriedades celulares e de conexão semelhantes. Juntos, esses segmentos constituem a principal via de efluxo dos núcleos da base para outros níveis do neuroeixo, principalmente para o tálamo e o colículo superior.

A densidade celular do globo pálido é menos de um vigésimo daquela do estriado. A morfologia da maioria das células é idêntica nos dois segmentos. Elas são grandes neurônios multipolares GABAérgicos que se assemelham intimamente àqueles da parte reticular da substância negra. Os campos dendríticos são discoides, com planos em ângulos retos em relação a axônios estriatopalidais que entram, cada um dos quais, consequentemente, em contato potencial com muitos dendritos do globo pálido *en passant*. Este arranjo, acoplado com os diâmetros dos campos dendríticos (500 μm), sugere que uma precisa organização topográfica é improvável no interior do globo pálido.

As fibras estriatopalidais são de dois tipos principais. Elas projetam-se para o segmento palidal lateral ou medialmente. Aquelas que se projetam para o segmento lateral constituem o início da chamada "via indireta". Elas utilizam o GABA como seu principal transmissor e também contêm encefalina. Os axônios eferentes de neurônios no segmento lateral passam através da cápsula interna no fascículo subtalâmico e seguem para o núcleo subtalâmico (Fig. 22.13).

Os axônios estriatopalidais destinados à parte medial do globo pálido constituem a chamada "via direta". Como a projeção indireta, estas também utilizam GABA como seu transmissor principal, mas elas também contêm substância P e dinorfina, em vez de encefalina. Os axônios eferentes derivados do segmento medial do globo pálido projetam-se através da alça lenticular e do fascículo lenticular (Fig. 22.13). A primeira segue ao redor da margem anterior da cápsula interna e o último penetra diretamente na cápsula. Ao atravessarem a cápsula interna, ambas as vias se unem na região subtalâmica, onde elas seguem uma trajetória horizontal semelhante a um grampo de cabelo, e se voltam para cima para entrar no tálamo como o fascículo talâmico. A trajetória circunda a zona incerta e cria os chamados campos em "H" de Forel (Figs. 22.5 e 22.13). Dentro do tálamo, fibras palidotalâmicas terminam nos núcleos anterior ventral e lateral ventral e no núcleo centromediano intralaminar. Estes, por sua vez, projetam fibras excitatórias (presumivelmente glutamatérgicas) principalmente para o córtex frontal, que incluem as áreas motoras primária e suplementar. O segmento medial do globo pálido também projeta fibras inferiormente para o núcleo pedunculopontino (Fig. 22.12). Este se encontra na junção entre o mesencéfalo e a ponte, próximo ao pedúnculo cerebelar superior, e corresponde aproximadamente à "região locomotora mesencefálica" identificada sob o ponto de vista psicológico.

SUBSTÂNCIA NEGRA

A substância negra é um complexo nuclear localizado abaixo do pilar do cérebro em cada pedúnculo cerebral do mesencéfalo. Ela consiste em uma parte compacta, uma parte reticular e uma parte lateral menor (Fig. 22.10).

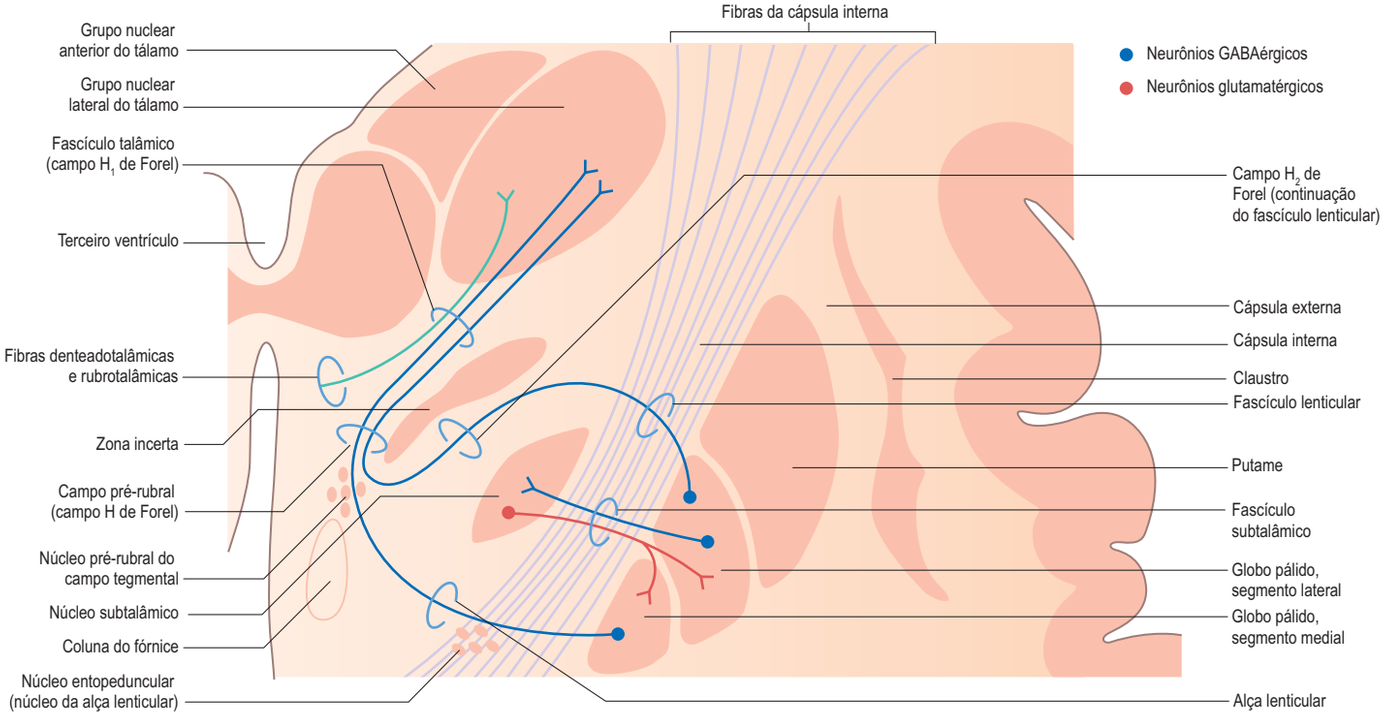


Fig. 22.13 Corte coronal do encéfalo que mostra as principais conexões dos núcleos da base com o diencéfalo.

A parte compacta e a parte lateral correspondem ao grupo celular dopaminérgico A9. Juntamente com o núcleo retrorrubral (A8), eles constituem a maior parte da população de neurônios dopaminérgicos do mesencéfalo e são a fonte do sistema dopaminérgico mesoestriatal que se projeta para o estriado. A parte compacta de cada lado é contínua com seu par contralateral através do grupo dopaminérgico tegmental ventral A10, que é às vezes conhecido como o núcleo paranigral. Este é a fonte do sistema dopaminérgico mesolímbico, que supre o estriado ventral, as partes adjacentes do estriado dorsal e os córtices pré-frontal e da parte anterior do giro do cíngulo. Os neurônios dopaminérgicos da parte compacta (A9) e o núcleo paranigral (grupo tegmental ventral A10) também contêm colecistoquinina (CCK) ou somatostatina.

Os neurônios da parte reticular e do globo pálido constituem coletivamente os neurônios de eferência do sistema dos núcleos da base. A parte reticular contém grandes células multipolares, muito similares àquelas do globo pálido: suas árvores dendríticas semelhantes a discos, como aquelas do globo pálido, estão orientadas em ângulos retos em relação às aferências derivadas do estriado, provavelmente fazendo contatos *en passant*. Como os axônios estriatopalidais, dos quais eles podem ser colaterais, os axônios estriatonigrais utilizam o GABA e a substância P ou a encefalina. Eles se distribuem de forma diferencial na parte reticular, de modo que os axônios encefalinérgicos terminem na parte medial, enquanto os axônios secretores de substância P terminem por toda a parte reticular.

Os neurônios eferentes da parte reticular são GABAérgicos. Eles projetam-se para as camadas profundas (polissensoriais) do colículo superior e para a formação reticular do tronco encefálico, que inclui o núcleo pedunculopontino. A via derivada do estriado até o colículo superior, através da parte reticular da substância negra, é considerada como atuante no controle do olhar de uma maneira análoga à via que inicia os movimentos corporais gerais através do globo pálido, do tálamo e do córtex motor suplementar. Os distúrbios descontrolados ou de olhar fixo da doença de Parkinson em estágio avançado, a paralisia supranuclear progressiva (PSP) e a doença de Huntington tendem a sustentar esta hipótese.

NÚCLEO SUBTALÂMICO

O núcleo subtalâmico é um núcleo biconvexo, em formato de lente no subtálamo do diencéfalo. Ele se localiza medialmente à cápsula interna, imediatamente anterossuperior ao nível do qual esta última se torna contínua com o pilar do cérebro do mesencéfalo (Figs. 22.2, 22.5 e 22.8). Dentro do núcleo, pequenos interneurônios se misturam a grandes células multipolares com dendritos que se estendem por cerca de um décimo do diâmetro do núcleo. O núcleo é encapsulado dorsalmente por axônios, muitos dos quais são derivados do fascículo subtalâmico: eles transportam uma importante projeção GABAérgica a partir do segmento lateral do globo pálido como parte da via indireta. Ele também recebe aferências derivadas do córtex cerebral. O núcleo subtalâmico é exclusivo no circuito intrínseco dos núcleos da base pelo fato de suas células serem glutamatérgicas e projetarem axônios excitatórios tanto para o globo pálido como para a parte reticular da substância negra. No interior do globo pálido, fibras eferentes subtalâmicas terminam predominantemente no segmento medial, mas muitas podem terminar no segmento lateral.

O núcleo subtalâmico desempenha um papel central na função normal dos núcleos da base e na fisiopatologia das doenças relacionadas aos núcleos da base. A destruição do núcleo, que ocorre raramente como resultado de acidente vascular encefálico (AVE), resulta no aparecimento de violentos movimentos involuntários descontrolados, conhecidos como balismo. O núcleo subtalâmico está também crucialmente envolvido na fisiopatologia da doença de Parkinson e é um alvo para a terapia neurocirúrgica funcional da doença.

FISIOPATOLOGIA DAS DOENÇAS DOS NÚCLEOS DA BASE

As funções normais dos núcleos da base são difíceis de resumir de modo sucinto. Até onde se sabe sobre seu papel no controle dos movimentos, uma razoável definição é que eles atuam para promover e sustentar os padrões de comportamento e movimento que sejam apropriados nas circunstâncias prevalentes e para inibir comportamento e movimentos indesejáveis ou inapropriados. Isto é exemplificado por doenças dos núcleos da base, as quais são caracterizadas, dependendo da patologia básica, por uma incapacidade de iniciar e executar movimentos desejados (como na doença de Parkinson) ou uma incapacidade de prevenir movimentos indesejáveis (como na doença de Huntington).

A doença de Parkinson é a condição patológica mais comum que afeta os núcleos da base. Ela é caracterizada por acinesia, rigidez muscular e tremores causados pela degeneração dos neurônios dopaminérgicos da parte compacta da substância negra (que se projeta para o estriado na via nigroestriatal). Como consequência, os terminais dopaminérgicos são perdidos no estriado e os níveis de dopamina são severamente esgotados. Os receptores para dopamina, que estão localizados em neurônios espinhosos médios e são o alvo da via nigroestriatal, são poupados.

A dopamina parece ter uma dupla ação sobre neurônios estriatais espinhosos médios. Ela inibe os neurônios da via indireta e excita os da via direta. Consequentemente, quando a dopamina é perdida do estriado, a via indireta torna-se hiperativa e a via direta torna-se hipoativa (Fig. 22.14). A hiperatividade da projeção estriatal para a parte lateral do globo pálido resulta na inibição dos neurônios palidossubtalâmicos e, consequentemente, na hiperatividade do núcleo subtalâmico. As eferências subtalâmicas medeiam a excessiva transmissão excitatória para a parte medial do globo pálido e para a parte reticular da substância negra. Esta é exacerbada pela hipoatividade da via direta inibitória GABAérgica. A hiperatividade do efluxo dos núcleos da base inibe a parte motora do tálamo e suas conexões talamocorticais excitatórias. Enquanto esta descrição é pouco mais do que uma primeira aproximação da fisiopatologia fundamental, este modelo da base dos sintomas parkinsonianos tem levado à introdução de novas abordagens neurocirúrgicas para o tratamento da doença de Parkinson, com base na realização de lesões e de estimulação na parte medial do globo pálido e do núcleo subtalâmico (veja a seguir).

O atual tratamento médico para a doença de Parkinson é baseado no uso de levodopa (L-DOPA; L-di-hidroxifenilalanina), o precursor metabólico imediato da dopamina, ou no uso de agonistas da dopamina. Ainda que estes normalmente promovam um bom alívio sintomático por muitos anos, finalmente eles levam ao desenvolvimento de efeitos colaterais, como as discinesias. Os movimentos involuntários que ocorrem como consequência do tratamento de longa duração da doença de Parkinson se assemelham àqueles vistos na doença de Huntington, na discinesia tardia e no balismo. Evidências experimentais sugerem que estas possam compartilhar um mecanismo neural comum (Fig. 22.14). Desta forma, a via indireta torna-se hipoativa, por exemplo, por causa dos efeitos de drogas dopaminérgicas na doença de Parkinson ou da degeneração da projeção estriatopalidal para a parte lateral do globo pálido na doença de Huntington. Isto leva à inibição fisiológica do núcleo subtalâmico por neurônios palidossubtalâmicos hiperativos. O envolvimento do núcleo subtalâmico explica por que os movimentos discinésicos da discinesia induzida por levodopa e da doença de Huntington se assemelham àqueles do balismo produzido por lesão do núcleo subtalâmico. A hipoatividade do núcleo subtalâmico remove a transmissão excitatória dos neurônios da parte medial do globo, que estão hipoativos nas discinesias. Mais uma vez, isto é uma simplificação exagerada. Ainda que seja verdadeiro que a hipoatividade da região medial do globo pálido esteja associada às discinesias, sabe-se também que lesões do globo pálido as aliviam. Isto sugere que os aspectos dinâmicos da atividade eferente palidal e nigral sejam importantes fatores na geração de uma discinesia.

Outra manifestação da disfunção dos núcleos da base é a distonia, que é caracterizada por tônus muscular aumentado e posturas anormais. A distonia pode ocorrer como consequência do tratamento com levodopa na doença de Parkinson ou em uma doença hereditária (p. ex., distonia de torção de início precoce, ou distonia de Oppenheim, uma doença autossômica dominante mais comumente associada a uma mutação no gene DYT1 que codifica a proteína torsina A). A base fisiopatológica da distonia não está clara. Como as discinesias, ela é provavelmente causada pela hipoatividade do efluxo dos núcleos da base, e, deste modo, a estimulação cerebral profunda do globo pálido pode ser benéfica.

Existem evidências de que a disfunção dos núcleos da base está envolvida em outras doenças comportamentais complexas bem menos compreendidas. Em experimentos com animais, lesões dos núcleos da base, especialmente do núcleo caudado, induzem a hiperatividade incontrolável (por ex., progressão obstinada, andamento incessante e outros comportamentos constantemente repetidos). Estas e outras evidências têm levado à noção de que o corpo estriado permite ao indivíduo fazer opções motoras e evitar um comportamento "ligado ao estímulo". Estudos por escaneamento (PET Scanning) na espécie humana têm mostrado que pacientes que sofrem do transtorno obsessivo-compulsivo (TOC), que é caracterizado por um comportamento motor ritualístico repetitivo e pensamentos intrusivos, exibem uma atividade anormal no córtex pré-frontal e no núcleo caudado. Existem observações sugestivas similares na síndrome da criança hiperativa. A este respeito, pode ser significativo que os núcleos da base, além de receberem conexões derivadas do lobo frontal e dos córtices do lobo límbico, também tenham uma influência ascendente nos córtices pré-frontal e do giro do cíngulo através da parte reticular da substância negra e das regiões dorsomedial e ventromedial do tálamo (Fig. 22.11).

Antes do advento da terapia com levodopa, a neurocirurgia para a doença de Parkinson era uma indicação comum. O globo pálido e o tálamo eram alvos preferenciais para lesões químicas ou térmicas. A palidotomia e a talamotomia frequentemente melhoravam a rigidez e os tremores, mas elas produziam poucos efeitos benéficos consistentes a respeito da acinesia. Com a chegada da terapia com levodopa, a qual tem um profundo efeito sobre a acinesia, o tratamento cirúrgico da doença de Parkinson entrou em progressivo declínio. Entretanto, tornou-se logo claro que o uso de longa duração da levodopa estava associado a um número de efeitos colaterais, tais como discinesias, "*wearing-off*" (piora de um sintoma da doença de Parkinson) e o fenômeno "*on-off*".[2] Avanços mais recentes na compreensão

[2]**Nota da Tradução: Fenômeno on-off** – oscilações da função motora caracterizadas pela alternância, muitas vezes imprevisível, entre um estado de boa função motora, geralmente associada a discinesias (período "on"), e um estado de profunda imobilidade (período "off"). Ocorrem após anos de resposta estável à medicação (fonte: Parkinson-on line – Internet).

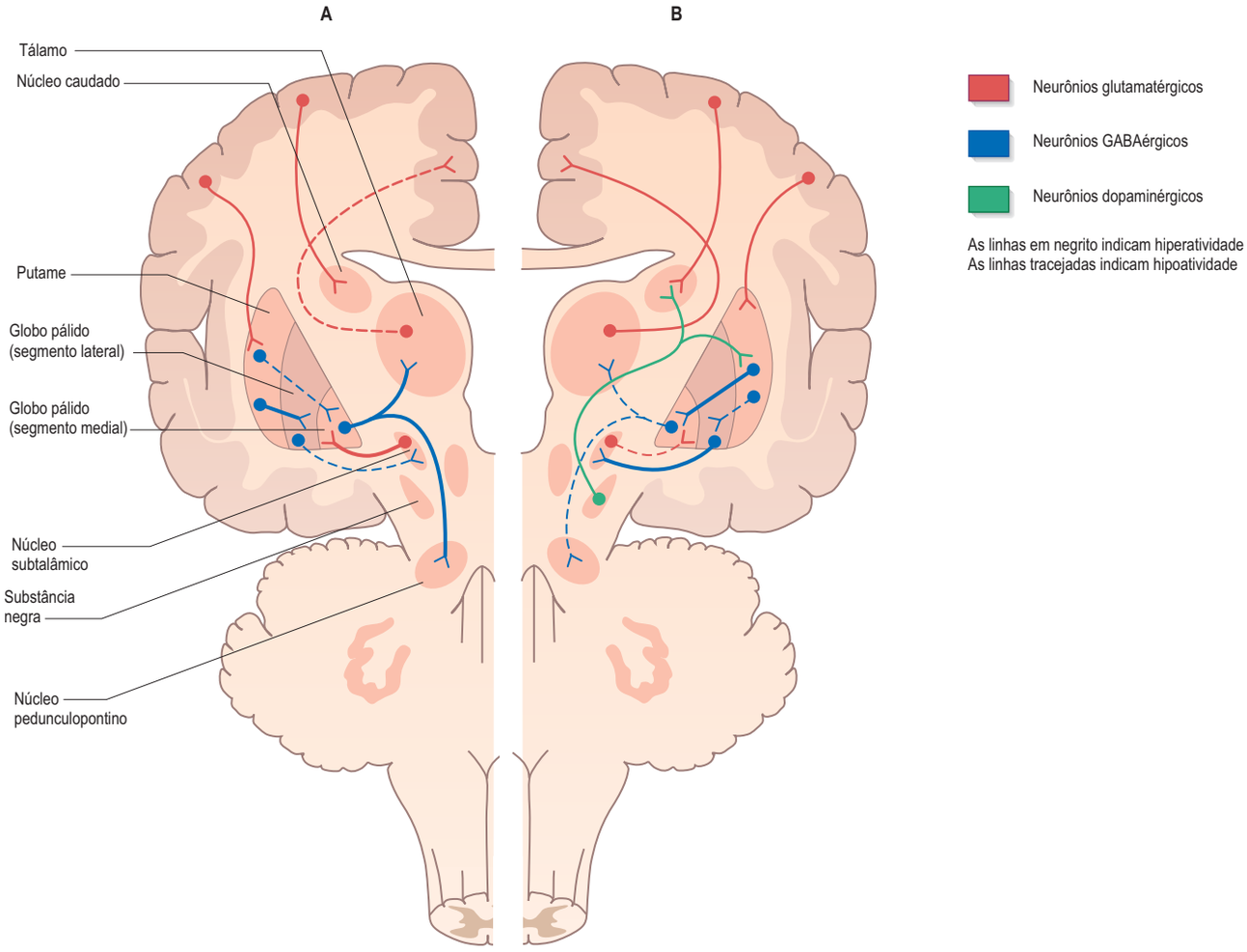


Fig. 22.14 Fisiopatologia da doença de Parkinson (**A**) e de discinesias (**B**). (Adaptada de Crossman, A R, Near, D, 2000 Neuroanatomy, 2nd edition. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

da fisiopatologia das doenças dos movimentos, e em particular da doença de Parkinson, têm estimulado um renascimento no uso da neurocirurgia para tratar os distúrbios dos movimentos.

A realização de lesões experimentais no núcleo subtalâmico em primatas que foram tornados parkisonianos com a neurotoxina MPTP e tiveram seus sintomas parkinsonianos efetivamente reduzidos sugere que o núcleo subtalâmico possa ser um alvo clínico apropriado. Enquanto lesões cirúrgicas terapêuticas do núcleo subtalâmico podem aliviar os tremores, a rigidez e a bradicinesia em pacientes com doença de Parkinson, o risco de efeitos colaterais não é insignificante: o núcleo subtalâmico é uma pequena estrutura envolvida em fibras de passagem e próximo ao hipotálamo e à cápsula interna. Talvez não surpreendentemente, relativamente poucos centros realizam este procedimento.

Em 1992, Laitinen *et al*. reintroduziram a palidotomia para o tratamento da doença de Parkinson no estágio final, porém confinada a lesões à parte posteroinferior do segmento medial do globo pálido. Essas lesões foram consideradas extremamente confiáveis em abolir a rigidez contralateral e as discinesias induzidas por drogas, com uma eficácia ligeiramente menor sobre os tremores e a bradicinesia.

A implantação de eletrodos de estimulação profunda do cérebro, através dos quais pulsos de alta frequência gerados por um marca-passo poderia inibir as células nas imediações, tem sido um conceito desde o início dos anos 1970, porém isto não se tornou uma realidade disseminada até o final dos anos 1980, como resultado dos avanços tecnológicos. A introdução da técnica de estimulação cerebral profunda (ECP), que evita a realização de lesões permanentes, tornou a cirurgia bilateral mais segura. Existem numerosos relatos da eficácia da estimulação bilateral do globo pálido e do núcleo subtalâmico (Figs. 22.15 e 22.16). A estimulação do núcleo subtalâmico é preferencial pela maioria dos grupos porque, ao contrário da estimulação palidal, ela permite que os pacientes reduzam sua medicação antiparkinsoniana.

O acaso aparentemente tem um papel em tal tipo de cirurgia. Sob o ponto de vista clínico, os pacientes parkinsonianos podem desenvolver uma postura distônica dolorosa de seus membros, a qual responde drasticamente à estimulação palidal bilateral. Isto tem levado a estudos preliminares da estimulação palidal bilateral para a distonia com resultados muito promissores. Uma vez que se sustenta que, na distonia, os neurônios palidais disparam a frequências abaixo do normal, isto representa de fato um

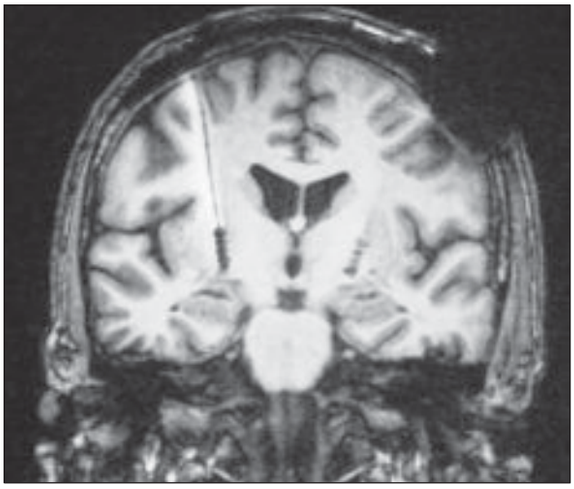


Fig. 22.15 Imagem em RM que mostra a colocação de eletrodos de estimulação profunda do cérebro bilateralmente no globo pálido de um paciente com doença de Parkinson. (Cortesia do Professor T Z Aziz, Radcliffe Infirmary, Oxford and Charing Cross Hospital, London, UK.)

quebra-cabeça, já que está aberta a questão sobre o quanto a estimulação funciona. Poderia parecer também que o mecanismo neural que fundamenta este efeito terapêutico sobre a distonia pudesse diferir daquele na doença de Parkinson e nos tremores, porque na distonia a melhora pode levar semanas para aparecer, enquanto no caso da doença de Parkinson ela é imediata.

Um desenvolvimento neurocirúrgico até mais recente na terapia da doença de Parkinson tem considerado o núcleo pedunculopontino (núcleo tegmental pedunculopontino; NPP) como alvo. O NPP corresponde aproximadamente à chamada "região locomotora mesencefálica": a estimulação

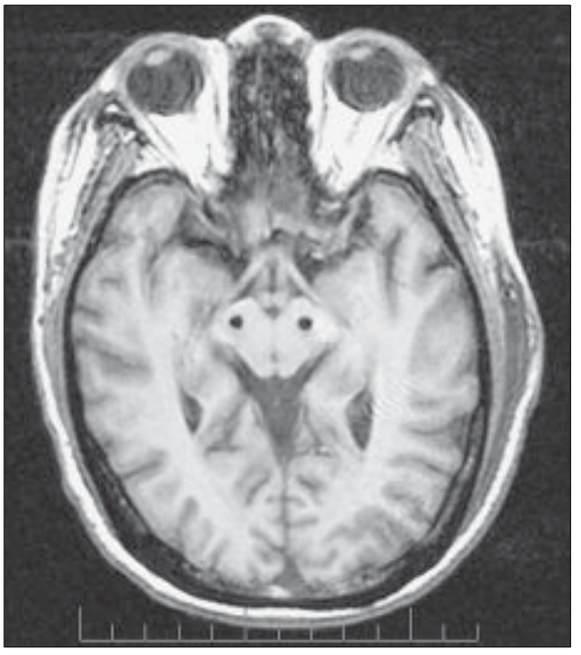


Fig. 22.16 Imagem em RM que mostra a colocação de eletrodos de estimulação profunda do cérebro no núcleo subtalâmico de um paciente com doença de Parkinson. (Cortesia do Professor A M Lozano, Toronto Western Hospital, Toronto, Canada.)

desta região em animais promove a locomoção. O NPP é máximo no limite ente o mesencéfalo e a ponte, e é limitado lateralmente pelo lemnisco medial e medialmente pelo pedúnculo cerebelar superior e sua decussação. Posteriormente, ele está limitado pelos núcleos pontinos cuneiforme e subcuneiforme, e anteriormente pela formação reticular da ponte. Seu polo mais inferior encontra-se adjacente ao *locus ceruleus*.

O NPP tem uma parte compacta inferior que consiste largamente em neurônios colinérgicos e uma parte dissipada anterossuperior que consiste principalmente em neurônios glutamatérgicos. Sabe-se que ele recebe fibras eferentes GABAérgicas derivadas do globo pálido e da substância negra. Em modelos animais de doença de Parkinson, estas projeções estão hiperativas e o NPP está inibido. Consideradas em conjunto com outras evidências experimentais, isto sugere a possibilidade de que o NPP está envolvido na fisiopatologia dos distúrbios da locomoção, da marcha e da postura na doença de Parkinson. Recentemente, a estimulação cerebral profunda do NPP através de eletrodos implantados tem sido aplicada em pacientes parkinsonianos acinéticos resistentes a drogas (Fig. 22.17). A estimulação

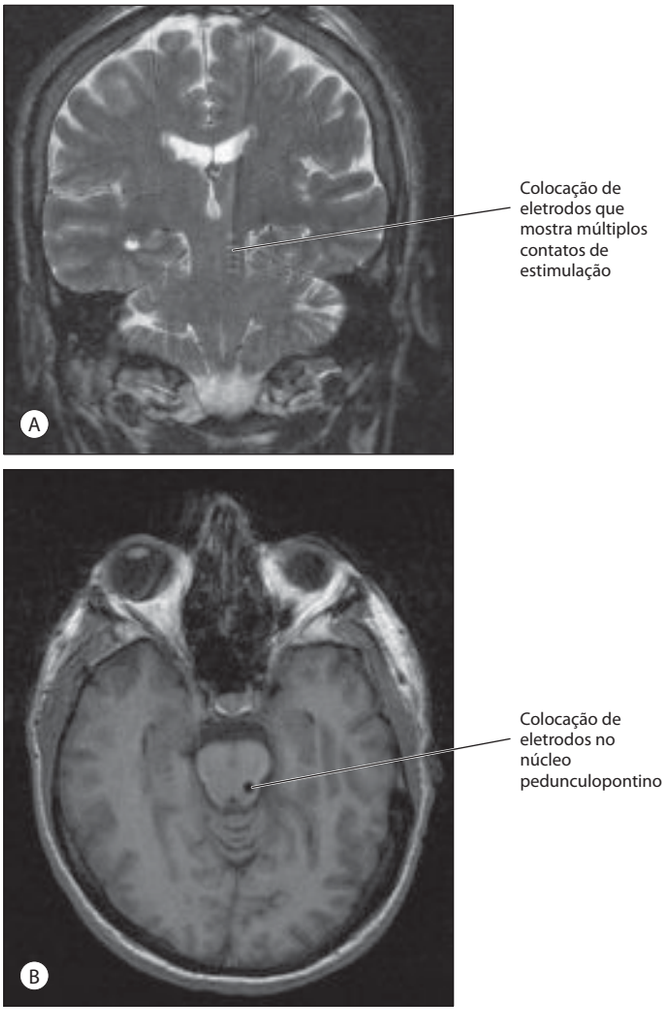


Fig. 22.17 Imagem em RM que mostra a colocação de eletrodos de estimulação profunda do cérebro no núcleo pedunculopontino de um paciente com doença de Parkinson. (**A**) Vista coronal; (**B**) Vista axial. (Cortesia do Professor A M Lozano, Toronto Western Hospital, Toronto, Canada.)

de baixa frequência alivia a instabilidade postural e o bloqueio da marcha sob medicação ("*freezing*"), sintomas que a medicação convencional e a cirurgia falham em melhorar.

REFERÊNCIAS

Alexander GE, DeLong MR, Strick PL 1986 Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. Ann Rev Neurosci 9: 357–382.
Uma publicação de referência que estabelece uma estrutura conceitual para a maneira como os gânglios basais e o córtex cerebral processam diferentes tipos de informação através de circuitos paralelos amplamente distintos com base em uma conectividade anatômica conhecida.

Crossman AR 1990 A hypothesis on the pathophysiological mechanisms that underlie levodopa- or dopamine agonist-induced dyskinesia in Parkinson's disease: implications for future strategies in treatment. Mov Disord 5: 100–108.

Hallett M 2006 Pathophysiology of dystonia. Neural Transm Suppl 70: 485–488.

Krack P, Batir A, Van Blercom N et al 2003 Five-year follow-up of bilateral stimulation of the subthalamic nucleus in advanced Parkinson's disease. N Engl J Med 349: 1925–1934.
Revisa o desfecho de longo prazo da estimulação cerebral profunda do núcleo subtalâmico na doença de Parkinson.

Laitinen LV, Bergenheim AT, Hariz MI 1992 Ventroposterolateral pallidotomy can abolish all Parkinsonian symptoms. Stereotact Funct Neurosurg 58: 14–21.
Um trabalho fundamental que despertou o interesse disseminado pela neurocirurgia funcional para a doença de Parkinson.

Penney JB Jr, Young AB 1986 Striatal inhomogeneities and basal ganglia function. Mov Disord 1: 3–15.
Uma publicação de referência, que introduz alguns dos conceitos básicos por trás dos modelos atuais de fisiopatologia da doença de Parkinson e da doença de Huntington.

CAPÍTULO 23

Hemisférios cerebrais

Os dois hemisférios cerebrais são as duas maiores divisões principais do encéfalo. Cada hemisfério consiste em um córtex externo (superficial[1]) altamente rico em giros do cérebro (circunvoluções), abaixo do qual se encontra uma extensa massa interna (profunda) de substância branca que envolve parcialmente os núcleos da base. Cada hemisfério também contém um ventrículo lateral que é contínuo com o terceiro ventrículo através do forame interventricular. Os dois hemisférios estão unidos pelas fibras comissurais do corpo caloso.

Cada hemisfério cerebral contém áreas corticais motoras e sensoriais primárias. Estas representam o nível mais alto em que as atividades motoras são controladas e o nível mais alto para o qual os sistemas sensoriais gerais e especiais se projetam, fornecendo o substrato neural para a experiência consciente dos estímulos sensoriais. As áreas de associação são específicas para modalidades e também são multimodais. Elas também permitem uma complexa análise do ambiente interno e externo e a relação do indivíduo com o mundo exterior. Partes de cada hemisfério, denominadas lobo (sistema) límbico, têm uma linhagem antiga. Elas estão relacionadas à memória e aos aspectos emocionais do comportamento, e fornecem uma implicação afetiva para as experiências conscientes, assim como também uma interface com áreas subcorticais, tais como o hipotálamo, através das quais atividades fisiológicas disseminadas são integradas. Outras áreas corticais, principalmente na região frontal, estão relacionadas aos aspectos mais elevados da função cognitiva e contribuem para a personalidade, a percepção e o planejamento.

Os hemisférios cerebrais estão separados por uma profunda fenda mediana, a grande fissura longitudinal do cérebro, a qual contém uma prega da dura-máter, em formato decrescente, a foice do cérebro (Cap. 27).

Cada hemisfério cerebral pode ser considerado com superfícies ou faces superolateral, medial e inferior (ou basal). A superfície superolateral segue a concavidade da abóbada craniana. A superfície medial é plana e vertical, separada do hemisfério oposto pela grande fissura longitudinal e pela foice do cérebro. A superfície inferior é irregular e dividida nas regiões orbital e tentorial. A parte orbital é côncava e se encontra sobreposta aos tetos orbital e nasal. A parte tentorial se encontra na fossa craniana média; posteriormente, ela se encontra acima do tentório do cerebelo, que a separa da superfície posterior do cerebelo.

GIROS, SULCOS E LOBOS

A superfície de cada hemisfério cerebral apresenta um complexo padrão de giros do cérebro ou circunvoluções, os quais estão separados por fendas de profundidade variável também conhecidas como fissuras (Fig. 23.1 e 23.2). Algumas dessas fissuras estão localizadas de forma consistente, outras nem tanto. Elas fornecem parte da base para a divisão do hemisfério em lobos. Os lobos frontal, parietal, temporal e occipital correspondem aproximadamente em extensão de superfície aos ossos cranianos suprajacentes, dos quais eles obtêm seus nomes. As extremidades anterior e posterior dos hemisférios formam os polos frontal e occipital, respectivamente, e o polo temporal é a extremidade anterior do lobo temporal.

A ínsula é uma região cortical escondida em meio às profundezas da fissura lateral por partes pendentes (opérculos) dos lobos frontal, parietal e temporal. Um complexo de giros na face medial do hemisfério forma o lobo límbico.

A área do córtex cerebral adulto é de aproximadamente 2.200 cm^2: sua forma convoluta aumenta o volume cortical em até três vezes mais do que ele teria, caso a superfície fosse lisa.

Dois proeminentes sulcos, o sulco (ou fissura) lateral (de Sylvius) e o sulco central (de Rolando), são as principais características na superfície cerebral superolateral, e eles determinam suas divisões superficiais.

A fissura lateral é uma profunda fenda nas superfícies lateral e inferior. Ela separa os lobos frontal e parietal, localizados acima, do lobo temporal, localizado abaixo, e acomoda os vasos cerebrais médios. Ela começa inferiormente na substância perfurada anterior, estende-se lateralmente entre a superfície orbital do lobo frontal e o polo anterior do lobo temporal e acomoda o seio venoso esfenoparietal. Ao atingir a superfície lateral do hemisfério, ela dá origem a um ramo ascendente, que segue para dentro do giro frontal inferior. O ramo posterior, maior, segue posterior e ligeiramente para cima, através da superfície lateral do hemisfério para terminar no lobo parietal. A ínsula localiza-se no fundo da fissura lateral.

O sulco central é o limite entre os lobos frontal e parietal e demarca as áreas motoras e somatossensoriais primárias do córtex, localizadas nos giros pré-central e pós-central, respectivamente. Ele começa na borda superomedial, ou próximo a esta, do hemisfério, um pouco atrás do ponto médio entre os polos frontal e occipital. Ele segue sinuosamente para baixo e para a frente, para terminar um pouco acima do ramo posterior do sulco lateral.

O giro frontal superior, acima do sulco frontal superior, é contínuo sobre a margem superomedial com o giro frontal medial e pode estar incompletamente dividido. O giro frontal médio localiza-se entre os sulcos frontais superior e inferior. O giro frontal inferior localiza-se abaixo do sulco frontal inferior, o qual é invadido pelo ramo ascendente da fissura lateral. No hemisfério esquerdo, as áreas corticais ao redor deste ramo formam a área motora da fala (área de Broca; áreas 44 e 45).

A superfície cerebral medial localiza-se na grande fissura longitudinal. As fibras comissurais do corpo caloso localizam-se no fundo da fissura: a parte anterior curva do corpo caloso, o joelho, é contínua abaixo com o rostro, e se estreita rapidamente à medida que ela segue de volta para a extremidade superior da lâmina terminal. O córtex imediatamente abaixo do rostro é a área subcalosa (giro paraolfatório). O joelho do corpo caloso estende-se acima para dentro do tronco ou corpo, que se arqueia para cima e para trás até uma espessa extremidade posterior arredondada, o esplênio. As lâminas verticais bilaterais do septo pelúcido estão presas às superfícies côncavas do tronco, do joelho e do rostro, e ocupam o intervalo entre eles e o fórnice.

A região anterior da superfície medial do hemisfério é dividida em zonas externa e interna pelo sulco do cíngulo, de forma curva, o qual começa abaixo do rostro e segue primeiramente para a frente, em seguida para cima e finalmente para trás, ajustando-se à curvatura do corpo caloso. Sua extremidade posterior volta-se para cima, em direção à margem superomedial do hemisfério aproximadamente 4 cm atrás de seu ponto médio e é posterior à extremidade superior do sulco central. A zona externa, exceto pela sua extremidade posterior, é parte do lobo frontal, e é subdividida em áreas anterior e posterior por um curto sulco, o qual sobe a partir do sulco do cíngulo acima do ponto médio do corpo caloso. A área anterior maior é o giro frontal medial; a posterior é o lóbulo paracentral. A extremidade superior do sulco central usualmente invade o lóbulo paracentral posteriormente, e o giro pré-central é contínuo com o lóbulo. Esta área está relacionada com movimentos do membro inferior contralateral e da região perineal — evidências clínicas sugerem que ela exerce um controle voluntário sobre a defecação e a micção.

A zona sob o sulco do cíngulo é o giro do cíngulo. Começando abaixo do rostro, este giro segue a curva do corpo caloso, separado pelo sulco caloso. Ele estende-se ao redor do esplênio até a superfície inferior, e em seguida para dentro do giro para-hipocampal, através do estreito istmo.

A região posterior da superfície medial é atravessada pelos sulcos parieto-occipital e calcarino. Esses dois profundos sulcos convergem anteriormente para se encontrar um pouco posteriormente ao esplênio. O sulco parieto-occipital marca o limite entre os lobos parietal e occipital. Ele começa na margem superomedial do hemisfério, aproximadamente 5 cm anterior ao polo occipital, e inclina-se para baixo e ligeiramente para a frente até o sulco calcarino. O sulco calcarino começa próximo ao polo occipital. Embora usualmente restrito à superfície medial, sua extremidade posterior pode atingir a superfície lateral. Direcionado anteriormente, ele

[1]**Nota da Revisão Científica**: O córtex cerebral é considerado como um manto (superficial) de substância cinzenta que não obedece à uniformidade na espessura, variando assim entre 1,5 e 4,5 mm.

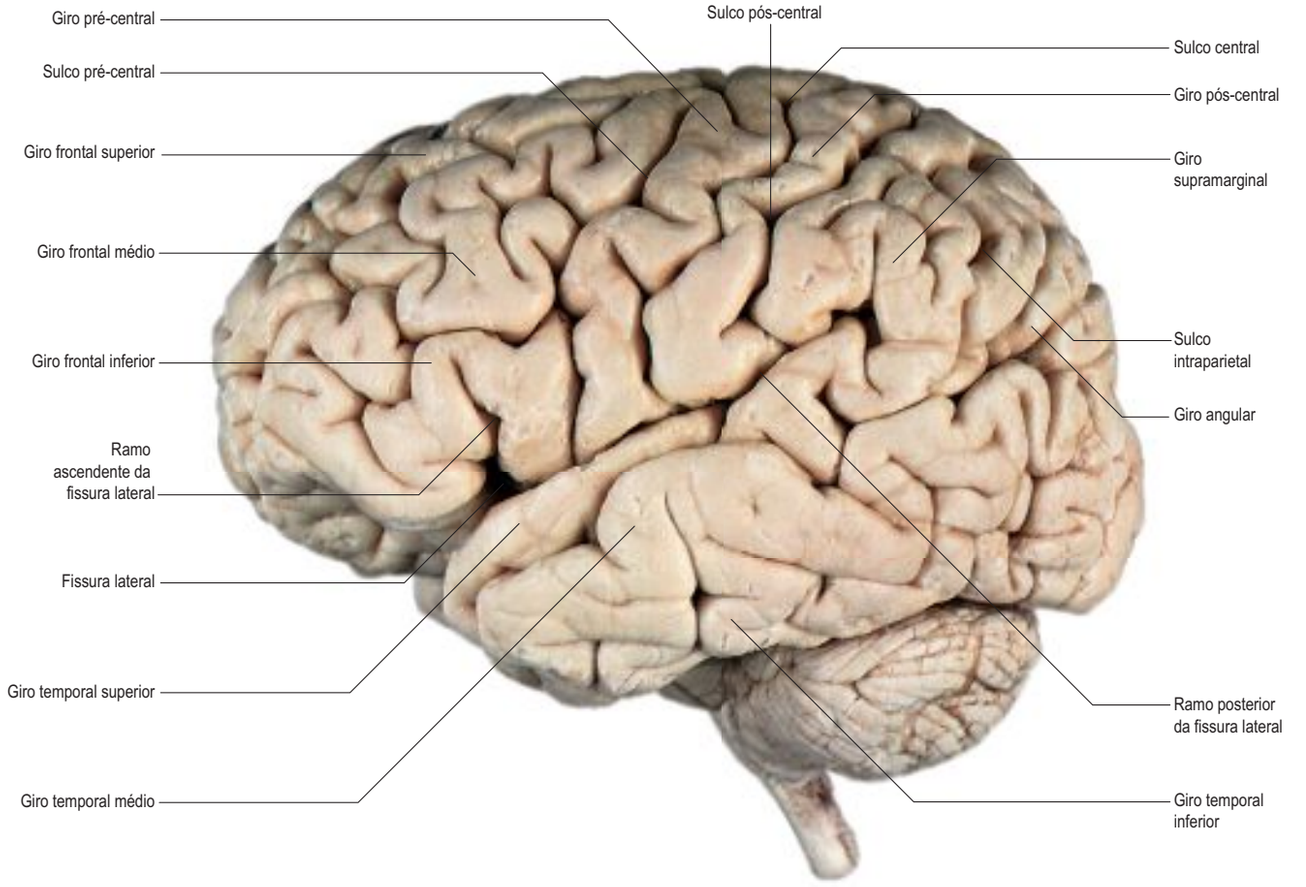


Fig. 23.1 Face lateral do hemisfério cerebral esquerdo indica os principais giros e sulcos. (Dissecção por EL Rees; fotografia por Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London; figura aumentada por B. Crossman.)

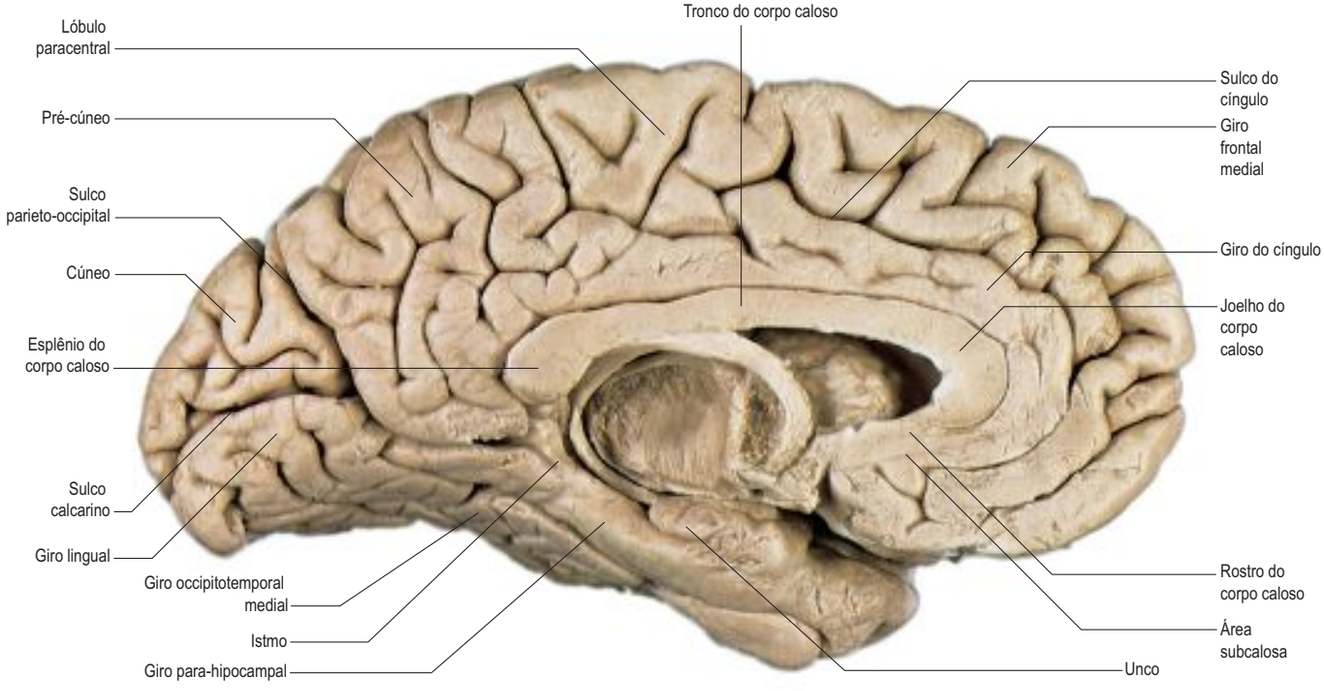


Fig. 23.2 Corte sagital do encéfalo, com o tronco encefálico removido, mostra os principais giros e sulcos na face medial do hemisfério cerebral esquerdo. (Fotografia de Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London; figura aumentada por B. Crossman.)

se une ao sulco parieto-occipital em um ângulo agudo atrás do esplênio. Continuando para a frente, ele atravessa a margem inferomedial do hemisfério e forma o limite inferior do istmo, o qual conecta o giro do cíngulo com o giro para-hipocampal. O córtex visual localiza-se acima e abaixo da parte posterior do sulco calcarino, atrás da junção com o sulco parieto-occipital. O sulco calcarino é profundo e produz uma elevação, o calcar avis, na parede do corno posterior do ventrículo lateral.

A área posterior da extremidade do sulco do cíngulo voltada para cima, e anterior ao sulco parieto-occipital, é o pré-cúneo. Ele forma a superfície medial do lobo parietal com a parte do lóbulo paracentral atrás do sulco central. A superfície medial do lobo occipital é formada pelo cúneo, uma cunha de córtex delimitada à frente pelo sulco parieto-occipital, abaixo pelo sulco calcarino e acima pela margem superomedial.

A superfície cerebral inferior é dividida pelo tronco da fissura lateral em uma parte anterior pequena e uma parte posterior maior (Figs. 23.3 e 23.4). A parte anterior constitui a região orbital do lobo frontal. Ela é côncava e localiza-se acima da placa cribriforme do osso etmoide, da placa orbital do osso frontal e da asa menor do osso esfenoide. Um sulco olfatório rostrocaudal atravessa-a próximo à sua margem medial, sobreposta pelo bulbo e trato olfatórios. A faixa medial assim demarcada é o giro reto. O restante desta superfície apresenta sulcos orbitais irregulares, geralmente em formato de H, que a dividem em giros orbitais anterior, medial, posterior e lateral.

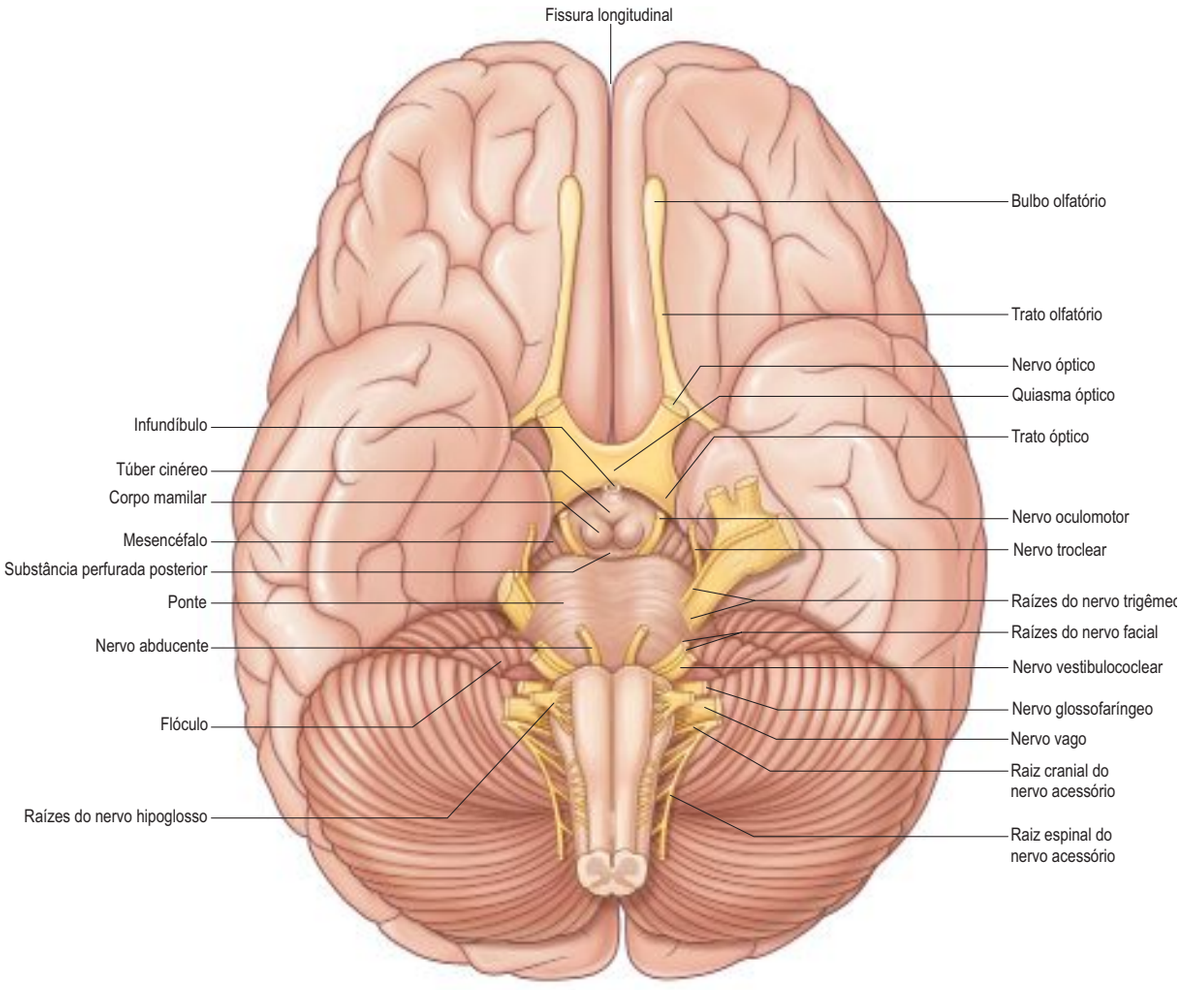


Fig. 23.3 Face basal do encéfalo.

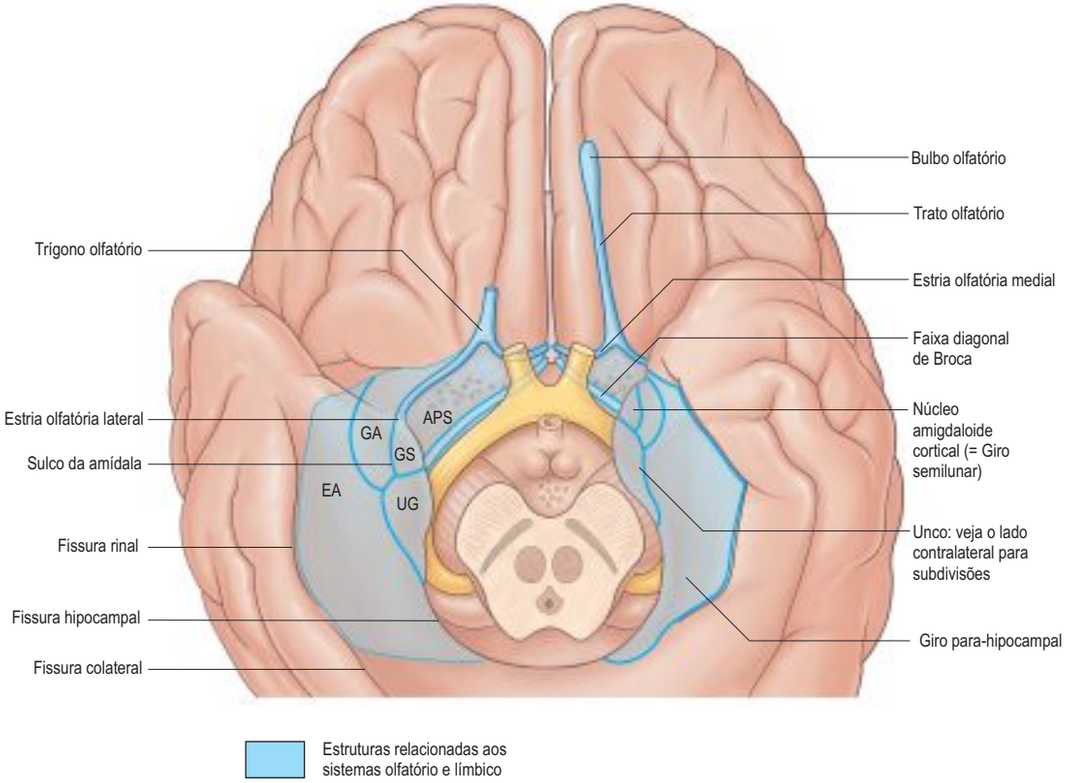


Fig. 23.4 Face inferior do encéfalo com o tronco encefálico removido. O polo temporal direito foi deslocado lateralmente para expor as estruturas subjacentes relacionadas aos sistemas olfatório e límbico. APS, substância perfurada anterior; EA, área entorrinal; GA, giro ambiens; GS, giro semilunar; UG, giro uncinado.

A região posterior e maior da superfície cerebral inferior é parcialmente superior ao tentório, mas também à fossa craniana média. O sulco colateral começa próximo ao polo occipital e estende-se anteriormente e paralelo ao sulco calcarino, separado deste pelo giro lingual. O giro lingual, entre os sulcos calcarino e colateral, segue para dentro do giro para-hipocampal, o qual se inicia no istmo, onde ele é contínuo com o giro do cíngulo. Anteriormente, o giro para-hipocampal estende-se para dentro do unco, em formato de gancho, que se localiza lateralmente ao mesencéfalo e posterolateralmente à substância perfurada anterior. O unco é parte do córtex piriforme do sistema olfatório, uma das partes mais antigas do córtex — sob o ponto de vista filogenético —, e está separado do polo temporal pelo sulco (ou fissura) rinal, o qual marca o limite lateral do córtex (ou área) entorrinal (Fig. 23.4).

O sulco occipitotemporal é paralelo e lateral ao sulco colateral, normalmente não atinge o polo occipital e é frequentemente dividido. O giro occipitotemporal medial estende-se do polo occipital ao polo temporal, está limitado medialmente pelos sulcos colateral e rinal e lateralmente pelo sulco occipitotemporal. O giro occipitotemporal lateral é contínuo, ao redor da margem inferolateral do hemisfério, com o giro temporal inferior.

CÓRTEX CEREBRAL

O córtex cerebral é às vezes descrito como consistindo em um alocórtex antigo sob o ponto de vista filogenético, o qual inclui o arquicórtex e o paleocórtex, e um neocórtex mais recente. Essas distinções são refletidas no arranjo organizacional dos elementos neuronais em diferentes regiões.

ESTRUTURA MICROSCÓPICA

A estrutura microscópica do córtex cerebral é uma intrincada combinação de neurônios e fibras nervosas, células da neuróglia e vasos sanguíneos. O neocórtex é composto essencialmente por três tipos de neurônios. As células piramidais são as mais abundantes. Células não piramidais, também chamadas de células estreladas ou granulares, estão divididas em neurônios espinhosos e não espinhosos. Todos os tipos são subdivididos com base no tamanho e no formato (Fig. 23.5).

As células piramidais apresentam um corpo celular em formato de frasco ou de formato triangular, que varia de 10 a 80 μm de diâmetro. O corpo celular (ou soma) dá origem a um único e espesso dendrito apical e a múltiplos dendritos basais. O dendrito apical sobe em direção à superfície cortical, afila-se e ramifica, para terminar em um tufo de pequenas ramificações terminais na lâmina mais superficial, a camada molecular. Da superfície basal do corpo celular, os dendritos se espalham mais horizontalmente por distâncias até de 1 mm para as células piramidais maiores. Como o dendrito apical, os dendritos basais se ramificam profusamente ao longo de sua extensão. Todos os dendritos das células piramidais são salpicados com uma miríade de espículas dendríticas. Estas se tornam mais numerosas à medida que a distância do corpo celular do neurônio de origem aumenta. Um único e delicado axônio origina-se do cone de implantação no corpo celular, que em geral está localizado centralmente na superfície basal do neurônio piramidal. Definitivamente, na vasta maioria dos casos, se não em todos, o axônio sai da substância cinzenta cortical para entrar na substância branca. Deste modo, as células piramidais são, talvez de forma universal, neurônios de projeção. Elas utilizam um aminoácido excitatório, o glutamato ou o aspartato, como seu neurotransmissor.

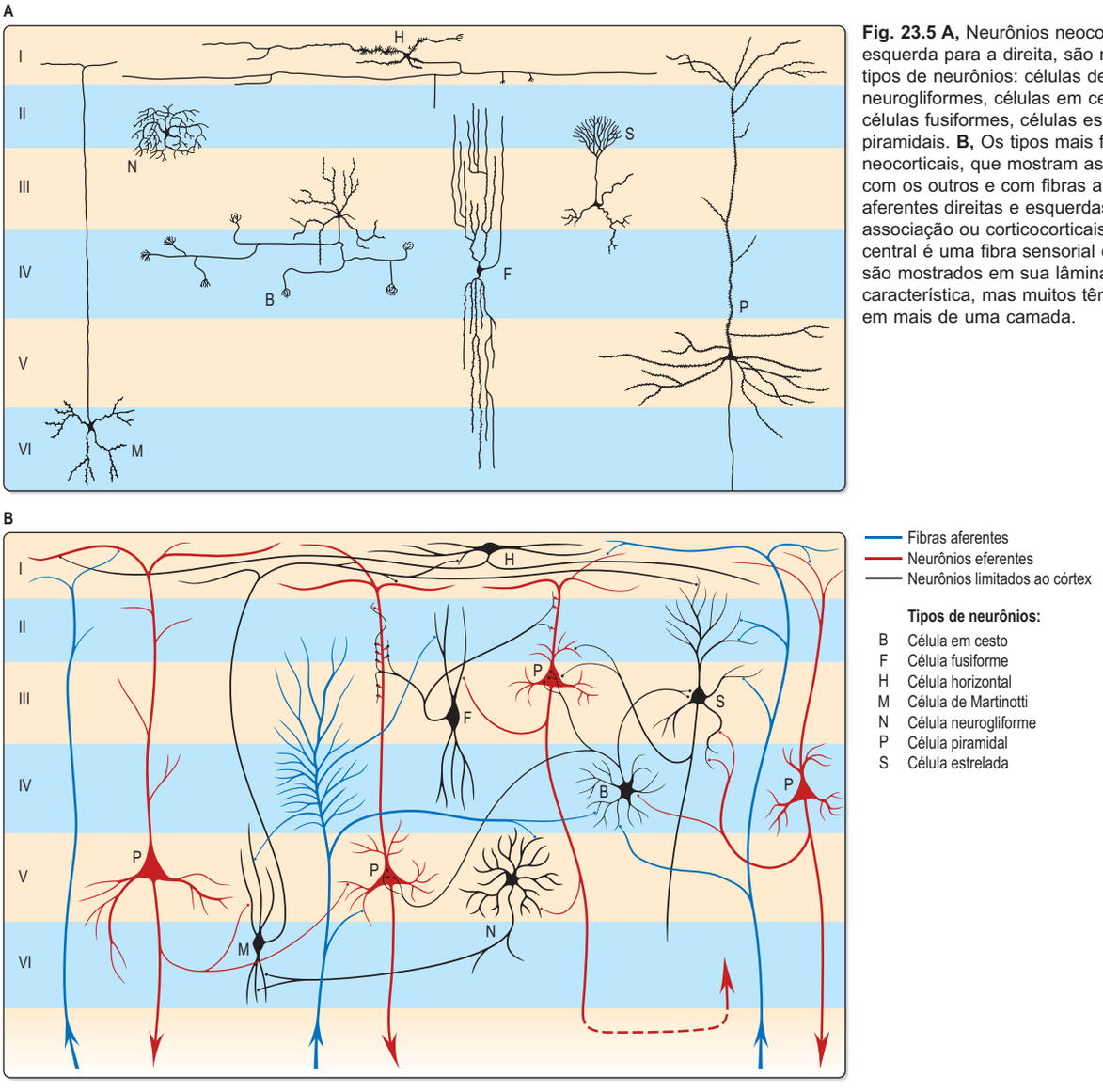


Fig. 23.5 A, Neurônios neocorticais característicos. Da esquerda para a direita, são mostrados os seguintes tipos de neurônios: células de Martinotti, células neurogliformes, células em cesto, células horizontais, células fusiformes, células estreladas e células piramidais. **B,** Os tipos mais frequentes de neurônios neocorticais, que mostram as típicas conexões uns com os outros e com fibras aferentes. As fibras aferentes direitas e esquerdas são conexões de associação ou corticocorticais, enquanto a aferência central é uma fibra sensorial específica. Os neurônios são mostrados em sua lâmina (ou camada) característica, mas muitos têm seus corpos celulares em mais de uma camada.

As células estreladas espinhosas são o segundo tipo celular mais numeroso no neocórtex e, em sua maior parte, ocupam a lâmina IV. Elas têm corpos celulares multipolares relativamente pequenos, comumente com 6 a 10 μm de diâmetro. Vários dendritos primários, profusamente cobertos com espículas, irradiam-se por distâncias variáveis a partir do corpo celular. Seus axônios se ramificam em meio à substância cinzenta predominantemente no plano vertical. As células estreladas espinhosas provavelmente utilizam o glutamato como seu neurotransmissor.

O menor grupo consiste nas heterogêneas células estreladas não espinhosas ou nas células estreladas esparsamente espinhosas. Todas são interneurônios e seus axônios estão confinados à substância cinzenta. Em termos morfológicos esta não é uma classe única de células, mas uma infinidade de diferentes formatos, que incluem as células em cesto, células em candelabro, células em duplo buquê, células neurogliformes, células bipolares/fusiformes e células horizontais. Vários tipos apresentam axônios que se ramificam horizontalmente, verticalmente ou radialmente.

Os neurônios com axônios dispersos principalmente em sentido horizontal incluem as células em cesto e as células horizontais. As células em cesto têm um curto axônio vertical, que se divide rapidamente em colaterais horizontais, e estes terminam em grandes tufos terminais que fazem sinapses com os corpos celulares e os dendritos proximais das células piramidais. Os corpos celulares das células horizontais se localizam principalmente na borda superficial da lâmina II, ocasionalmente abaixo da lâmina I (a camada molecular ou plexiforme). Eles são pequenos e fusiformes e seus dendritos se espalham por curtas distâncias em duas direções opostas na lâmina I. Seus axônios frequentemente se originam a partir de um dendrito e em seguida se dividem em dois ramos, que seguem em direções opostas um do outro por grandes distâncias na mesma camada.

Os neurônios com uma arborização axonal predominantemente perpendicular à superfície pial incluem as células em candelabro, as células em duplo buquê e as células bipolares/fusiformes. As células em candelabro têm uma morfologia variável, embora a maioria seja ovoide ou fusiforme e seus dendritos se originem a partir dos polos superior e inferior do corpo celular. A arborização axonal, que emerge do corpo celular ou de um dendrito proximal, é característica e identifica esses neurônios. Poucas células nas lâminas mais superficiais (II e IIIa) têm axônios descendentes, células mais profundas (lâminas IIIc e IV) têm axônios ascendentes e neurônios intermediários (IIIb) frequentemente têm ambos. Os axônios se ramificam próximo ao corpo celular de origem e terminam em numerosos cordões verticalmente orientados, que seguem juntamente aos cones de implantação axonal das células piramidais com as quais eles fazem sinapses. As células em duplo buquê (ou células com duplo tufo) são encontradas nas lâminas II e III e seus axônios atravessam as lâminas II e V. Geralmente, estes neurônios têm dois ou três dendritos principais, que dão origem a um tufo dendrítico superficial ou profundo. Um axônio único geralmente se origina a partir do corpo celular de formato oval ou fusiforme e rapidamente se divide em um ramo ascendente e um ramo descendente. Esses ramos sofrem colateralização de modo extenso, mas a arborização axonal está confinada a um cilindro de extensão perpendicular, porém confinado horizontalmente, de aproximadamente 50 a 80 μm de extensão. As células bipolares são ovoides com um único dendrito ascendente e um único dendrito descendente, que se originam dos polos superior e inferior, respectivamente. Esses dendritos primários se ramificam esparsamente e seus ramos seguem verticalmente para produzir uma estreita árvore dendrítica, com raramente mais do que 10 μm de extensão, a qual pode se estender através da maior parte da espessura cortical. Comumente, o axônio se origina a partir de um dos dendritos primários e rapidamente se ramifica para originar uma arborização axonal verticalmente alongada, horizontalmente confinada, que se assemelha muito à árvore dendrítica em extensão.

O principal tipo neuronal reconhecível é a célula neurogliforme ou em teia de aranha. Estas pequenas células esféricas, com 10 a 12 μm de diâmetro, são encontradas principalmente nas lâminas II a IV, dependendo da área cortical. De sete a dez delgados dendritos tipicamente se irradiam do corpo celular, alguns que se ramificam uma ou duas vezes para formar um campo dendrítico esférico de aproximadamente 100 a 150 μm de diâmetro. O delicado axônio se origina do corpo celular ou de um dendrito proximal. Quase imediatamente, ele se ramifica profusamente em meio à vizinhança do campo dendrítico (e usualmente um pouco além) para originar uma arborização axonal esférica de até 350 μm de diâmetro.

A maioria das células não piramidais não espinhosas ou esparsamente espinhosas provavelmente utiliza o GABA como seu principal neurotransmissor. Isto é quase certo para o caso das células em cestos, células em candelabro, células em duplo buquê, células neurogliformes e células bipolares. Algumas são também caracterizadas pela coexistência de um ou mais neuropeptídeos, que incluem neuropeptídeo Y, polipeptídeo intestinal vasoativo (VIP, ***v**asoactive **i**ntestinal **p**olypeptide*), colecistoquinina, somatostatina e substância P. A acetilcolina está presente em uma subpopulação de células bipolares, que podem adicionalmente ser GABAérgicas e conter VIP.

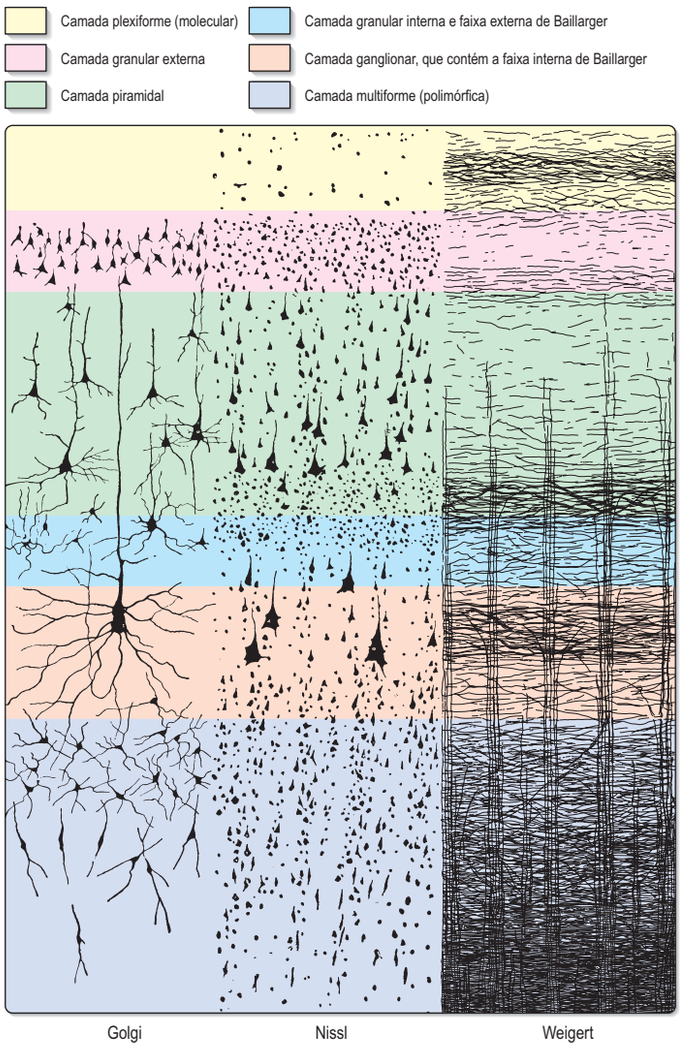


Fig. 23.6 As camadas do córtex cerebral. As três colunas verticais representam a disposição dos elementos celulares conforme revelado pelas técnicas de coloração de Golgi (que impregna a totalidade dos neurônios), de Nissl (que cora os corpos celulares) e Weigert (que cora fibras nervosas).

Organização laminar

O aspecto microscópico mais aparente do neocórtex quando ele se encontra corado para a evidenciação de corpos celulares ou para a evidenciação de fibras é a sua laminação horizontal. O significado disto para a compreensão da organização funcional cortical é discutível, porém o uso da descrição citoarquitetônica para identificar as regiões do córtex é comum.

O típico neocórtex é descrito com seis camadas ou lâminas dispostas paralelamente à superfície (Fig. 23.6).

I. A camada molecular ou plexiforme apresenta células esparsas, que contêm apenas células horizontais espalhadas e seus prolongamentos embebidos em uma massa compacta de axônios tangenciais, principalmente em disposição horizontal, e dendritos. Estes são fibras aferentes, que se originam de fora da área cortical, juntamente com fibras intrínsecas derivadas de interneurônios corticais, e com as arborizações dendríticas apicais de virtualmente todos os neurônios piramidais do córtex cerebral. Em cortes histológicos corados para evidenciar mielina, a camada I aparece como uma estreita faixa horizontal de fibras.

II. A lâmina granular externa contém uma densidade variada de pequenos corpos celulares neuronais, que incluem pequenas células piramidais e células não piramidais; estas últimas podem predominar. As colorações para fibras mielínicas mostram principalmente prolongamentos organizados verticalmente que atravessam a camada.

III. A lâmina piramidal externa contém células piramidais de tamanhos variados, juntamente com neurônios não piramidais espalhados. O tamanho das células piramidais é menor na parte mais superficial da camada e maior na parte mais profunda. Esta lâmina é frequentemente ainda subdividida em camadas IIIa, IIIb e IIIc, IIIa é a mais superficial e IIIc a mais profunda. Como na camada II, colorações para mielina revelam uma organização predominantemente vertical de fibras.

IV. A lâmina granular interna é usualmente a mais estreita das lâminas celulares. Ela contém pequenos corpos celulares densamente compactados de células não piramidais, notavelmente células estreladas espinhosas e algumas pequenas células piramidais. Dentro da lâmina, em cortes corados para mielina, uma proeminente faixa de fibras horizontais (faixa externa de Baillarger) é vista.

V. A lâmina piramidal interna (ou ganglionar) tipicamente contém as maiores células piramidais em comparação a qualquer área cortical, apesar de os reais tamanhos variarem consideravelmente de área para área. Células não piramidais espalhadas também estão presentes. Em colorações para mielina, a lâmina é atravessada por fibras verticais ascendentes e descendentes, e também contém uma proeminente faixa central de fibras horizontais (faixa interna de Baillarger).

VI. A camada multiforme (ou fusiforme/pleomórfica) consiste em neurônios com uma variedade de formatos, que incluem corpos celulares piramidais, fusiformes, ovoides e muitos outros formatos reconhecíveis. Tipicamente, a maioria das células tem tamanho de pequeno a médio. Esta lâmina se funde gradualmente com a substância branca subjacente, e uma clara demarcação de seu limite mais profundo nem sempre é possível.

Cinco variações regionais são descritas na estrutura neocortical (Fig. 23.7). Enquanto todas são ditas desenvolvendo-se a partir do mesmo padrão de seis camadas, dois tipos — granular e agranular — virtualmente não apresentam certas lâminas e são referidos como heterotípicas. As variações homotípicas, nas quais todas as seis lâminas são encontradas, são chamadas de frontal, parietal e polar, nomes que as unem a específicas regiões corticais de uma maneira um tanto enganosa (p. ex., o tipo frontal também ocorre nos lobos parietal e temporal).

O tipo agranular é considerado com lâminas granulares (II e IV) diminuídas ou ausentes, mas sempre contém corpos celulares estrelados espalhados. Grandes neurônios piramidais são encontrados nas maiores densidades no córtex agranular, o qual é tipificado pelas numerosas projeções eferentes dos axônios de células piramidais. Embora ele seja frequentemente comparado com áreas corticais motoras, tais como o giro pré-central (área 4), o córtex agranular também ocorre em vários locais, por exemplo, nas áreas 6, 8 e 44, e partes do sistema límbico.

No tipo granular de córtex, as camadas granulares estão desenvolvidas ao máximo e contêm células estreladas densamente compactadas, entre as quais pequenos neurônios piramidais estão dispersos. As lâminas III e IV são mal desenvolvidas ou inidentificáveis. Este tipo de córtex está particularmente associado a projeções aferentes. Entretanto, ele de fato recebe fibras eferentes, derivadas das células piramidais disseminadas, embora elas sejam menos numerosas do que em outros locais. O córtex granular ocorre no giro pós-central (área somatossensorial), na área estriada (área visual) e no giro temporal superior (área acústica), e em pequenas áreas do giro para-hipocampal. Apesar de sua elevada densidade de células estreladas, especialmente na área estriada, ele é quase o mais fino dos cinco tipos principais. No córtex estriado, a faixa externa de Baillarger (lâmina IV) é bem definida como a estria de Gennari (linha branca).

Os outros três tipos de córtex são formas intermediárias. No tipo frontal, grande número de neurônios piramidais de pequeno e médio tamanho aparece nas lâminas III e V, e as camadas granulares (II e IV) são menos proeminentes. A relativa proeminência destes formatos principais de neurônios varia reciprocamente sempre que houver esta forma de córtex.

O tipo parietal de córtex contém células piramidais, que são — em sua maioria – de tamanho menor que no tipo frontal. Em marcante contraste, as lâminas granulares são mais amplas e contêm mais células estreladas: este tipo de córtex ocupa grandes áreas nos lobos parietal e temporal. O tipo polar é classicamente identificado com pequenas áreas próximas aos polos frontal e occipital, e é a forma mais delgada de córtex. Todas as seis lâminas estão representadas, mas a camada piramidal externa (III) encontra-se reduzida em espessura e não tão extensamente invadida por células estreladas como ela é no tipo granular de córtex. Tanto no tipo polar como no tipo granular, a camada multiforme (VI) é mais altamente organizada do que nos outros tipos.

É habitual referir-se a alguns territórios corticais distintos não somente pela sua localização anatômica em relação aos giros e sulcos, mas também em relação às suas características citoarquitetônicas (áreas de Brodmann) (Fig. 23.8). Algumas das áreas assim definidas, por exemplo, os córtices sensorial e motor primários, têm clara relevância em termos de conexões anatômicas e significado funcional, enquanto outras nem tanto.

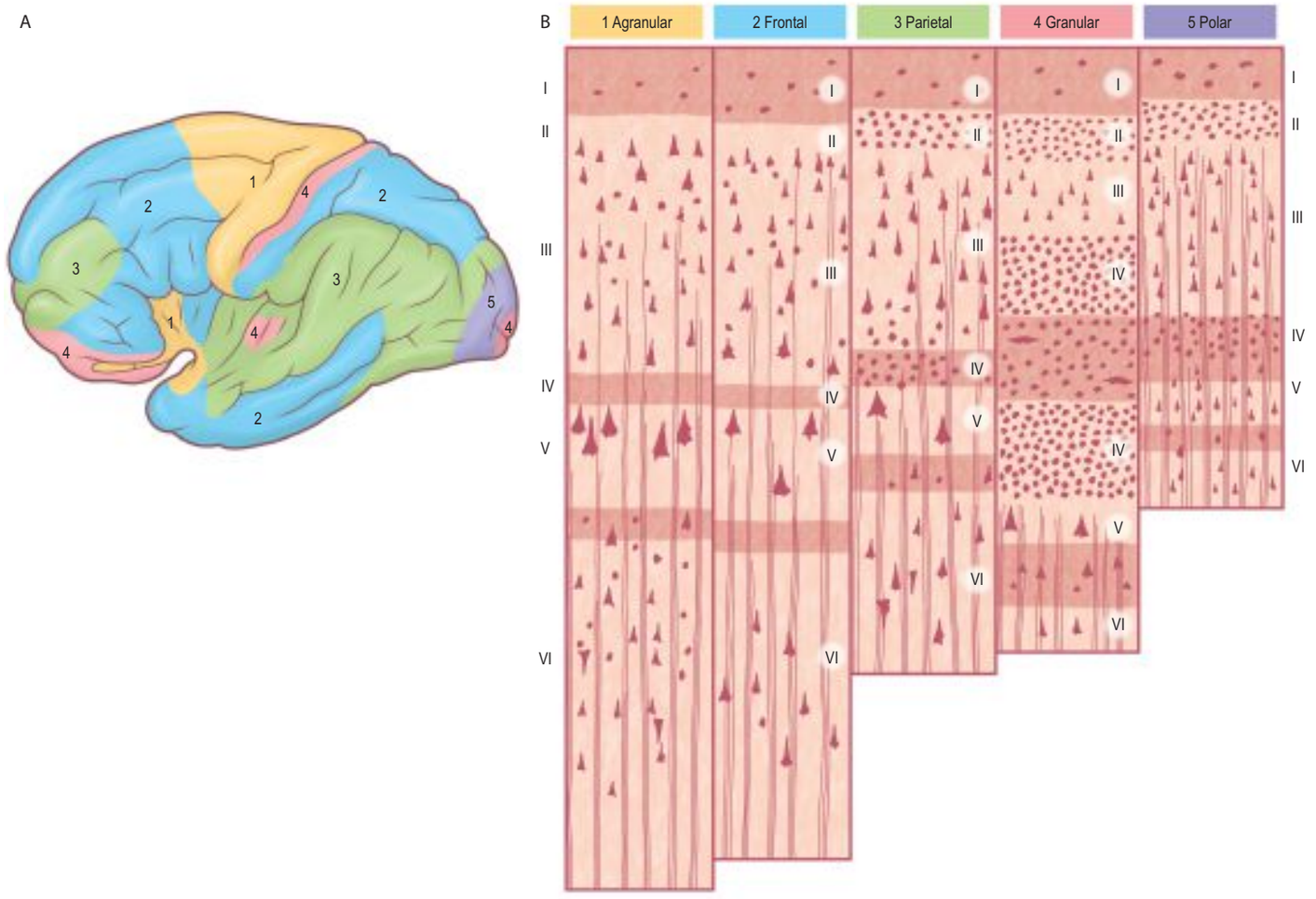


Fig. 23.7 A distribuição e as características dos cinco principais tipos de córtex cerebral.

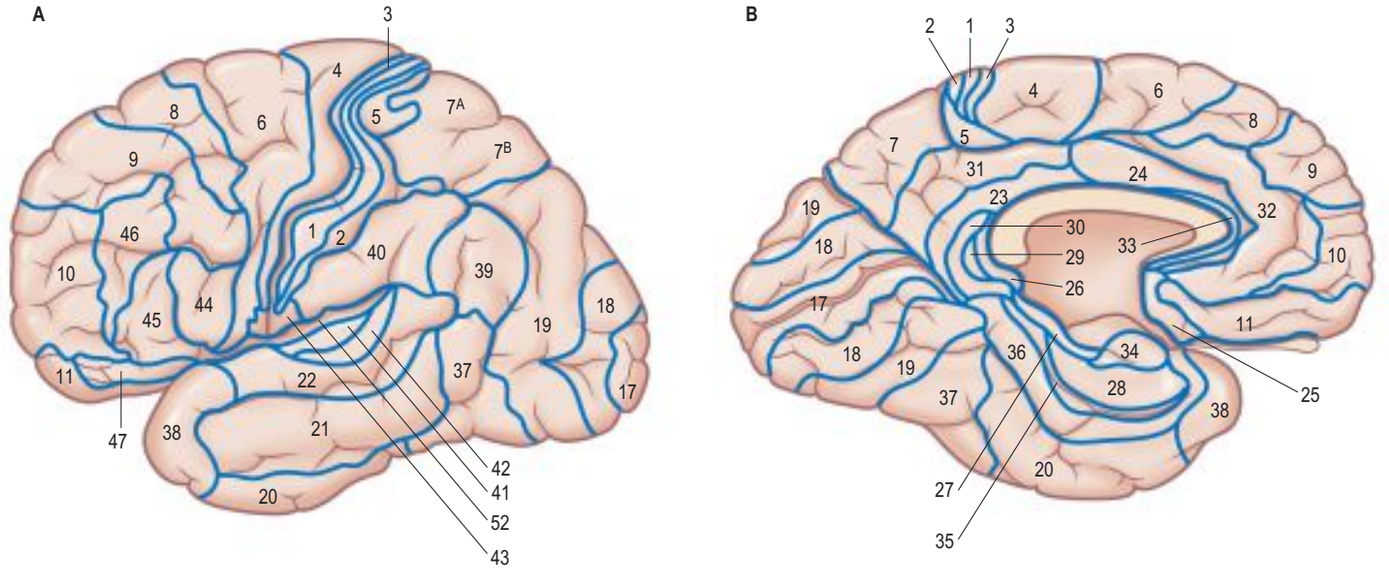


Fig. 23.8 As superfícies lateral (**A**) e medial (**B**) do hemisfério cerebral esquerdo, que demonstra as áreas de Brodmann.

VISÃO GERAL DA CONECTIVIDADE CORTICAL

Todas as áreas neocorticais têm conexões axonais com outras áreas corticais do mesmo lado (fibras de associação), com o lado oposto (fibras comissurais) e com estruturas subcorticais (fibras de projeção).

As áreas somatossensorial, visual e auditiva primárias originam conexões corticocorticais ipsilaterais para as áreas de associação dos lobos parietal, occipital e temporal, respectivamente, as quais em seguida se projetam progressivamente em direção às áreas límbicas temporais mediais, notavelmente o giro para-hipocampal, o córtex entorrinal e o hipocampo. Deste modo, a primeira área sensorial somática (primária) (SI) projeta-se para o córtex parietal superior (área 5 de Brodmann), a qual por sua vez projeta-se para o córtex parietal inferior (área 7). Daqui, conexões seguem para o córtex nas paredes do sulco temporal superior, e daí para o giro para-hipocampal posterior, e em seguida para o córtex límbico. De forma similar, para o sistema visual, o córtex visual primário (área 17) projeta-se para o córtex paraestriado (área 18), que por sua vez projeta-se para a região periestriada (área 19). As informações em seguida fluem para o córtex inferotemporal (área 20) até o córtex nas paredes do sulco temporal superior, em seguida para o córtex temporal medial no giro para-hipocampal posterior e daí para áreas límbicas. O sistema auditivo apresenta uma progressão similar a partir do córtex auditivo primário até o córtex de associação temporal, e daí para o lobo temporal medial.

Além desta gradativa progressão para fora a partir de áreas sensoriais através do córtex de associação posterior, as conexões também ocorrem a cada estágio com partes do córtex frontal. Desta forma, tomando o sistema sensorial somático como um exemplo, o córtex sensorial somático primário (SI) no giro pós-central está reciprocamente conectado ao córtex motor primário (área 4) no giro pré-central. O próximo passo na progressão de saída, o lóbulo parietal superior (área 5), está interconectado com a área 7 no lóbulo parietal inferior. Este tem conexões recíprocas com o córtex de associação pré-frontal na superfície lateral do hemisfério (áreas 9 e 46), com as áreas de associação temporais, que se conectam com áreas de associação pré-frontais mais anteriores e, finalmente na sequência, com o córtex orbitofrontal. Ligações gradativas similares existem entre áreas nas vias de associação visual e auditiva no lobo occipitotemporal e em áreas do córtex de associação frontal. As conexões entre as áreas sensoriais e de associação são recíprocas.

Todas as áreas neocorticais estão conectadas com regiões subcorticais, embora sua densidade varie entre as áreas. Primeiramente, entre estas estão conexões com o tálamo. Todas as áreas do neocórtex recebem fibras aferentes a partir de mais de um núcleo talâmico, e todas estas conexões são recíprocas. A vasta maioria, se não todas, das áreas corticais se projeta para o estriado, o teto, a ponte e a formação reticular do tronco encefálico. Adicionalmente, todas as áreas corticais estão reciprocamente conectadas ao claustro; o córtex frontal conecta-se à a parte anterior e o lobo occipital à parte posterior.

Todas as áreas corticais recebem projeções colinérgicas topograficamente organizadas a partir da parte basal do telencéfalo, das fibras noradrenérgicas do *locus ceruleus*, das fibras serotoninérgicas dos núcleos da rafe do mesencéfalo, das fibras dopaminérgicas da parte ventral do mesencéfalo e das fibras histaminérgicas da porção posterior do hipotálamo.

Diferentes áreas corticais têm conexões aferentes e eferentes amplamente diferentes. Algumas têm conexões que são exclusivas, por exemplo, o trato corticospinal se origina a partir de células piramidais em uma área restrita ao redor do sulco central.

Áreas do córtex amplamente separadas, porém funcionalmente interconectadas, compartilham padrões comuns de conexões com núcleos subcorticais e dentro do neocórtex. Por exemplo, zonas contíguas do estriado, tálamo, claustro, parte basal colinérgica do telencéfalo, colículo superior e núcleos pontinos se conectam a áreas amplamente separadas sob o ponto de vista anatômico nos córtices pré-frontal e parietal, que estão interconectados entre si. Em contraste, outras regiões corticais funcionalmente distintas, por exemplo, áreas nos córtices temporal e parietal, não compartilham de tal contiguidade em suas conexões subcorticais.

Laminação cortical e conexões corticais

As lâminas corticais representam, até certo ponto, agregados horizontais de neurônios com conexões comuns. Isto é mais claramente visualizado na laminação de células corticais eferentes (células piramidais). A lâmina piramidal interna, a camada V, dá origem a fibras de projeção cortical, mais notavelmente axônios corticostriados, corticobulbares (incluindo os corticopontinos) e corticospinais. Além disso, uma significativa proporção de axônios corticocorticais de *feedback* se origina de células nesta camada, assim como algumas fibras corticotalâmicas. A camada VI, a lâmina multiforme, é a principal fonte de fibras corticotalâmicas. As células piramidais supragranulares, predominantemente na camada III, mas também na lâmina II, dão origem principalmente a vias corticocorticais tanto de associação como comissurais. Geralmente, curtas fibras corticocorticais se originam mais superficialmente, e longos axônios corticocorticais (tanto de associação como comissurais) advêm de células nas partes mais profundas da camada III. As principais fibras aferentes para uma área cortical tendem a terminar nas camadas I, IV e VI. Projeções quantitativamente menores terminam nas lâminas intervenientes II/III e V, ou esparsamente por toda a espessura do córtex. Sob o ponto de vista numérico, o maior estímulo para uma área cortical tende a terminar principalmente na camada VI. Este padrão de terminação é visto no principal impulso talâmico para os córtices visual e sensorial somático. Em geral, fibras subcorticais não talâmicas aferentes para o neocórtex, que são compartilhadas por áreas amplamente disseminadas, tendem a terminar por todas as camadas corticais, mas o padrão laminar de suas terminações ainda varia consideravelmente de área para área.

Colunas e módulos

Estudos experimentais fisiológicos e de conexão têm demonstrado uma organização interna do córtex, que se encontra em ângulos retos com a superfície pial, com colunas verticais ou módulos que seguem através da espessura do córtex. O termo "coluna" refere-se à observação de que todas as células encontradas por um microeletrodo que penetra e passa perpendicularmente através do córtex respondem a um único estímulo periférico, um fenômeno inicialmente identificado no córtex somatossensorial. No córtex visual, estreitas faixas verticais (de 50 μm) de neurônios respondem a um estímulo de mesma orientação (colunas de orientação) e faixas mais

largas (de 500 μm) respondem preferencialmente a estímulos detectados por um olho (colunas de dominância ocular). Colunas de orientação adjacente se agregam em uma coluna de dominância ocular para formar uma hipercoluna, que responde a todas as orientações do estímulo para ambos os olhos para um ponto no campo visual. Uma organização funcional colunar similar foi descrita em amplas áreas do neocórtex, que incluem o córtex motor e áreas de associação.

LOBO FRONTAL

O lobo frontal é a região rostral do hemisfério, anterior ao sulco central e acima da fissura lateral. O giro pré-central segue paralelamente ao sulco central sobre a superfície superolateral, estende-se por sobre a superfície medial e está limitado anteriormente pelo sulco pré-central. A área do lobo frontal anterior ao sulco pré-central está dividida nos giros frontais superior, médio e inferior (Fig. 23.1). O polo frontal localiza-se em frente a esses giros. A superfície ventral do lobo frontal, o córtex orbitofrontal, sobrepõe-se à orbita óssea. A superfície medial estende-se do polo frontal até o lóbulo paracentral e consiste no córtex frontal medial e no córtex cingulado anterior.

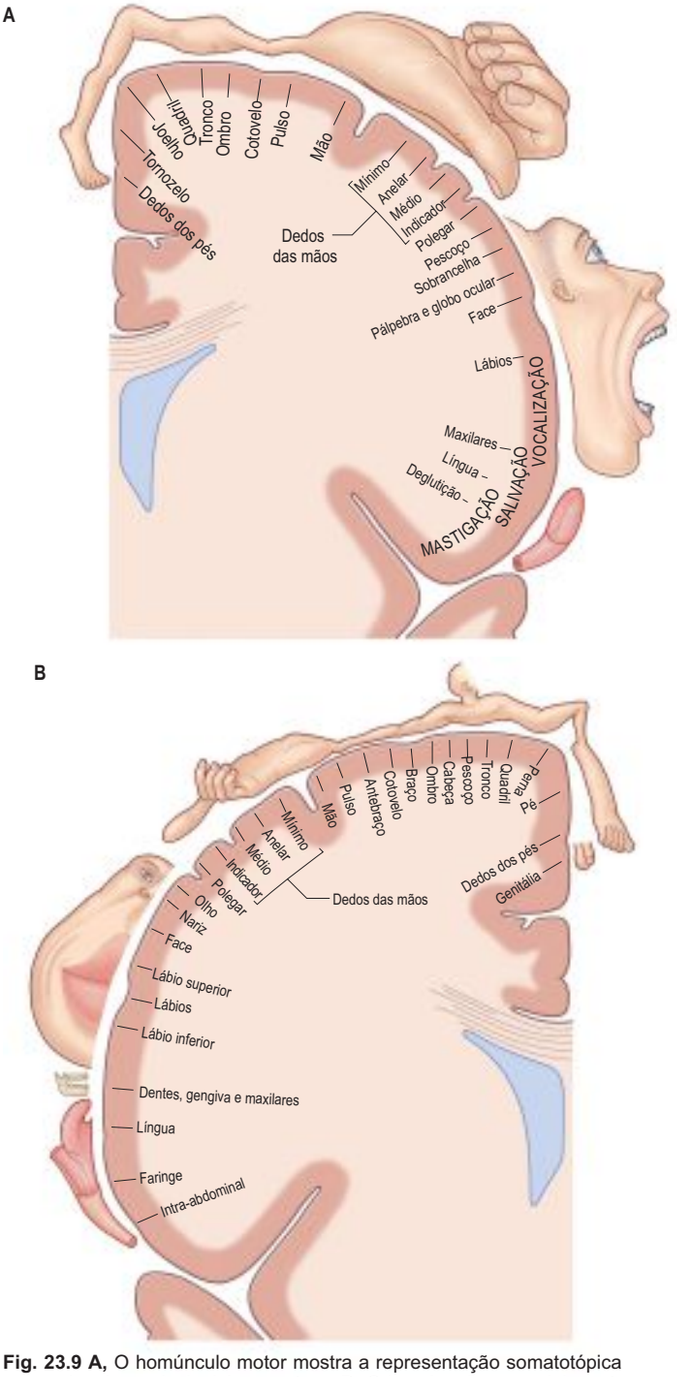


Fig. 23.9 A, O homúnculo motor mostra a representação somatotópica proporcional na principal área motora. **B,** O homúnculo sensorial mostra a representação somatotópica proporcional no córtex somestésico.

Córtex motor primário

O córtex motor primário (M1) corresponde ao giro pré-central (área 4) e é a área do córtex com o limiar mais baixo para provocar uma contração muscular contralateral por estimulação elétrica. Ele contém um mapa detalhado topograficamente organizado (homúnculo motor) da metade oposta do corpo, com a cabeça representada mais lateralmente e a perna e o pé representados na superfície medial do hemisfério no lóbulo paracentral (Fig. 23.9). Um aspecto marcante é a representação desproporcional de partes do corpo em relação ao seu tamanho físico: grandes áreas representam os músculos da face e da mão, que são capazes de movimentos delicadamente controlados ou fracionados.

O córtex da área 4 é agranular, e as camadas II e IV são difíceis de identificar. O aspecto mais característico é a presença na lâmina V de alguns corpos celulares piramidais extremamente grandes, as células de Betz, que podem chegar a 80 μm de diâmetro. Esses neurônios projetam seus axônios nos tratos corticospinal e corticobulbar.

As principais conexões talâmicas da área 4 são com o núcleo posterolateral ventral (VPL), que por sua vez recebe fibras aferentes a partir dos núcleos cerebelares profundos. O núcleo VPL também contém uma representação topográfica da parte contralateral do corpo, a qual é preservada em sua projeção ponto a ponto para a área 4, onde ela termina amplamente na lâmina IV. Outras conexões talâmicas da área 4 são com os núcleos centromediano e parafascicular. Estes parecem fornecer a única rota através da qual o estímulo que advém dos gânglios da base, direcionado através do tálamo, atinge o córtex motor primário, uma vez que a projeção do segmento interno do globo pálido para o núcleo ventrolateral do tálamo está confinada à divisão anterior e não há sobreposição com o território cerebelotalâmico. A parte anterior do núcleo ventrolateral projeta-se para as áreas pré-motora e motora suplementar do córtex, sem projeção para a área 4.

O córtex somatossensorial ipsilateral (SI) projeta-se de uma maneira topograficamente organizada para a área 4, e a conexão é recíproca. A projeção para o córtex motor se origina nas áreas 1 e 2, com pouca ou nenhuma contribuição a partir da área 3b. As fibras derivadas de SI terminam nas camadas II e III da área 4, onde elas entram em contato principalmente com neurônios piramidais. Evidências sugerem que os neurônios ativados monossinapticamente por fibras derivadas de SI, assim como aqueles ativados polissinapticamente, fazem contato com as células piramidais da camada V, incluindo as células de Betz, que originam as fibras corticospinais. Neurônios relacionados a movimentos no córtex motor, que podem ser ativados a partir de SI, tendem a apresentar um início tardio de atividade, principalmente durante a execução do movimento. Tem sido sugerido que esta via desempenha um papel principalmente em fazer ajustes motores durante um movimento. Fibras corticocorticais ipsilaterais adicionais para a área 4 a partir da área atrás do sulco central advêm da segunda área sensorial somática (SII).

Os neurônios na área 4 são responsivos à estimulação periférica e têm campos receptivos similares àqueles no córtex sensorial primário. As células localizadas posteriormente no córtex motor têm campos receptivos cutâneos, enquanto neurônios localizados mais anteriormente respondem à estimulação de tecidos profundos.

O córtex motor recebe importantes fibras de associação do lobo frontal advindas do córtex pré-motor e da área motora suplementar, e também fibras derivadas da ínsula. É provável que estas vias modulem a atividade cortical motora em relação à preparação, orientação e organização temporal de movimentos. A área 4 envia e recebe fibras de/para seu par contralateral, e também projeta-se para o córtex motor suplementar contralateral.

Independentemente de sua contribuição para o trato corticospinal, o córtex motor tem diversas projeções subcorticais. As conexões para o estriado e para os núcleos pontinos são abundantes. Ele também projeta-se para o núcleo subtalâmico. O córtex motor envia projeções para todos os núcleos no tronco encefálico, que são em si a origem das vias descendentes para a medula espinal, a saber, a formação reticular, o núcleo rubro, o colículo superior, os núcleos vestibulares e o núcleo olivar inferior.

Trato corticospinal

O trato corticospinal ou piramidal fornece um controle direto pelo córtex cerebral sobre centros motores da medula espinal. Uma via homóloga para o tronco encefálico, a projeção corticobulbar, preenche uma função similar em relação aos núcleos motores do tronco encefálico. O trato corticospinal não se origina somente do córtex motor, porém é considerado de forma conveniente em conjunto com ele.

A porcentagem de fibras corticospinais que se origina do córtex motor primário pode realmente ser bastante pequena, provavelmente na região

de 20% a 30%. Elas se originam a partir das células piramidais na camada V e dão origem aos axônios corticospinais de maior diâmetro. Existe também uma origem disseminada a partir de outras partes do lobo frontal, que incluem o córtex pré-motor e a área motora suplementar. Muitos axônios derivados do córtex frontal, notavelmente do córtex motor, terminam no corno ventral da medula espinal. Nos segmentos medulares que medeiam os movimentos da mão destra e dos dedos, eles terminam na parte lateral do corno ventral, em íntima relação com grupos de neurônios motores. Uma pequena porcentagem estabelece conexões monossinápticas diretas com neurônios motores α.

Entre 40% e 60% dos axônios do trato piramidal se originam de áreas parietais, que incluem a área 3a, a área 5 do lobo parietal superior e a SII no opérculo parietal. A maioria das fibras parietais para a medula espinal termina nas camadas mais profundas do corno dorsal.

Os neurônios corticais motores são ativos em relação à força de contração de músculos agonistas; sua relação com a amplitude dos movimentos é menos clara. Sua atividade precede o início da atividade eletromiográfica por 50 a 100 milissegundos, o que sugere um papel para a ativação cortical na geração em vez do monitoramento dos movimentos.

Córtex pré-motor

Imediatamente em frente ao córtex motor primário localiza-se a área 6 de Brodmann. Ela estende-se por sobre a superfície medial, onde se torna contígua com a área 24 no giro do cíngulo, anterior e inferior ao lóbulo paracentral. Várias áreas motoras funcionais estão contidas nesta região cortical. A área 6 lateral, a área sobre a maior parte da superfície lateral do hemisfério, corresponde ao córtex pré-motor.

O córtex pré-motor é dividido em uma área dorsal e uma área ventral (PMd e PMv, respectivamente) por razões funcionais e com base nas conexões de associação corticocorticais ipsilaterais.

As principais conexões talâmicas do córtex pré-motor são com a divisão anterior do núcleo ventrolateral e com os componentes centromediano, parafascicular e centrolateral dos núcleos intralaminares. Projeções subcorticais para o estriado e para os núcleos pontinos são proeminentes, e esta área também projeta-se para o colículo superior e para a formação reticular. Tanto áreas dorsais como áreas ventrais contribuem para o trato corticospinal. As conexões comissurais são com os córtices pré-motor, motor e parietal superior (área 5) contralaterais. As conexões corticocorticais ipsilaterais com a área 5 no córtex parietal superior e com a área parietal inferior 7b são comuns às subdivisões dorsal e ventral do córtex pré-motor, e ambas enviam uma projeção principal para o córtex motor primário. A área pré-motora dorsal também recebe fibras do córtex temporal superior posterior e projeta-se para o córtex motor suplementar. O campo ocular frontal (área 8) projeta-se para a subdivisão dorsal. Talvez a maior diferença funcionalmente significativa na conectividade entre as duas subdivisões da área pré-motora seja que a área pré-motora dorsal recebe fibras do córtex pré-frontal ventrolateral. Todas essas conexões de associação são prováveis de ser recíprocas, ou são conhecidas como tal.

A atividade neuronal no córtex pré-motor em relação tanto à preparação para o movimento como ao movimento em si tem sido bastante estudada experimentalmente. A seletividade da direção para o movimento é um aspecto comum de muitos neurônios pré-motores. Em tarefas comportamentais, os neurônios no córtex pré-motor dorsal apresentam uma atividade antecipatória e uma descarga relacionada à tarefa, assim como uma seletividade de direção, porém pouca ou nenhuma alteração relacionada ao estímulo. O córtex pré-motor dorsal é provavelmente importante em estabelecer um ajuste ou intenção motora, o que contribui para a preparação motora em relação a movimentos internamente orientados. Em contraste, o córtex pré-motor ventral está mais relacionado à execução de movimentos externamente (em especiale visualmente) orientados em relação a um estímulo externo específico.

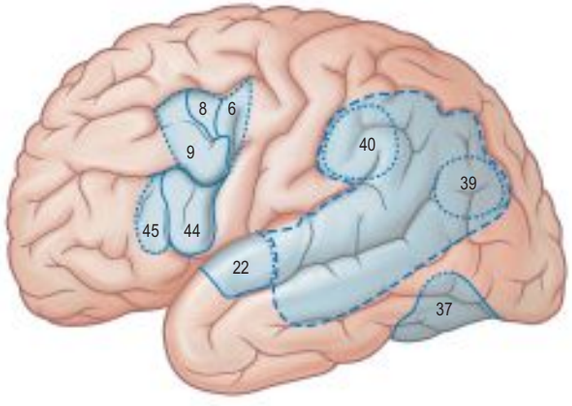


Fig. 23.10 Superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo mostra o campo visual frontal (partes das áreas 6, 8 e 9), a área motora da fala (de Broca) (áreas 44 e 45) e a área de Wernicke. O perímetro dessas áreas está delineado por uma linha tracejada para indicar uma incerteza quanto à sua extensão precisa. A área de Wernicke é descrita de modo variável por diferentes autoridades quanto à inclusão de uma grande área parietotemporal que inclui as áreas 39 e 40. As áreas 22 e 37 são consideradas por alguns as áreas auditiva e visual-auditiva, respectivamente, associadas à fala e à linguagem.

Campo ocular frontal

O campo ocular frontal corresponde a partes das áreas 6, 8 e 9 de Brodmann (Fig. 23.10). Ele recebe sua principal projeção talâmica a partir do núcleo mediodorsal parvocelular, com fibras aferentes adicionais advindas da parte medial do pulvinar, do núcleo anterior ventral e do complexo supragenículado limitante, e se conecta ao núcleo paracentral do grupo intralaminar. As vias talamocorticais para o campo ocular frontal formam parte de uma via advinda do colículo superior, da substância negra e do núcleo denteado do cerebelo. O campo ocular frontal apresenta extensas conexões corticocorticais ipsilaterais, recebendo fibras de várias áreas visuais nos lobos occipital, parietal e temporal, que incluem a área temporal medial (V5) e a área 7a. Existe também uma projeção derivada do giro temporal superior, que é de função auditiva em vez de visual. Do interior do lobo frontal, o campo ocular frontal recebe fibras dos córtices pré-frontais ventrolateral e dorsolateral. Ele projeta-se para os córtices pré-motores dorsal e ventral e para a área motora medial, provavelmente para o campo visual suplementar adjacente à área motora suplementar propriamente dita. Ele projeta-se proeminentemente para o colículo superior, para o centro pontino do olhar no interior da formação reticular pontina e para outros núcleos oculomotores relacionados no tronco encefálico. Conforme seu nome implica, ele é importante no controle dos movimentos oculares.

Córtex motor suplementar

A área motora suplementar (SMA; MII) localiza-se medialmente à área 6, e estende-se da parte mais superolateral até a superfície medial do hemisfério. A área 24 no giro do cíngulo, adjacente à área 6, contém várias áreas motoras, que são denominadas áreas motoras do cíngulo. Uma subdivisão funcional adicional, a pré-SMA, localiza-se anteriormente à área motora suplementar na superfície medial do córtex. Na presente discussão, essas áreas motoras mediais adicionais estão incluídas no córtex motor suplementar.

A área motora suplementar recebe seu principal estímulo talâmico a partir da parte anterior do núcleo lateral ventral, que por sua vez é o principal recipiente de fibras advindas do segmento interno do globo pálido. Fibras aferentes talâmicas adicionais são derivadas do núcleo anterior ventral, dos núcleos intralaminares, notavelmente os núcleos centrolateral e centromedial, e também do núcleo mediodorsal. As conexões com o tálamo são recíprocas. O córtex motor suplementar recebe conexões de regiões disseminadas do lobo frontal ipsilateral, como as do córtex motor primário, da área pré-motora dorsal, dos córtices pré-frontais dorsolateral e ventrolateral, dos córtices pré-frontal medial e orbitofrontal e do campo ocular frontal. Essas conexões são recíprocas, mas a principal via eferente ipsilateral é para o córtex motor. As conexões do lobo parietal do córtex motor suplementar são com a área 5 parietal superior e possivelmente com a área 7b parietal inferior. As conexões contralaterais são com a área motora suplementar e com os córtices motor e pré-motor do hemisfério contralateral. Diferentemente das conexões com o tálamo, as conexões subcorticais seguem para o estriado, para o núcleo subtalâmico e para os núcleos pontinos, para a formação reticular do tronco encefálico e para o núcleo olivar inferior. A área motora suplementar perfaz uma contribuição substancial para o trato corticospinal, contribuindo em torno de 40% das fibras derivadas do lobo frontal.

A área motora suplementar contém uma representação do corpo na qual a perna está posterior e a face anterior, com o membro superior entre elas. Seu papel no controle dos movimentos é principalmente nas complexas tarefas que requerem a organização temporal dos movimentos sequenciais e na recuperação da memória motora.

A estimulação da área motora suplementar em pacientes conscientes provoca a sensação de uma urgência em se movimentar, ou de antecipação de que um movimento está prestes a ocorrer. Uma região anterior à área motora suplementar para a representação da face (áreas 44 e 45) é importante na vocalização e na produção da fala (Fig. 23.10).

Córtex pré-frontal

O córtex pré-frontal na superfície lateral do hemisfério consiste predominantemente nas áreas 9, 46 e 45 de Brodmann (Fig. 23.8). Em primatas não humanos, duas subdivisões do córtex pré-frontal lateral são reconhe-

cidas, uma área dorsal equivalente à área 9, e talvez incluindo a parte superior da área 46, e uma área ventral, que consiste na parte inferior da área 46 e na área 45. As áreas 44 e 45 são particularmente notáveis na espécie humana, uma vez que, no hemisfério dominante, elas constituem a área motora da fala (área de Broca). Ambas as áreas pré-frontais dorsolateral e ventrolateral recebem suas principais fibras aferentes talâmicas a partir do núcleo mediodorsal e existem contribuições adicionais da parte medial do pulvinar, do núcleo anterior ventral e do núcleo paracentral do grupo intralaminar anterior. A área dorsolateral recebe longas fibras de associação dos giros temporais posterior e superior médio (como as áreas de associação auditivas), da área parietal 7a, e de grande parte do córtex temporal médio. De dentro do lobo frontal, ela também recebe projeções do polo frontal (área 10) e do córtex pré-frontal medial (área 32) na superfície medial do hemisfério. Ela projeta-se para a área motora suplementar, para o córtex pré-motor dorsal e para o campo ocular frontal. Todas essas conexões talâmicas e corticocorticais são recíprocas. As conexões comissurais são com a área homóloga e com o córtex parietal inferior contralateral. A área pré-frontal ventrolateral recebe longas fibras de associação tanto da área 7a como da área 7b do lobo parietal, das áreas de associação auditivas do opérculo temporal, da ínsula e da parte anterior da margem inferior do sulco temporal superior. Do interior do lobo frontal, ela recebe fibras derivadas do córtex orbitofrontal anterior e projeta-se para o campo ocular frontal e para o córtex pré-motor ventral. Ela se conecta à área homóloga contralateral através do corpo caloso. Provavelmente, todas essas conexões são recíprocas.

O córtex do polo frontal (área 10) recebe estímulos talâmicos a partir do núcleo mediodorsal, da parte medial do pulvinar e do núcleo paracentral. Ele está reciprocamente conectado ao córtex do polo temporal, ao córtex orbitofrontal anterior e ao córtex pré-frontal dorsolateral. O córtex orbitofrontal se conecta aos núcleos mediodorsal, anteromedial, anterior ventral, pulvinar medial, paracentral e da linha média do tálamo. Vias de associação corticais advêm do córtex inferotemporal, do giro temporal superior anterior e do polo temporal. Dentro do lobo frontal, ele tem conexões com o córtex pré-frontal medial, com o córtex pré-frontal ventrolateral e com áreas motoras mediais. Conexões comissurais e outras conexões seguem o padrão geral para todas as áreas neocorticais.

O córtex pré-frontal medial está conectado aos núcleos talâmicos mediodorsal, anterior ventral, pulvinar medial anterior, paracentral, da linha média e supragenículado limitante. Ele recebe fibras do córtex anterior do giro temporal superior. Dentro do lobo frontal, ele tem conexões com o córtex orbitofrontal e com as áreas motoras mediais do córtex pré-frontal dorsolateral.

LOBO PARIETAL

O lobo parietal localiza-se posteriormente ao sulco central. Na face medial do hemisfério, seu limite é claramente demarcado pelo profundo sulco parieto-occipital. Na face lateral do hemisfério, seus limites com os lobos occipital e temporal são menos distintos e um tanto arbitrários. O limite inferior é o ramo posterior da fissura lateral e seu prolongamento imaginário posterior.

A face lateral do lobo parietal é dividida em três áreas pelos sulcos pós-central e intraparietal (Fig. 23.1). O sulco pós-central, frequentemente dividido em partes superior e inferior, é posterior e paralelo ao sulco central. Inferiormente, ele termina acima do ramo posterior da fissura lateral. O giro pós-central ou córtex somatossensorial primário localiza-se entre os sulcos central e pós-central. Posteriormente ao sulco pós-central, existe uma grande área, subdividida pelo sulco interparietal. Ela usualmente começa no sulco pós-central próximo a seu ponto médio e estende-se posteroinferiormente através do lobo parietal, e divide este último em lóbulos parietais superior e inferior.

O lóbulo parietal superior, entre a margem superomedial do hemisfério e o sulco intraparietal, é contínuo anteriormente com o giro pós-central ao redor da extremidade superior do sulco pós-central.

O lóbulo parietal inferior, abaixo do sulco intraparietal e atrás da parte inferior do sulco pós-central, está dividido em três porções. A parte anterior é o giro supramarginal, que se arqueia sobre a extremidade voltada para cima da fissura lateral. Ela é contínua anteriormente com a parte inferior do giro pós-central e posteroinferiormente com o giro temporal superior. A parte média do lóbulo parietal inferior, chamada de giro angular, arqueia-se sobre a extremidade do sulco temporal superior e é contínua posteroinferiormente com o giro temporal médio. A parte posterior do lóbulo parietal inferior arqueia-se sobre a extremidade voltada para cima do sulco temporal inferior sobre o lobo occipital.

Córtex somatossensorial

O giro pós-central corresponde ao córtex somatossensorial primário (SI; áreas 3a, 3b, 1 e 2 de Brodmann). A área 3a localiza-se mais anteriormente, justaposta à área 4, o córtex motor primário do lobo frontal; a área 3b encontra-se enterrada na parede posterior do sulco central; a área 1 localiza-se ao longo do lábio posterior do sulco central; e a área 2 ocupa a coroa do giro pós-central.

O córtex somatossensorial primário contém em seu interior um mapa topográfico da metade contralateral do corpo. A face, a língua e os lábios estão representados inferiormente, o tronco e o membro superior estão representados na face superolateral e o membro inferior sobre a face medial do hemisfério, que dá origem ao familiar mapa do "homúnculo" (Fig. 23.9).

As propriedades somatossensoriais de SI dependem de seus estímulos talâmicos a partir do núcleo posterior ventral do tálamo, que por sua vez recebe as vias lemniscal medial, espinotalâmica e trigeminotalâmica. O núcleo é dividido em uma parte posterolateral ventral, que recebe informações do tronco e dos membros, e uma parte posteromedial ventral, na qual a cabeça está representada. Dentro do núcleo posterior ventral, os neurônios na porção central respondem a estímulos cutâneos e aqueles nas partes mais posteriores e anteriores dorsais, que se arqueiam como uma "concha" sobre esta parte central, respondem a estímulos profundos. Isto é refletido nas projeções diferenciais para SI: a parte central cutânea projeta-se para 3b, os neurônios responsivos a tecidos profundos enviam fibras para as áreas 3a e 2 e uma zona interveniente projeta-se para a área 1. Dentro do núcleo posterior ventral, colunas anteroposteriores de células respondem em modalidade e propriedades somatotópicas similares. Elas parecem projetar-se para áreas focais restritas em SI de aproximadamente 0,5 mm de largura, as quais formam estreitas áreas mediolateralmente ao longo de SI. A terminação laminar dos axônios talamocorticais derivados do núcleo posterior ventral é diferente nas subdivisões citoarquitetônicas separadas de SI. Em 3a e 3b, esses axônios terminam principalmente na camada IV e na parte profunda adjacente da camada III, enquanto nas áreas 1 e 2 eles terminam na metade mais profunda da camada III, evitando a lâmina IV. Fibras talamocorticais adicionais para SI originam-se do sistema intralaminar, notavelmente do núcleo centrolateral.

Existe uma complexa conectividade interna dentro de SI. Uma progressão hierárquica aparentemente gradual de processamento de informações ocorre da área 3b, através da área 1 até a área 2. Fora do giro pós-central, SI tem conexões de associação corticocorticais ipsilaterais com uma segunda área somatossensorial (SII); com a área 5 no lobo parietal superior; com a área 4, o córtex motor, no giro pós-central; e com o córtex motor suplementar na parte medial da área 6 do lobo frontal.

SI tem conexões comissurais recíprocas com seu homólogo contralateral, com a exceção de que os córtices que contêm a representação das extremidades distais são relativamente desprovidos de tais conexões. As fibras calosas em SI se originam principalmente da parte profunda da camada III e terminam nas camadas I a IV. As células piramidais que contribuem com projeções calosas recebem conexões talâmicas e comissurais monossinápticas.

SI tem conexões subcorticais recíprocas com o tálamo e com o claustro e recebe fibras aferentes do núcleo basal de Meynert, do *locus ceruleus* e da rafe do mesencéfalo. Ele tem outras projeções subcorticais proeminentes. Fibras corticostriatais, que se originam na camada V, seguem principalmente para o putame do mesmo lado. Fibras corticopontinas e corticotetais derivadas de SI se originam na camada V. SI projeta-se para os principais núcleos pontinos e para o núcleo reticular tegmental pontino. Além disso, axônios que se originam em SI seguem para os núcleos da coluna dorsal e para a medula espinal. Células piramidais de projeção corticospinal são encontradas na camada V de SI. A representação topográfica no córtex é preservada em termos dos segmentos espinais para os quais diferentes partes do giro pós-central se projetam. Deste modo, a representação do braço projeta-se para a intumescência cervical, a representação da perna para a intumescência lombossacral e assim por diante. Dentro da substância cinzenta da medula espinal, fibras derivadas de SI terminam no corno dorsal, nas lâminas 3 a 5 de Rexed: as fibras derivadas de 3b e 1 terminam mais dorsalmente, e aquelas derivadas da área 2 mais ventralmente.

A segunda área somatossensorial (SII) localiza-se ao longo da margem superior da fissura lateral, posteriormente ao sulco central. SII contém uma representação somatotópica do corpo, com a cabeça e a face localizadas mais anteriormente, adjacentes a SI, e as regiões sacrais mais posteriormente. SII está reciprocamente conectada ao núcleo posterior ventral do tálamo de uma maneira organizada sob o ponto de vista topográfico. Alguns neurônios talâmicos provavelmente projetam-se tanto para SI como para SII através de colaterais axônicos. Outras conexões talâmicas de SII são com o grupo posterior de núcleos e com o núcleo lateral central intralaminar. SII também projeta-se para as lâminas IV a VII do corno dorsal das regiões cervical e torácica da medula espinal, para os núcleos da coluna dorsal, para o núcleo trigeminal principal e para a substância cinzenta periaquedutal do mesencéfalo.

Dentro do córtex, SII localiza-se reciprocamente conectada com SI de uma maneira topograficamente organizada e projeta-se para o córtex motor primário. SII também projeta-se de uma maneira topograficamente organizada para a parte lateral da área 7 (área 7b) no lobo parietal supe-

rior e faz conexões com o giro posterior do cíngulo. Tanto a área direita como a área esquerda de SII estão conectadas através do corpo caloso, embora as representações do membro distal estejam provavelmente excluídas. Existem projeções calosas adicionais para SI e para a área 7b.

Estudos experimentais mostram que neurônios em SII respondem particularmente a estímulos cutâneos transitórios, por exemplo, carícias com escova ou tapas leves, que são característicos das respostas dos corpúsculos de Pacini na periferia. Eles mostram pouca resposta a estímulos continuados.

Lóbulos parietais superior e inferior

Posteriormente ao giro pós-central, a parte superior do lobo parietal é composta pelas áreas 5, 7a e 7b (Fig. 23.8). A área 5 recebe uma densa projeção de alimentação anterógrada a partir de todas as áreas citoarquitetônicas de uma maneira topograficamente organizada. As fibras aferentes talâmicas para esta área advêm do núcleo posterior lateral e do núcleo lateral central do grupo intralaminar. Fibras corticocorticais ipsilaterais derivadas da área 5 vão para a área 7, para os córtices pré-motor e motor suplementar, para o giro posterior do cíngulo e para o córtex granular insular. Conexões comissurais entre a área 5 em ambos os lados tendem a evitar as áreas de representação dos membros distais. As propriedades de resposta das células na área 5 são mais complexas do que em SI, com campos receptivos maiores e evidências de convergência de submodalidades. A área 5 contribui para o trato corticospinal.

Em primatas não humanos, o lobo parietal inferior é a área 7. Na espécie humana, esta área é mais superior, e as áreas 39 e 40 intervêm inferiormente. Os equivalentes para as últimas áreas em macacos não estão evidentes e poucas evidências experimentais estão disponíveis sobre suas conexões e funções. Seu papel no processamento cerebral humano é discutido a seguir. No macaco, a área 7b recebe estímulos somatossensoriais da área 5 e de SII. As conexões seguem para o giro posterior do cíngulo (área 23), para a ínsula e para o córtex temporal. A área 7b está reciprocamente conectada com a área 46 no córtex pré-frontal e na parte lateral do córtex pré-motor. Conexões comissurais da área 7b ocorrem com a área homóloga contralateral, com SII, com o córtex granular insular e com a área 5. As conexões talâmicas ocorrem com o núcleo pulvinar medial e com o núcleo paracentral intralaminar.

Em macacos, a área 7a não está relacionada às vias corticais para o processamento somatossensorial; porém, em vez disso, forma parte de uma via cortical dorsal para visão espacial. As principais conexões corticocorticais ipsilaterais para a área 7a são derivadas de áreas visuais nos lobos occipital e temporal. No hemisfério ipsilateral, a área 7a tem conexões com o córtex posterior do cíngulo (área 24) e com as áreas 8 e 46 do lobo frontal. A área 7a está conectada com o pulvinar medial e os núcleos paracentrais intralaminares do tálamo. Em estudos experimentais, neurônios dentro da área 7a são visualmente responsivos; eles se relacionam amplamente à visão periférica, respondem a movimentos sob estímulos e são modulados pelo movimento ocular.

LOBO TEMPORAL

O lobo temporal localiza-se inferiormente à fissura lateral. Ele está limitado inferiormente por uma linha arbitrária a partir da incisura pré-occipital até o sulco parieto-occipital, que encontra a margem superomedial do hemisfério a aproximadamente 5 cm do polo occipital. Sua superfície lateral está dividida em três giros paralelos pelos sulcos temporais superior e inferior.

O sulco temporal superior começa próximo ao polo temporal e inclina-se ligeiramente para cima e para trás, paralelamente ao ramo posterior do sulco lateral. Sua extremidade curva-se para cima, para o interior do lobo parietal. O sulco temporal inferior localiza-se subjacente e paralelo ao superior e está frequentemente partido em dois ou três sulcos curtos. Sua extremidade posterior também sobe para o interior do lobo parietal, posterior e paralelamente à extremidade voltada para cima do sulco superior.

Os três giros paralelos sobre a superfície lateral do lobo temporal são os giros temporais superior (área 22), médio (área 21) e inferior (área 20). O polo temporal (área 38) localiza-se em frente à terminação destes giros. Ao longo de sua margem superior, o giro temporal superior é contínuo com giros no assoalho do ramo posterior do sulco lateral. Estes variam em número, e estendem-se de forma oblíqua anterolateralmente do sulco circular ao redor da ínsula como os giros temporais transversos de Heschl (Fig. 23.11). O giro temporal transverso anterior e parte adjacente do giro temporal superior são de função auditiva e considerados como a área 42 de Brodmann. O giro anterior é aproximadamente a área 41.

O córtex do lobo temporal medial inclui importantes subdivisões do sistema límbico, tais como o hipocampo e o córtex entorrinal. Áreas do neocórtex adjacentes a estas regiões límbicas são agrupadas como o córtex de associação temporal medial. Os lobos temporal e frontal são enormemente expandidos na espécie humana, o que representa um problema quando estudos fisiológicos e anatômicos de primatas não humanos são relacionados à topografia cerebral humana. Em geral, os macacos do Velho Mundo, comumente estudados, não apresentam um giro temporal médio.

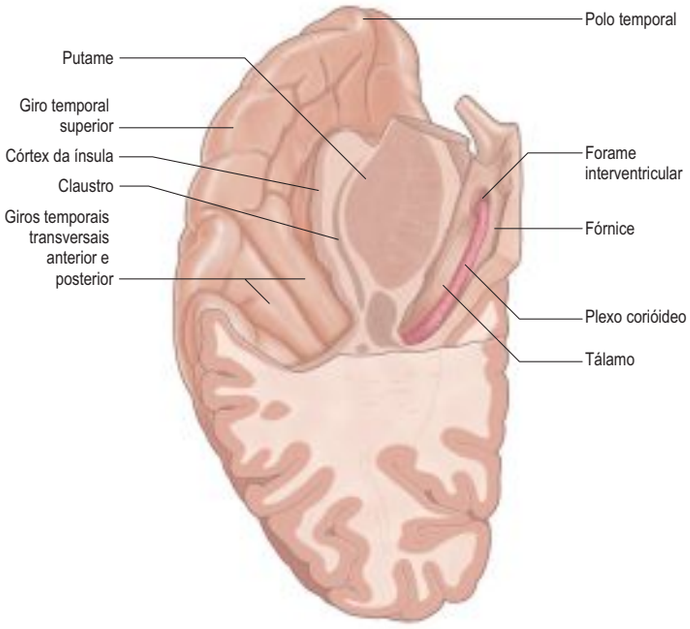


Fig. 23.11 Corte horizontal mostra o lobo temporal esquerdo visto de cima.

Córtex auditivo

O opérculo temporal abriga o córtex auditivo primário, AI. Este é coextensivo com a área granular 41 nos giros temporais transversos. Áreas circunjacentes constituem o córtex de associação auditivo. O córtex auditivo primário está reciprocamente conectado a todas as subdivisões do núcleo geniculado medial e pode receber projeções talamocorticais adicionais a partir do pulvinar medial. As fibras geniculocorticais terminam densamente na camada IV. O AI contém uma representação tonotópica da cóclea, na qual altas frequências estão representadas posteriormente, e baixas frequências anteriormente. Respostas de uma única célula são para tons únicos de uma estreita faixa de frequência. Células em penetrações de um eletrodo vertical único compartilham uma resposta de frequência ideal.

O córtex auditivo se interconecta com o córtex pré-frontal, embora as projeções de AI sejam pequenas. Em geral, partes posteriores do opérculo projetam-se para as áreas 8 e 9. Partes centrais projetam-se para áreas 8, 9 e 46. Regiões mais anteriores projetam-se para áreas 9 e 46, para a área 12 na superfície orbital do hemisfério e para o giro anterior do cíngulo na superfície medial. Conexões corticocorticais contralaterais ocorrem com as mesmas regiões adjacentes no outro hemisfério. As conexões avançadas da via de associação auditiva convergem com aquelas de outras vias de associação sensoriais em regiões corticais no interior do sulco temporal superior.

Evidências sugerem que a área 21, o córtex temporal médio, é polissensorial na espécie humana, e que ela se conecta a vias de associação corticais auditivas, somatossensoriais e visuais. As áreas de associação auditivas do giro temporal superior projetam-se de uma complexa maneira ordenada para o giro temporal médio, assim como para o córtex parietal. O giro temporal médio se conecta ao lobo frontal: as partes mais posteriores projetam-se para o córtex pré-frontal posterior, as áreas 8 e 9, enquanto regiões intermediárias se conectam mais anteriormente às áreas 19 e 46. Mais adiante, a região temporal média tem conexões com as áreas pré-frontais anteriores 10 e 46 e com as áreas orbitofrontais anteriores 11 e 14. A porção mais anterior do córtex temporal médio está conectada ao córtex orbitofrontal posterior, a área 12, e à superfície medial do polo frontal. Mais adiante, esta região temporal média projeta-se para o polo temporal e para o córtex entorrinal. Conexões talâmicas ocorrem com os núcleos pulvinares e com o grupo intralaminar. Outras conexões subcorticais seguem o padrão geral para todas as áreas corticais. Algumas projeções (p. ex., para a ponte), particularmente derivadas de porções anteriores do lobo temporal, são mínimas. As respostas fisiológicas das células nesta região temporal média mostram convergência de diferentes modalidades sensoriais, e muitos neurônios respondem a rostos (faces).

O córtex temporal inferior, a área 20, é uma área de associação visual de natureza superior. O córtex temporal inferior posterior recebe importantes fibras corticocorticais ipsilaterais derivadas de áreas visuais occipitotemporais, notavelmente V4. Ele contém uma grosseira representação retinotópica do campo visual contralateral e envia uma importante via de alimentação anterógrada para a parte anterior do córtex temporal inferior. O córtex temporal inferior anterior projeta-se por sobre o polo temporal e para áreas paralímbicas na superfície medial do lobo temporal. Conexões de associação ipsilaterais adicionais do córtex temporal inferior ocorrem com o córtex temporal médio anterior, nas paredes do giro temporal superior e com áreas visuais do córtex parietotemporal. Conexões do lobo frontal ocorrem com a área 46 no córtex pré-frontal dorsolateral (temporal inferior posterior) e com o córtex orbitofrontal (temporal inferior anterior). A área posterior também se conecta ao campo ocular frontal. Conexões talâmicas recíprocas ocorrem com os núcleos pulvinares; a parte posterior está relacionada principalmente com os núcleos inferior e lateral; e a parte anterior com o pulvinar medial e o lateral adjacente. Conexões intralaminares ocorrem com os núcleos paracentral e medial central. Outras conexões subcorticais estão de acordo com o padrão geral de todas as regiões corticais. Conexões calosas ocorrem entre áreas correspondentes e as áreas de associação visuais adjacentes de cada hemisfério.

O córtex do polo temporal recebe projeções anterógradas a partir de áreas disseminadas do córtex de associação temporal, que estão imediatamente posteriores a ele. A parte dorsal recebe predominantemente estímulos auditivos a partir da parte anterior do giro temporal superior. A parte inferior recebe estímulos visuais derivados da área anterior do córtex temporal inferior. Outras conexões ipsilaterais ocorrem com os córtices pré-frontais mediais. O polo temporal projeta-se para a frente em áreas límbicas e paralímbicas. As conexões talâmicas ocorrem principalmente com o núcleo pulvinar medial e com núcleos intralaminares e da linha média. Outras conexões subcorticais são como para o córtex em geral, embora algumas projeções, tais como aquelas para os núcleos pontinos, sejam muito pequenas. As respostas fisiológicas das células neste e no córtex temporal mais medial correspondem particularmente ao desempenho comportamental e ao reconhecimento de aspectos de alto nível de estímulos sociais.

Os núcleos da amídala projetam-se para áreas neocorticais e recebem fibras destas áreas, predominantemente do lobo temporal, e possivelmente do córtex parietal inferior. A densidade destas vias aumenta em direção ao polo temporal.

ÍNSULA

A ínsula (Fig. 23.12) localiza-se profundamente, no assoalho da fissura lateral, quase circundada por um sulco circular e coberta por áreas corticais adjacentes, os opérculos. O opérculo frontal localiza-se entre os ramos anterior e ascendente da fissura lateral e forma uma divisão triangular do giro frontal inferior. O opérculo frontoparietal, entre os ramos ascendente e posterior da fissura lateral, consiste na parte posterior do giro frontal inferior, nas extremidades inferiores dos giros pré-central e pós-central e na extremidade inferior da parte anterior do lóbulo parietal inferior. O opérculo temporal, abaixo do ramo posterior da fissura lateral, é formado pelos giros temporal superior e temporal transversal. Anteriormente, a região inferior da ínsula encontra-se adjacente à parte orbital do giro frontal inferior.

Quando os opérculos são removidos, a ínsula aparece como uma área piramidal, com seu ápice abaixo e próximo à substância perfurada anterior, onde o sulco circular é deficiente. A parte medial do ápice é denominada límen da ínsula (giro ambiens). Um sulco insular central, que se inclina posterossuperiormente a partir do ápice, divide a superfície insular em uma grande parte anterior e uma pequena parte posterior. A parte anterior é dividida por sulcos rasos em três ou quatro giros curtos, enquanto a parte posterior é um longo giro, frequentemente dividido em sua extremidade superior. O córtex da ínsula é contínuo com o de seus opérculos no sulco circular. A ínsula é aproximadamente coextensiva com o claustro e o putame subjacentes.

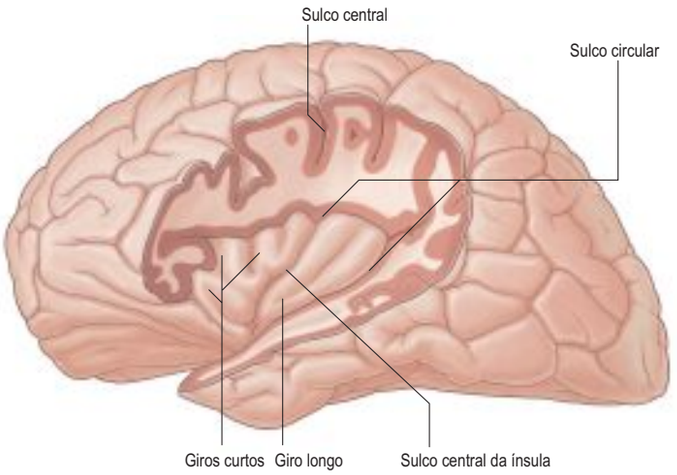


Fig. 23.12 A ínsula, exposta pela remoção dos opérculos.

Sob o ponto de vista citoarquitetônico, três zonas são reconhecidas no interior da ínsula. Anteriormente, e estendendo-se caudalmente para o interior da parte central da ínsula, o córtex é agranular. Ele é circundado por um cinturão de córtex agranular, no qual as lâminas II e III podem ser reconhecidas, e este por sua vez é circundado por uma zona externa de córtex granular homotípico, que se estende até o limite caudal da ínsula.

Aferências talâmicas para a ínsula advêm de subdivisões do núcleo posterior ventral e do corpo geniculado medial, das partes oral e medial do pulvinar, do complexo suprageniculado/núcleo limitante, do núcleo mediodorsal e dos núcleos dos grupos intralaminar e da linha média. Parece que o córtex anterior (agranular) está predominantemente conectado aos núcleos mediodorsal e ventroposterior, enquanto o córtex posterior (granular) está conectado predominantemente ao pulvinar e aos núcleos posteriores ventrais. Os outros grupos nucleares parecem se conectar com todas as áreas.

As conexões corticais ipsilaterais da ínsula são diversas. Conexões somatossensoriais ocorrem com SI, SII e áreas circunjacentes, a área 5 do lobo parietal superior e a área 7b do lobo parietal inferior. O córtex insular também tem conexões com o córtex orbitofrontal. Várias regiões auditivas no lobo temporal se interconectam com a parte posterior granular da ínsula e com o córtex agranular mais anteriormente. As conexões com as áreas visuais estão virtualmente ausentes. O córtex agranular anterior da ínsula parece ter conexões principalmente com estruturas olfatórias, límbicas e paralímbicas, incluindo, mais proeminentemente, a amídala. Pouco se sabe sobre as funções da ínsula humana, com exceção de que o córtex insular anterior parece ter um papel na olfação e no paladar, e a parte posterior em funções somatossensoriais. Esta última também tem sido implicada em funções da linguagem, que ressonam com a possibilidade de que vias de associação auditivas superiores possam passar através de áreas na ínsula.

Claustro

O claustro (Fig. 23.27) é uma delgada camada de substância cinzenta disposta abaixo da ínsula. Ele é aproximadamente coextensivo com a ínsula, da qual está separado pela cápsula extrema. Medialmente, o claustro está separado do putame pela cápsula externa. Ele é mais espesso anteriormente e inferiormente, onde se torna contínuo com a substância perfurada anterior, a amídala e o córtex pré-piriforme. Em animais, ele tem conexões recíprocas e organizadas topograficamente com muitas regiões do neocórtex. Pouco se sabe sobre as conexões e o significado funcional do claustro no encéfalo humano.

LOBO OCCIPITAL

O lobo occipital localiza-se atrás de uma linha arbitrária que une a incisura pré-occipital e o sulco parieto-occipital (Figs. 23.1 e 23.2). Ele é constituído quase inteiramente pelas áreas 17, 18 e 19 de Brodmann. A área 17, o córtex estriado, é o córtex visual primário (VI). Uma variedade de outras áreas visuais distintas reside nos córtices occipital e temporal. As subdivisões funcionais V2, V3 (dorsal e ventral) e V3A localizam-se no interior da área 18 de Brodmann. Outras áreas funcionais na junção do córtex occipital com os lobos parietal ou temporal localizam-se total ou parcialmente na área 19.

O córtex visual primário está em sua maior parte localizado na face medial do lobo occipital e é coextensivo com a estria de Gennari, uma faixa de fibras nervosas subcorticais na camada IV; daí seu nome alternativo, o córtex estriado. Ele ocupa os lábios superior e inferior, a espessura da parte posterior do sulco calcarino e estende-se para dentro do cúneo e do giro lingual.

O córtex visual primário recebe fibras aferentes derivadas do núcleo geniculado lateral através da radiação óptica (Fig. 23.27). Esta última se curva posteriormente e se espalha através da substância branca do lobo occipital. Suas fibras terminam de uma maneira estrita ponto a ponto na área estriada. O córtex de cada hemisfério recebe impulsos das duas hemirretinas, que representam a metade contralateral do campo visual binocular. Os quadrantes retinianos superior e inferior estão conectados a áreas correspondentes do córtex estriado. Deste modo, os quadrantes retinianos superiores (que representam a metade inferior do campo visual) estão conectados ao córtex visual acima do sulco calcarino e os quadrantes

retinianos inferiores (que representam a metade superior do campo visual) estão conectados ao córtex visual abaixo do sulco calcarino. As partes periféricas das retinas ativam as partes mais anteriores no córtex visual. A mácula usurpa de uma parte posterior desproporcionalmente grande ao redor do polo occipital.

O córtex estriado é granular. A camada IV, que apresenta a estria de Gennari, está comumente dividida em três subcamadas. A partir da região superficial em direção à região profunda, estas são IVA, IVB (que contém a estria) e IVC. A subcamada IVC, densamente celularizada, é ainda subdividida em uma camada IVCα superficial e uma camada IVCβ profunda. A camada IVB contém apenas neurônios esparsos, principalmente não piramidais. O estímulo para a área 17 a partir do núcleo geniculado lateral termina predominantemente nas camadas IVA e IVC. Outras aferências talâmicas, derivadas do núcleo pulvinar inferior e do grupo intralaminar, seguem para as camadas I e VI. As fibras geniculocorticais terminam em faixas alternadas. Os axônios das lâminas geniculadas, que recebem informações do olho ipsilateral (lâminas 2, 3 e 5), estão segregadas daquelas de lâminas que recebem estímulos do olho contralateral (lâminas 1, 4 e 6). Os neurônios na camada IVC são monoculares, isto é, eles respondem a uma estimulação do olho ipsilateral ou do olho contralateral, mas não de ambos. Essa segregação horizontal forma a base anatômica da coluna de dominância ocular, na qual neurônios encontrados em uma faixa vertical da pia até a substância branca, apesar de binoculares fora da camada IV, exibem uma preferência pela estimulação de um ou de outro olho. A outra principal base funcional para a organização colunar cortical visual é a coluna de orientação. Isto descreve a observação de que um eletrodo que passa através da espessura do córtex em ângulos retos ao plano da pia até a substância branca encontra neurônios que respondem preferencialmente a uma linha estacionária ou a uma linha reta em movimento de uma dada orientação dentro do campo visual. Células com campos receptivos simples, complexos e hipercomplexos ocorrem na área 17. Células simples respondem otimamente a linhas em uma posição estreitamente definida. Células complexas respondem a uma linha em qualquer lugar dentro de um campo receptivo, mas com uma orientação específica. Células hipercomplexas são similares às células complexas, exceto pelo fato de que o comprimento da linha ou do estímulo de barra é também crítico para uma resposta adequada. Existe uma relação entre a complexidade da resposta e a posição das células em relação às lâminas corticais. Células simples estão principalmente na camada IV e células complexas e hipercomplexas predominam nas camadas II e III ou nas camadas V e VI.

As fibras corticocorticais ipsilaterais seguem da área 17 para uma variedade de áreas funcionais nas áreas 18 e 19 e nos córtices parietal e temporal. As fibras derivadas da área 17 seguem para a área 18 (que contém as áreas visuais V2, V3 e V3a); para a área 19 (que contém V4); para as áreas intraparietal posterior e parieto-occipital; e para partes do lobo temporal posterior, da área temporal média e da área temporal superior medial. Eferências subcorticais do córtex estriado seguem para o colículo superior, pré-teto e partes da formação reticular do tronco encefálico. Projeções para o estriado (notavelmente a cauda do núcleo caudado) e para os núcleos pontinos são esparsas. Projeções geniculocorticais e claustrocorticais são tornadas recíprocas por projeções proeminentes descendentes que se originam na camada VI.

A segunda área visual (V2) ocupa grande parte da área 18, mas não é coextensiva com esta última. Ela contém uma completa representação retinotópica do hemicampo visual, que é uma imagem refletida daquela na área 17, com o meridiano vertical representado em sua maior parte posteriormente ao longo da borda entre as áreas 17 e 18. A principal projeção anterógrada corticocortical ipsilateral para V2 advém de V1. Projeções anterógradas derivadas de V2 seguem para várias outras áreas visuais (e são tornadas recíprocas por conexões de *feedback*) incluindo a terceira área visual (V3) e suas várias subdivisões (V3/V3d; VP/V3v; V3a); a quarta área visual (V4); as áreas nos córtices de associação parietal e temporal; e no campo ocular frontal. Aferências talâmicas para V2 advêm do núcleo geniculado lateral, dos núcleos pulvinares inferior e lateral e partes do grupo intralaminar de núcleos. Aferências subcorticais adicionais são como áreas corticais em geral. Eferências subcorticais se originam predominantemente nas camadas V e VI. Elas seguem para o tálamo, o claustro, o colículo superior, o pré-teto, a formação reticular do tronco encefálico, o estriado e a ponte. Como para a área 17, as conexões calosas de V2 estão restritas predominantemente para o córtex, que contém a representação do meridiano vertical.

A terceira área visual (V3) é uma estreita faixa adjacente à margem anterior de V2, provavelmente ainda dentro da área 18 de Brodmann. V3 tem sido subdividida em regiões dorsal (V3/V3d) e ventral (VP/V3v) com base em suas aferências a partir da área V1, na mieloarquitetura, nas conexões calosas e de associação e nas propriedades dos campos receptivos. A subdivisão dorsal recebe de V1, enquanto a ventral não recebe. Sob o ponto de vista funcional, a parte dorsal apresenta menos seletividade aos comprimentos de onda, seletividade maior à direção e campos receptivos menores que a subdivisão ventral. Ambas as áreas recebem uma projeção anterógrada derivada de V2 e estão interconectadas por fibras de associação. Uma área visual adicional, a área V3a, localiza-se anteriormente à subdivisão dorsal de V3. Ela recebe conexões de associação aferentes a partir de V1, V2, V3/V3d e VP/V3v, e tem uma complexa e irregular organização topográfica. Todas as subdivisões projetam-se para diversas áreas visuais nos córtices parietal, occipital e temporal, incluindo V4, e para os campos oculares frontais.

A quarta área visual, V4, localiza-se no interior da área 19 até o complexo V3. Ela recebe uma importante projeção anterógrada ipsilateral derivada de V2. A seletividade a cores, além da seletividade à orientação, pode ser transmitida para V4, e uma lesão bilateral causa acromatopsia. V4 é mais complexa que uma simples área de discriminação de cores porque ela também está envolvida na discriminação da orientação, da forma e do movimento. Ela envia uma projeção anterógrada para o córtex temporal inferior e recebe projeção retrógrada. Ela também se conecta a outras áreas visuais que se localizam mais dorsalmente no lobo temporal e no lobo parietal. Conexões talamocorticais ocorrem com os núcleos pulvinares lateral e inferior e com os núcleos intralaminares. Outras conexões subcorticais estão de acordo com o padrão geral para todas as áreas corticais. Conexões calosas ocorrem com a área V4 contralateral e com outras áreas visuais occipitais.

Uma quinta área visual, V5 ou área temporal média, é encontrada em primatas não humanos em direção à extremidade posterior do sulco temporal superior. Ela recebe conexões de associação ipsilaterais a partir das áreas V1, V2, V3 e V4, de uma maneira topograficamente organizada. Outras projeções menores são recebidas a partir de áreas visuais disseminadas nos lobos temporal e parieto-occipital e dos campos oculares frontais. V5 é principalmente uma área de detecção ou discriminação de movimentos e contém uma alta proporção de células sensíveis aos movimentos e seletivas à direção. Projeções anterógradas seguem para as áreas temporal e parietal circunjacentes e para o campo ocular frontal. As conexões talâmicas ocorrem com os núcleos pulvinares lateral e inferior e com o grupo intralaminar de núcleos. Outras conexões seguem o padrão geral de todas as áreas neocorticais.

Os conceitos atuais do processamento visual nos córtices temporal inferior e temporoparietal sugerem que duas vias paralelas (dorsal e ventral) emanam do lobo occipital. A via dorsal, relacionada principalmente com a discriminação visual-espacial, projeta-se de V1 e V2 para as áreas temporal superior e parietotemporal circunjacente, e finalmente para a área 7a do córtex parietal. A quarta área visual, V4, é uma importante estação de retransmissão para a via ventral, que está relacionada à percepção e ao reconhecimento de objetos. Suas conexões seguem sequencialmente ao longo do giro temporal inferior de uma maneira anterógrada, a partir de V4 para os córtices temporais posterior, intermediário e em seguida inferior anterior. Finalmente, elas abastecem as áreas polar temporal e temporal medial, e assim se conectam ao sistema límbico.

LOBO LÍMBICO

O lobo límbico (Fig. 23.13) inclui grande parte do córtex na parede medial do hemisfério, principalmente os giros subcaloso, do cíngulo e para-hipocampal. Ele também inclui a formação hipocampal, que consiste no hipocampo propriamente dito (ou corno de Ammon), no giro denteado, no complexo subicular (subículo, pré-subículo e parassubículo) e no córtex entorrinal (área 28). Existe uma íntima relação entre estas estruturas corticais antigas sob o ponto de vista filogenético e a terminação do trato olfatório nos lobos frontal e temporal medial.

Com base nos distúrbios emocionais demonstrados por pacientes que se apresentaram com lesão no hipocampo e no giro do cíngulo, Papez (1937) descreveu um circuito fechado (o circuito de Papez), que ligava o hipocampo ao córtex cingulado através dos corpos mamilares e da porção anterior do tálamo. Ele propôs que a expressão emocional está organizada no hipocampo, experimentada no giro do cíngulo e expressa através dos corpos mamilares. O hipotálamo foi considerado o local no qual os processos hipocampais ganham acesso ao fluxo de saída autônomo que controla a expressão periférica de estados emocionais. O circuito de Papez é agora amplamente aceito como envolvido com processos cognitivos, que incluem funções mnemônicas e memória espacial de curta duração.

Posteriormente, o termo "sistema límbico" tornou-se popular para descrever o lobo límbico, juntamente com núcleos subcorticais intimamente associados, como a amídala, o septo, o hipotálamo, a habênula, os núcleos talâmicos anteriores e partes dos núcleos da base.

O giro do cíngulo pode ser dividido rostrocaudalmente em várias áreas discretas sob o ponto de vista citoarquitetônico: os córtices prélímbico (área 32) e infralímbico (área 25), o córtex anterior do cíngulo (áreas 23 e 24) e parte do córtex cingulado posterior ou retroesplênico (área 29).

O giro do cíngulo, que está relacionado às superfícies mediais do lobo frontal, contém áreas motoras específicas e tem extensas conexões com áreas neocorticais do lobo frontal. O giro do cíngulo na superfície medial

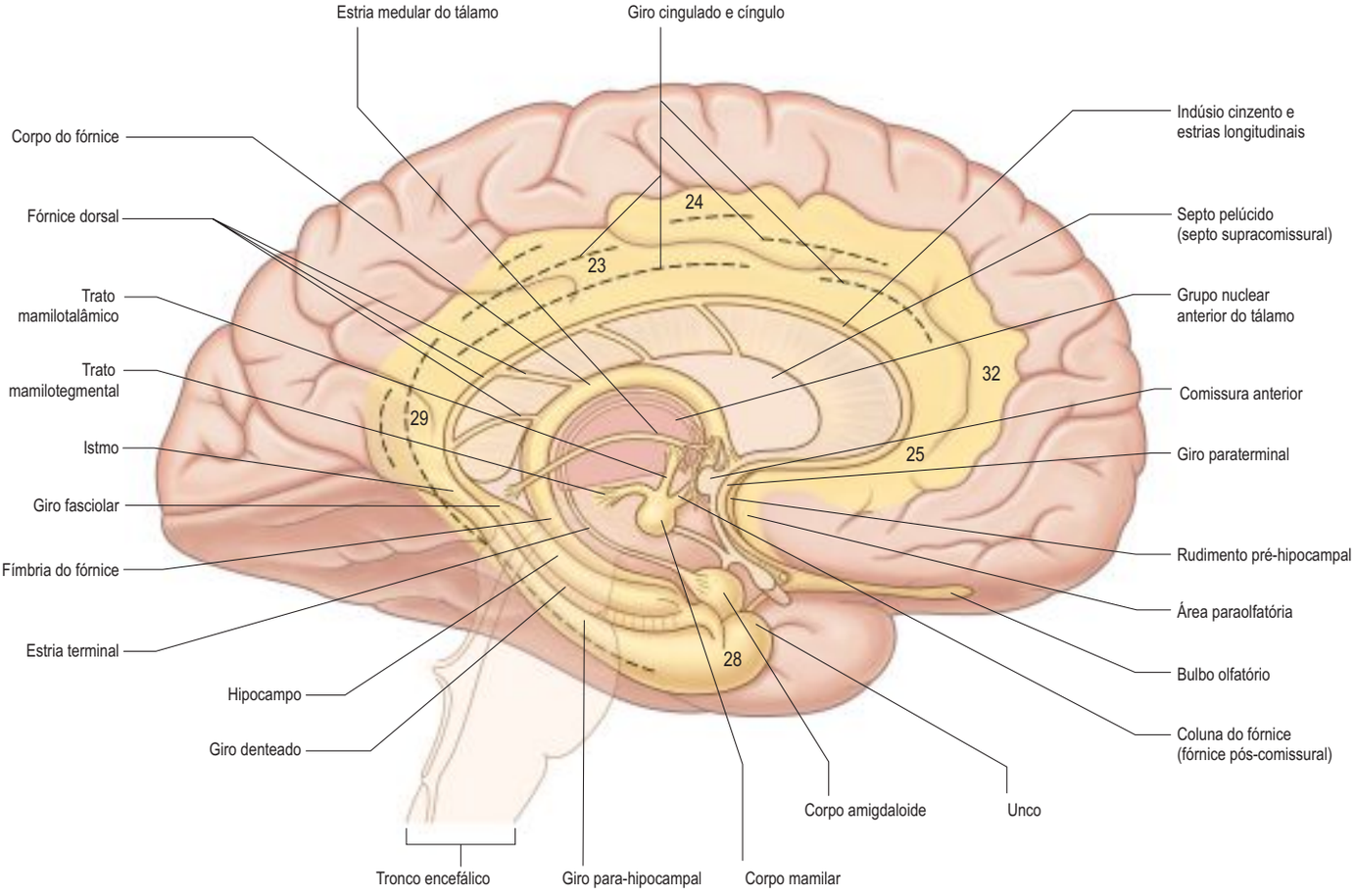


Fig. 23.13 Componentes do sistema límbico (em amarelo). Face medial do hemisfério cerebral esquerdo. As locações aproximadas de algumas áreas de Brodmann estão indicadas.

do lobo parietal tem conexões igualmente extensas com áreas somatossensoriais e de associação visuais dos lobos parietal, occipital e temporal. Estas aferências para o giro do cíngulo são predominantemente derivadas de áreas neocorticais na superfície lateral do hemisfério. Finalmente, dentro do córtex cingulado, a maioria das projeções segue caudalmente para dentro do giro para-hipocampal posterior. Através deste sistema, aferências derivadas de áreas disseminadas do córtex de associação convergem sobre o lobo temporal medial e a formação hipocampal. Existem outras rotas graduais paralelas para esses alvos através de áreas corticais na superfície lateral.

O giro do cíngulo é a área que apresenta as alterações provocadas por dor mais consistentes na atividade sináptica relacionadas ao fluxo sanguíneo cerebral regional (FSCr), conforme medidas por tomografia de emissão de pósitrons (PET) ou por imageamento de ressonância magnética funcional (RMf) (Derbyshire *et al.*, 1997). Deve ser lembrado que a dor provoca uma resposta multidimensional no encéfalo, que inclui componentes cognitivos, emocionais, autônomos e motores, e desta forma nem sempre é possível atribuir funções específicas a partes do encéfalo que geram sinais de PET ou de RMf em resposta à dor (Peyron *et al.*, 2000). Entretanto, em muitos paradigmas experimentais, uma combinação de sinais derivados do giro do cíngulo, da área somatossensorial SII e da ínsula parece estar envolvida na apreciação consciente de nocicepção e de dor neuropática.

O giro para-hipocampal inclui as áreas 27, 28 (córtex entorrinal), 35, 36, 48, 49 e campos corticais temporais. Ele tem complexas interconexões com o córtex cingulado e com a formação hipocampal. Em macacos, o córtex infralímbico (área 25) tem sido mostrado ao projetar-se para as áreas 24a e 24b. A área 25 também tem conexões recíprocas com o córtex entorrinal. As projeções entre a área paralímbica (área 32) e o córtex límbico (córtex anterior, retroesplênico e entorrinal) são um pouco menos proeminentes. As áreas 24 e 29 estão conectadas com a área cingulada posterior paralímbica (área 23). Um padrão de conexões corticais que segue para fora do hipocampo, através do córtex entorrinal para o córtex perirrinal, para o giro para-hipocampal caudal e para o giro posterior do cíngulo, é considerado de grande importância, desde que se considere o hipocampo. O giro para-hipocampal projeta-se para quase todas as áreas de associação do córtex em primatas e também fornece o funil principal através do qual estímulos sensoriais polimodais convergem sobre o hipocampo.

Vias olfatórias

A organização do sistema olfatório reflete sua antiga linhagem sob o ponto de vista filogenético: vias olfatórias aferentes prosseguem diretamente para o córtex cerebral, desviam-se do tálamo e seus campos terminais são primitivas áreas corticais consideradas partes do sistema límbico. Detalhes da relação entre as vias olfatórias e o sistema límbico são mostrados na Figura 23.4.

Os nervos olfatórios se originam a partir de neurônios olfatórios receptores na mucosa olfatória (Cap. 32). Os axônios se agrupam em numerosos pequenos feixes embainhados por uma população de células gliais exclusivas e circundados por camadas das meninges, entram na fossa craniana anterior e passam através dos forames na placa cribriforme do osso etmoide. Eles se prendem à superfície inferior do bulbo olfatório, que está localizado na extremidade anterior do sulco olfatório na superfície orbital do lobo frontal, e terminam no bulbo. Os neurônios olfatórios receptores são continuamente substituídos durante toda a vida através da diferenciação de células-tronco na mucosa olfatória. O bulbo olfatório é contínuo posteriormente com o trato olfatório, através do qual os estímulos advindos do bulbo passam diretamente para o córtex olfatório.

Existe uma estrutura laminar evidente no bulbo olfatório (Fig. 23.14). Da superfície para o interior, as lâminas são a camada do nervo olfatório, a camada glomerular, a camada plexiforme externa, a camada de células mitrais, a camada plexiforme interna e a camada de células granulares. A camada do nervo olfatório consiste nos axônios amielínicos dos neurônios olfatórios. A reposição contínua de células receptoras significa que os axônios nesta camada estão em diferentes estágios de crescimento, maturidade ou degeneração. A camada glomerular consiste em uma delgada camada de glomérulos na qual os axônios olfatórios que entram se separam e fazem sinapses com dendritos terminais de neurônios olfatórios secundários, isto é, células mitrais, células com tufos e células periglomerulares. A camada plexiforme externa contém os dendritos principais e secundários das células mitrais e das células em tufo. A camada de células mitrais é uma lâmina delgada composta pelos corpos celulares das

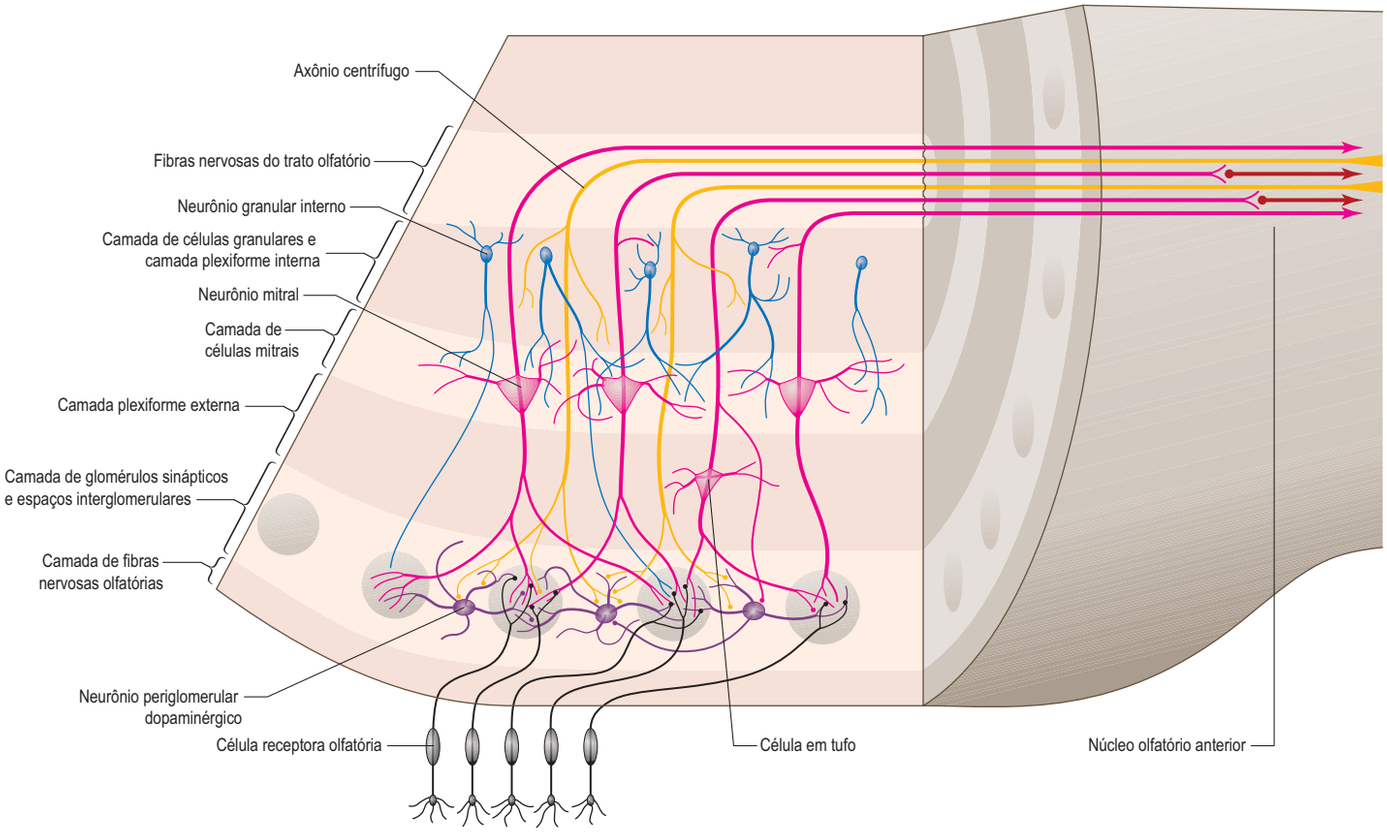


Fig. 23.14 Organização do bulbo olfatório.

células mitrais, cada uma delas enviando um dendrito principal único para um glomérulo, dendritos secundários para a camada plexiforme externa e um axônio único para o trato olfatório. Ela também contém alguns poucos corpos celulares de células granulares. A camada plexiforme interna contém axônios, colaterais recorrentes e profundos das células mitrais e das células em tufo e corpos celulares das células granulares. A camada de células granulares contém a maioria das células granulares e seus prolongamentos superficiais e profundos, juntamente com numerosas fibras nervosas centrípetas e centrífugas que seguem através da camada.

Os principais neurônios no bulbo olfatório são as células mitrais e as células em tufo: seus axônios formam sua descarga através do trato olfatório. Essas células são morfologicamente similares e a maioria utiliza um aminoácido excitatório, provavelmente o glutamato ou o aspartato, como seu neurotransmissor. As células mitrais estendem-se pelas camadas do bulbo e recebem os estímulos sensoriais superficialmente em seu tufo glomerular. Os axônios das células mitrais e das células em tufo parecem estar paralelos às vias de saída do bulbo olfatório.

Os principais tipos de interneurônios no bulbo olfatório são as células periglomerulares e as células granulares. A maioria das células periglomerulares é dopaminérgica (grupo celular A15), mas algumas são GABAérgicas: seus axônios estão distribuídos lateralmente e terminam dentro de regiões extraglomerulares. As células granulares são similares em tamanho às células periglomerulares. Seu aspecto mais característico é a ausência de um axônio, e elas consequentemente se assemelham às células amácrinas na retina. As células granulares têm dois dendritos principais dotados de espículas que seguem radialmente no bulbo: elas parecem ser GABAérgicas. É provável que a célula granular seja uma poderosa influência inibitória sobre os neurônios eferentes do bulbo olfatório.

Estímulos centrífugos para o bulbo olfatório se originam a partir de uma variedade de locais centrais. Os neurônios do núcleo olfatório anterior e os colaterais dos neurônios piramidais no córtex olfatório projetam-se para as células granulares do bulbo olfatório. Neurônios colinérgicos no núcleo do ramo horizontal da faixa diagonal de Broca, parte do sistema colinérgico do telencéfalo basal, projetam-se para a camada de células granulares e também para a camada glomerular. Outras aferências para a camada de células granulares e para os glomérulos se originam do *locus ceruleus* pontino e do núcleo da rafe do mesencéfalo.

A camada de células granulares do bulbo é estendida para o interior do trato olfatório como neurônios multipolares de tamanho médio espalhados que constituem o núcleo olfatório anterior. Muitos axônios centrípetos derivados de células mitrais e células em tufo transmitem para o núcleo olfatório anterior, ou dão colaterais para este; os axônios derivados do núcleo continuam com as fibras diretas restantes derivadas do bulbo para o interior das estrias olfatórias.

À medida que o trato olfatório se aproxima da substância perfurada anterior, ele se achata e se alarga como o trígono olfatório. Fibras do trato estendem-se a partir dos ângulos caudais do trígono como as estrias olfatórias medial e lateral divergentes, que delimitam a substância perfurada anterior. A estria olfatória lateral segue a margem anterolateral da substância perfurada anterior até o límen da ínsula, onde ela se dobra posteromedialmente para se fundir com uma região elevada, o giro semilunar, na margem rostral do unco no lobo temporal. O giro olfatório lateral forma uma camada cinzenta tênue que cobre a estria olfatória lateral: ela se funde lateralmente com o giro ambiens, parte do límen da ínsula. O giro olfatório lateral e o giro ambiens formam a região pré-piriforme do córtex, que segue caudalmente para dentro da área entorrinal do giro para-hipocampal. As regiões pré-piriforme e periamigdaloide e a área entorrinal (área 28) juntas formam o córtex piriforme. A estria olfatória medial segue medialmente ao longo do limite rostral da substância perfurada anterior em direção à continuação medial da faixa diagonal de Broca. Juntas, elas se curvam para cima sobre a face medial do hemisfério, anteriormente à fixação da lâmina terminal.

O córtex olfatório recebe um estímulo direto do bulbo olfatório, que chega através do trato olfatório sem retransmissão no tálamo. A maior área olfatória cortical é o córtex piriforme. O núcleo olfatório anterior, o tubérculo olfatório, as regiões dos córtices entorrinal e insular e a amídala também recebem projeções diretas do bulbo olfatório.

O córtex entorrinal (área 28 de Brodmann) é a parte mais posterior do córtex piriforme e está dividido em áreas medial e lateral (áreas 28a e 28b). As partes laterais recebem fibras principalmente do bulbo olfatório, e também dos córtices piriforme e periamigdaloide.

Projeções derivadas do córtex olfatório piriforme são espalhadas e incluem o neocórtex (especialmente o córtex orbitofrontal), o tálamo (especialmente o núcleo talâmico dorsal medial), o hipotálamo, a amídala e a formação hipocampal.

Formação hipocampal

A formação hipocampal inclui o giro denteado, o hipocampo, o complexo subicular e o córtex entorrinal.

O hipocampo localiza-se acima do subículo e do giro para-hipocampal medial, e forma uma elevação curva, de aproximadamente 5 cm de comprimento, ao longo do assoalho do corno inferior do ventrículo lateral (Fig. 23.15). Sua extremidade anterior é expandida, e aqui sua margem pode apresentar dois ou três sulcos rasos que dão uma aparência semelhante a uma pata, o pé do hipocampo. A face ventricular é convexa. Ela é coberta por epêndima, abaixo do qual fibras do álveo convergem medialmente sobre um feixe longitudinal de fibras, a fímbria do fórnice.

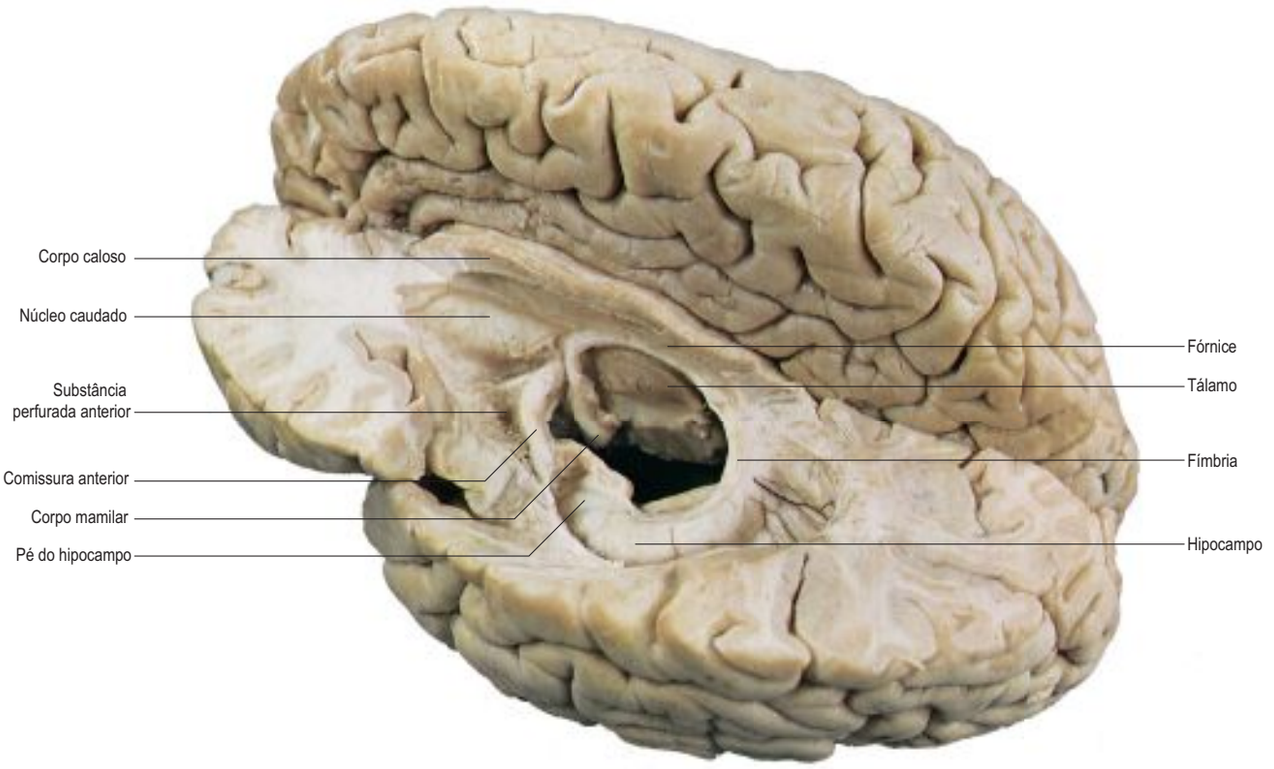


Fig. 23.15 Dissecção do hemisfério cerebral esquerdo demonstra estruturas do sistema límbico. O tronco do corpo caloso foi dividido sagitalmente. Os lobos frontal, temporal e occipital foram seccionados horizontalmente e suas partes superiores removidas. O complexo lentiforme esquerdo e o tálamo foram removidos e o assoalho do corno inferior do ventrículo lateral foi aberto. (Dissecção por A M Seal; fotografia por Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London; figura aumentada por B. Crossman.)

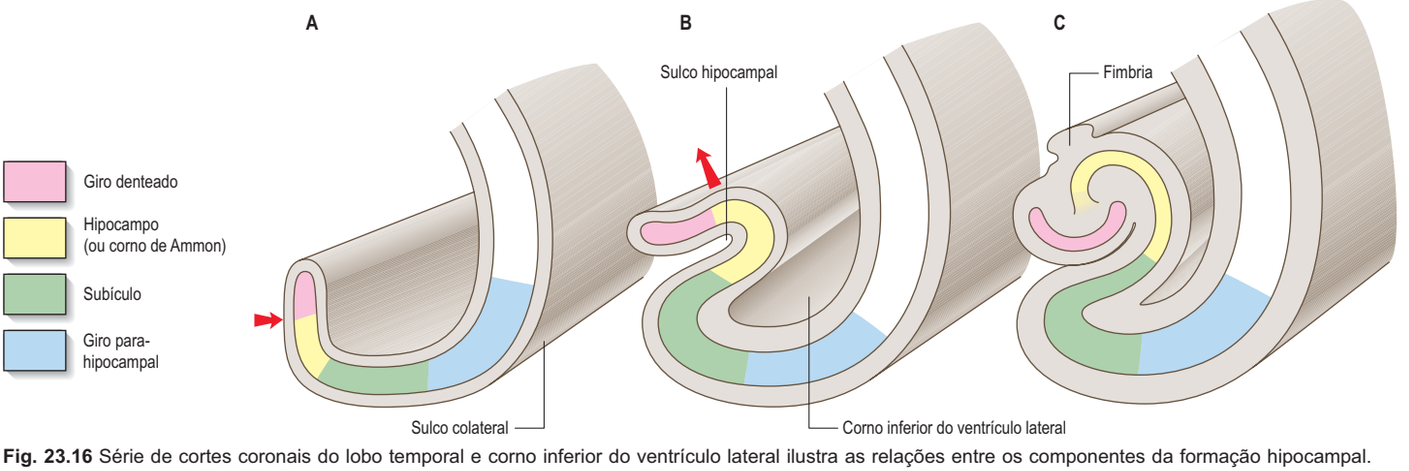


Fig. 23.16 Série de cortes coronais do lobo temporal e corno inferior do ventrículo lateral ilustra as relações entre os componentes da formação hipocampal.

Medialmente a partir do sulco colateral, o neocórtex do giro para-hipocampal funde-se com o justalocórtex de transição do subículo (Fig. 23.16). Este último se curva superomedialmente para a superfície inferior do giro denteado e em seguida lateralmente para as lâminas do hipocampo. Esta curvatura continua, primeiro superiormente, em seguida medialmente acima do giro denteado, e termina ao apontar em direção ao centro da superfície superior do giro denteado. O giro denteado é uma faixa crenada de córtex, relacionada inferiormente ao subículo, lateralmente ao hipocampo e, mais medialmente, à fímbria do fórnice (Figs. 23.16 e 23.17). O formato da fímbria é bastante variável, porém medialmente ela está separada da margem medial crenada do giro denteado pelo sulco fimbriodenteado (Fig. 23.18). O sulco hipocampal, de profundidade variável, localiza-se entre o giro denteado e a extensão subicular do giro para-hipocampal. Posteriormente, o giro denteado é contínuo com o giro fasciolar e, desta forma, com o indúsio cinzento. Anteriormente, ele é contínuo para o interior da incisura do unco, voltando-se medialmente através de sua superfície inferior, como a cauda do giro denteado (faixa de Giacomini), e desaparece sobre a face medial do unco (Fig. 23.17). A cauda separa a superfície inferior do unco em um giro uncinado anterior e um giro intralímbico posterior.

O córtex trilaminar do giro denteado é o menor complexo dos campos hipocampais (Fig. 23.19). Seu principal tipo celular é a célula granular, encontrada na camada celular granular densa. Esta última recebe a maior parte das projeções aferentes para o giro denteado, principalmente a partir do córtex entorrinal (Fig. 23.20). As camadas de células granulares e molecular são às vezes referidas como fáscia denteada. A camada polimórfica, ou hilo do giro denteado, contém células que dão origem principalmente às fibras de associação ipsilateral. Elas permanecem dentro do giro denteado e não se estendem para outros campos hipocampais.

O hipocampo é um arquicórtex trilaminar. Ele consiste em uma camada única de células piramidais, com camadas plexiformes acima e abaixo. Ele pode ser mais bem dividido em três campos distintos, CA1, CA2 e CA3 (Figs. 23.18 e 23.19). O campo CA3 delimita o hilo do giro denteado em uma extremidade, e o campo CA2 no outro. As células piramidais do campo CA3 são as maiores no hipocampo e recebem o estímulo das fibras musgosas a partir das células granulares do giro denteado em seus dendritos proximais. Toda a camada de células piramidais neste campo tem dez células de espessura. O limite entre CA3 e CA2 não é bem marcado. O campo CA2 tem a camada mais compacta de células piramidais. Ela não recebe de modo algum estímulos de fibras musgosas a partir

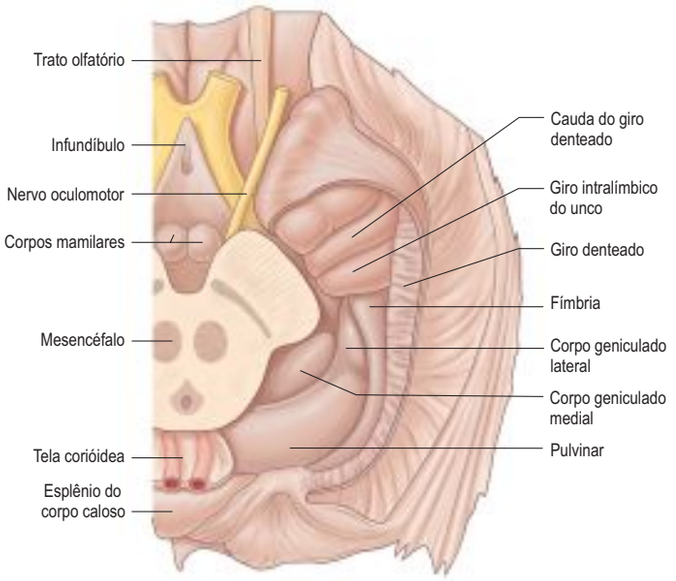


Fig. 23.17 Face basal do encéfalo dissecado para mostrar o giro denteado, o unco e a fímbria à esquerda.

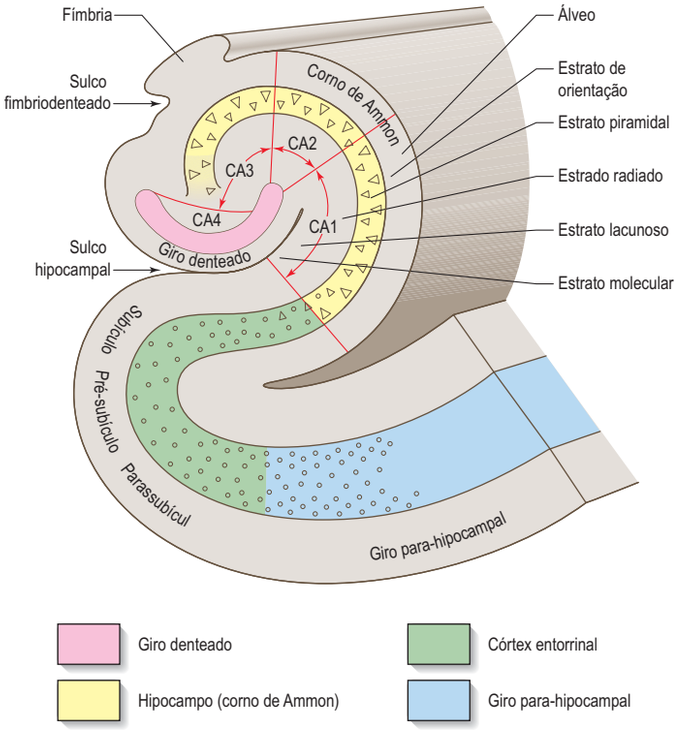


Fig. 23.18 A formação hipocampal mostra a disposição dos vários campos celulares.

de células granulares do giro denteado, mas recebe um estímulo importante a partir da região supramamilar do hipotálamo. O campo CA1 é usualmente descrito como o mais complexo das subdivisões hipocampais e sua aparência varia ao longo de seus eixos transversal e rostrocaudal. O limite CA1/CA2 não é nítido, e em sua outra extremidade CA1 se sobrepõe ao subículo por uma certa distância. Aproximadamente 10% dos neurônios neste campo são interneurônios.

É comum descrever vários estratos no interior das camadas do hipocampo. A começar de sua face ventricular, estes são o álveo (contém axônios de células subiculares e de células piramidais hipocampais que convergem para a fímbria do fórnice); o estrato de orientação (principalmente os dendritos basais das células piramidais e alguns interneurônios); o estrato piramidal; o estrato lúcido (contém fibras musgosas que estabelecem contato com os dendritos proximais das células piramidais no campo CA3); e o estrato radiado e o estrato lacunoso-molecular. O estrato lúcido não é tão proeminente na espécie humana como é em outros primatas, e não está presente nos campos CA1 e CA2.

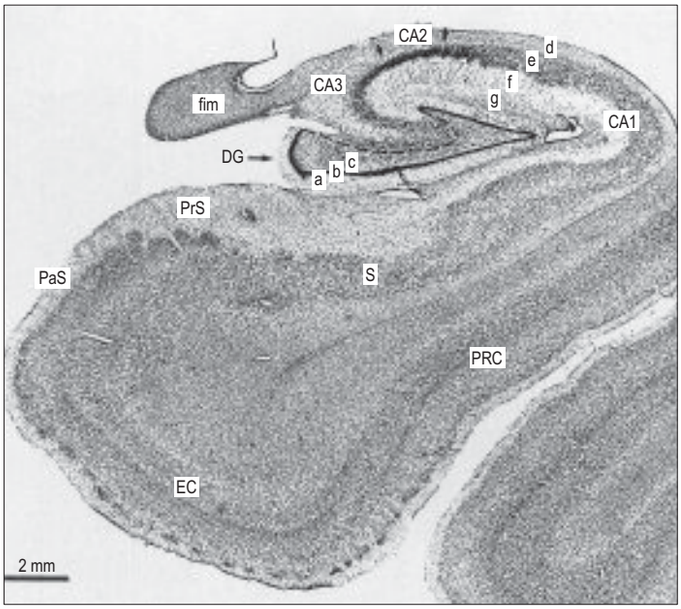


Fig. 23.19 Corte coronal, corado com tionina, da formação hipocampal humana. Abreviações: a, camada molecular do giro denteado; b, camada de células granulares do giro denteado; c, camada plexiforme do giro denteado; CA1-3, campos do hipocampo; d, estrato de orientação do hipocampo; DG, giro denteado; e, camada de células piramidais do hipocampo; fim, fímbria; g, estrato lacunoso-molecular do hipocampo; PaS, parassubículo; PRC, córtex perirrinal; PrS, pré-subículo; S, subículo. (Por cortesia de D. Amaral.)

No estrato radiado e no estrato de orientação, as células de CA3 e CA2 recebem conexões de associação derivadas de outros níveis rostrocaudais do hipocampo, assim como aferências de estruturas subcorticais, por exemplo, os núcleos septais e a região supramamilar. As projeções das células piramidais dos campos CA3 e CA2 para CA1, frequentemente chamadas de colaterais de Schaffer, também terminam no estrato radiado e no estrato de orientação. As projeções do córtex entorrinal para o giro denteado (a via perfurante) seguem no estrato lacunoso-molecular, onde elas fazem contato sináptico *en passant* com os dendritos apicais distais das células piramidais hipocampais.

O complexo subicular é geralmente subdividido em subículo, pré-subículo e parassubículo. As principais projeções subcorticais da formação hipocampal (para os núcleos septais, núcleos mamilares, núcleo acumbens e tálamo anterior) e para o córtex entorrinal originam-se a partir de neurônios piramidais do complexo subicular. O subículo consiste em uma camada molecular superficial que contém dendritos apicais das células piramidais subiculares, uma camada de células piramidais e uma camada polimórfica profunda. O pré-subículo é medial ao subículo e é distinguido por uma camada superficial densamente compactada de células piramidais. Ela forma o limite entre o complexo subicular como um todo e o córtex entorrinal. As camadas celulares abaixo do parassubículo são indistinguíveis das camadas profundas do córtex entorrinal.

O córtex entorrinal (área 28 de Brodmann, Fig. 23.19) estende-se rostralmente até o limite anterior da amídala. Caudalmente, ela se sobrepõe a uma porção dos campos hipocampais. Os níveis mais primitivos do córtex entorrinal (abaixo da amídala) recebem projeções do bulbo olfatório. Regiões mais caudais geralmente não recebem estímulos olfatórios primários. O córtex entorrinal é divisível em seis camadas e é bastante distinto de outras regiões neocorticais. A camada I é acelular e plexiforme. A camada II é uma estreita camada celular, que consiste em ilhotas de grandes células piramidais e estreladas. Essas ilhotas celulares são aspectos distintivo do córtex entorrinal. Elas formam pequenas saliências na superfície do encéfalo que podem ser vistas a olho nu (verrugas hipocampais) e fornecem uma indicação dos limites do córtex entorrinal. A camada III consiste em células piramidais de tamanho médio. Não há camada granular interna (um outro aspecto clássico do córtex entorrinal); neste local encontra-se uma região acelular de fibras densas chamada de lâmina dissecante, que é às vezes chamada de camada IV. As camadas III e V são justapostas em regiões em que a lâmina dissecante está ausente. A camada V consiste em grandes células piramidais com cinco ou seis células de espessura. A camada VI é facilmente distinguível apenas a partir da camada V, próximo à borda com o córtex perirrinal. Suas células estendem-se ao redor do feixe angular (substância branca subcortical abaixo do complexo subicular formada largamente por axônios da via perfurante) para se dispor abaixo do pré-subículo e do parassubículo.

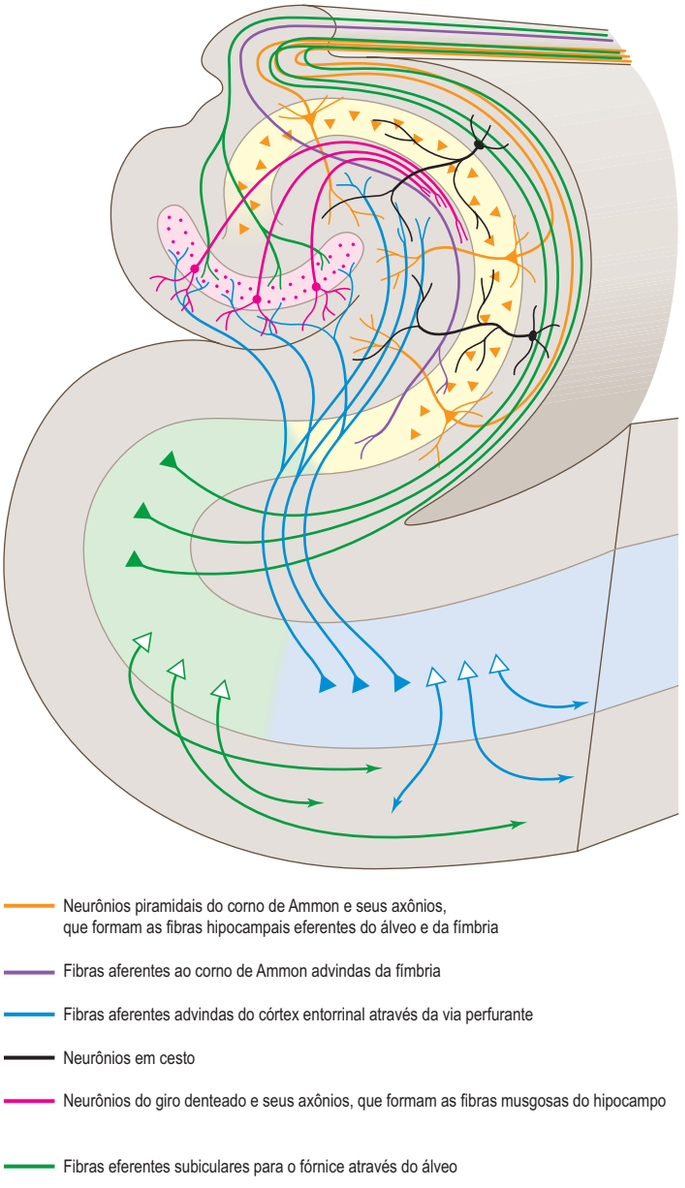


Fig. 23.20 Organização neuronal e conexões do giro denteado, do hipocampo (corno de Ammon), do subículo e do giro para-hipocampal.

O glutamato e/ou o aspartato parece ser o principal transmissor excitatório em três vias na formação hipocampal: a via perfurante (que se origina no córtex entorrinal e termina principalmente no giro denteado); as fibras musgosas, que seguem das células granulares do giro denteado até as células piramidais do campo CA3; e os colaterais de Schaffer das células piramidais de CA3, que terminam sobre as células piramidais de CA1.

Os neurônios GABAérgicos são encontrados nas porções profundas da camada de células granulares no giro denteado (células em cesto). A concentração mais alta de receptores para GABA é encontrada na camada molecular do giro denteado. No hipocampo propriamente dito, as células GABAérgicas são encontradas principalmente no estrato de orientação, mas também na camada de células piramidais e no estrato radiado.

Existem muitos neurônios que contêm neuropeptídeos na formação hipocampal. As células granulares no giro denteado parecem conter o peptídeo opioide dinorfina, que também está presente em fibras musgosas que seguem para o campo CA3. A encefalina, ou um peptídeo relacionado, pode estar presente nas fibras que surgem no córtex entorrinal. Existe um denso plexo de fibras imunorreativas à somatostatina na camada molecular do giro denteado e também no estrato lacunoso-molecular do hipocampo. A camada polimórfica do giro denteado, o estrato de orientação do hipocampo e as camadas profundas do córtex entorrinal contêm neurônios imunorreativos à somatostatina. Neurônios imunorreativos ao polipeptídeo intestinal vasoativo (VIP) são abundantes em muitos campos hipocampais, especialmente nas camadas superficiais do córtex entorrinal. As células que contêm imunorreatividade à colecistoquinina (CCK) são encontradas na região hilar do giro denteado, em todas as camadas do hipocampo, especialmente na camada de células piramidais, e também por todo o complexo subicular e córtex entorrinal. Existem também plexos substanciais de fibras imunorreativas à CCK no estrato lacunoso-molecular, no complexo subicular e no córtex entorrinal. Células hipocampais imunorreativas à CCK podem originar projeções extrínsecas, por exemplo, para o septo lateral e para o núcleo mamilar medial, pois as fibras imunorreativas à CCK são encontradas na fímbria/fórnice.

O complexo septal medial e a área supramamilar do hipotálamo posterior são as duas principais fontes de aferências subcorticais para a formação hipocampal. Existem também projeções advindas do complexo amigdaloide e do claustro (para o complexo subicular e para o córtex entorrinal), assim como projeções monoaminérgicas derivadas da área tegmental ventral, dos núcleos da rafe mesencefálica e do *locus ceruleus*. As projeções noradrenérgicas e serotoninérgicas atingem todos os campos hipocampais, mas são especialmente densas no giro denteado.

As projeções derivadas do complexo septal se originam nos núcleos septal medial e do ramo vertical da faixa diagonal. Elas seguem através do fórnice dorsal, da fímbria, das estrias supracalosas e de uma rota ventral através do complexo amigdaloide. Enquanto essas projeções atingem todos os campos hipocampais, as terminações mais proeminentes estão no giro denteado, campo CA3, pré-subículo, parassubículo e córtex entorrinal. Muitos desses neurônios do núcleo septal medial e da faixa diagonal são GABAérgicos ou colinérgicos, e eles formam parte do sistema colinérgico prosencefálico basal, topograficamente organizado (grupos celulares Ch 1 e Ch 2).

Os neurônios na área supramamilar também fornecem uma significativa inervação da formação hipocampal. Elas chegam parcialmente através do fórnice e de uma rota ventral, e terminam mais intensamente no giro denteado e nos campos CA2 e CA3 do corno de Ammon.

Todas as divisões do complexo nuclear talâmico anterior e do núcleo dorsal lateral associado projetam-se para a formação hipocampal e estão direcionadas predominantemente para o complexo subicular. Alguns núcleos talâmicos da linha média, particularmente os núcleos paratenial, medial central e de reunião, também se projetam para a formação hipocampal, especialmente para o córtex entorrinal.

O fórnice humano contém mais de um milhão de fibras. Células no campo CA3 projetam-se bilateralmente para o núcleo lateral do complexo septal através do fórnice pré-comissural. Elas dão origem aos colaterais de Schaffer para as células CA1 e às projeções comissurais para o hipocampo contralateral. Neurônios no complexo subicular e no córtex entorrinal dão origem a projeções para o núcleo acumbens e para partes do núcleo caudado do putame. O complexo subicular dá origem ao principal sistema de fibras comissurais do fórnice. O pré-subículo, em particular, projeta-se para o complexo nuclear talâmico anterior (núcleos anteromedial, anteroventral e laterodorsal). Tanto o subículo como o pré-subículo fornecem os principais estímulos extrínsecos para o complexo mamilar. Os núcleos mamilares lateral e medial recebem aferências do complexo subicular.

Vários campos no neocórtex do lobo temporal, especialmente o giro para-hipocampal, a margem dorsal do giro temporal superior, o córtex perirrinal (área 35 de Brodmann) e o córtex polar temporal, juntamente com o córtex insular agranular e o córtex orbitofrontal posterior, projetam-se para o córtex entorrinal. Projeções para o córtex entorrinal também se originam do córtex pré-frontal dorsolateral (áreas 9, 10 e 46 de Brodmann), do córtex frontal medial (áreas 25 e 32 de Brodmann), do córtex cingulado (áreas 23 e 24 de Brodmann) e do córtex retroesplênico. O complexo subicular recebe estímulos corticais diretos; por exemplo, a partir do córtex polar temporal, córtex perirrinal, giro para-hipocampal, giro temporal superior e córtex pré-frontal dorsolateral. O córtex entorrinal projeta-se para o córtex perirrinal, assim como para o córtex polar temporal e para os giros para-hipocampal e do cíngulo. Em macacos, o complexo subicular também projeta-se para um número de áreas corticais, que incluem o córtex perirrinal, o giro para-hipocampal, o giro caudal do cíngulo, o córtex frontal medial e o córtex orbitofrontal medial.

Septo

O septo é uma estrutura da linha média e paramediana (Figs. 22.6, 23.13). Sua porção superior corresponde largamente às lâminas bilaterais de fibras, uma esparsa substância cinzenta e células da neuróglia, conhecida como septo pelúcido, que separa os ventrículos laterais. Abaixo deste, a região septal é formada por quatro grupos nucleares principais: dorsal, ventral, medial e caudal. O grupo dorsal é essencialmente o núcleo septal dorsal, o grupo ventral consiste no núcleo septal lateral, o grupo medial contém o núcleo septal medial e o núcleo da faixa diagonal de Broca, e o grupo caudal contém os núcleos septais fimbrial e triangular.

As principais aferências para a região terminam principalmente no núcleo septal lateral. Elas incluem fibras veiculadas no fórnice que se originam dos campos hipocampais CA3 e CA1 e do subículo. Existem também aferências que se originam da área pré-óptica, dos núcleos hipotalâmicos anterior, paraventricular e ventromedial, e da área hipotalâmica lateral. O septo lateral recebe uma rica inervação monoaminérgica, como aferências noradrenérgicas a partir do *locus ceruleus* e grupos celulares do

bulbo (A1 e A2). Ele também recebe aferências serotoninérgicas dos núcleos da rafe do mesencéfalo e aferências dopaminérgicas advindas da área tegmental ventral (A10).

Projeções do septo lateral seguem para as áreas pré-ópticas medial e lateral, hipotálamo anterior, áreas tegmentais supramamilar e ventral do mesencéfalo, através do feixe prosencefálico medial. Existe também uma projeção para o núcleo habenular medial e para alguns núcleos talâmicos da linha média através da estria medular do tálamo, que segue sobre a parede dorsomedial do terceiro ventrículo. As projeções da habênula através do fascículo retroflexo para o núcleo interpeduncular e a área tegmental ventral adjacente no mesencéfalo fornecem uma rota através da qual estruturas límbicas telencefálicas podem influenciar os grupos nucleares do mesencéfalo.

Uma grande proporção de neurônios septais mediais ou da faixa diagonal é colinérgica ou GABAérgica. Eles projetam-se para a formação hipocampal e para o córtex cingulado.

Amídala

A amídala (complexo nuclear amigdaloide) consiste em núcleos lateral, central e basal que se encontram no polo temporal dorsomedial, anterior ao hipocampo, próximo à cauda do núcleo caudado (Fig. 23.13) e parcialmente abaixo do giro semilunar, giro ambiens e giro uncinado (Fig. 23.4). Coletivamente, os núcleos formam as paredes ventral, superior e medial da ponta do corno inferior do ventrículo lateral. A amídala é parcialmente contínua acima com a margem inferomedial do claustro. Fibras da cápsula externa e da substância cinzenta subestriatal, que inclui o núcleo basal magnocelular colinérgico (de Meynert), separam-na de modo incompleto do putame e do globo pálido. Lateralmente, ela está próxima ao trato óptico.

O núcleo lateral tem subnúcleos dorsomedial e ventrolateral. O núcleo central tem subdivisões medial e lateral. O núcleo basal é comumente dividido em um núcleo basal magnocelular dorsal, um núcleo basal parvocelular intermediário e uma faixa ventral de células intensamente coradas normalmente referidas como núcleo basal paralaminar, porque ele margeia da substância branca ventral ao complexo amigdaloide. O núcleo basal acessório localiza-se medialmente às divisões nucleares basais e é usualmente dividido em partes dorsal (magnocelular) e ventral (parvocelular). Os núcleos lateral e basal são frequentemente referidos coletivamente como área basolateral (grupo nuclear) do complexo amigdaloide.

Tem sido sugerido que o complexo basolateral de núcleos (lateral, basal, basal acessório) compartilha várias características com o córtex, e que ele possa ser considerado uma estrutura quase cortical. Embora não possua uma estrutura laminar, ele tem conexões diretas, frequentemente recíprocas, com áreas temporais adjacentes e outras áreas do córtex, e projeta-se para o córtex motor ou pré-motor. Ele recebe um estímulo colinérgico ou não colinérgico a partir do sistema corticopetal magnocelular no telencéfalo basal e tem conexões recíprocas com o tálamo mediodorsal. A distribuição de pequenos neurônios peptidérgicos no complexo nuclear basolateral, por exemplo aqueles que contêm neuropeptídeo Y (NY), somatostatina (SOM) e CCK, é também similar em formato e densidade àqueles encontrados no córtex do lobo temporal adjacente. Neurônios de projeção a partir desta parte da amídala parecem utilizar, pelo menos em parte, os aminoácidos excitatórios glutamato ou aspartato como um transmissor. Além do mais, eles projetam-se para o estriado ventral em vez de locais do hipotálamo ou do tronco encefálico. Deste modo, pode ser apropriado considerar esta parte do complexo amigdaloide como uma área polimodal semelhante ao córtex, separada do córtex cerebral por fibras da cápsula externa.

O núcleo central está presente através da metade caudal do complexo amigdaloide. Ele localiza-se dorsomedialmente ao núcleo basal e está dividido em partes medial e lateral. A parte medial, que contém células maiores que a parte lateral, assemelha-se ao putame adjacente. Os núcleos medial e central parecem ter uma extensão através do telencéfalo basal, assim como no interior da estria terminal, que se funde com o núcleo do leito da estria terminal. Este extenso complexo nuclear é às vezes denominado "amídala estendida" (Fig. 23.21). Ele pode ser considerado uma macroestrutura formada pelo complexo amigdaloide centromedial (núcleo medial, partes lateral e medial do núcleo central), pelo núcleo do leito medial da estria terminal e pelas colunas celulares que atravessam a substância inominada sublenticular que se encontra entre eles. Tem sido sugerido que porções do núcleo acumbens medial possam estar incluídas na amídala estendida.

Um aspecto consistente das conexões entre os núcleos amigdaloides é que eles se originam principalmente nos núcleos central e medial, o que sugere um fluxo largamente unidirecional de informação. Em resumo, o núcleo lateral projeta-se para todas as divisões do núcleo basal, do núcleo basal acessório, para os núcleos paralaminar e cortical anterior, e menos intensamente para o núcleo central: ele recebe poucas aferências derivadas de outros núcleos. As partes magnocelular, parvocelular e intermediária

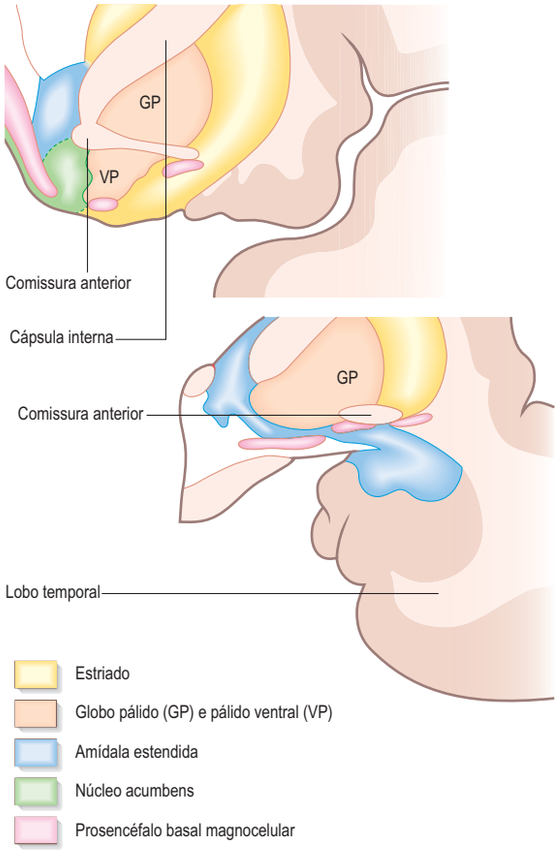


Fig. 23.21 Corte coronal através do prosencéfalo basal e do polo temporal ilustra a relação entre o estriado, o núcleo acumbens, o globo pálido, o pálido ventral, a amídala estendida e o sistema prosencefálico basal magnocelular.

do núcleo basal projetam-se para os núcleos basal acessório, central (especialmente a parte medial) e medial, assim como o córtex periamigdaloide e a área amígdalo-hipocampal. O núcleo basal acessório projeta-se densamente para o núcleo central, especialmente sua divisão medial, além de para os núcleos medial e cortical. Suas principais aferências intra-amigdaloides se originam do núcleo lateral. O núcleo medial projeta-se para os núcleos basal acessório, cortical anterior e central, assim como para o córtex periamigdaloide e para a área amígdalo-hipocampal, enquanto as aferências se originam especialmente do núcleo lateral. As conexões intrínsecas do núcleo cortical não são muito bem compreendidas. A parte posterior do núcleo cortical projeta-se para o núcleo medial, mas tem sido difícil diferenciar essa projeção daquela que se origina na área amígdalo-hipocampal. O núcleo central projeta-se para o núcleo cortical anterior e para as várias zonas de transição corticais. Ele forma um importante foco para aferências a partir de muitos dos núcleos amigdaloides, especialmente os núcleos basal e basal acessório, e tem importantes conexões intrínsecas.

A organização das extensas conexões corticais e subcorticais da amídala é consistente com um papel no comportamento emocional. Ela recebe informações sensoriais unimodais e polimodais altamente processadas a partir do tálamo e dos córtices sensoriais e de associação; informações sensoriais do bulbo olfatório e do córtex piriforme; informações viscerais e gustatórias transmitidas através de estruturas do tronco encefálico e do tálamo. Suas projeções atingem áreas disseminadas do encéfalo, que incluem os domínios endócrino e autônomo do hipotálamo e do tronco encefálico.

Conexões aferentes

A projeção mais pesada do tronco encefálico para a amídala se origina no núcleo peripeduncular. Os núcleos parabraquiais também projetam-se para o núcleo central. A amídala recebe uma rica inervação monoaminérgica. A projeção noradrenérgica se origina principalmente do *locus ceruleus*, fibras serotoninérgicas se originam dos núcleos da rafe dorsal e, até certo ponto, do mediano, e a inervação dopaminérgica se origina principalmente na área tegmental ventral do mesencéfalo (A10). Os núcleos basal e basal acessório parvocelular, a área amígdalo-hipocampal e o núcleo do trato olfatório lateral recebem uma inervação colinérgica muito densa que se origina do núcleo basal magnocelular de Meynert.

A amídala tem abundantes interconexões com áreas alocorticais, justalocorticais e, especialmente, neocorticais. Além de projeções diretas do bulbo olfatório para o núcleo do trato olfatório lateral, para o núcleo

cortical anterior e para o córtex periamigdaloide (córtex piriforme), existem também conexões de associações entre todas as partes do córtex olfatório primário e estas mesmas estruturas amigdaloides superficiais. O complexo amigdaloide tem conexões particularmente extensas e ricas com muitas áreas do neocórtex em regiões unimodais e polimodais dos neocórtices frontal, cingulado, insular e temporal.

O lobo temporal anterior fornece a maior proporção do estímulo cortical para a amídala, predominantemente para o núcleo lateral. Partes rostrais do giro temporal superior, que podem representar o córtex de associação auditivo unimodal, projetam-se para o núcleo lateral. Existem também projeções a partir de córtices de associação sensoriais polimodais do lobo temporal que incluem o córtex perirrinal (áreas 35 e 36), a metade caudal do giro para-hipocampal, a margem dorsal do sulco temporal superior e as áreas medial e lateral do córtex do polo temporal.

O campo CA1 do hipocampo, o subículo adjacente e possivelmente o córtex entorrinal projetam-se para a amídala, principalmente para o núcleo basal parvocelular.

A porção rostral da ínsula projeta-se intensamente para os núcleos lateral, basal parvocelular e medial. A parte caudal da ínsula, que está reciprocamente conectada ao córtex somatossensorial secundário, também projeta-se para o núcleo lateral, fornecendo assim uma rota pela qual a informação somatossensorial atinge a amídala. O córtex orbital caudal projeta-se para os núcleos basal, basal acessório magnocelular e lateral. O córtex pré-frontal medial projeta-se para as divisões magnocelulares dos núcleos acessório e basal.

Conexões eferentes

O núcleo central fornece a principal estação de transmissão para projeções a partir da amídala para o tronco encefálico e recebe muitas das projeções de retorno. Ele projeta-se para a substância cinzenta periaquedutal, para a área tegmental ventral, para a parte compacta da substância negra, para o núcleo peripeduncular e para a formação reticular tegmental (mesencéfalo); para o núcleo parabraquial (ponte); para o núcleo do trato solitário e para o núcleo motor dorsal do nervo vago (bulbo).

O núcleo central é a principal estação de retransmissão para projeções amigdaloides para o hipotálamo. As fibras amigdaloides atingem o núcleo do leito da estria terminal principalmente através da estria terminal, mas também através da via amigdalofugal ventral. Em geral núcleos centrais e basais projetam-se para a parte lateral do núcleo do leito, enquanto núcleos mediais e corticais posteriores projetam-se para o núcleo do leito medial. Os núcleos cortical anterior e medial projetam-se largamente para a área pré-óptica e para o hipotálamo medial anterior, que incluem os núcleos paraventricular e supraóptico. Existe uma projeção particularmente proeminente para os núcleos ventromedial e pré-mamilar. A amídala projeta-se para a extensão rostrocaudal do hipotálamo lateral. A maioria das fibras se origina no núcleo central e segue principalmente na via amigdalofugal ventral e no feixe prosencefálico medial.

Existe uma rica projeção para o núcleo mediodorsal do tálamo, que dá acesso ao córtex pré-frontal e também complementa projeções diretas da amídala para o mesmo domínio cortical. A projeção para o núcleo mediodorsal se origina da maior parte dos núcleos amigdaloides, mas particularmente dos núcleos lateral, basal e basal acessório e do córtex periamigdaloide. A principal terminação das aferências amigdaloides está na parte magnocelular — medial — do núcleo mediodorsal, especialmente rostralmente. Esta parte do núcleo mediodorsal projeta-se para áreas corticais medial e pré-frontal orbital idênticas que recebem aferências amigdaloides diretamente. Entretanto, essa projeção para o núcleo mediodorsal não é tornada recíproca. Os núcleos central e medial não se projetam para o núcleo mediodorsal, mas para os núcleos da linha média, especialmente o núcleo central e o núcleo de reunião.

A divisão parvocelular do núcleo basal, o núcleo basal acessório magnocelular (mas não o núcleo basal magnocelular) e o núcleo central — se projetam para os grupos celulares colinérgicos prosencefálicos basais, notavelmente o núcleo basal de Meynert e o núcleo do ramo horizontal da faixa diagonal.

O estriado, e particularmente o núcleo acumbens, recebem proeminentes projeções do complexo amigdaloide. Os núcleos basal e basal acessório são os mais importantes contribuintes para essa projeção. O estriado ventral envia muitas fibras para o pálido ventral, que por sua vez projeta-se para o núcleo mediodorsal do tálamo. Assim, o sistema estriadopalidal ventral fornece uma segunda rota através da qual a amídala pode influenciar processos corticais talâmico-pré-frontais mediodorsais.

Os núcleos lateral, basal acessório magnocelular e basal parvocelular contribuem com a maior proporção de eferências para a formação hipocampal. A principal projeção é do núcleo lateral para o córtex entorrinal rostral, mas muitas fibras também terminam no hipocampo propriamente dito e no subículo. Parece haver uma polaridade marcante nas conexões amígdalo-hipocampais — a amídala tem uma influência maior sobre processos hipocampais do que vice-versa.

O complexo nuclear amigdaloide projeta-se para campos neocorticais amplamente disseminados. As projeções amigdalocorticais se originam principalmente no núcleo basal e, em um grau menor, nos núcleos lateral e cortical.

A amídala projeta-se para quase todos os níveis do córtex visual nos lobos temporal e occipital. O maior componente dessas projeções se origina do núcleo basal magnocelular. A amídala também torna recíprocas projeções para o córtex auditivo na metade rostral do giro temporal superior. Projeções para as áreas sensoriais polimodais do lobo temporal geralmente tornam recíprocas as projeções amigdalopetais. Eferências dos núcleos lateral e basal acessório são direcionadas para o polo temporal, particularmente na área perirrinal medial.

O córtex insular é intensamente inervado pelos núcleos amigdaloide medial e cortical anterior. O córtex orbital e as áreas corticais frontais mediais 24, 25 e 32, incluindo partes do giro anterior do cíngulo, também recebem uma intensa projeção. As áreas 8, 9, 45 e 46 do córtex pré-frontal dorsolateral, além do córtex pré-motor (área 6), recebem uma inervação irregular. O núcleo basal é uma importante fonte dessas projeções, que estão aumentadas por contribuições derivadas dos núcleos basal acessório (divisões magnocelular e parvocelular) e lateral.

SUBSTÂNCIA BRANCA DO HEMISFÉRIO CEREBRAL

As fibras nervosas que formam a substância branca dos hemisférios cerebrais são categorizadas com base em seu trajeto e suas conexões. Elas são fibras de associação, que unem diferentes áreas corticais no mesmo hemisfério; fibras comissurais, que unem áreas corticais correspondentes nos dois hemisférios; ou fibras de projeção, que conectam o córtex cerebral ao corpo estriado, ao diencéfalo, ao tronco encefálico e à medula espinal.

FIBRAS DE ASSOCIAÇÃO

As fibras de associação (Fig. 23.22 e 23.23) podem ser curtas fibras de associação (arqueadas ou em forma de "U"), que unem giros adjacentes, ou longas fibras de associação, que conectam giros mais amplamente separados.

As fibras de associação curtas podem ser inteiramente intracorticais. Muitas seguem em posição subcortical entre giros adjacentes, algumas simplesmente passam da parede de um sulco para outro.

As fibras de associação longas estão agrupadas em feixes, por exemplo fascículo uncinado, cíngulo, fascículo longitudinal superior, fascículo longitudinal inferior e fascículo fronto-occipital.

O fascículo uncinado conecta a área motora da fala (de Broca) e os giros orbitais do lobo frontal ao córtex no polo temporal. As fibras seguem um trajeto nitidamente curvado através do tronco do sulco lateral, próximo à parte anteroinferior da ínsula. O cíngulo é um longo fascículo curvo que se encontra abaixo do giro cingulado. Ele se inicia no córtex medial abaixo do rostro do corpo caloso, segue a curva do giro cingulado, entra no giro para-hipocampal e se espalha no interior do lobo temporal adjacente. O fascículo longitudinal superior é o maior dos fascículos de associação longos. Ele se inicia na região frontal anterior e se arqueia de volta, acima da área insular, contribuindo com fibras para o córtex occipital (áreas 18 e 19). Ele se curva para baixo e para a frente, atrás da área insular, para se disseminar no lobo temporal. O fascículo longitudinal inferior começa próximo ao polo occipital. Suas fibras, provavelmente derivadas principalmente das áreas 18 e 19, deslizam para a frente, separadas do corno posterior do ventrículo lateral pela radiação óptica e por fibras comissurais tapetais, e estão distribuídas por todo o lobo temporal. O fascículo fronto-occipital se inicia no polo frontal. Ele retorna por baixo do fascículo longitudinal superior, separado dele pelas fibras de projeção na coroa radiada. Ele localiza-se lateralmente ao núcleo caudado, próximo à parte central do ventrículo lateral. Posteriormente, ele se espalha para dentro dos lobos occipital e temporal, lateralmente aos cornos posterior e inferior do ventrículo lateral.

FIBRAS COMISSURAIS

As fibras comissurais cruzam a linha média, muitas ligam áreas correspondentes nos dois hemisférios cerebrais. De longe, a maior comissura é o corpo caloso. Outras incluem as comissuras anterior, posterior e habenular e a comissura do fórnice.

Corpo caloso

O corpo caloso (Figs. 22.2, 23.2, 23.24, e 23.25) é a maior via de fibras do encéfalo. Ele liga o córtex cerebral dos dois hemisférios cerebrais e forma o teto da maior parte dos ventrículos laterais. Ele forma um arco de aproximadamente 10 cm de comprimento, com uma extremidade

anterior a aproximadamente 4 cm dos polos frontais e uma extremidade posterior a aproximadamente 6 cm dos polos occipitais. Sua porção anterior é conhecida como joelho do corpo caloso. Este se recurva posteroinferiormente em frente ao septo pelúcido, em seguida diminui rapidamente de espessura e é prolongado até a extremidade superior da lâmina terminal como o rostro. O tronco do corpo caloso se arqueia para trás e é convexo acima. Ele termina posteriormente no esplênio expandido, que é a sua parte mais espessa.

A região mediana do tronco do corpo caloso forma o assoalho da grande fissura longitudinal. Aqui, ele se encontra próximo às artérias cerebrais anteriores e à margem inferior da foice do cérebro, que pode entrar em contato com ele por trás. A cada lado, o tronco é sobreposto pelo giro do cíngulo, do qual está separado pelo sulco caloso. A superfície inferior do corpo caloso é côncava em seu eixo longo: ela está presa ao septo pelúcido anteriormente e fundida com o fórnice e sua comissura posteriormente.

A superfície superior do tronco caloso (Fig. 23.24) é coberta por uma camada delgada de substância cinzenta, o indúsio cinzento. Este estende-se anteriormente ao redor do joelho e em seguida para o interior do giro paraterminal na face inferior do rostro. Ele contém estreitos feixes longitudinais de fibras a cada lado, as estrias longitudinais medial e lateral. Posteriormente, o indúsio cinzento é contínuo com o giro denteado e o hipocampo através do giro fasciolar (Fig. 23.25).

O esplênio do corpo caloso pende sobre as extremidades posteriores do tálamo, da glândula pineal e do teto, mas está separado destes por várias estruturas. A cada lado, o pilar do fórnice e o giro fasciolar se curvam para cima em direção ao esplênio. O pilar estende-se para a frente sobre a superfície inferior do tronco caloso, mas o giro fasciolar rodeia acima por sobre o esplênio, em seguida diminui rapidamente para o interior do indúsio cinzento. A tela corióidea do terceiro ventrículo avança abaixo do esplênio através da fissura transversal, e as veias cerebrais internas emergem entre suas duas camadas para formar a grande veia cerebral. Posteriormente, o esplênio encontra-se próximo ao tentório do cerebelo, à grande veia cerebral e ao início do seio reto.

Fibras nervosas do corpo caloso se irradiam para o interior do eixo de substância branca de cada hemisfério, depois se dispersam para o córtex cerebral. As fibras comissurais que formam o rostro se estendem lateralmente, abaixo do corno anterior do ventrículo lateral, e conectam as superfícies orbitais dos lobos frontais. As fibras no joelho se curvam para a frente, como o fórceps menor (ou frontal), para conectar as superfícies lateral e medial dos lobos frontais. As fibras do tronco seguem lateralmente e atravessam as fibras de projeção da coroa radiada para conectar amplas áreas neocorticais dos hemisférios. Fibras do tronco e do esplênio, que formam o teto e a parede lateral do corno posterior e a parede lateral do corno inferior do ventrículo lateral, constituem o tapete. As demais fibras do esplênio se curvam de volta para os lobos occipitais como o fórceps maior (ou occipital).

As conexões inter-hemisféricas através do corpo caloso não representam absolutamente uma simples ligação de locais em um hemisfério com os mesmos locais no outro. Em áreas que contêm uma evidente representação de um sensório contralateral (p. ex., superfície corporal, campo visual), apenas aquelas áreas funcionalmente relacionadas à representação da linha média estão ligadas ao hemisfério contralateral. Isto é mais claramente visto para as áreas visuais, nas quais o córtex que contém a representação de cada zona retiniana da linha média está ligado a seu par no lado contralateral. Um arranjo similar é visto em áreas somáticas, em que a representação do tronco está ligada sob o ponto de vista do corpo caloso, mas as áreas periféricas dos membros (mãos e pés) não estão.

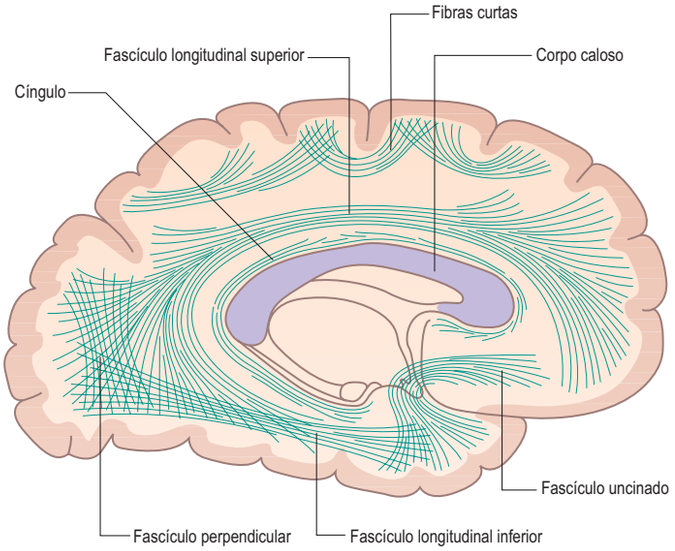


Fig. 23.22 A organização das principais fibras de associação projetadas sobre um corte sagital do hemisfério cerebral esquerdo.

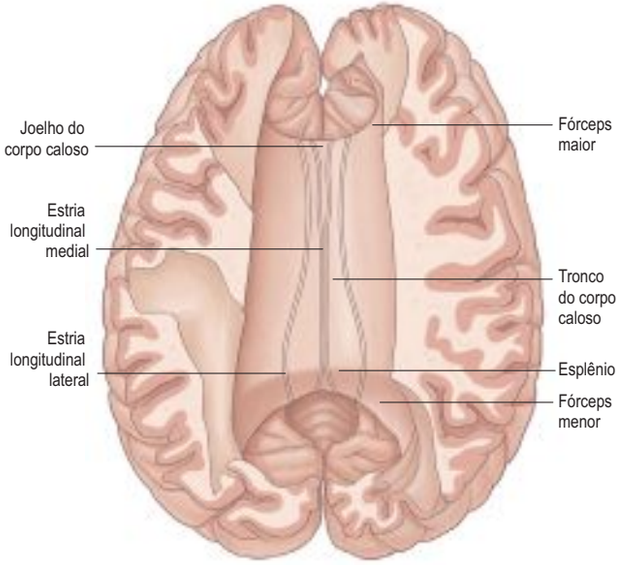


Fig. 23.24 A face superior do corpo caloso revelada pela remoção parcial dos hemisférios cerebrais.

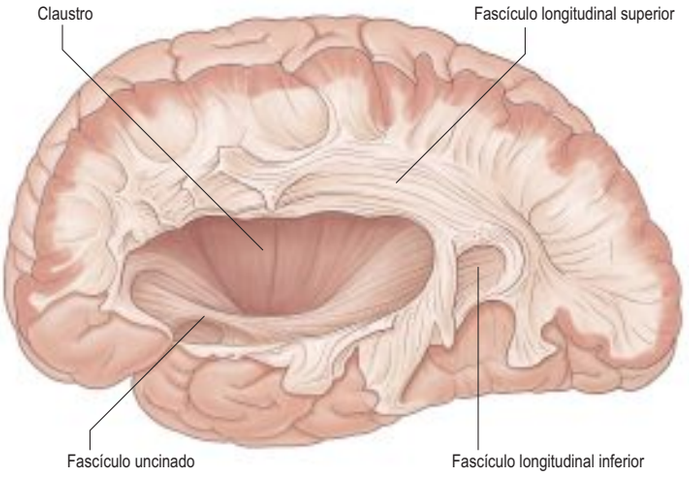


Fig. 23.23 Alguns dos fascículos de associação longos do hemisfério cerebral esquerdo.

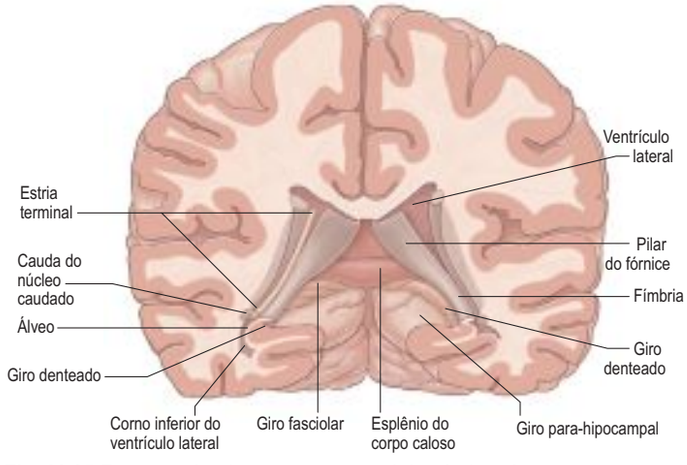


Fig. 23.25 Face anterior de um corte coronal do cérebro. As partes posteriores dos tálamos foram removidas para revelar o esplênio do corpo caloso.

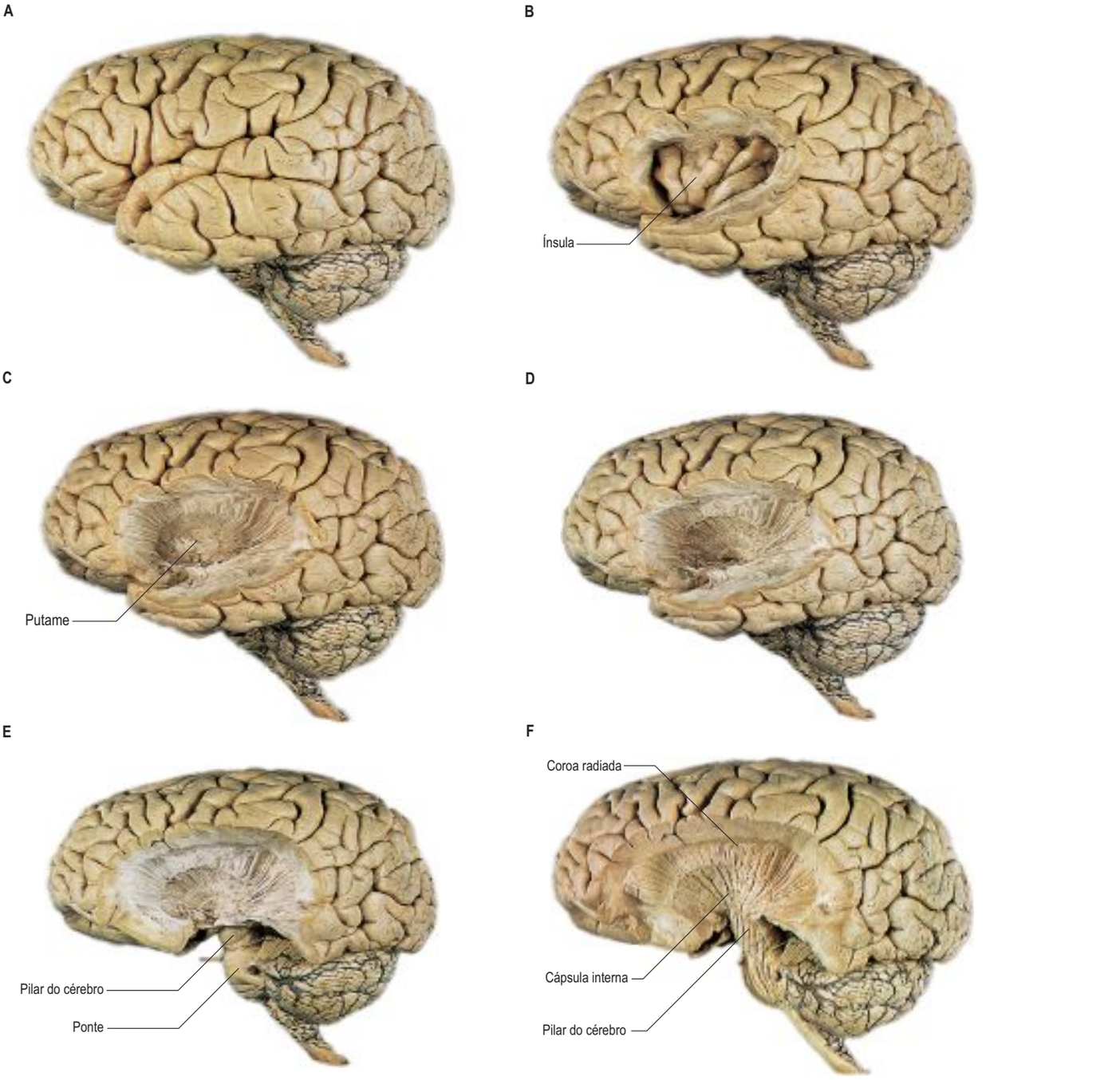


Fig. 23.26 Uma série de dissecções do hemisfério cerebral esquerdo a níveis progressivamente mais profundos para demonstrar as relações da cápsula interna. **A,** encéfalo intacto; **B,** giros corticais da ínsula expostos por causa da remoção dos opérculos frontal, temporal e parietal; **C,** remoção do córtex insular, da cápsula extrema, do claustro e da cápsula externa para expor a face lateral do putame; **D,** remoção do complexo lentiforme para demonstrar as fibras da cápsula interna; **E,** remoção de parte do lobo temporal para mostrar as fibras da cápsula interna que convergem sobre o pilar do cérebro do mesencéfalo; **F,** remoção do trato óptico e dissecção superficial da ponte e da parte superior do bulbo, que enfatiza a continuidade da coroa radiada, da cápsula interna, do pilar do cérebro, das fibras pontinas longitudinais e da pirâmide bulbar. (Dissecção por E.L. Rees; fotografia por Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London; figura aumentada por B. Crossman.)

As conexões que unem as mesmas áreas, ou áreas similares, a cada lado são denominadas conexões homotópicas. O corpo caloso também interconecta áreas corticais heterogêneas dos dois lados (conexões heterotópicas). Estas podem servir para conectar locais funcionalmente similares, porém anatomicamente diferentes, nos dois hemisférios, e/ou para conectar áreas funcionais em um hemisfério a regiões que sejam especializadas para uma função unilateralmente confinada na outra.

Comissura anterior

A comissura anterior é um feixe compacto de fibras nervosas mielínicas que cruzam anteriormente para as colunas do fórnice e está embebida na lâmina terminal, onde ela é parte da parede anterior do terceiro ventrículo (Fig. 23.13). Em corte sagital ela é oval e seu diâmetro longitudinal (vertical) é de aproximadamente 1,5 mm. Lateralmente, ela se divide em feixes anterior e posterior. O feixe anterior, menor, curva-se para a frente a cada lado para a substância perfurada anterior e para o trato olfatório. O feixe posterior curva-se posteriormente a cada lado em um profundo sulco na face anteroinferior do complexo lentiforme e subsequentemente se espalha para dentro da parte anterior do lobo temporal, incluindo o giro para-hipocampal. Áreas consideradas conectadas através de fibras comissurais incluem: o bulbo olfatório e o núcleo olfatório anterior; a substância perfurada anterior, o tubérculo olfatório e a faixa diagonal de Broca; o córtex pré-piriforme; a área entorrinal e partes adjacentes do giro para-hipocampal; parte do complexo amigdaloide (especialmente o núcleo da estria olfatória lateral); o núcleo do leito da estria terminal e o núcleo acumbens; as regiões anteriores dos giros temporais médio e inferior.

FIBRAS DE PROJEÇÃO

As fibras de projeção conectam o córtex cerebral a níveis inferiores no encéfalo e na medula espinal. Elas incluem grande número de projeções corticofugais e corticopetais. As fibras de projeção corticofugais convergem de todas as direções para formar a densa massa de substância branca subcortical da coroa radiada (Fig. 23.26). Grande número de fibras segue para o corpo estriado e para o tálamo e atravessa fibras comissurais do corpo caloso a caminho. A coroa radiada é contínua com a cápsula interna, a qual contém a maioria das fibras de projeção corticais.

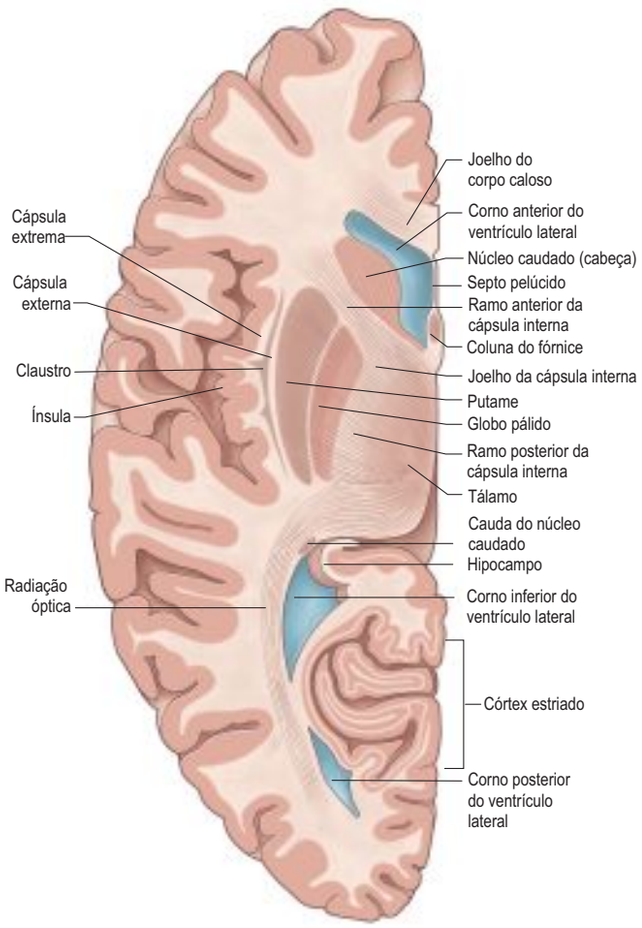


Fig. 23.27 Face superior de um corte horizontal através do hemisfério cerebral esquerdo.

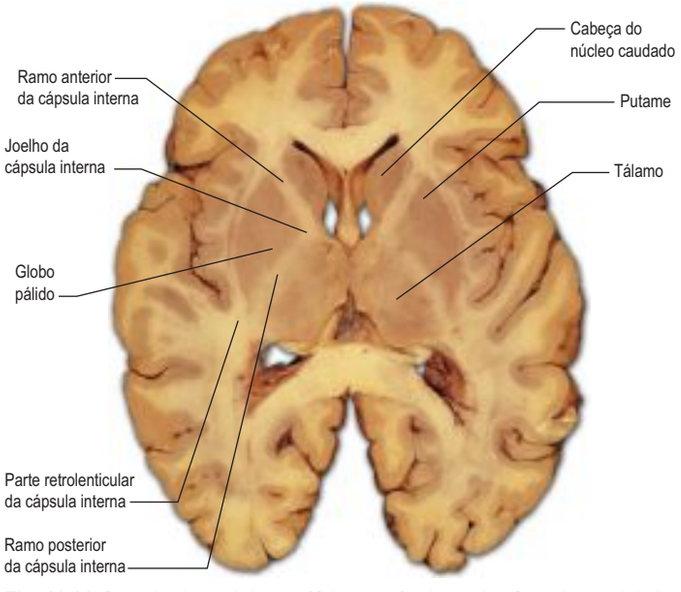


Fig. 23.28 Corte horizontal do encéfalo através dos polos frontal e occipital dos hemisférios cerebrais. (Figura ampliada por B. Crossman.)

Cápsula interna

Em cortes horizontais do cérebro, a cápsula interna aparece como uma larga faixa branca, com uma concavidade lateral que acomoda o complexo lentiforme (Figs. 23.27, 23.28 e 23.29). Ela tem um ramo anterior, um joelho, um ramo posterior, e partes retrolenticular (retrolentiforme) e sublenticular (sublentiforme). Os ramos anterior e posterior são mediais ao complexo lentiforme. A cabeça do núcleo caudado é medial ao ramo anterior e o tálamo é medial ao ramo posterior. Fibras eferentes corticais da cápsula interna continuam a convergir à medida que elas descem. Fibras derivadas do lobo frontal tendem a seguir posteromedialmente, enquanto fibras temporais e occipitais seguem anterolateralmente. Muitas fibras corticofugais, porém nem todas, seguem para dentro do pilar do cérebro da porção ventral do mesencéfalo. Aqui, fibras corticospinais e corticobulbares estão localizadas na metade intermediária do pilar. Fibras frontopontinas estão localizadas medialmente, enquanto fibras corticopontinas derivadas dos córtices temporal, parietal e occipital são encontradas lateralmente.

O ramo anterior da cápsula interna contém fibras frontopontinas que se originam do córtex no lobo frontal. Elas fazem sinapses com células nos núcleos pontinos. Os axônios dessas células entram no hemisfério cerebelar oposto através do pedúnculo cerebelar médio. Radiações talâmicas anteriores interconectam os núcleos talâmicos medial e anterior e vários núcleos hipotalâmicos e estruturas límbicas com o córtex frontal.

O joelho da cápsula interna geralmente contém fibras corticobulbares que são principalmente derivadas da área 4 e terminam em geral nos núcleos motores contralaterais dos nervos cranianos. Fibras anteriores da radiação talâmica superior, entre o tálamo e o córtex, também se estendem para dentro do joelho.

O ramo posterior da cápsula interna inclui o trato corticospinal. As fibras relacionadas ao ramo superior são anteriores. As regiões mais posteriores contêm fibras que representam o tronco e os membros inferiores. Outros axônios descendentes incluem as fibras frontopontinas, particularmente derivadas das áreas 4 e 6, e fibras corticorrubrais, que conectam o lobo frontal ao núcleo rubro. A maior parte do ramo posterior também contém fibras da radiação talâmica superior (a radiação somestésica) que sobem para o giro pós-central.

A parte retrolenticular da cápsula interna contém fibras parietopontinas, occipitopontinas e occipitotetais. Ela também inclui a radiação talâmica posterior e a radiação óptica, e interconexões entre os lobos occipital e parietal e partes caudais do tálamo, especialmente o pulvinar.

A radiação óptica origina-se no corpo geniculado lateral. Ela desliza para trás, intimamente relacionada à face superolateral do corno inferior e à face lateral do corno posterior do ventrículo lateral, do qual está separada pelo tapete.

A parte sublenticular da cápsula interna contém fibras temporopontinas e algumas fibras parietopontinas, a radiação auditiva derivada do corpo geniculado medial para os giros temporal superior e temporal transverso (áreas 41 e 42) e algumas fibras que conectam o tálamo ao lobo temporal e à ínsula. Fibras da radiação auditiva seguem anterolateralmente abaixo e atrás do complexo lentiforme para alcançar o córtex.

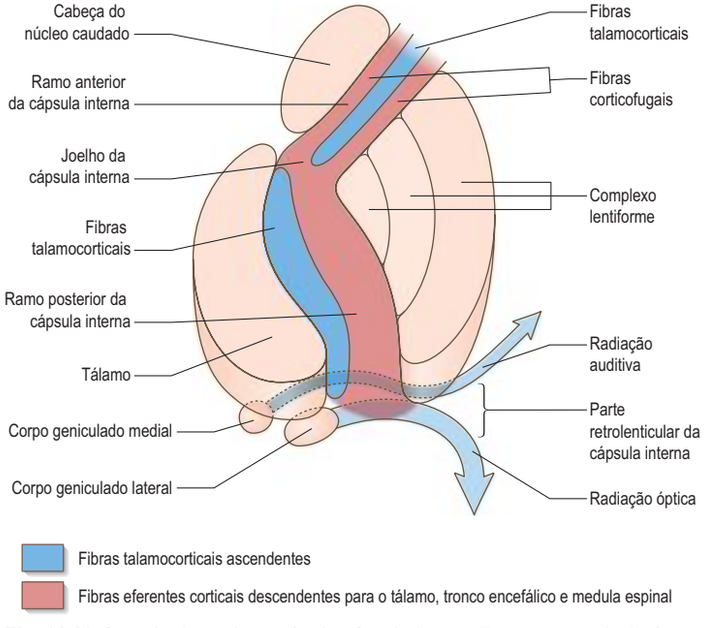


Fig. 23.29 Corte horizontal através da cápsula interna ilustra seus principais componentes de fibras.

ASSIMETRIA CEREBRAL

Os dois hemisférios cerebrais humanos não são simplesmente imagens refletidas um do outro. Muitas informações sobre a lateralização da função cerebral advêm de estudos com pacientes nos quais o corpo caloso foi dividido (comissurotomia) como um tratamento para a epilepsia intratável, e para aqueles raros indivíduos que não apresentam parte de seu corpo caloso ou todo ele. A comissurotomia produz a síndrome do "cérebro dividido", que tem fornecido evidências que sustentam a noção de que as capacidades ou funções estão predominantemente associadas a um ou outro hemisfério. O conhecimento de tal lateralização de função tem avançado mais recentemente através de técnicas de imageamento funcional do encéfalo, como a tomografia de emissão de pósitrons (PET).

O hemisfério esquerdo usualmente prevalece para as funções verbais e linguísticas, para habilidades matemáticas e para o pensamento analítico. O hemisfério direito é principalmente não verbal. Ele está mais envolvido no pensamento espacial ou holístico, ou pensamento "Gestalt", em muitos aspectos da apreciação musical e em algumas emoções. A memória também mostra lateralização. Deste modo, a memória verbal é principalmente uma função do hemisfério direito. Essas assimetrias são relativas, não absolutas, e variam em grau de acordo com a função e o interesse individual. Além do mais, elas se aplicam principalmente a homens destros. Os homens com preferência pela mão esquerda (canhotos), ou de habilidade mista das mãos, formam um grupo heterogêneo, o que (como uma aproximação) apresenta uma lateralização reduzida ou anômala, em vez de uma simples inversão da situação em indivíduos destros. Por exemplo, a representação da fala pode ocorrer em um ou ambos os hemisférios. Mulheres apresentam menos assimetria funcional em média do que homens.

Certas assimetrias anatômicas cerebrais são aparentes aos níveis tanto macroscópico como histológico. Um dos mais notáveis é o plano temporal, que é usualmente maior no lado esquerdo do que no lado direito. Assimetrias sutis no lobo temporal superior têm sido demonstradas em termos de tamanho e formato globais, padrão de sulcos, citoarquitetura e ao nível neuronal. Parece razoável admitir que essas diferenças são baseadas em alguma assimetria funcional para a representação da linguagem.

As assimetrias no tamanho das áreas, na citoarquitetura ou na neurocitologia ocorrem em vários locais no córtex cerebral, assim como também em nível subcortical. Por exemplo, muitos encéfalos têm um polo frontal direito mais largo e um polo occipital esquerdo mais largo. A área 45 de Brodmann no lobo frontal inferior, correspondente à área de Broca, contém uma população de grandes neurônios piramidais que são encontrados apenas do lado esquerdo. A superfície cortical que circunda o sulco central é maior no hemisfério esquerdo, especialmente nas áreas que contêm os mapas somatossensorial e motor primários do braço, o que sugere que uma manifestação cerebral da preferência da mão é uma grande proporção da circuitaria neural nas partes relevantes do córtex. Assimetrias histológicas também são encontradas em áreas que não são usualmente consideradas intimamente relacionadas à linguagem ou à destreza manual. O córtex entorrinal esquerdo tem significativamente mais neurônios que o direito.

FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS

As funções neuropsicológicas de percepção, análise espacial, movimento de algum tipo de habilidade aprendida, linguagem, memória, resolução de problemas (todas as funções executivas) e emoção estão organizadas dentro dos hemisférios cerebrais (Fig. 23.30).

A organização das funções neuropsicológicas está altamente localizada e envolve as áreas de associação do neocórtex e o sistema límbico. As áreas de associação parietais estão relacionadas ao reconhecimento perceptivo de objetos através de estímulos cinestésicos e visuais e à orientação visual-espacial do corpo e de suas partes no espaço. Grandes lesões focais (particularmente do hemisfério cerebral direito) e lesões bilaterais (p. ex., na doença de Alzheimer) levam a uma desorientação no espaço, com uma incapacidade de se deambular no ambiente, localizar objetos e se vestir em relação a partes do corpo. Lesões focais agudas (especialmente do hemisfério cerebral direito) levam à negligência do corpo e do espaço no lado oposto do espaço corpóreo e visual (negação). A falha de reconhecimento de objetos por toque ou visão representa a agnosia tátil ou visual. As conexões corticais parietaltemporais são particularmente importantes para o reconhecimento visual de objetos, e lesões levam a uma incapacidade de identificar, copiar ou combinar objetos (agnosia visual aperceptiva). Os lobos parietais superiores anteriores e as conexões relacionadas com as áreas pré-motoras, como as áreas motoras suplementares, estão relacionadas à execução de movimentos especializados através do desenvolvimento e experiência (práxis). As lesões dessas áreas levam à perda contralateral de movimentos especializados da face, boca e membros (apraxia ideomotora).

O neocórtex temporal anterior (giros temporais médio e inferior) está relacionado a atribuir significado a estímulos perceptivos. Lesões bilaterais dessas áreas (p. ex., na demência semântica) levam à perda do reconhecimento de palavras e de percepções. Lesões unilaterais no hemisfério esquerdo afetam particularmente o significado e a nomeação das palavras (afasia semântica ou transcortical), enquanto lesões do hemisfério direito levam principalmente à perda de reconhecimento de percepções visuais (agnosia visual associativa) e de rostos (prosopagnosia), e objetos podem ser copiados ou combinados, porém não identificados pelo significado ou nome.

As áreas pré-motoras (córtex de associação frontal, córtices de associação parietal e temporal) se combinam para formar a "área de linguagem" no córtex que circunda a fissura lateral no hemisfério dominante esquerdo. Lesões focais da área de linguagem levam à interrupção na comunicação verbal (afasia) e à perda da capacidade de ler (alexia), escrever (agrafia) e calcular (acalculia). As síndromes afásicas de Broca, de condução e de Wernicke correspondem a lesões nas áreas corticais frontal, parietal e temporal, respectivamente. Lesões do córtex parietal imediatamente posteriores à área de linguagem (giro angular) podem levar à alexia, agrafia e acalculia, na ausência de afasia.

O córtex de associação pré-frontal e suas conexões com o sistema límbico, e em particular com a amídala, são essenciais para o comportamento de resolução de problemas (função executiva) e para os aspectos motivacionais afetivos do comportamento. Lesões bilaterais dessas áreas (p. ex., na demência frontotemporal) levam à "síndrome do lobo frontal", na qual há uma mudança radical na personalidade, com perda da razão, da capacidade de julgamento e de percepção, juntamente com perda de sentimentos pessoais e sociais (simpatia e empatia). O envolvimento restrito das áreas frontais orbitais e das conexões límbicas leva a um estado inerte e apático (pseudodepressão). Lesões focais unilaterais das áreas pré-frontais não estão normalmente associadas a alterações cognitivas ou comportamentais óbvias.

O alocórtex límbico e suas conexões que incluem o circuito de Papez (hipocampo, corpo mamilar, núcleo anterior do tálamo e giro do cíngulo) são responsáveis pelo estabelecimento da memória autobiográfica (episódica). Lesões bilaterais (p. ex., na doença de Alzheimer) ou após uma encefalopatia alcoólica (psicose de Korsakoff) levam à perda de capacidade de aprender novas informações (amnésia anterógrada) ou de lembrar experiências no passado relativamente recente (amnésia retrógrada). Entretanto, a informação perceptiva sobre o mundo e a linguagem (memória semântica) é preservada porque as áreas de associação neocorticais temporais são poupadas.

Pacientes com epilepsia crônica, que tenham sofrido secção cirúrgica do corpo caloso a fim de aliviar suas convulsões, retratam poucas dificuldades sob circunstâncias normais. No entanto, quando esses pacientes de "cérebro dividido" passam por uma testagem psicológica, as metades do cérebro parecem se comportar de maneira relativamente autônoma; por exemplo, a informação visual direcionada para o hemisfério cerebral direito sozinho não provoca uma resposta verbal, e, consequentemente,

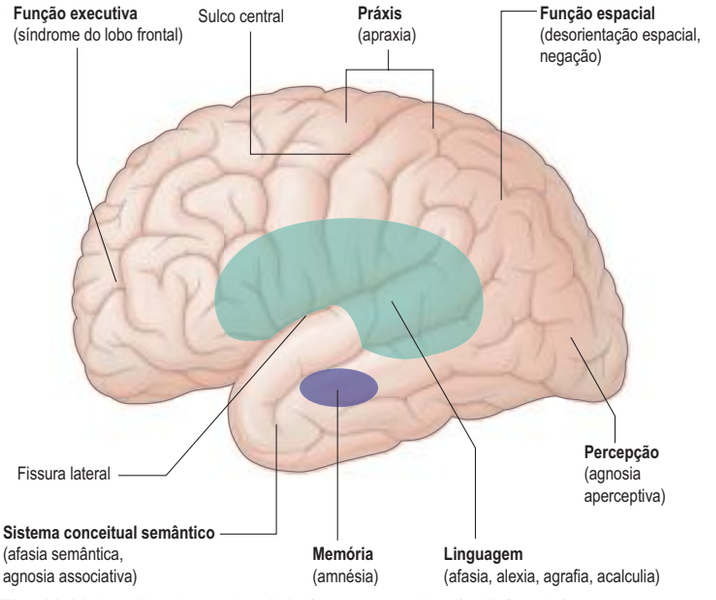


Fig. 23.30 Localização regional da função cognitiva (e disfunção) no hemisfério cerebral.

os indivíduos não podem nomear objetos ou ler palavras apresentadas somente ao campo visual esquerdo. A destruição do esplênio do corpo caloso e de suas conexões para o córtex occipital esquerdo, seja por derrame ou tumor, leva à síndrome de desconexão posterior de "alexia sem agrafia". Tais indivíduos falam e escrevem sem dificuldade, mas não podem entender material escrito (alexia). A desconexão de processos visuais no hemisfério direito a partir de processos verbais do hemisfério cerebral esquerdo dominante é considerada para explicar esta síndrome.

REFERÊNCIAS

Alheid GF, Heimer L 1988 New perspectives in basal forebrain organization of special relevance for neuropsychiatric disorders: the striatopallidal, amygdaloid and corticopetal components of the substantia innominata. Neuroscience 27: 1–39.
Fornece evidências de que a região da "substância inominada" no prosencéfalo basal é composta de partes de três estruturas do prosencéfalo: o sistema estriadopalidal ventral; as amídalas estendidas e o sistema corticopetal magnocelular.

Derbyshire SW, Jones AK, Gyulai F, Clark S, Townsend D, Firestone LL (1997) Pain processing during three levels of noxious stimulation produces differential patterns of central activity. Pain. 73: 431–45.

Papez JW 1937 A proposed mechanism of emotion. Arch Neurol Psychiat 38: 725–43.
Descrição clássica do mecanismo da emoção no ser humano.

Passingham RE 1993 The Frontal Lobes and Voluntary Action. Oxford: Oxford University Press.

Penfield W, Rasmussen T 1950. The Cerebral Cortex of Man. New York: Macmillan.
Descrição classica da organização dos homúnculos sensorial e motor no córtex cerebral humano.

Peyron R, Laurent B, Garcia-Larrea L (2000) Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis. Neurophysiol Clin 30: 263–88.

Sperry RW 1974 Lateral specialization in the surgically separated hemisphere. In: Schmidt FO, Worden FG (eds) The Neurosciences. Third study program. Cambridge, Mass: MIT Press: 5–19.

Sperry RW 1984 Consciousness, personal identity and the divided brain. Neuropsychologia 17: 153–66.

Toga AW, Thompson PM, Mori S, Amunts K, Zilles K 2006 Towards multimodal atlases of the human brain. Nature Rev Neurosci 7: 952–66.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
24

Desenvolvimento do sistema nervoso

Todo o sistema nervoso e os órgãos dos sentidos especiais originam-se a partir de três fontes, cada uma derivada de específicas populações celulares do epiblasto primordial denominado neuroectoderma. A primeira fonte a ser claramente delineada é a placa neural, que dá origem ao sistema nervoso central, aos nervos motores somáticos e aos nervos autônomos pré-ganglionares. A segunda fonte é a partir de células no perímetro da placa neural, as células da crista neural, que se destacam da placa neural através de mecanismos de transição epitelial/mesenquimal e migram um pouco antes de sua fusão em um tubo neural. Essas células dão origem à maioria dos neurônios e da glia do sistema nervoso periférico, isto é, os nervos sensitivos somáticos, os gânglios somáticos e autônomos, os nervos autônomos pós-ganglionares e as células cromafins da suprarrenal e de outros locais. Elas também originam significativas populações mesenquimais na cabeça. A terceira fonte é a partir de placoides ectodérmicos, que são espessamentos focais do ectoderma que cobre a cabeça do embrião. Eles contribuem com células para a formação de neurônios sensoriais cranianos e formam o epitélio olfatório, os epitélios da orelha interna e, através de uma contribuição não neuronal, a lente do olho.

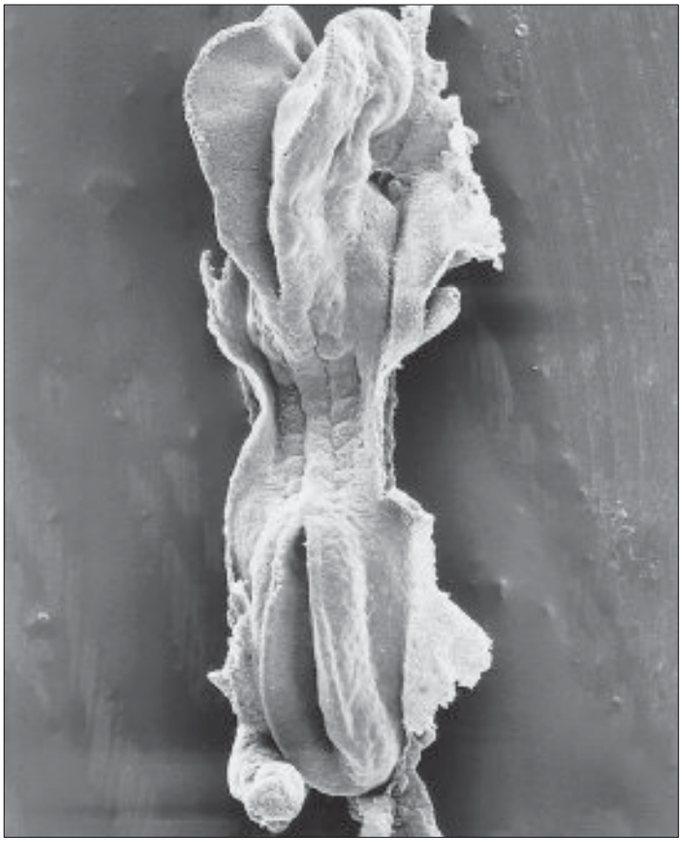


Fig. 24.1 Eletromicrografia de varredura de um embrião de rato em neurulação, comparável a um embrião humano no estágio 10 (22-24 dias). A região encefálica expandida pode ser vista no topo da imagem, com a formação de somitos que ocorrem centralmente à medida que a neurulação progride caudalmente. Caudalmente, a proeminência das células da crista neural pode ser vista medialmente ao mesênquima paraxial não segmentado. (Fotografia por P Collins; impresso por S Cox, Electron Microscopy Unit, Southampton General Hospital.)

NEURULAÇÃO

A neurulação primária começa no estágio 9 e termina durante o estágio 12 (Fig. 24.1). O processo, embora contínuo sob os pontos de vista espacial e temporal, tem sido considerado com quatro estágios. Ele começa com o alongamento local das células do ectoderma em uma zona da linha média do disco embrionário e sua reorganização em um epitélio pseudoestratificado, a placa neural. Isto é seguido pela reformatação e aprofundamento da placa neural em um sulco neural, que subsequentemente se fecha para formar um tubo neural de modo bidirecional, a partir da porção média em direção às suas extremidades cefálica e caudal (inferior). Um ectoderma superficial contínuo forma-se dorsalmente ao tubo.

A neurulação primária depende de alterações celulares em meio à placa neural: no tronco, ela pode envolver também movimentos do mesoderma (mesênquima) paraxial. Existe inicialmente uma fusão do ectoderma superficial, seguida pela fusão do neuroectoderma. As células do neuroectoderma tornam-se alongadas e em seguida em formato de cunha. Tem sido sugerido que as forças necessárias para moldar o tubo neural são intrínsecas às células do neuroectoderma. Quando o tubo neural está se fechando, suas paredes consistem em uma camada única de células epiteliais neurais cilíndricas, cujas extremidades se limitam às membranas limitantes, interna e externa. As células cilíndricas aumentam de comprimento e desenvolvem numerosos microtúbulos dispostos longitudinalmente. As margens de suas extremidades apicais estão firmemente presas às células adjacentes através de complexos juncionais, e a face citoplasmática dos complexos está associada a uma densa trama paraluminal de microfilamentos. Os núcleos assumem posições basais, as quais, juntamente com a disposição das organelas, impõem uma leve conformação de cunha em algumas das células e criam um ponto de dobradiça.

A posição dos pontos de dobradiça na placa neural confere características diferentes ao tubo neural formado. Com um ponto mediano em dobradiça, as pregas neurais permanecem relativamente retas e o tubo em sua posição tem um lúmen em formato de fenda: isto pode ser visto a partir da região inicial de fusão em direção rostral. Se pontos de dobradiça dorsolaterais são adicionados, o tubo neural resultante é romboide e os pontos de dobradiça descrevem a posição do sulco limitante. Se todas as células neuroepiteliais exibem algum estreitamento apical, então o tubo resultante tem um lúmen circular. O contorno em formato de fenda em direção rostral do tubo neural pode depender mais do suporte das estruturas adjacentes do que da extremidade caudal do tubo, onde a neurulação é gerada pelo neuroepitélio. A transição da neurulação primária para a neurulação secundária (veja a seguir) continua a produção de um tubo neural com um lúmen circular.

A fusão do tubo neural começa em embriões com 4-6 somitos, ao nível dos somitos 1 e 2, e forma o futuro rombencéfalo. O tubo se fecha caudal e rostralmente, e forma sequencialmente as regiões cervical e torácica da medula espinal, e em seguida as regiões encefálicas do mesencéfalo e do prosencéfalo. Rostralmente, dois locais de fusão podem ser vistos. A fusão inicial, denominada α, ou lábio dorsal do neuróporo rostral, prossegue caudorrostralmente. Um segundo local, denominado β, ou lábio terminal do neuróporo rostral, fecha-se a partir da extremidade rostral da placa neural e prossegue rostrocaudalmente (O'Rahilly & Müller, 2002). O fechamento desses lábios do neuróporo rostral é completado quando 19-20 pares de somitos estão presentes. O fechamento do neuróporo caudal começa quando aproximadamente 29 somitos estão presentes, e o local de fechamento corresponde ao nível do futuro somito 31 (o nível da futura segunda vértebra sacral) (O'Rahilly & Müller, 2004).

A neurulação secundária começa a partir do fechamento do neuróporo caudal no estágio 12 e termina em torno do estágio 17; ela é o processo pelo qual a porção caudal do tubo neural é formada na ausência de uma placa neural. No momento do fechamento do neuróporo caudal, as células caudais da linha média são genericamente denominadas como a eminência caudal. Uma população específica de células mesenquimais, a dobradiça ou junção caudoneural, compartilha os mesmos marcadores moleculares que o nó primordial. Essas células se agregam na linha média e sofrem uma transformação mesenquimal/epitelial que produz um cilindro celular contíguo com a extremidade caudal do tubo neural. O subsequente alongamento da porção caudal do tubo neural envolve a formação de uma cavitação no cilindro neural. As células da crista neural se dela-

minam da superfície dorsal do cilindro em uma direção rostrocaudal e, simultaneamente, o mesoderma paraxial sofre somitogênese.

REGIÕES ENCEFÁLICAS PRIMORDIAIS

Anteriormente ao fechamento do tubo neural, as pregas neurais se tornam consideravelmente expandidas na região da cabeça; a primeira indicação de um encéfalo e suas principais divisões pode ser vista no estágio 10 (Fig. 24.2). Expansões regionais – o prosencéfalo ("encéfalo anterior"), o mesencéfalo ("encéfalo médio") e o rombencéfalo ("encéfalo posterior") – são denominadas como as três vesículas encefálicas primárias, embora o termo "vesícula" neste contexto tenha sido considerado inapropriado para descrever acelerações localizadas do crescimento na parede do encéfalo. À medida que o tubo neural se fecha, a parede neural parece formar uma série de cristas e depressões perpendiculares ao seu longo eixo. Esses segmentos repetidos transitórios são denominados neurômeros primários, e inicialmente seis podem ser identificados: o prosencéfalo, o mesencéfalo e quatro subdivisões do rombencéfalo, os rombômeros A, B, C e D. Os neurômeros primários em si se tornam subdivididos durante os estágios 10, 11 e 12, e um total de 16 neurômeros secundários foram identificados. O prosencéfalo dá origem ao telencéfalo, ao diencéfalo 1 (D1) e ao diencéfalo 2 (D2), que tem três subdivisões. O mesencéfalo é subdividido em mesencéfalo 1 (M1) e mesencéfalo 2 (M2). O rombencéfalo é subdividido no istmo do rombencéfalo e nos rombômeros 1-8; o rombômero A original dá origem aos rombômeros secundários 1, 2 e 3; o rombômero B dá origem ao rombômero secundário 4; o rombômero C dá origem aos rombômeros secundários 5, 6 e 7; e o rombômero D dá origem ao rombômero secundário 8 (O'Rahilly & Müller, 1999). À medida que o rombencéfalo cresce, os limites entre os rombômeros tornam-se menos distintos. Com o aparecimento precoce do cerebelo a partir do istmo do rombencéfalo e do rombômero 1, o rombencéfalo é tradicionalmente dividido no metencéfalo, que se estende até cerca do rombômero 3, e no mielencéfalo, que se estende até a junção bulbospinal. Um resumo dos derivados das regiões encefálicas é dado na Tabela 24.1 mais adiante..

O alongamento do encéfalo ocorre ao mesmo tempo que o aparecimento das três flexuras, as quais também aparecem antes do fechamento do tubo neural; duas flexuras são côncavas ventralmente e uma é côncava dorsalmente. Durante os estágios 13 e 14, o encéfalo se dobra ao nível do mesencéfalo (flexura mesencefálica), de modo que o prosencéfalo se dobre em uma direção ventral ao redor da extremidade cefálica da notocorda e do intestino anterior, até que seu assoalho se encontre quase paralelo ao do rombencéfalo (Fig. 24.3). Um dobramento também aparece na junção entre o rombencéfalo e a medula espinal (flexura cervical). Esta aumenta da quinta semana até o final da sétima semana, em cujo momento o rombencéfalo forma quase um ângulo reto com a medula espinal. Entretanto, após a sétima semana, ocorre extensão da cabeça, a flexura cervical diminui e definitivamente desaparece. O terceiro dobramento, a flexura pontina, é direcionada ventralmente, entre o metencéfalo e o mielencéfalo. Ela não afeta substancialmente o contorno da cabeça. Nesta região, a placa do teto se adelgaça até que ela seja composta apenas por uma camada única de células associada à pia-máter, a tela corióidea. A flexura do tubo neural neste ponto produz um formato romboide no teto, que mais tarde forma o véu bulbar.

ORGANIZAÇÃO CELULAR PRIMORDIAL DO TUBO NEURAL

Sob o ponto de vista histológico, o tubo neural primordial é composto por um neuroepitélio pseudoestratificado. Ele se estende da face interna do tubo até a lâmina basal limitante externa e a pia-máter circunjacente. O epitélio contém células-tronco que originarão populações de neuroblastos e glioblastos. Uma população de células da glia radial se diferencia muito precocemente e fornece um arcabouço para que células futuramente desenvolvidas sigam. Conforme o desenvolvimento prossegue, três zonas ou camadas se desenvolvem (Figs. 24.4-24.6). Estas são uma zona

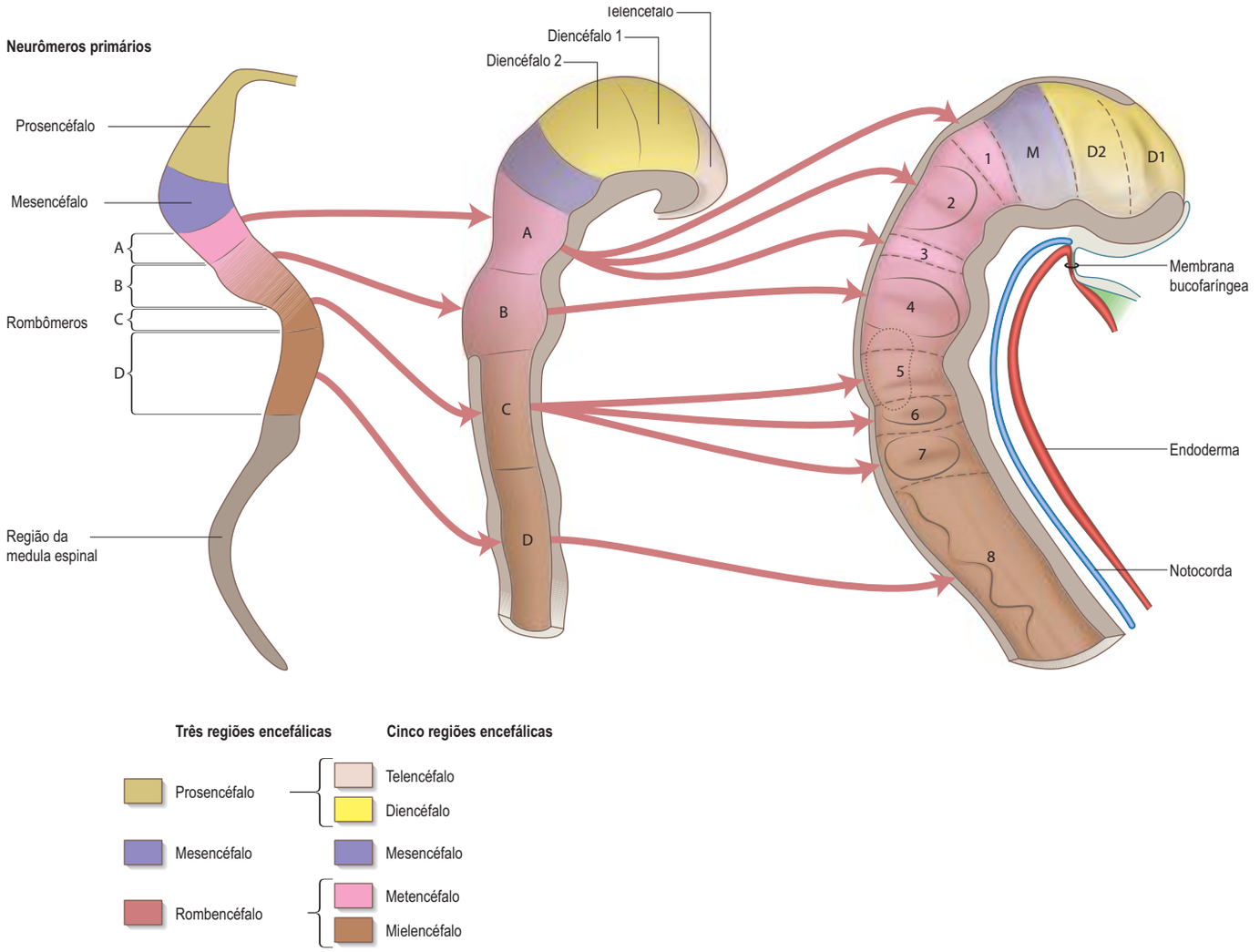


Fig. 24.2 As regiões encefálicas primárias, os neurômeros e sua expansão durante a neurulação.

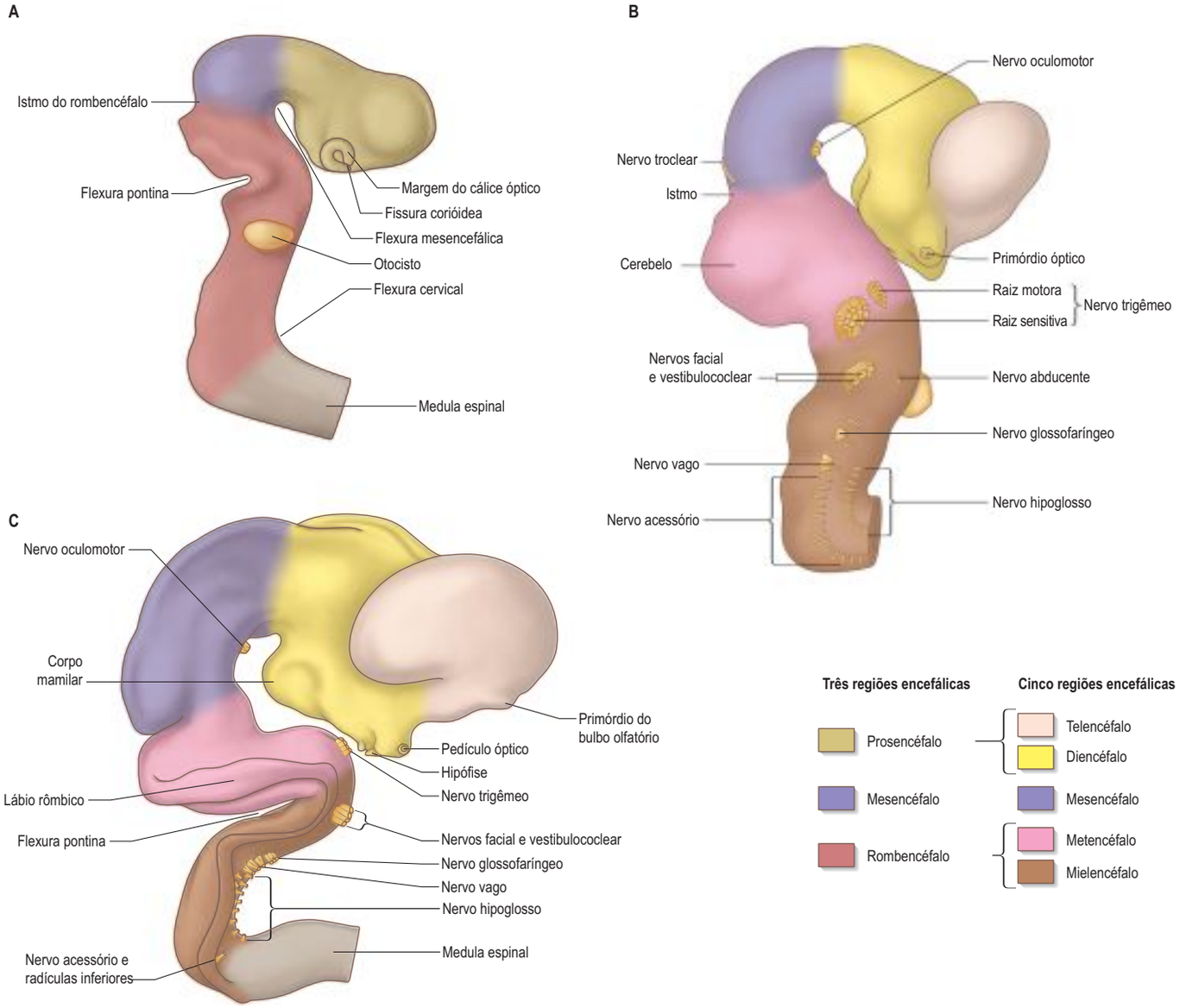


Fig. 24.3 Encéfalos humanos em desenvolvimento indicam a formação das flexuras mesencefálica, cervical e pontina, vistas laterais. **A,** Embrião humano, com 9 mm de comprimento. **B,** Embrião humano, com aproximadamente 10,2 mm de comprimento. **C,** Embrião humano, com 13,6 mm de comprimento. O teto do rombencéfalo foi removido em cada caso.

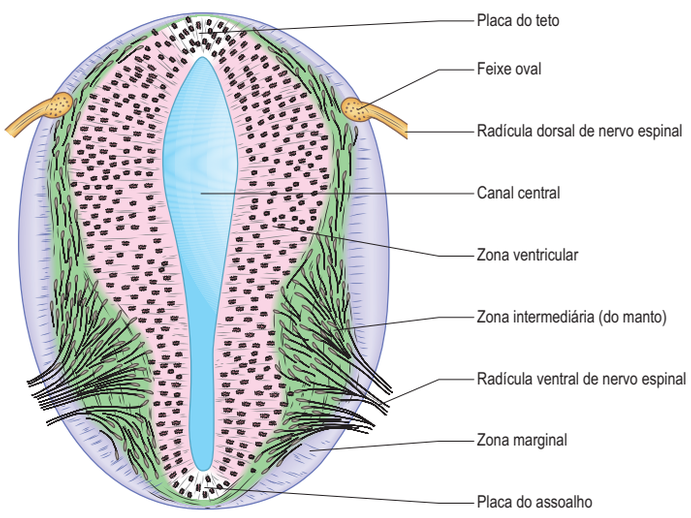


Fig. 24.4 Corte transversal através da medula espinal de um embrião humano de quatro semanas de desenvolvimento.

interna, a zona ventricular (denominada variavelmente como camada germinativa, camada ependimária primitiva ou camada-matriz), na qual ocorrem as mitoses, e que contém as partes nucleadas das células cilíndricas e células arredondadas que sofrem mitoses; uma zona média, a zona do manto (também denominada zona intermediária), que contém as células em migração a partir das divisões que ocorreram na zona ventricular; e uma zona marginal, externa, que inicialmente consiste nos prolongamentos citoplasmáticos externos da glia radial. Esta última é logo invadida por tratos de prolongamentos axonais que crescem a partir de neuroblastos que se desenvolvem na zona do manto, juntamente com variedades de células não neuronais (células gliais e o futuro endotélio vascular e o mesênquima perivascular). Para o desenvolvimento subsequente destas camadas, veja as páginas 368-**369**.

Inicialmente, o tubo neural caudal ao encéfalo apresenta uma seção transversal de contorno oval e seu lúmen é estreito e em formato de fenda (Fig. 24.4). A placa do assoalho original e o local dorsal de fusão do tubo inicialmente contêm células não neurais. Com a proliferação celular, as paredes laterais se espessam e o lúmen – agora o canal central – alarga-se em sua parte dorsal e é um tanto em formato de diamante em corte transversal (Fig. 24.6). O alargamento do canal está associado ao desenvolvimento de um sulco limitante longitudinal a cada lado, que divide as zonas ventricular e do manto (intermediária) em cada parede lateral em uma lâmina ventrolateral (ou placa basal) e uma lâmina dorsolateral (ou placa alar), respectivamente. Essa separação representa uma diferença funcional fundamental.

Por toda a extensão do tubo neural existe um padrão genérico na posição dos neurônios, que é especificada pela justaposição da notocorda em relação ao tubo neural. O enxerto experimental lateral ou dorsal de uma notocorda resulta na indução de uma placa do assoalho sobreposta

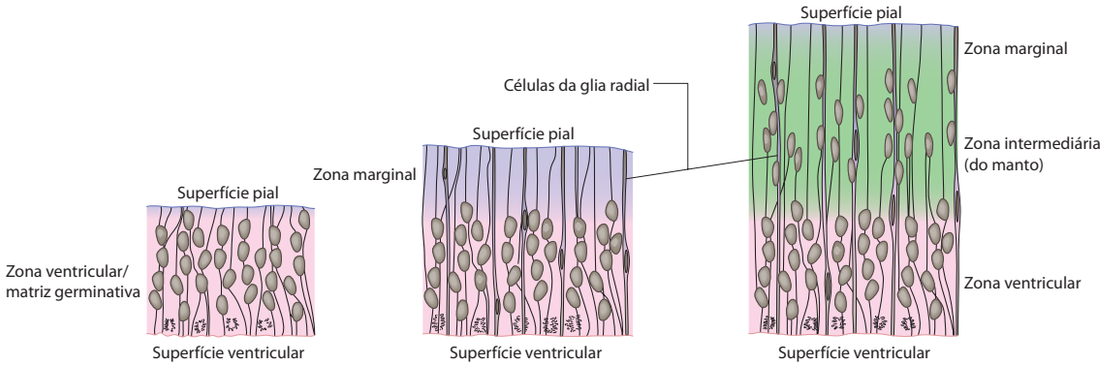


Fig. 24.5 Desenvolvimento inicial do tubo neural: três camadas podem ser delineadas na medula espinal e no tronco encefálico.

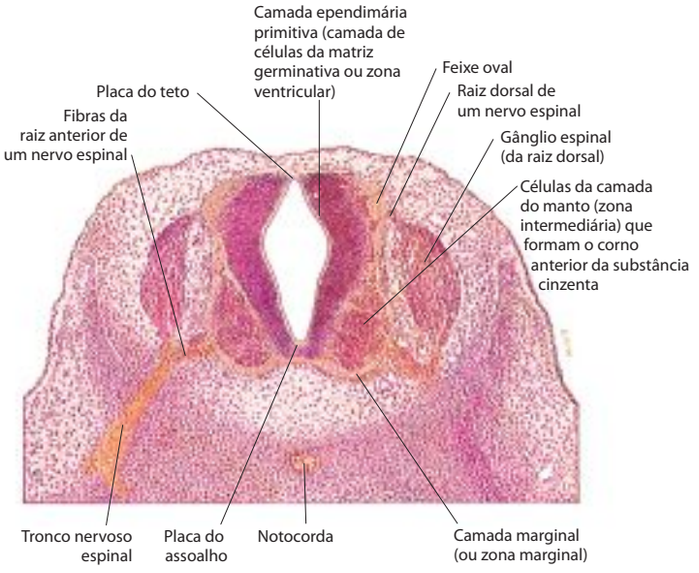


Fig. 24.6 A medula espinal em desenvolvimento na região cervical de um embrião humano ao início da sexta semana; comprimento vértice-cóccix de 8 mm. Corte transversal.

à notocorda enxertada e à indução de neurônios motores ectópicos dorsalmente. De modo similar, enxertos laterais ou dorsais de uma placa do assoalho também resultam na indução de uma nova placa do assoalho sobreposta ao enxerto e à indução de neurônios motores dorsais ectópicos. A remoção da notocorda resulta na eliminação da placa do assoalho e dos neurônios motores e na diferenciação de tipos celulares dorsais na região ventral da medula espinal (Fig. 24.7).

A placa basal está em geral relacionada predominantemente à função motora e contém os corpos celulares dos neurônios motores das futuras colunas anterior e lateral de substância cinzenta. A placa alar recebe estímulos sensoriais dos gânglios das raízes dorsais externos. Os axônios motores e sensitivos se combinam para formar os nervos mistos.

FALHA DA NEURULAÇÃO

A falha da neurulação produz as condições de craniorraquisquise total (em que todo o tubo neural não está fundido na linha média dorsal), craniosquise ou anencefalia (em que o tubo neural está fundido dorsalmente para formar a medula espinal, mas não está fundido dorsalmente no encéfalo) e espinha bífida (em que regiões localizadas do tubo neural relativo à medula espinal não estão fundidas ou existe uma falha de formação dos arcos neurais vertebrais) (Fig. 24.8; e também o Cap. 44). Fetos anencefálicos apresentam severos distúrbios no formato, na posição e na ossificação do condrocrânio basal e no trajeto da notocorda intracraniana, de modo que a condição seja mais complicada que "simplesmente" uma falha de fusão do tubo neural.

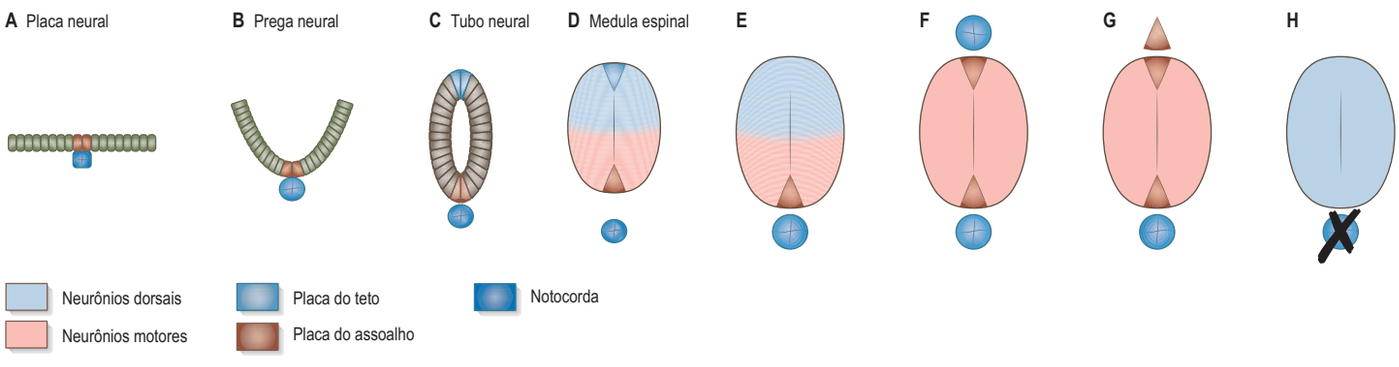


Fig. 24.7 A-B, Estágios sucessivos no desenvolvimento do tubo neural e da medula espinal. **A,** A placa neural consiste em células neuroepiteliais. As células na linha média da placa neural estão em contato diretamente com a notocorda. Regiões mais laterais da placa neural se sobrepõem ao mesênquima do mesoderma paraxial (não mostrado). **B,** Durante a neurulação, a placa neural se aprofunda em sua linha média e esta eleva as margens laterais da placa como as pregas neurais. O contato entre a linha média da placa neural e a notocorda é mantido neste estágio. **C,** O tubo neural é formado quando as extremidades dorsais das pregas neurais se fundem. As células na região de fuso formam a placa do teto, que é um grupo especializado de células da linha média dorsal. **D,** As células na linha média ventral do tubo neural retêm a proximidade com a notocorda e se diferenciam na placa do assoalho. Após o fechamento do tubo neural, as células neuroepiteliais continuam a proliferar e finalmente se diferenciam em classes definidas de neurônios em diferentes posições dorsoventrais dentro da medula espinal. Por exemplo, neurônios sensitivos de retransmissão, neurônios comissurais e outras classes de neurônios dorsais se diferenciam próximo à placa do teto, e neurônios motores se diferenciam ventralmente, próximo à placa do assoalho, que neste momento não se encontra mais em contato com a notocorda. **E-H,** Um resumo dos resultados obtidos de experimentos em embriões de galinha, nos quais uma notocorda ou uma placa do assoalho é enxertada na linha média dorsal do tubo neural ou onde a notocorda é removida antes do fechamento do tubo neural. **E,** A condição normal, que mostra a localização ventral dos neurônios motores e a localização dorsal de neurônios sensitivos de retransmissão. **F,** Enxertos dorsais de uma notocorda resultam na indução de uma placa do assoalho na linha média dorsal e neurônios motores dorsais ectópicos. **G,** Enxertos dorsais de uma placa do assoalho induzem uma nova placa do assoalho na linha média dorsal e neurônios motores dorsais ectópicos. **H,** A remoção da notocorda resulta na eliminação da placa do assoalho e dos neurônios motores e a expressão dos tipos celulares dorsais na região ventral da medula espinal.

CRISTA NEURAL

As populações neuronais do epiblasto primordial se tornam organizadas na região medial do disco embrionário como a placa neural. Lateralmente, as pregas neurais ou cristas neurais indicam a região de transição entre o neuroectoderma e o ectoderma superficial. Ao longo da maior parte do neuroeixo, as células nas extremidades das pregas neurais sofrem uma transformação epitelial/mesenquimal. Elas adquirem propriedades migratórias e saem do epitélio um pouco antes de sua fusão com a prega contralateral na linha média dorsal. As células migratórias assim formadas são coletivamente denominadas crista neural. As células no interior da prega neural prosencefálica rostral e populações menores de células e locais bilaterais lateralmente ao encéfalo primordial não formam células migratórias da crista neural, mas permanecem no epitélio superficial como placoides ectodérmicos.

As populações da crista neural se originam das pregas neurais à medida que a neurulação primária prossegue e simultaneamente progride rostral e caudalmente. As células da crista neural migram das pregas neurais encefálicas antes do fechamento do tubo neural. Caudalmente, a partir aproximadamente do somito 29, os processos da neurulação secundária produzem a crista neural de localização mais caudal. Duas populações distintas de células da crista neural são formadas: uma população neuronal produzida por todo o encéfalo e a medula espinal, que origina os neurônios sensoriais e autônomos e a glia, e uma população mesenquimal não neuronal, que se origina apenas do encéfalo (Figs. 24.9 e 24.10). Os melanócitos se desenvolvem a partir de uma subpopulação de células da crista neural derivada tanto da cabeça como do tronco. Eles formam um dos três tipos de células pigmentares (os outros são o epitélio pigmentar da retina e as células pigmentares do órgão pineal, ambos os quais se originam a partir do diencéfalo).

No tronco, os padrões de migração das células da crista neural são canalizados pelos somitos. À medida que as células da crista neural se movimentam lateral e ventralmente, elas podem passar por entre os somitos e em meio à metade rostral do esclerótomo de cada somito, mas não podem penetrar na metade caudal do mesênquima do esclerótomo. Deste modo, a distribuição segmentar dos gânglios espinais e simpáticos é imposta às células da crista através de uma pré-padronização que existe no mesênquima do mesoderma paraxial somítico (Fig. 24.11). A origem da padronização craniocaudal das células ventrais da crista neural não está clara.

Rostralmente à vesícula óptica, as células da crista neural se originam a partir de regiões específicas do encéfalo. Logo ao início do desenvolvimento, várias subdivisões transversais perpendiculares ao longo eixo do encéfalo podem ser vistas em meio ao rombencéfalo, dividindo-o em segmentos denominados rombômeros (Müller & O'Rahilly, 1997). Oito rombômeros principais estendem-se do limite entre o mesencéfalo e o rombencéfalo, rostralmente à medula espinal caudalmente (Fig. 24.2). Os rombômeros 8 e 7 dão origem a células da crista neural que migram para os quarto e sexto arcos faríngeos; as células da crista neural do rombômero 6 invadem o terceiro arco faríngeo. As células da crista neural do rombômero 4 migram para o segundo arco, enquanto os rombômeros 5 e 3 dão origem a um número muito pequeno de células da crista neural que migram rostral e caudalmente para entrar nos vizinhos adjacentes de número par. Os rombômeros 1 e 2 produzem células da crista neural que

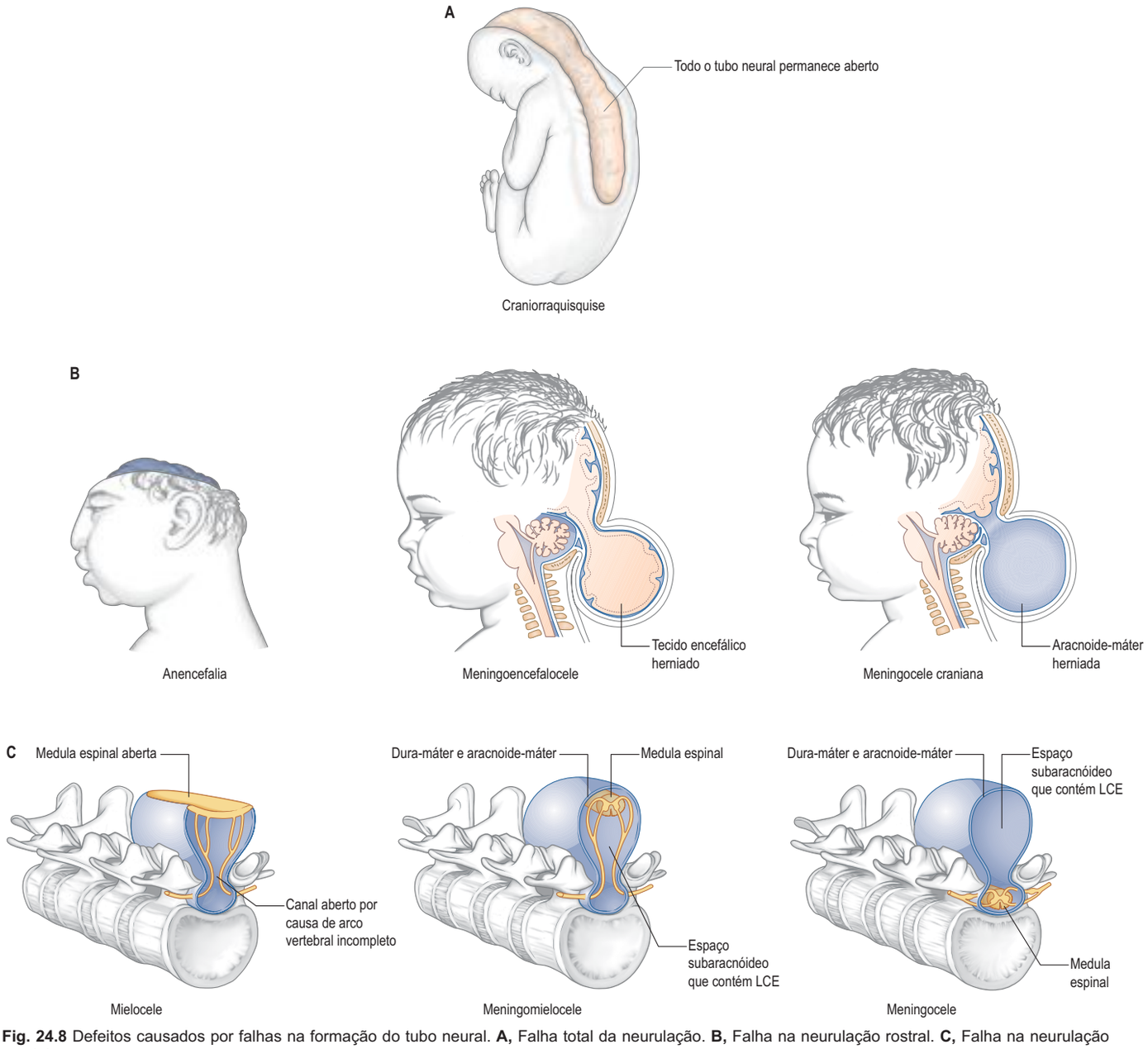


Fig. 24.8 Defeitos causados por falhas na formação do tubo neural. **A,** Falha total da neurulação. **B,** Falha na neurulação rostral. **C,** Falha na neurulação caudal.

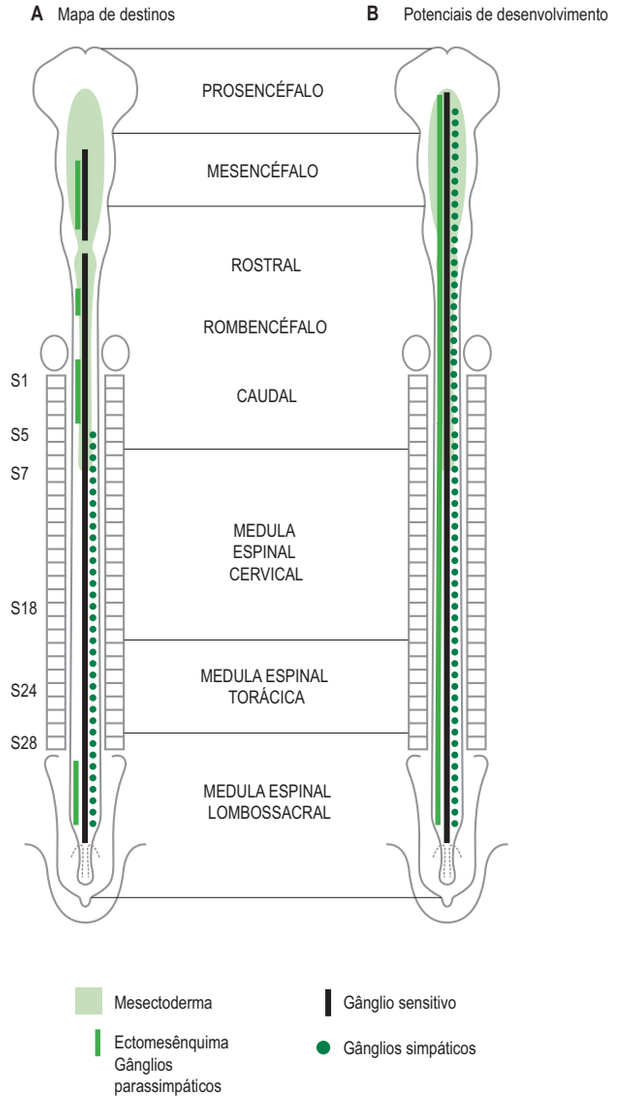


Fig. 24.9 A, Mapa dos destinos ao longo da crista neural dos presumíveis territórios que produzem o ectomesênquima, os gânglios sensitivos, parassimpáticos e simpáticos, e o mesênquima derivado da crista neural no desenvolvimento normal. **B,** Potenciais de desenvolvimento para os mesmos tipos celulares. Se células da crista neural de qualquer nível do neuroeixo forem implantadas nos locais apropriados de um embrião hospedeiro, elas podem dar origem a quase todos os tipos celulares que formam os vários tipos de gânglios do SNP. Isto não é verdadeiro para o mesênquima derivado da crista neural, cujos precursores estão confinados à área cefálica da crista, abaixo do nível do somito 5. S, somito.

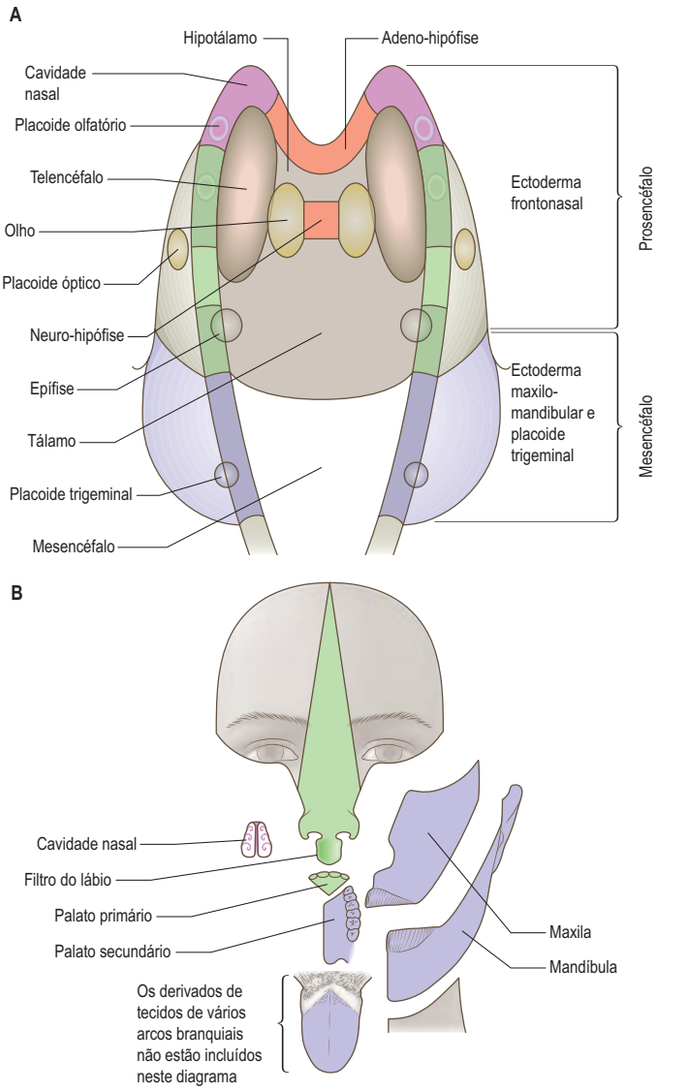


Fig. 24.10 Mapa de destinos da região rostral do primórdio neural conforme estabelecido pelo sistema quimera codorna-galinha. **A,** Os vários territórios que produzem a cabeça na região rostral estão indicados na placa neural e na prega neural de um embrião com 1-3 somitos. **B,** Os resultados obtidos no embrião de ave foram extrapolados para a cabeça humana. Deste modo, a área da prega neural em cor verde em **A** produz o epitélio do nariz, o filtro do lábio e o palato primário.

invadem o primeiro arco faríngeo. Em cada rombômero, populações mesenquimais e os gânglios sensitivos e autônomos são formados a partir das células da crista neural (Fig. 12.4).

Mais rostralmente, a crista neural derivada do mesencéfalo migra para os processos maxilares e mandibulares do primeiro arco faríngeo. As células da crista neural são produzidas a partir do diencéfalo até o nível da epífise. As células da crista neural produzidas a partir desta porção rostral do encéfalo contribuem com populações mesenquimais para a eminência frontonasal. A prega neural prosencefálica mais rostral não dá origem a células da crista neural.

PLACOIDES ECTODÉRMICOS

Antes do fechamento do tubo neural, as pregas neurais em elevação contêm duas populações neuronais distintas. A população maior de células da crista neural migra do neuroepitélio antes da fusão do tubo neural. Uma população menor de células neuroepiteliais torna-se incorporada ao ectoderma superficial após o fechamento do tubo neural. Essas áreas de neuroepitélio em meio ao ectoderma superficial têm sido denominadas placoides ectodérmicos. Embora a maioria dos placoides ectodérmicos forme tecido nervoso, placoides não neurogênicos também ocorrem (Begbie & Graham, 2001). Após um estímulo indutivo apropriado, os placoides se espessam e geram células neuronais migratórias que contribuirão para os gânglios sensitivos cranianos ou toda a

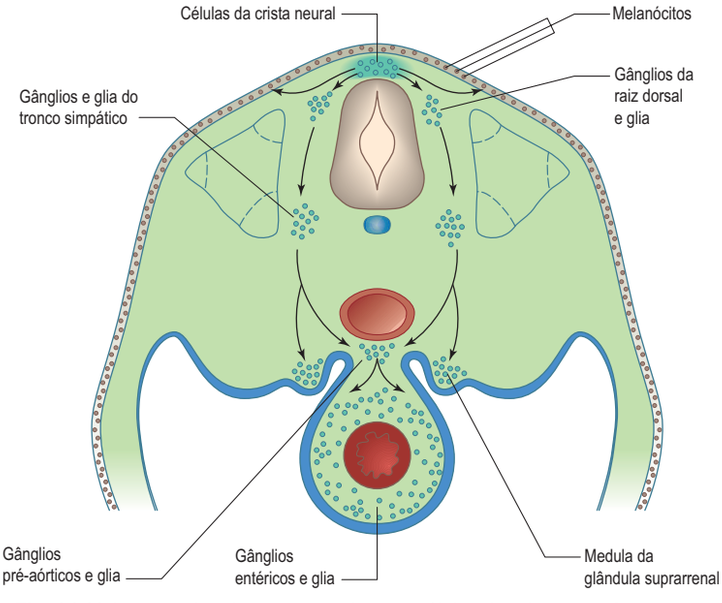


Fig. 24.11 As rotas de migração tomadas por células da crista neural no tronco.

região do placoide se invagina para formar uma vesícula abaixo do ectoderma superficial remanescente. Placoides neurogênicos sofrem ambos os processos. Um par de placoides não neurogênicos invagina-se para formar as vesículas da lente sob a influência indutiva das vesículas ópticas (Cap. 41).

As pregas neurais encontram-se na linha média rostral, adjacente à membrana bucofaríngea. A prega neural rostral não gera crista neural, mas dá origem ao placoide hipofisário, isto é, a futura bolsa de Rathke, que permanece em meio ao ectoderma superficial diretamente rostral à membrana bucofaríngea. A prega neural rostral também dá origem aos placoides olfatórios, que permanecem como um par de placoides lateralmente posicionados, e ao epitélio da cavidade nasal (Fig. 24.10).

Mais caudalmente, placoides neurogênicos similares podem ser identificados e divididos em três categorias, isto é, os placoides epibranquiais, ópticos e trigeminais (Fig. 24.12). Os placoides epibranquiais aparecem no ectoderma superficial, imediatamente dorsais à área de formação dos sulcos faríngeos (ou branquiais). O primeiro placoide epibranquial está localizado ao nível do primeiro sulco faríngeo e contribui com células para o gânglio distal (geniculado) do nervo facial; o segundo e o terceiro placoides epibranquiais contribuem com células para os gânglios distais dos nervos glossofaríngeo (gânglio petroso) e vago (gânglio nodoso), respectivamente. Esses placoides se espessam e as células começam a se destacar de seu epitélio logo após as bolsas faríngeas terem entrado em contato com o ectoderma sobrejacente. Simultaneamente, as células da crista neural atingem e se movem para além destas extensões laterais da faringe. Os neurônios migram dos placoides epibranquiais internamente para os locais de formação de gânglios, onde eles apresentam sinais de diferenciação precoce em neurônios, que inclui a formação de neuritos.

Os placoides ópticos, localizados lateralmente ao mielencéfalo, invaginam-se para formar as vesículas ópticas, das quais o labirinto membranoso da orelha interna se desenvolve. Os neurônios dos gânglios do nervo vestibulococlear se originam a partir de neurônios que brotam da face ventromedial do cálice óptico, após o que eles podem ser distinguidos nos gânglios acústico e vestibular (Cap. 38).

Os placoides profundos e trigeminais maxilomandibulares, que se fundem na espécie humana para formar uma estrutura única, encontram-se rostralmente aos placoides ópticos, junto à junção entre o mesencéfalo e o rombencéfalo. Os neuroblastos prospectivos migram a partir de focos dispersos por todo o ectoderma superficial, lateral e ventrolateralmente para a parte caudal do mesencéfalo e do metencéfalo a fim de contribuir para as porções distais dos gânglios trigeminais.

GLÂNDULA HIPÓFISE

A hipófise consiste na adeno-hipófise e na neuro-hipófise. Antes da neurulação, as populações celulares que dão origem a essas duas porções da glândula hipófise são encontradas próximas uma à outra em meio à porção rostral do assoalho da placa neural e à prega neural contígua da linha média. À medida que a neurulação progride, a futura neuro-hipófise permanece no assoalho do prosencéfalo. As células da futura adeno-hipófise são deslocadas para o ectoderma superficial, onde elas formam o placoide hipofisário em íntima aposição e aderido ao prosencéfalo suprajacente.

A porção mais rostral da placa neural, que formará o hipotálamo, está em contato rostralmente com a futura adeno-hipófise na crista neural rostral, e caudalmente com a neuro-hipófise, no assoalho da placa neural (Fig. 24.10). Após a neurulação, as células da crista neural rostral permanecem no ectoderma superficial e formam o placoide hipofisário, que se encontra em íntima justaposição e aderido ao prosencéfalo suprajacente.

O mesênquima derivado da crista neural se move mais tarde por entre o prosencéfalo e o ectoderma superficial, exceto na região do placoide. Antes da ruptura da membrana bucofaríngea, a proliferação do mesênquima periplacoidal significa que o placoide forma o teto e as paredes de uma depressão sacular. Este recesso hipofisário (a bolsa de Rathke, Figs. 24.13 e 24.14) é o primórdio da adeno-hipófise. Ele localiza-se imediatamente ventral à margem dorsal da membrana bucofaríngea, estende-se em frente da extremidade rostral da notocorda e retém contato com a superfície ventral do prosencéfalo. Ele se torna estreitado por causa da contínua proliferação do mesênquima circunjacente para formar uma vesícula fechada, porém permanece por algum tempo conectado ao ectoderma do estomodeu por um cordão sólido de células que pode ser traçado para baixo da margem posterior do septo nasal. Massas de células epiteliais se formam principalmente a cada lado e na parede ventral da vesícula e o desenvolvimento da adeno-hipófise progride pela invaginação de um estroma mesenquimal. A diferenciação das células epiteliais em células-tronco e três tipos em diferenciação é dita como aparente durante os meses iniciais do desenvolvimento fetal. Tem sido sugerido que diferentes tipos de células se originam em sucessão e que elas podem ser derivadas em diferentes proporções a partir de diferentes partes do recesso hipofisário. Um canal craniofaríngeo, que às vezes segue da parte rostral da fossa hipofisária do osso esfenoide até o exterior do crânio, é frequentemente apontado como aquele que marca a posição original do recesso hipofisário. Traços da extremidade do recesso relacionada ao estomodeu estão usualmente presentes na junção do septo nasal com o palato. Outros têm defendido que o canal craniofaríngeo em si seja uma formação secundária causada pelo crescimento de vasos sanguíneos e que esteja absolutamente desconectado do pedículo da adeno-hipófise.

Um pequeno divertículo endodérmico, denominado bolsa de Seessel, projeta-se em direção ao encéfalo a partir da extremidade cranial do intestino anterior, imediatamente caudal à membrana bucofaríngea. Em alguns marsupiais, essa bolsa forma uma parte da hipófise, mas na espécie humana ela não é bem definida e desaparece completamente.

Caudalmente ao recesso adeno-hipofisário, mas em contato com este último, um divertículo oco alonga-se em direção ao estomodeu a partir do assoalho da placa neural, imediatamente caudal ao hipotálamo (Fig. 24.14B); esta região de evaginação neural é a neuro-hipófise. Ela forma um saco infundibular, cujas paredes aumentam em espessura até que a cavidade contida em seu interior seja obliterada, exceto em sua extremidade superior, onde ela persiste como o recesso infundibular do terceiro ventrículo. A neuro-hipófise se torna envolvida pela adeno-hipófise, que

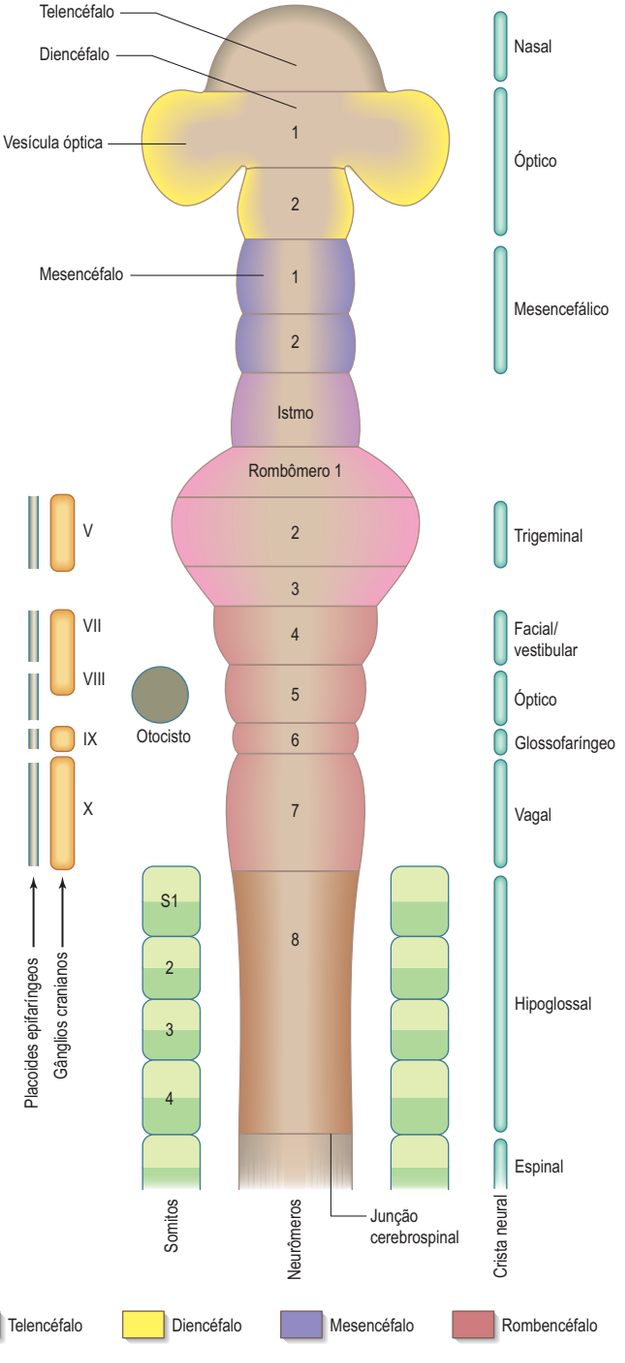


Fig. 24.12 Esquema de um embrião humano no estágio 13 (4 mm, 32 somitos), tornado plano para eliminar as flexuras encefálicas. Os gânglios sensitivos cranianos e o otocisto, derivados dos placoides epibranquiais, são mostrados à esquerda. Os níveis de origem da crista neural que contribui para os gânglios sensitivos cranianos e as populações mesenquimais na cabeça estão indicados à direita. Este arranjo pode variar em outras espécies. (Fornecido pelo Professor R O'Rahilly e Dr F Müller.)

se estende dorsalmente sobre cada lado da neuro-hipófise. A adeno-hipófise emite dois prolongamentos a partir de sua parede ventral que crescem ao longo do infundíbulo e se fundem para circundá-lo, relacionam-se com o túber cinéreo e formam a parte tuberal da adeno-hipófise. A cavidade original da bolsa de Rathke permanece primeiramente como uma fenda, e mais tarde como vesículas espalhadas, e pode ser identificada facilmente em cortes sagitais da glândula madura. A parede dorsal da bolsa de Rathke permanece delgada e se funde com a parte adjacente da neuro-hipófise como a parte intermediária (*pars intermedia*).

Ao nascimento, a hipófise tem cerca de um sexto do peso da glândula do adulto: ela aumenta de peso e fica com cerca da metade do peso da glândula do adulto aos sete anos e adquire o peso do adulto na puberdade. Durante toda a vida pós-natal, a glândula parece maior em mulheres, tanto em tamanho quanto em peso.

NEURÓGLIA

As células gliais que sustentam os neurônios no SNC e no SNP são derivadas a partir de três linhagens: o neuroectoderma, a crista neural e o mesênquima angioblástico. No SNC, as células da zona ventricular em proliferação dão origem aos astrócitos e aos oligodendrócitos. Após a fase proliferativa, as células que permanecem na superfície ventricular se diferenciam em células ependimárias, especializadas em muitas regiões do sistema ventricular como órgãos circunventriculares. No SNP, as células das cristas neurais produzem células de Schwann e células de sustentação semelhantes a astrócitos no sistema nervoso entérico. O mesênquima angioblástico dá origem a uma variedade de tipos celulares do sangue, como os monócitos circulantes, que se infiltram no encéfalo como células da micróglia mais tarde no desenvolvimento.

A zona ventricular que reveste o canal central primordial da medula espinal e as cavidades do encéfalo dá origem a neurônios e a células gliais (Figs. 24.4 e 24.5). Uma forma especializada de célula glial é a célula da glia radial, cujos prolongamentos radiais se estendem tanto para fora, de modo a formar a membrana limitante externa abaixo da pia-máter, como para dentro, de modo a formar a membrana limitante interna ao redor da cavidade central. A geometria dessas células pode proporcionar vias de guia de contato para migrações celulares, tanto para neurônios como para células gliais. Um arcabouço secundário fornecido pela glia radial é formado no cerebelo e no giro denteado, ambos em desenvolvimento tardio, e serve para a translocação de neurônios – formados em centros germinativos secundários – até suas localizações definitivas no adulto. A glia radial finalmente perde suas conexões com as membranas limitantes externa e interna, exceto aquelas que persistem na retina como células de Müller, no cerebelo como a glia de Bergmann, e no hipotálamo como tanicitos. Elas podem se diferenciar em neurônios e em astrócitos. Elas podem envolver parcialmente os corpos celulares de neurônios adjacentes em desenvolvimento (entre presumíveis contatos sinápticos) ou encobrir de modo similar as superfícies intersinápticas de seus neuritos. Os prolongamentos das células gliais podem se expandir ao redor de capilares do sistema nervoso como pés terminais perivasculares. Outros glioblastos retêm uma adesão (ou formam novas expansões) à pia-máter, a camada mais interna das meninges, como pés terminais piais. Os glioblastos também revestem o canal central e as cavidades do encéfalo como células ependimárias generalizadas ou especializadas, porém elas perdem suas adesões periféricas. Em algumas situações, como na fissura mediana anterior da medula espinal, as células ependimárias retêm suas adesões às membranas limitantes interna e externa. Desta forma, as células da glia atuam como satélites perineuronais e fornecem canais celulares que interconectam o líquido cerebrospinal extracerebral e intraventricular, o leito vascular cerebral, os espaços intercelulares do neurópilo e o citoplasma de todas as variedades de células neurais.

A micróglia aparece no SNC após este ter sido penetrado por vasos sanguíneos e o invade em grande número a partir de certas regiões restritas, das quais elas se propagam de uma maneira que tem sido chamada de forma pitoresca de "fontes de micróglia", para se estender profundamente por entre os elementos nervosos.

MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO NEURAL

Por mais de um século, os mecanismos que operam durante o desenvolvimento do sistema nervoso têm sido estudados de modo experimental. Apesar de grande parte já ter sido estabelecida, as respostas a muitas questões fundamentais ainda permanecem obscuras. Em anos recentes, avanços significativos em nossa compreensão sobre o desenvolvimento de vertebrados advêm de trabalhos em embriões de anfíbios, galinhas, camundongos e peixes, com a utilização de uma combinação de técnicas genéticas, embriológicas, bioquímicas e moleculares para elucidar os mecanismos que regulam o comportamento das populações neurais primordiais.

Fig. 24.13 Eletromicrografia de varredura do teto do estomodeu que mostra a invaginação do ectoderma placoidal para formar a adeno-hipófise (bolsa de Rathke). (Fotografia de P Collins; impresso por S Cox, Electron Microscopy Unit, Southampton General Hospital.)

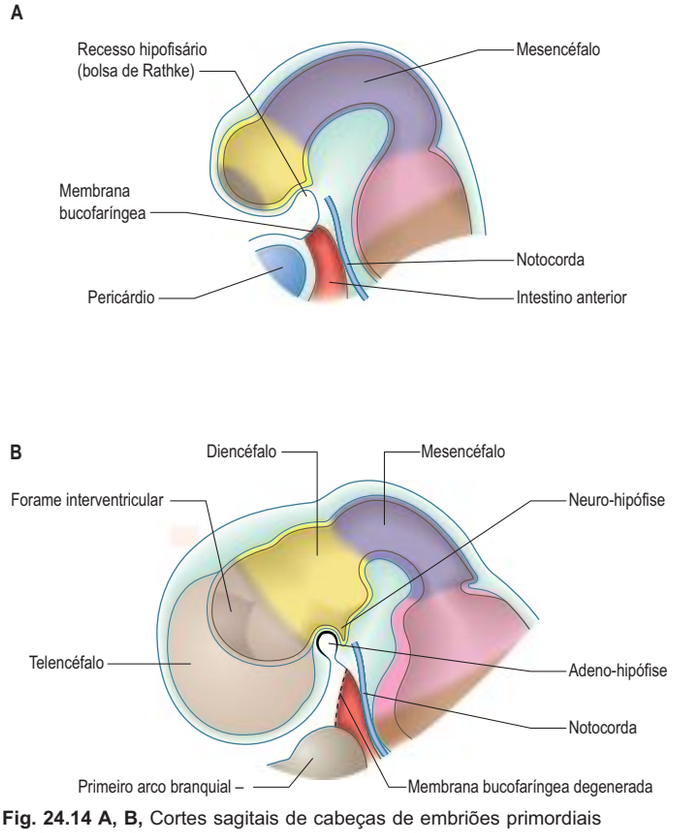


Fig. 24.14 A, B, Cortes sagitais de cabeças de embriões primordiais mostram os estágios iniciais no desenvolvimento da hipófise.

O SNC tem uma estrutura fundamental em camadas e células, que são todas derivadas de um neuroepitélio pluripotencial. Os neurônios em desenvolvimento produzem axônios que atravessam grandes distâncias até alcançar seus órgãos-alvo. Dentro do SNC, eles formam miríades de conexões com outros neurônios em resposta a pistas localmente secretadas.

HISTOGÊNESE DO TUBO NEURAL

A parede do tubo neural primordial consiste em uma zona ventricular interna (às vezes denominada matriz germinativa) que delimita o lúmen central. Ela contém as porções nucleadas das células cilíndricas do neuroepitélio pseudoestratificado e células arredondadas que sofrem mitose. A zona ventricular primordial também contém uma população de células da glia radial cujos prolongamentos seguem da superfície ventricular até a superfície pial, e deste modo formam a glia limitante interna e externa (membranas limitantes gliais). Conforme o desenvolvimento progride, o epitélio pseudoestratificado primordial prolifera, e uma camada externa – a zona marginal, desprovida de núcleos, porém que contém os prolongamentos citoplasmáticos externos das células – é delineada. Subsequentemente uma camada média – a zona do manto ou zona intermediária – se forma à medida que neurônios recém-formados migram de modo ventriculofugal a partir da zona ventricular (Fig. 24.5).

A maioria das células do SNC é produzida na zona proliferativa adjacente ao futuro sistema ventricular, e em algumas regiões esta área é a única zona ativamente mitótica. De acordo com a teoria monofilética da neurogênese, admite-se que ela produza todos os tipos celulares. O neuroepitélio primordial, que inclui a zona ventricular mitótica profundamente localizada, consiste em uma população homogênea de células pluripotentes, cujas aparências variáveis refletem as diferentes fases em um ciclo proliferativo. A zona ventricular é considerada preenchida por um único tipo básico de célula progenitora e que exibe três fases. As células apresentam um "movimento em elevador" à medida que atravessam um completo ciclo mitótico, aproximam-se e em seguida afastam-se da membrana limitante interna (Fig. 24.15). A replicação de DNA ocorre enquanto as células estão estendidas e seus núcleos se aproximam da superfície pial; em seguida, elas entram em um período de repouso pré-mitótico enquanto as células se encurtam e seus núcleos retornam em direção à superfície ventricular. As células agora se tornam arredondadas próximo à membrana limitante interna e sofrem mitose. A seguir, elas se alongam e seus núcleos se movem em direção à margem externa durante o período de repouso pós-mitótico, após o qual a síntese de DNA começa mais uma vez e o ciclo é repetido. As células assim formadas podem em seguida iniciar um outro ciclo proliferativo ou migrar para fora (isto é, radialmente) e se diferenciar em neurônios à medida que se aproximam e entram no estrato adjacente. Essa diferenciação pode ser iniciada à medida que elas seguem para fora durante o período de repouso pós-mitótico. O ciclo proliferativo continua com a produção de clones de neurônios e de glioblastos. Esta sequência de eventos tem sido chamada de migração nuclear intercinética: ela finalmente declina. Na última divisão, duas células filhas pós-mitóticas são produzidas e elas se diferenciam na superfície ventricular em epêndima.

A progênie de algumas destas divisões se move para longe da zona ventricular a fim de formar uma zona intermediária de neurônios. A medula espinal primitiva e grande parte do tronco encefálico apresentam apenas estas três principais camadas: as zonas ventricular, intermediária e marginal. Entretanto, no telencéfalo, a região de proliferação celular estende-se mais profundamente do que a zona ventricular, onde o movimento em elevador da migração intercinética é visto, e uma zona subventricular aparece entre as camadas ventricular e intermediária (Fig. 24.15). Aqui, as células continuam a se multiplicar para proporcionar mais gerações de neurônios e de células gliais, que subsequentemente migram para as zonas intermediária e marginal. Em algumas regiões do sistema nervoso (por ex., o córtex cerebelar), algumas células-tronco subventriculares mitóticas migram através de toda a parede neural para formar uma população subpial, e estabelecem uma nova zona de divisão e de diferenciação celular. Muitas células formadas neste local permanecem em posição subpial, mas outras migram de volta, em direção ao ventrículo, através do tecido nervoso em desenvolvimento, e terminam suas migrações em vários locais definitivos nos quais elas se diferenciam em neurônios ou células da macroglia. Nos hemisférios cerebrais, a zona denominada placa cortical é formada externamente à zona intermediária através de células em migração radial a partir da zona ventricular. As células formadas mais recentemente migram para as camadas mais externas da placa cortical, de modo que as células formadas mais inicialmente e em migração mais precoce se tornam subjacentes àquelas que migram mais tardiamente. No prosencéfalo, existe um estrato transitório adicional abaixo da placa cortical primitiva, a zona da subplaca.

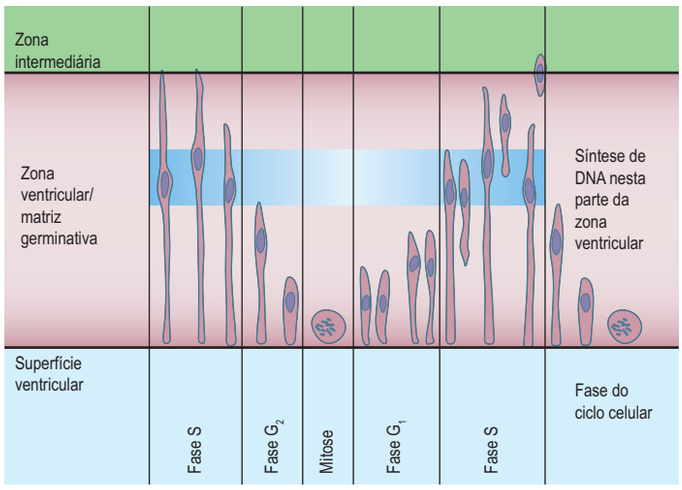


Fig. 24.15 O ciclo celular na zona ventricular do tubo neural em desenvolvimento. Os núcleos das células-tronco em proliferação mostram uma migração intercinética. (A partir de Journal of Comaparative Neurology, 120: 37-42, S Fujita, 1963. Reimpresso por permissão de Wiley-Liss.)

LINHAGENS E CRESCIMENTO NO SISTEMA NERVOSO

Os neurônios advêm a partir de três fontes embrionárias: os neurônios do SNC se originam a partir da placa neural e do tubo neural pluripotenciais, enquanto neurônios ganglionares se originam da crista neural e dos placoides ectodérmicos. A placa neural também fornece células ependimárias e da macroglia. As células de Schwann do sistema nervoso periférico e as células cromafins se originam da crista neural. As origens e linhagens de células no sistema nervoso têm sido determinadas experimentalmente através do uso de autorradiografia, microinjeção ou marcação retroviral de células progenitoras, e em cultura de células.

Durante o desenvolvimento, os neurônios são formados antes das células da glia. O curso temporal dos eventos difere em várias partes do SNC e entre as espécies. A maioria dos neurônios é formada na vida pré-natal em mamíferos, porém alguma neurogênese pós-natal acontece de fato; por exemplo, as pequenas células da camada granulosa do cerebelo, os neurônios do bulbo olfatório e do hipocampo e os neurônios do córtex cerebral. A gliogênese continua após o nascimento na zona periventricular e em outros locais. Estudos autorradiográficos têm mostrado que diferentes classes de neurônios se desenvolvem em períodos específicos. Grandes neurônios, tais como os neurônios de projeção principais, tendem a se diferenciar antes de pequenos neurônios, tais como neurônios de circuitos locais. No entanto, sua subsequente migração parece ser independente dos períodos de sua formação inicial. Os neurônios podem migrar extensivamente através de populações de células relativamente estáticas e em maturação, até o seu destino; por exemplo, células da camada granulosa do córtex cerebelar atravessam uma camada de células de Purkinje a partir da camada pial externa a caminho de sua posição central final. Mais tarde, a forma final de suas projeções, o volume celular e – de fato – sua sobrevivência contínua depende do estabelecimento de padrões de conexão funcional.

Neurônios inicialmente imaturos são arredondados ou fusiformes. Seu citoplasma contém um aparelho de Golgi proeminente, muitos lisossomas, glicogênio e numerosos ribossomas livres. Conforme a maturação progride, as células emitem delicados prolongamentos citoplasmáticos que contêm neurofilamentos, microtúbulos e outras estruturas, frequentemente incluindo centríolos em suas bases onde os microtúbulos se formam. Internamente, as cisternas do retículo endoplasmático e os ribossomas associados aparecem, assim como mitocôndrias proliferam, enquanto o conteúdo de glicogênio diminui progressivamente. Um prolongamento torna-se o axônio e outros prolongamentos estabelecem uma árvore dendrítica. O crescimento axonal, estudado em cultura de células, pode ser de até 1 mm por dia.

Cones de crescimento

Ramón y Cajal (1890) foi o primeiro a reconhecer que a extremidade expandida de um axônio, o cone de crescimento, era o principal órgão sensorial do neurônio. Classicamente, o cone de crescimento é descrito como uma região expandida que é constantemente ativa, que muda de formato, estende e retrai pequenos filopódios e lamelipódios que aparentemente "exploram" o ambiente local para uma superfície adequada ao longo da qual a extensão deve ocorrer. Esses prolongamentos são estabilizados em uma direção que determina a direção do futuro crescimento e após a consolidação do cone de crescimento, o comportamento exploratório recomeça. Este contínuo ciclo se assemelha ao comportamento na margem de condução de células migratórias, tais como fibroblastos e neutrófilos. A base molecular desse comportamento é a transmissão de sinais externos ao cone de crescimento através de receptores da superfície celular até o arcabouço de microtúbulos e neurofilamentos dentro do axônio. Os neuroblastos em crescimento têm um córtex rico em actina associado à membrana plasmática e um eixo de microtúbulos, às vezes de neurofilamentos, centralmente localizados. A organização desses componentes, juntamente com a síntese de nova membrana, ocorre em segmen-

tos distais ao corpo celular e atrás do cone de crescimento, embora certa organização de microtúbulos possa ocorrer próximo ao corpo celular.

A força motriz da extensão do cone de crescimento é incerta. Um possível mecanismo é que a tensão aplicada a objetos pela margem de condução do cone de crescimento é mediada pela actina e que acúmulos locais de actina F redirecionam a extensão dos microtúbulos. Sob algumas condições de cultura, os cones de crescimento podem desenvolver uma tensão mecânica que puxa contra outros axônios ou contra o substrato ao qual eles estão aderidos. Possivelmente, a tensão no cone de crescimento atua como um mensageiro para mediar a organização dos componentes do citoesqueleto. A adesão ao substrato parece ser importante para a consolidação do cone de crescimento e para a elaboração do citoesqueleto naquela direção.

Durante o desenvolvimento, os axônios em crescimento dos neuroblastos navegam com precisão ao longo de distâncias consideráveis, frequentemente perseguindo complexos trajetos até alcançar seus alvos. Finalmente, eles realizam um contato funcional com seus órgãos terminais apropriados (terminações neuromusculares, terminais secretomotores, corpúsculos sensoriais ou sinapses com outros neurônios). Durante o crescimento de prolongamentos axonais, as fibras nervosas inicialmente formadas são conhecidas por atravessarem distâncias apreciáveis ao longo de um território aparentemente virgem, frequentemente ocupado por um mesênquima frouxo. Um problema central para os estudiosos de neurobiologia, consequentemente, tem sido a compreensão dos mecanismos de orientação axonal (Gordon-Weeks, 2000). A orientação axonal envolve pistas de orientação local de curto alcance e pistas difusíveis de longo alcance e ambas podem ser atrativas ou permissivas ao crescimento, ou repelentes e, portanto, inibitórias. As pistas de curto alcance requerem fatores que se encontram dispostos sobre as superfícies celulares ou na matriz extracelular; por exemplo, a extensão do axônio requer um substrato físico permissivo, cujas moléculas sejam ativamente reconhecidas pelo cone de crescimento. As pistas de longo alcance advêm a partir de gradientes de fatores específicos que se difundem provenientes de alvos distantes, que fazem com que os neurônios virem seus axônios em direção à fonte do sinal atrativo. As evidências para isto advêm de estudos *in vitro* com coculturas. A placa do assoalho da medula espinal em desenvolvimento exerce um efeito quimiotrópico sobre axônios comissurais que mais tarde a atravessam, enquanto há uma quimiorrepulsão de axônios motores em desenvolvimento pela placa do assoalho. Estas forças são consideradas com atuação *in vivo* em conjunto com um processo dinâmico para assegurar a correta passagem de axônios até seus destinos finais e para mediar sua correta fasciculação (formação de feixes axonais) durante seu trajeto.

Árvore dendrítica

Uma vez que os cones de crescimento tenham chegado à sua área-alvo geral, em seguida eles têm que formar terminais e sinapses. Em anos recentes, bastante ênfase tem sido dada à ideia de que padrões de conectividade dependem da morte de células inapropriadas. A morte celular programada ou apoptose ocorre durante o período de sinaptogênese, caso os neurônios falhem em adquirir quantidades suficientes de fatores neurotróficos específicos. O disparo coincidente de neurônios circunvizinhos que tenham encontrado a região-alvo apropriada pode estar envolvido na promoção da liberação de algum(ns) fator(es), reforçando assim as conexões corretas. Tais mecanismos podem explicar a correspondência numérica entre neurônios em um grupo motor e as fibras musculares inervadas. Em um nível mais sutil, a poda dos colaterais pode dar origem à arquitetura neuronal madura. As projeções dos neurônios piramidais derivadas dos córtices motor e visual, por exemplo, começa com arquitetura similar: o repertório maduro de alvos é produzido pela poda de colaterais, o que leva à perda de projeções para alguns alvos.

O crescimento final das árvores dendríticas também é influenciado por padrões de conexões aferentes e sua atividade. Se experimentalmente privados de aferências, os dendritos falham em se desenvolver completamente e, após um período crítico, podem se tornar permanentemente afetados, mesmo se estímulos funcionais forem restaurados; por exemplo, nos sistemas visuais de animais jovens que foram visualmente privados. Isto é análogo aos resultados da ambliopia não tratada em bebês. Fatores metabólicos também afetam os padrões de ramificação final dos dendritos; por exemplo, a deficiência da tireoide em ratos recém-nascidos resulta em um pequeno tamanho e uma ramificação restrita dos neurônios corticais. Isto pode ser análogo ao retardamento mental do cretinismo.

Uma vez estabelecidas, as árvores dendríticas parecem notavelmente estáveis e a privação parcial de aferências afeta apenas as espículas dendríticas ou pequenos detalhes similares. À medida que o desenvolvimento prossegue, a plasticidade é perdida, e, logo após o nascimento, um neurônio é uma estrutura estável com uma reduzida taxa de crescimento.

Neurotrofinas

Se neurônios perdem todas as conexões aferentes ou são totalmente privados de estímulos sensoriais, existe uma atrofia de grande parte da árvore dendrítica e até mesmo de todo o corpo celular. Diferentes regiões do sistema nervoso variam quantitativamente em sua resposta a tal degeneração transneuronal anterógrada. Efeitos similares ocorrem na degeneração transneuronal retrógrada. Portanto, neurônios são dependentes de estruturas periféricas para sua sobrevivência. A perda de músculos ou de terminações nervosas sensoriais, por exemplo no membro em desenvolvimento, resultará na redução do número de neurônios motores e sensitivos. Fatores específicos que são produzidos por esses órgãos-alvo, tais como as neurotrofinas, são capturados por terminações nervosas e transportadas de volta para os corpos celulares neuronais: eles são necessários para a sobrevivência de muitos tipos de neurônios durante o início do desenvolvimento, e para o crescimento de seus axônios e dendritos, e também promovem a síntese de neurotransmissores e enzimas.

As neurotrofinas, o fator de crescimento de nervos (NGF, ***n**erve **g**rowth **f**actor*), o fator neurotrófico derivado do encéfalo (BDNF, ***b**rain **d**erived **n**eurotrophic **f**actor*), a neurotrofina 3 (NT-3) e a NT-4/5 exercem seus efeitos de sobrevivência de modo seletivo em subgrupos particulares de neurônios. O NGF é específico para células ganglionares sensoriais derivadas da crista neural, para neurônios pós-ganglionares simpáticos e para neurônios colinérgicos da parte basal do prosencéfalo. O BDNF promove a sobrevivência das células ganglionares da retina, de neurônios motores e de alguns neurônios derivados de placoides, tais como os do gânglio nodoso, que não são responsivos ao NGF. A NT-3 tem efeitos sobre neurônios motores, neurônios proprioceptivos de membros e neurônios sensoriais derivados de placoides e da crista neural. Outros fatores de crescimento encontrados que influenciam o crescimento e a sobrevivência de células neurais incluem os fatores de crescimento de fibroblastos (FGFs, *fibroblast **g**rowth **f**actors*) e o fator neurotrófico ciliar (CNTF, *ciliary **n**eurotrophic **f**actor*), nenhum dos quais está relacionado em sequência à família NGF. Os membros da família FGF sustentam a sobrevivência de neurônios embrionários de muitas regiões do SNC. O CNTF pode controlar a proliferação e a diferenciação de células de gânglios simpáticos e astrócitos.

Cada uma das neurotrofinas se liga especificamente a certos receptores na superfície celular. O receptor denominado $p75^{NTR}$ se liga a todas as neurotrofinas com afinidade similar. Em contraste, os membros da família de receptores tirosina-quinases (Trks) se ligam com afinidade mais alta e apresentam preferências de ligação para neurotrofinas particulares. No entanto, a presença de um receptor Trk parece ser necessária para a função do $p75^{NTR}$.

O tecido nervoso influencia o metabolismo de seus tecidos-alvo. Se durante o desenvolvimento um nervo falha em se conectar a seu músculo, ambos degeneram. Se a inervação de fibras musculares esqueléticas de contração lenta (vermelhas) ou de contração rápida (brancas) é trocada, os músculos mudam a estrutura e as propriedades de modo a refletir a nova inervação, o que indica que o nervo determina o tipo de músculo e não vice-versa.

INDUÇÃO E PADRONIZAÇÃO DO ENCÉFALO E DA MEDULA ESPINAL

A geração do tecido nervoso envolve um sinal indutivo do cordomesoderma (notocorda) subjacente, denominado "organizador". A observação feita por Spemann em 1925 de que, em embriões intactos de anfíbios, a presença de um organizador fazia com que células ectodérmicas formassem tecido nervoso, enquanto em sua ausência elas formavam epiderme, levou à descoberta da indução neural. Entretanto, experimentos realizados muito mais tarde no século XX revelaram que quando células ectodérmicas eram dissociadas elas também davam origem a tecido nervoso. O paradoxo foi resolvido pela descoberta de que o tecido ectodérmico intacto era impedido de se tornar neural através de um sinal (ou sinais) inibitório(s) que era(m) diluído(s) quando as células eram dissociadas. Muitas linhas de evidências agora indicam que este sinal inibitório é mediado por membros de uma família de proteínas secretadas, as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs, ***b**one **m**orphogenetic **p**roteins*). Estas moléculas são encontradas por todo o tecido ectodérmico durante o início do desenvolvimento e seu efeito inibitório é antagonizado por vários indutores neurais que estão presentes no organizador: noggina, cordina e folistatina. Cada um desses fatores é capaz de bloquear a sinalização pelas BMPs, em alguns casos através do impedimento da ligação com seu(s) receptor(es).

O padrão regional do sistema nervoso é induzido antes e durante o fechamento do tubo neural. Conceitos prévios sobre a padronização regional preconizaram que a regionalização em populações mesenquimais que transmitem sinais indutivos ao ectoderma impõe um mosaico similar de valores posicionais sobre a placa neural sobrejacente. Por exemplo, o transplante de mesênquima caudal abaixo da placa neural em anfíbios induziu a formação da medula espinal, enquanto o mesênquima rostral induziu a formação do encéfalo, conforme avaliado pela morfologia das vesículas neuroepiteliais. No entanto, trabalhos mais recentes indicaram um cenário mais complexo, no qual enxertos de organizadores a partir de embriões primordiais induziram principalmente a formação de estruturas da cabeça, enquanto enxertos de embriões mais tardios

induziram principalmente a formação de estruturas do tronco. Dados moleculares subsequentes tendem a sustentar um modelo em que fatores indutores do tecido nervoso liberados pelo organizador, tais como noggina, cordina e folistatina, neuralizam o ectoderma e promovem uma identidade neural principalmente rostral, o que estabelece um arranjo inteiro de valores axiais ao longo do tubo neural. Os candidatos para estes sinais caudalizantes tardios parecem ser o ácido retinoico, os fatores de crescimento de fibroblastos e as proteínas secretadas WNT, que estão presentes no mesênquima do mesoderma paraxial e mais tarde nos seus derivados, os somitos. A combinação de sinais não parece ser suficiente para produzir as estruturas prosencefálicas mais rostrais. Outras proteínas secretadas residentes na parte mais rostral das populações axiais do endoderma e do mesênquima de ingresso mais precoce também são capazes de induzir marcadores de identidade do prosencéfalo a partir de células ectodérmicas (Withington, Beddington & Cooke, 2001).

À medida que o tubo neural cresce e tem seu formato modificado, vários de mecanismos refinam o padrão rostrocaudal grosseiro que foi imposto durante a neurulação. Moléculas que se difundem dos tecidos adjacentes até o tubo neural, como os somitos, têm influências padronizadoras. O tubo neural possui vários centros de sinalização intrínsecos, tais como o limite mesencéfalo-rombencéfalo, que produzem moléculas difusíveis capazes de influenciar o desenvolvimento tecidual a distância. Desta maneira, fatores extrínsecos e intrínsecos servem para subdividir o tubo neural em vários domínios bastante grandes, sobre os quais as influências locais podem então atuar. Os domínios são distinguidos pela sua expressão de fatores de transcrição particulares, que em muitos casos têm sido relacionados de modo causal ao desenvolvimento de regiões particulares. Exemplos de tais genes são a família *Hox*, que são expressos na medula espinal e no rombencéfalo, e as famílias de genes *Dlx*, *Emx* e *Otx*, que são expressos em várias regiões do prosencéfalo. Todos esses são genes de controle do desenvolvimento, que se encontram em alto grau na hierarquia, e são capazes de iniciar cascatas de expressão de outros genes de modo a criar um padrão mais refinado de diferenciação celular. Em contraste às moléculas secretadas anteriormente mencionadas, esses genes codificam proteínas que são retidas no núcleo da célula e assim podem atuar sobre o DNA de modo a induzir ou reprimir a subsequente expressão de genes.

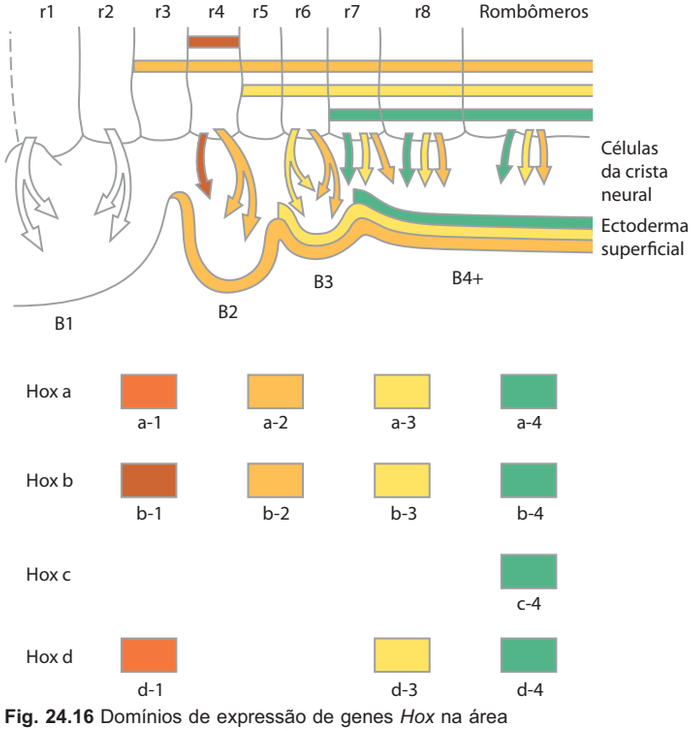


Fig. 24.16 Domínios de expressão de genes *Hox* na área branquiorrombomérica no embrião de camundongo em E9,5. As setas indicam as células da crista neural que migram do rombencéfalo e do mesencéfalo. No primeiro nível, elas estão sombreadas para indicar os genes *Hox* que elas expressam. A mesma combinação de genes *Hox* é expressa nos rombômeros e no ectoderma superficial dos arcos faríngeos nos níveis rostrocaudais correspondentes. Os quatro grupamentos *Hox* estão representados embaixo. (Modificado com permissão a partir do Annual Review of Cell and Developmental Biology, Volume 8, 1992, por Annual Reviews www.annualreviews.org.)

Segmentação no tubo neural

O tubo neural primordial é visivelmente dividido em segmentos, denominados neurômeros, por rasas pregas transversais que se estendem perpendicularmente ao seu longo eixo. Os neurômeros primários podem ser identificados no estágio 9, e 16 neurômeros secundários estão presentes no estágio 14. Esses segmentos são especialmente notados no rombencéfalo, no qual são denominados rombômeros; eles constituem unidades cruciais da formação de padrões. Os domínios de expressão dos genes de controle do desenvolvimento se encostam aos limites dos rombômeros; experimentos de marcação de células isoladas revelaram que células nos rombômeros formam populações segregadas não mistas (Fig. 24.16). A crista neural também apresenta uma segmentação intrínseca no rombencéfalo e está segregada em correntes em seu ponto de origem da parte dorsal do tubo neural. Isto pode representar um mecanismo através do qual a especificação morfogenética das células pré-migratórias da crista neural seja veiculada aos arcos faríngeos (Fig. 12.4). Embora essas unidades segmentares percam sua proeminência morfológica com o subsequente desenvolvimento, eles representam o plano básico fundamental desta parte do neuroeixo, criando uma série de unidades semiautônomas com as quais variações locais na padronização possam então se desenvolver. As consequências da segmentação precoce para eventos mais tardios no desenvolvimento, tais como a formação dos núcleos neuronais definitivos no tronco encefálico, e de projeções axonais periféricas permanecem a ser exploradas.

Outras regiões do encéfalo não são segmentadas da mesma maneira que o rombencéfalo. Todavia, os limites morfológicos, os domínios de restrição das linhagens celulares e de mistura de células e regiões de expressão gênica que se encostam em limites nítidos são encontrados no diencéfalo e no telencéfalo. Por isso, é provável que a compartimentalização de grupos celulares com alguns — aspectos — se não todos dos rombômeros desempenha um importante papel na formação de várias regiões do encéfalo.

O significado da segmentação intrínseca no rombencéfalo é enfatizado pela ausência de uma evidente segmentação no mesênquima do mesoderma paraxial adjacente. Não há evidências firmes para a segmentação intrínseca na medula espinal. Por sua vez, a segmentação da crista neural, de axônios motores e dos nervos espinais é dependente da segmentação dos somitos adjacentes. Tanto a migração de células da crista neural como o crescimento de axônios motores ocorrem apenas através do esclerótomo rostral, e não através do esclerótomo caudal de cada somito, de modo que os gânglios das raízes dorsais se formem apenas em intervalos. O esclerótomo caudal possui propriedades inibitórias que intimidam a entrada das células da crista neural e dos axônios motores. Isto ilustra o princípio geral de que o sistema nervoso está intimamente entrosado – em termos de morfogênese – com a "periferia", isto é, com estruturas não nervosas circunjacentes, e cada uma é dependente da outra para a sua efetiva maturação estrutural e funcional.

Genes tais como as famílias dos genes *Hox* e *Pax*, os quais codificam proteínas que são fatores de transcrição, apresentam intrigantes padrões de expressão dentro do sistema nervoso. Genes do grupamento *Hox-b*, por exemplo, são expressos por toda a região caudal do tubo neural e até limites discretos no rombencéfalo que coincidem com os limites dos rombômeros. A ordenação desses genes dentro de um grupamento no cromossoma (5′-3′) é a mesma que os limites da região caudal para a rostral de expressão de genes consecutivos. Este padrão característico é surpreendentemente familiar em peixes, rãs, aves e mamíferos. Os genes *Hox* desempenham um papel na padronização não somente do tubo neural, mas também de grande parte da região da cabeça, consistente com sua expressão nas células da crista neural e dentro dos arcos faríngeos. O rompimento de um gene *Hox a-3* em camundongos simula a síndrome de DiGeorge, uma doença congênita humana caracterizada pela ausência (ou quase ausência) do timo, das glândulas paratireoides e da tireoide, pela hipotrofia das paredes das artérias derivadas dos arcos aórticos e pelas subsequentes malformações cardíacas conotruncais. Alguns genes *Pax* são expressos em diferentes domínios dorsoventrais no tubo neural. *Pax-3* é expresso na lâmina alar, incluindo a crista neural, enquanto *Pax-6* é expresso na placa intermediária. O gene *Pax-3* tem a mesma localização cromossômica que a mutação Splotch do camundongo e do *locus* afetado na síndrome de Waardenburg da espécie humana, ambas caracterizadas por distúrbios das cristas neurais, com doenças da pigmentação e ocasionais defeitos do tubo neural. Os genes *Hox* e *Pax* têm padrões de expressão restritos com relação aos eixos rostrocaudal e dorsoventral do tubo neural, consistentes com os papéis na especificação posicional. (Para revisões dos padrões de expressão desses genes, consulte Krumlauf *et al.*, 1993.)

Enquanto valores posicionais craniocaudais são provavelmente conferidos ao neuroepitélio na placa neural ou no estágio inicial do tubo neural, os valores posicionais dorsoventrais podem se tornar fixos mais tarde. O desenvolvimento do eixo dorsoventral é intensamente influenciado pela presença da notocorda subjacente. A notocorda induz a linha média ventral do tubo neural, a placa do assoalho. Esta região especializada consiste em uma faixa de células não neurais com propriedades adesivas e funcionais distintas. A notocorda e a placa do assoalho partici-

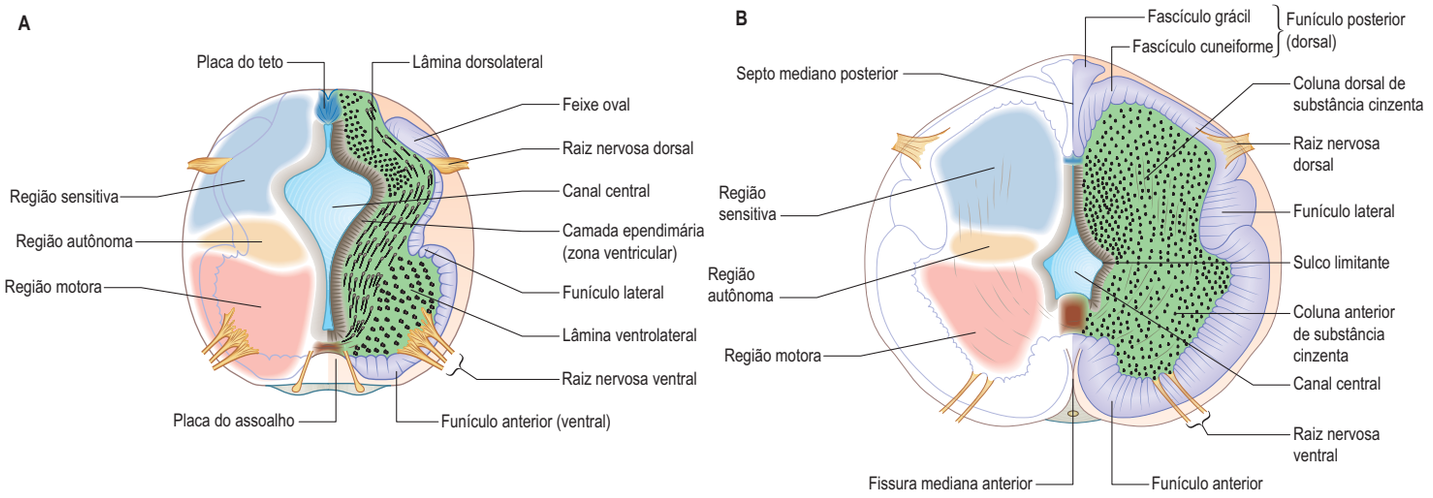


Fig. 24.17 A medula espinal de embriões humanos em desenvolvimento: **A,** aproximadamente seis semanas; **B,** aproximadamente três meses. Cortes transversais.

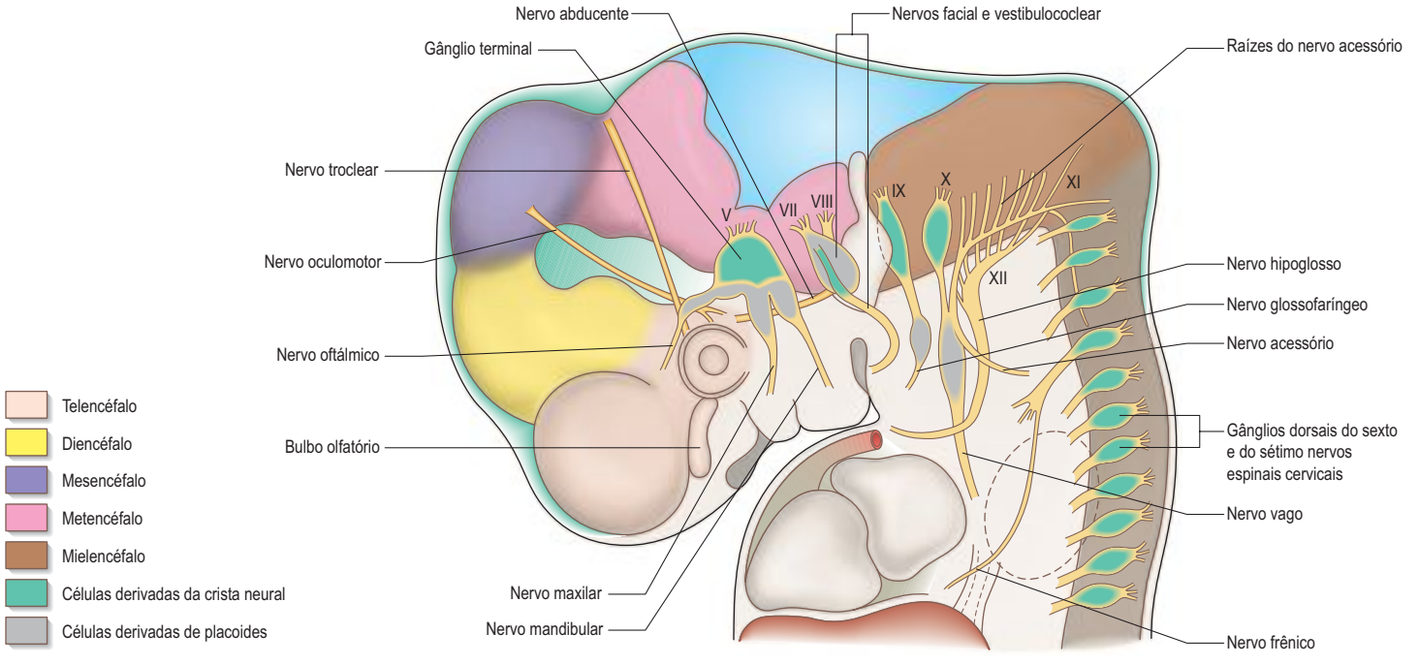


Fig. 24.18 O encéfalo e os nervos cranianos de um embrião humano de 10,2 mm de comprimento. Observe a derivação dos gânglios associados aos nervos trigêmeo, facial, vestibulococlear, glossofaríngeo, vago e acessório espinal.

pam juntas da indução na diferenciação das colunas motoras. A diferenciação dos neurônios motores ocorre precocemente e fornece algumas bases para a ideia de uma onda de diferenciação da direção ventral para a dorsal. O complexo notocorda/placa do assoalho pode também ser responsável pela distribuição dos valores de tipos celulares mais dorsais no tubo (Fig. 24.7). Por exemplo, o domínio dorsal de expressão de *Pax-3* se estende mais ventralmente em embriões experimentalmente privados de notocorda e de placa do assoalho, enquanto o enxerto de uma notocorda extra adjacente à parte dorsal do tubo neural leva a uma repressão da expressão de *Pax-3*.

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

NERVOS SOMÁTICOS

Nervos espinais

Cada nervo espinal está conectado à medula espinal através de uma raiz ventral e uma raiz dorsal (Fig. 24.17). As fibras das raízes ventrais crescem a partir dos corpos celulares nas partes anterior e lateral da zona intermediária. Estas seguem através da zona marginal e da membrana limitante externa sobrejacentes. Algumas entram nos miótomos dos somitos, outras penetram nos somitos e atingem a somatopleura adjacente, e em ambos os locais elas definitivamente formam as eferências α, β e γ. Em níveis apropriados, essas fibras são acompanhadas pelos axônios em crescimento dos neuroblastos simpáticos pré-ganglionares (segmentos T1-L2) ou dos neuroblastos parassimpáticos pré-ganglionares (S2-S4).

As fibras das raízes dorsais se estendem a partir de corpos celulares nos gânglios das raízes dorsais (GRD) para a medula espinal e também se estendem para a periferia. As células da crista neural são produzidas continuamente ao longo da extensão da medula espinal, mas células gangliogênicas migram somente para a parte rostral de cada esclerótomo somítico, onde elas se condensam e proliferam para formar uma série bilateral de gânglios espinais primordiais de formato oval (gânglios das raízes dorsais) (Fig. 24.11). Fatores negativos no esclerótomo caudal inibem a entrada das células da crista neural. O esclerótomo rostral tem um efeito mitogênico sobre as células da crista neural que se estabelecem em seu interior. Da região ventral de cada gânglio, uma pequena parte se separa para formar células simpaticocromafins, enquanto o restante se torna um gânglio espinal definitivo (gânglio da raiz dorsal). Os gânglios espinais estão organizados simetricamente dos lados do tubo neural e, exceto na região caudal, são iguais em número em relação aos somitos. As células dos gânglios, como as células da zona intermediária do tubo neural primordial, são precursores gliais e neuronais. Os precursores gliais se desenvolvem em células satélites (que se tornam intimamente associadas aos corpos celulares dos neurônios ganglionares), células de Schwann, e possivelmente outras células. Os neuroblastos, inicialmente arredondados ou ovais, logo se tornam fusiformes, e suas extremidades gradualmente se

alongam para formar prolongamentos centrais e periféricos. Os prolongamentos centrais crescem em direção ao tubo neural como as fibras das raízes nervosas dorsais, enquanto os prolongamentos periféricos crescem ventrolateralmente para se misturar com as fibras da raiz ventral e formam assim um nervo espinal misto. À medida que o desenvolvimento prossegue, a forma bipolar original das células nos gânglios espinais muda e os dois prolongamentos se tornam aproximados, até que eles definitivamente se originem a partir de um único tronco para formar uma célula pseudounipolar. A forma bipolar é retida no gânglio do nervo vestibulococlear.

Nervos cranianos

Os nervos cranianos podem conter fibras motoras, sensitivas ou de ambos os tipos. Com a exceção dos nervos olfatório e óptico, os nervos cranianos se desenvolvem de uma maneira similar à dos nervos espinais em alguns aspectos com relação aos componentes. Os corpos celulares dos neuroblastos motores se originam em meio ao neuroepitélio, enquanto os corpos celulares de neuroblastos sensitivos são derivados da crista neural, com a adição na cabeça de contribuições dos placoides ectodérmicos (Figs. 12.4, 24.18).

As fibras motoras dos nervos cranianos, que se projetam para fibras musculares estriadas, são os axônios das células que se originam da placa basal do mesencéfalo e do rombencéfalo. A distinção funcional e morfológica entre os neurônios dentro desses vários nervos é baseada nos tipos de músculo inervado. No tronco, todas as raízes motoras dos nervos espinais emergem da medula espinal próximo à linha média ventral para suprir os músculos derivados dos somitos.

Na cabeça, o efluxo motor é tradicionalmente segregado em duas vias (Figs. 24.3B e 24.18). Os neurônios eferentes somáticos gerais saem ventralmente de maneira similar àquela da medula espinal. Deste modo, os nervos oculomotor, troclear, abducente e hipoglosso encontram-se paralelamente à organização dos neurônios motores somáticos na medula espinal. O segundo componente motor, as eferências branquiais especiais, consiste nas partes motoras dos nervos trigêmeo, facial, glossofaríngeo e vago, que suprem os arcos faríngeos (ou arcos branquiais), e no nervo acessório. Todos esses nervos têm pontos de saída mais dorsalmente localizados do que o sistema motor somático.

Os nervos cranianos também contêm neurônios eferentes viscerais gerais (pré-ganglionares parassimpáticos) que seguem nos nervos oculomotor, facial, glossofaríngeo e vago, e saem do rombencéfalo através dos mesmos pontos de saída como as fibras eferentes branquiais especiais. Todas as três categorias de neurônios motores provavelmente se originam da mesma região da placa basal, adjacente à placa do assoalho. A organização definitiva dos núcleos reflete a migração diferencial dos corpos celulares dos neurônios. Não se sabe se todos estes tipos celulares compartilham um precursor comum no rombencéfalo; entretanto, na medula espinal, neurônios motores somáticos e neurônios autônomos pré-ganglionares estão linearmente relacionados.

Estes tipos de neurônios motores são denominados de acordo com os tipos de músculos ou estruturas que eles inervam. As fibras nervosas eferentes somáticas gerais suprem a musculatura estriada derivada dos somitos craniais (occipitais) e do mesênquima pré-cordal. Células miogênicas derivadas da margem ventrolateral da placa epitelioide dos somitos occipitais dão origem aos músculos extrínsecos da língua, enquanto o mesênquima pré-cordal dá origem aos músculos oculares extrínsecos. Fibras nervosas eferentes branquiais especiais suprem os músculos esqueléticos que se desenvolvem nos arcos faríngeos (ou arcos branquiais) (Fig. 12.4), que são derivados do mesênquima paracordal entre os somitos occipitais e o mesênquima pré-cordal. Todos os músculos voluntários da cabeça se originam do mesênquima do mesoderma axial (pré-cordal) ou do mesoderma paraxial, o que torna a distinção entre o suprimento eferente somático e o suprimento eferente branquial um tanto artificial. Todavia, a natureza obviamente especial da musculatura dos arcos, sua padronização pelas células da crista neural, sua inervação particularmente rica tanto para a atividade voluntária como para a atividade reflexa e as diferentes origens a partir da placa basal das fibras nervosas eferentes branquiais em comparação às fibras nervosas eferentes somáticas dotam a retenção de uma distinção entre os dois com algum valor.

Os neurônios eferentes viscerais gerais (pré-ganglionares parassimpáticos) inervam as glândulas da cabeça, os músculos esfíncteres da pupila, os músculos ciliares e as vísceras torácicas e abdominais.

Os gânglios sensitivos cranianos são derivados em parte da crista neural e em parte de células dos placoides ectodérmicos (Figs. 24.12 e 24.18). Geralmente, os neurônios distais ao encéfalo são derivados de placoides, enquanto os neurônios proximais são derivados da crista neural (Fig. 24.18). As células de sustentação de todos os gânglios originam-se da crista neural. O gânglio sensitivo mais rostral, o gânglio trigeminal, contém neurônios derivados tanto da crista neural como de um placoide, os quais medeiam funções aferentes somáticas gerais. No caso de nervos cranianos mais caudais (os nervos facial, glossofaríngeo e vago), o mesmo se aplica, mas as duas populações celulares formam gânglios separados no caso de cada nervo. A série proximal de gânglios é derivada da crista neural (que forma o gânglio proximal do nervo facial, o gânglio superior do nervo glossofaríngeo e o gânglio jugular do nervo vago), enquanto a série distal é derivada de células placoidais (que formam o gânglio geniculado do nervo facial, o gânglio petroso do nervo glossofaríngeo e o gânglio nodoso do nervo vago). Estes gânglios contêm neurônios que medeiam funções aferentes somáticas e viscerais gerais especiais. O gânglio vestibular contém células derivadas tanto da crista neural como de um placoide, e o gânglio acústico contém apenas neurônios placoidais: os axônios derivados destas células são aferências somáticas especiais e todos eles seguem no nervo vestibulococlear.

Os neurônios e as células de sustentação dos gânglios autônomos craniais na cabeça e no tronco se originam a partir de células da crista neural. Caudalmente ao gânglio vagal, a região occipital da crista neural está relacionada aos "gânglios" dos nervos acessórios e hipoglosso. Células ganglionares rudimentares podem ocorrer ao longo do nervo hipoglosso no embrião humano, mas elas subsequentemente regridem. As células ganglionares são encontradas na raiz espinal em desenvolvimento do nervo acessório e acredita-se que elas persistam no adulto. Os prolongamentos centrais das células desses vários gânglios, onde elas persistem, entram na lâmina alar do rombencéfalo. Seus prolongamentos periféricos se unem aos componentes eferentes do nervo para serem distribuídos para os vários tecidos inervados. Algumas das fibras que entram derivadas dos nervos facial, glossofaríngeo e vago se agregam para formar um feixe oval, o trato solitário, na face lateral do mielencéfalo. Esse feixe é o homólogo do feixe oval da medula espinal, mas no rombencéfalo ele se torna mais profundamente localizado devido ao crescimento, ao dobramento e à subsequente fusão do tecido derivado do lábio rômbico na face externa do feixe.

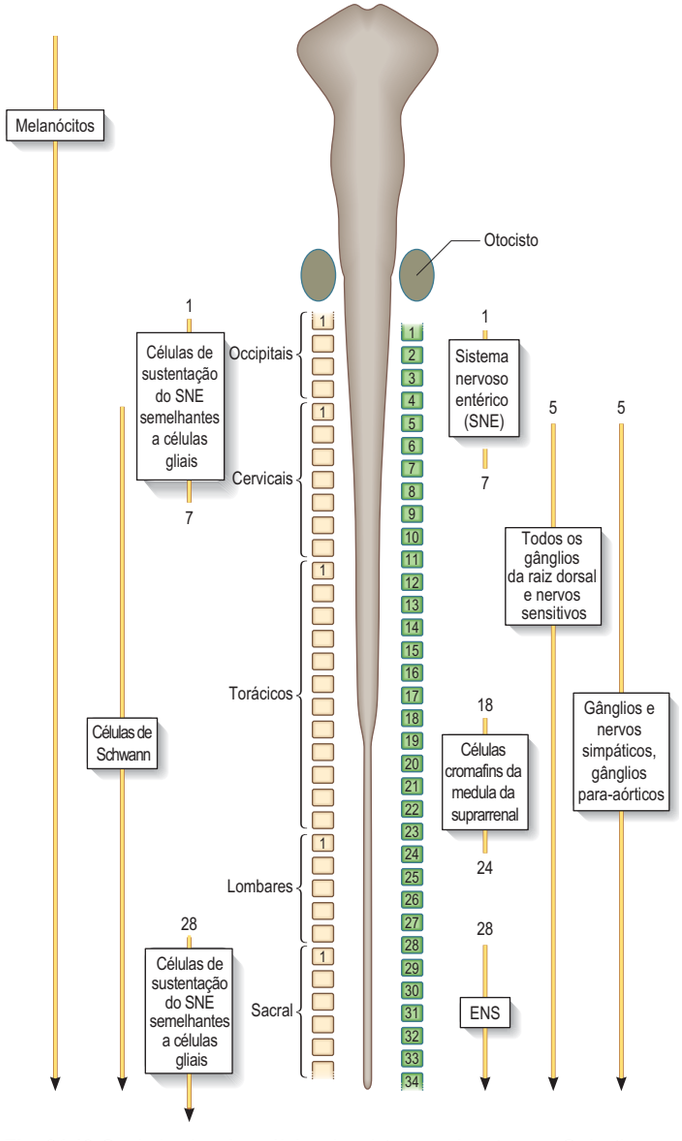


Fig. 24.19 Os derivados das células da crista neural no tronco. O destino das células da crista neural que se origina em níveis de somitos específicos é mostrado.

SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

Os nervos autônomos, em separado dos axônios motores que se originam do SNC, são formados pela crista neural. O sistema nervoso autônomo inclui os neurônios simpáticos e parassimpáticos nos gânglios periféricos e sua glia acompanhante, o sistema nervoso entérico e sua glia, e a medula da suprarrenal.

No tronco, durante a neurulação, as células da crista neural migram do neuroepitélio para se dispor transitoriamente no tubo neural fundido. Após isso, as células da crista neural migram lateralmente e em seguida ventralmente para seus respectivos destinos (Fig. 24.11). Na cabeça, as células da crista neural migram antes da fusão do tubo neural, produzindo uma vasta população mesenquimal, além de neurônios autônomos.

As quatro principais regiões de distribuição de células da crista neural para o sistema nervoso autônomo são as regiões cranial, vagal, do tronco e lombossacral. A crista neural cranial dá origem aos gânglios parassimpáticos craniais, enquanto a crista neural vagal dá origem aos gânglios parassimpáticos torácicos. A crista neural do tronco dá origem aos gânglios simpáticos, principalmente os gânglios paravertebrais, e as células da medula da suprarrenal. Esta categoria é frequentemente referida como a linhagem simpatossuprarrenal.

Os neurônios do sistema nervoso entérico são descritos com origem a partir da crista vagal, isto é, a crista neural derivada ao nível dos somitos 1-7, e da crista sacral, caudal ao 28º. somito. Em todos esses níveis, as células da crista neural também se diferenciam em células de sustentação semelhantes às células gliais juntamente com os neurônios (Fig. 24.19).

Gânglios parassimpáticos

As células da crista neural migram da região do mesencéfalo e do rombencéfalo antes do fechamento do tubo neural. Da região rostral para a caudal, três populações da crista neural são observadas: a crista neural craniana, a crista neural cardíaca e a crista neural vagal. A migração da crista neural sacral e a formação dos gânglios parassimpáticos caudais têm atraído pouco interesse das pesquisas.

As células da crista neural derivadas do terço caudal do mesencéfalo e da parte rostral do metencéfalo migram ao longo ou próximo ao ramo do nervo trigêmeo e dão origem ao gânglio ciliar. As células que migram a partir do núcleo do nervo oculomotor também podem contribuir para o gânglio; algumas células espalhadas são sempre demonstráveis na vida pós-natal ao longo do trajeto deste nervo. As células da crista neural mielencefálica pré-óptica dão origem ao gânglio pterigopalatino, que pode também receber contribuições dos gânglios dos nervos trigêmeo e facial. Os gânglios ótico e submandibular também são derivados da crista neural mielencefálica e podem receber contribuições dos nervos cranianos glossofaríngeo e facial, respectivamente (Fig. 12.4)

A crista neural da região localizada entre o placoide óptico e o limite caudal do 3º somito tem sido chamada de crista neural cardíaca. As células derivadas destes níveis migram através dos 3º, 4º e 6º arcos faríngeos, onde elas fornecem – entre outras coisas – suporte para as artérias dos arcos aórticos, das células do septo aorticopulmonar e do tronco arterioso. Algumas dessas células da crista neural também se diferenciam no primórdio neural dos gânglios parassimpáticos do coração. A inervação sensitiva do coração é derivada do gânglio inferior do nervo vago, que é derivado dos placoides nodosos. As células da crista neural que migram do nível dos somitos 1-7 são coletivamente denominadas crista neural vagal; elas migram para o tubo digestório juntamente com a crista neural sacral.

Gânglios simpáticos

As células da crista neural migram ventralmente nos segmentos do corpo, penetram nos somitos subjacentes e continuam para a região dos futuros plexos paravertebrais e pré-vertebrais, onde elas formam a cadeia simpática de gânglios e os principais gânglios ao redor dos ramos viscerais ventrais da aorta abdominal (Figs. 24.11 e 24.19). As células da crista neural são induzidas a se diferenciar em neurônios simpáticos pela aorta dorsal através das ações das moléculas de sinalização Bmp-4 e Bmp-7.

Existe um reconhecimento celular específico entre os neurônios pós-ganglionares e os cones de crescimento dos neurônios pré-ganglionares simpáticos. Eles se encontram durante seu crescimento e isto pode ser importante na orientação de seu alvo apropriado. A posição dos neurônios pós-ganglionares, e o ponto de saída dos neurônios pré-ganglionares a partir da medula espinal, pode influenciar os tipos de conexões sinápticas feitas e a afinidade por neurônios pós-ganglionares em particular. Quando um neuroblasto pós-ganglionar se encontra no lugar, ele estende axônios e dendritos e ocorre a sinaptogênese. Os crescimentos axonais mais precoces a partir do gânglio cervical superior ocorrem em torno do estágio 14: embora o axônio seja o primeiro prolongamento a aparecer, a posição dos neurônios aparentemente não influencia o aparecimento dos prolongamentos celulares.

O ambiente local desempenha papel principal no controle da apropriada diferenciação dos presuntivos neurônios ganglionares autônomos. A identidade dos fatores responsáveis pelo subsequente fenótipo adrenérgico, colinérgico ou peptidérgico ainda está por ser elucidada: tem sido proposto que a fibronectina e os componentes da lâmina basal iniciem a expressão fenotípica adrenérgica à custa do número de melanócitos. As características colinérgicas são adquiridas relativamente cedo e a expressão fenotípica apropriada pode ser promovida pelo fator de diferenciação colinérgica e pelo fator neurotrófico ciliar.

Os neuropeptídeos são expressos por neurônios autônomos *in vitro* e podem ser estimulados por vários fatores do tecido-alvo em neurônios simpáticos e parassimpáticos. Alguns neuropeptídeos são expressos mais intensamente durante estágios iniciais da formação de gânglios.

Sistema nervoso entérico

O sistema nervoso entérico é diferente dos outros componentes do sistema nervoso autônomo porque ele pode mediar a atividade reflexa independentemente do controle pelo encéfalo e pela medula espinal. Acredita-se que o número de neurônios entéricos que se desenvolve seja da mesma magnitude que o número de neurônios da medula espinal, enquanto o número de fibras pré-ganglionares que supre o intestino, e consequentemente modula os neurônios entéricos, é muito menor.

O sistema nervoso entérico é derivado da crista neural. Os níveis axiais da origem das células da crista neural são mostrados na Figura 24.19. As células pré-migratórias da crista neural não estão pré-padronizadas para níveis axiais específicos; em vez disso, elas atingem seu valor axial à medida que saem do neuroeixo. Uma vez no interior da parede do tubo digestório, existe um padrão regionalmente específico de formação de gânglios entéricos que pode ser controlado pelo mesênquima esplâncnico local. As células da crista neural craniana, derivadas dos níveis dos somitos 1-7, contribuem para o sistema nervoso entérico e formam tanto neuroblastos como células gliais de suporte.

Os derivados da crista neural mais caudalmente localizados que advêm da região lombossacral, do somito 28 em diante, formam componentes do plexo pélvico após migrarem através dos somitos em direção ao nível do intestino grosso (colo), reto e cloaca. Inicialmente, as células vêm a se dispor em meio ao mesentério em desenvolvimento, em seguida transitoriamente entre as camadas da túnica muscular externa em diferenciação, antes de finalmente formarem um plexo intramural mais substancial, característico do sistema nervoso entérico do adulto.

Das células da crista neural que colonizam o tubo digestório, algumas no intestino anterior podem adquirir a capacidade de migrar para fora e colonizar o pâncreas em desenvolvimento.

A doença de Hirschsprung parece resultar de uma falha das células da crista neural em colonizar a parede do tubo digestório de forma apropriada. A doença é caracterizada por um segmento dilatado do colo proximalmente e pela ausência de peristalse no segmento distal à dilatação. Bebês com doença de Hirschsprung apresentam retardo na passagem de mecônio, constipação, vômito e distensão abdominal. Em humanos, a doença de Hirschsprung é frequentemente vista associada a outros defeitos do desenvolvimento da crista neural; por exemplo, a síndrome de Waardenburg do tipo II, que inclui surdez e fendas faciais com megacolo.

CÉLULAS CROMAFINS

As células cromafins são derivadas da crista neural e encontradas em numerosos locais por todo o corpo. Elas são as clássicas células cromafins da medula da suprarrenal, as células neuroepiteliais bronquiais, as células epiteliais endócrinas dispersas pelo tubo digestório (anteriormente conhecidas como células argentafins), as células do glomo (corpo) carótico e os paragânglios.

Os gânglios simpáticos, a medula da suprarrenal e as células cromafins são derivados das células da linhagem simpatossuprarrenal. Na medula da suprarrenal, essas células se diferenciam em vários tipos que consistem em neuroblastos (ou simpatoblastos) de tamanho pequeno e intermediário e feocromocitoblastos maiores, inicialmente arredondados.

Grandes células com núcleos pálidos, consideradas os progenitores das células cromafins, podem ser detectadas a partir de nove semanas em fetos humanos, e agregados de pequenos neurônios são evidentes a partir de 14 semanas.

Os neuroblastos de tamanho médio se diferenciam nos típicos neurônios multipolares simpáticos pós-ganglionares (que secretam noradrenalina em seus terminais) da clássica neuroanatomia autônoma. Os neuroblastos menores têm sido comparados às pequenas células intensamente fluorescentes (SIF, *small intensely fluorescent cells*) dos tipos I e II, que armazenam e secretam dopamina do tipo I, atuam como verdadeiros interneurônios e fazem sinapses com os principais neurônios pós-ganglionares. O tipo II provavelmente opera como células neuroendócrinas locais e secreta dopamina na microcirculação ganglionar. Ambos os tipos de células SIF podem modular a transmissão sináptica pré-ganglionar/pós-

ganglionar nos neurônios ganglionares. As grandes células se diferenciam em massas de feocromócitos cilíndricas ou poliédricos (células cromafins clássicas), que secretam adrenalina (epinefrina) ou noradrenalina (norepinefrina). Essas massas celulares são denominadas paragânglios e podem estar localizadas próximo às cápsulas dos gânglios da cadeia simpática, em sua superfície ou até embebidos nestas, ou ainda em alguns dos grandes plexos autônomos. Os maiores membros dessas massas de células cromafins são os corpos para-aórticos, que se encontram ao longo das laterais da aorta abdominal em relação à artéria mesentérica inferior. Durante a infância, os corpos para-aórticos e os paragânglios da cadeia simpática degeneram parcialmente e não podem mais ser isolados por dissecção anatômica, mas mesmo no adulto o tecido cromafim ainda pode ser reconhecido microscopicamente nestes vários locais. Tanto os feocromócitos como as células SIF pertencem à série de células do sistema APUD (***a**mine **p**recursor **u**ptake and **d**ecarboxylation*, captura e descarboxilação de precursores de aminas) e são de natureza paraneuronal.

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

MEDULA ESPINAL

Na futura medula espinal, a placa do teto (lâmina dorsal) e a placa do assoalho (lâmina ventral), ambas na região mediana do tubo neural, não participam da proliferação celular que ocorre nas paredes laterais, e assim permanecem delgadas. Suas células contribuem amplamente para a formação do epêndima.

Os neuroblastos das paredes laterais do tubo são grandes e inicialmente arredondados ou ovais (apolares). Logo eles desenvolvem prolongamentos em polos opostos e se tornam neurônios bipolares. Todavia, um prolongamento é removido e o neuroblasto se torna unipolar, embora isto não ocorra invariavelmente no caso da medula espinal. A subsequente diferenciação leva ao desenvolvimento de prolongamentos dendríticos e as células se tornam típicos neurônios multipolares. Na medula em desenvolvimento, eles ocorrem em pequenos agregados que representam clones de neurônios. O desenvolvimento de um sulco limitante longitudinal a cada lado do canal central da medula divide as zonas ventricular e intermediária a cada parede lateral em uma placa ou lâmina basal (ventrolateral) e uma placa ou lâmina alar (dorsolateral) (Fig. 24.17). Esta separação indica uma diferença funcional fundamental. Os precursores neurais na placa basal incluem as células motoras das colunas cinzentas anteriores (ventrais) e laterais, enquanto os da placa alar formam exclusivamente "interneurônios" (que possuem axônios curtos e longos), alguns dos quais recebem os terminais dos neurônios sensitivos primários. Caudalmente, o canal central da medula termina como uma dilatação fusiforme, o ventrículo terminal.

Coluna cinzenta anterior (ventral)

As células da zona ventricular estão intimamente compactadas neste estágio e organizadas em colunas radiais (Fig. 24.6). Sua disposição pode ser determinada em parte pela orientação de contato ao longo do arranjo radial primordial de fibras gliais que atravessam toda a espessura do neuroepitélio primordial. As células da zona intermediária são as mais frouxamente compactadas. Elas aumentam em número inicialmente na região da placa basal. Esse aumento delineia a coluna anterior (ou ventral) de substância cinzenta e causa uma projeção ventral a cada lado do plano mediano: a placa do assoalho permanece no fundo do raso sulco assim produzido. Conforme o crescimento progride, esses crescimentos – que são ainda aumentados pelo desenvolvimento dos funículos anteriores (tratos de axônios que seguem para o encéfalo e advêm do encéfalo) – invadem o sulco até que ele se torne convertido na fissura mediana anterior, em formato de fenda, da medula espinal do adulto (Fig. 24.17). Os axônios de alguns dos neuroblastos na coluna cinzenta anterior atravessam a zona marginal e emergem como feixes de radículas nervosas espinais ventrais na face anterolateral da medula espinal. Estes constituem, finalmente, tanto as eferências α que estabelecem as placas motoras em fibras musculares estriadas esqueléticas extrafusais como as eferências γ que inervam as regiões polares das fibras musculares intrafusais dos fusos neuromusculares.

Coluna cinzenta lateral

Nas regiões torácica e lombar superior, alguns neuroblastos da zona intermediária na parte dorsal da placa basal delineiam uma coluna lateral. Seus axônios se unem às raízes nervosas ventrais emergentes e seguem como fibras pré-ganglionares para os gânglios do tronco simpático ou gânglios relacionados, a maioria finalmente sofre mielinização para formar os ramos brancos comunicantes. Os axônios nestes ramos fazem sinapses com os neurônios ganglionares autônomos, e os axônios de alguns destes últimos seguem como fibras pós-ganglionares para inervar células musculares lisas, tecido adiposo ou células glandulares. Outros axônios eferentes simpáticos pré-ganglionares seguem para as células da medula da suprarrenal. Uma coluna lateral autônoma é também depositada na região sacral média. Ela dá origem às fibras parassimpáticas pré-ganglionares que seguem nos nervos esplâncnicos pélvicos.

A região anterior de cada placa basal inicialmente forma uma coluna contínua de células por toda a extensão da medula em desenvolvimento. Esta logo se desenvolve em duas colunas (a cada lado): uma está medialmente localizada e relacionada à inervação da musculatura axial e a outra está lateralmente localizada e inerva os membros. Ao nível dos membros, a coluna lateral aumenta enormemente, mas regride em outros níveis.

Os axônios que surgem dos neurônios dos cornos ventrais, isto é, as fibras eferentes α, β e γ, são acompanhados nos níveis torácico, lombar superior e sacral médio por eferências autônomas pré-ganglionares derivadas de neuroblastos do corno lateral em desenvolvimento. Numerosos interneurônios se desenvolvem nestes locais (como as células de Renshaw): é incerto como muitos desses se diferenciam diretamente a partir de neuroblastos da lâmina ventrolateral (placa basal) e como muitos migram até suas posições finais a partir da lâmina dorsolateral (placa alar).

No embrião humano, o agrupamento definitivo das células da coluna ventral, que caracteriza a medula madura, ocorre precocemente, e por volta da 14ª. semana (80 mm) todos os principais grupos podem ser reconhecidos. À medida que as colunas cinzentas anteriores e laterais assumem sua forma final, as células germinativas na parte ventral da zona ventricular gradualmente param de se dividir. A camada se torna reduzida em espessura até finalmente formar o epêndima com uma única camada que reveste a parte ventral do canal central da medula espinal.

Coluna cinzenta posterior (dorsal)

A coluna posterior (dorsal) se desenvolve mais tarde; consequentemente, a zona ventricular é durante algum tempo muito mais espessa na lâmina dorsolateral (placa alar) do que na lâmina ventrolateral (placa basal) (Fig. 24.6).

Enquanto as colunas de substância cinzenta estão sendo definidas, a região dorsal do canal central se torna estreita e em formato de fenda e suas paredes se colocam em justaposição e se fundem uma com a outra (Fig. 24.17). Desta maneira, o canal central se torna relativamente reduzido em tamanho e de contorno um tanto triangular.

Por volta do final da quarta semana, brotamentos axonais em avanço invadem a zona marginal. Os primeiros a se desenvolver são aqueles destinados a se tornar fibras intersegmentares curtas derivadas de neuroblastos na zona intermediária e fibras das raízes dorsais de nervos espinais que seguem para a medula espinal a partir de neuroblastos dos gânglios espinais precoces. As fibras das raízes dorsais mais primitivas que invadem a porção dorsal da zona marginal se originam a partir de pequenos neuroblastos ganglionares das raízes dorsais. Por volta da sexta semana, elas formam um feixe oval bem definido próximo à parte periférica da lâmina dorsolateral (Figs. 24.6 e 24.7). Esse feixe aumenta de tamanho e, espalhando-se em direção ao plano mediano, forma o funículo posterior primordial de calibre delgado. Mais tarde, as fibras derivadas de novas populações de grandes neuroblastos ganglionares das raízes dorsais se unem à raiz dorsal: elas estão destinadas a se tornar fibras de calibre muito maior. À medida que os funículos posteriores aumentam de espessura, suas superfícies mediais entram em contato, separadas apenas pelo septo medial posterior que é de origem ependimária e de natureza neuroglial. Considera-se que o funículo posterior primordial deslocado possa formar a base do trato ou fascículo dorsolateral (de Lissauer).

Maturação da medula espinal

Longas fibras intersegmentares começam a aparecer em torno do terceiro mês, e as fibras corticospinais são vistas por volta do quinto mês. Todas as fibras nervosas inicialmente não apresentam bainhas de mielina. A mielinização começa em diferentes grupos e em diferentes momentos; por exemplo, as raízes nervosas ventrais e dorsais em torno da quinta semana e as fibras corticospinais após o nono mês. Nos nervos periféricos, a mielina é formada pelas células de Schwann (derivadas de células da crista neural) e no SNC por oligodendrócitos (que se desenvolvem a partir da zona ventricular do tubo neural). A mielinização persiste até que o crescimento total do SNC e do SNP tenha cessado. Em muitos locais, um crescimento lento continua por longos períodos, até mesmo nos anos pós-puberais.

As intumescências (alargamentos) cervical e lombar aparecem no momento do desenvolvimento de seus respectivos brotamentos de membros.

Na vida embrionária inicial, a medula espinal ocupa toda a extensão do canal vertebral e os nervos espinais seguem em ângulos retos à medula. Após o embrião ter atingido um comprimento de 30 mm, a coluna vertebral começa a crescer mais rapidamente que a medula espinal e a extremidade caudal da medula gradualmente torna-se mais cranial no canal vertebral. A maior parte desta migração relativamente rostral ocorre durante a primeira metade da vida intrauterina. Por volta da 25ª semana

Tabela 24.1 Derivados das regiões cerebrais, da região caudal para a rostral

Rombencéfalo	
1. Mielencéfalo	Bulbo (ou medula oblonga) Parte caudal do quarto ventrículo Pedúnculos cerebelares inferiores
2. Metencéfalo	Ponte Cerebelo Parte média do quarto ventrículo Pedúnculos cerebelares médios
3. Istmo do rombencéfalo	Véu bulbar (medular) superior Pedúnculos cerebelares superiores
Mesencéfalo	
	Pedúnculos cerebrais Tegmento Teto Aqueduto
Prosencéfalo	
1. Diencéfalo	Tálamo Metatálamo Subtálamo Epitálamo Parte caudal do hipotálamo Parte caudal do terceiro ventrículo
2. Telencéfalo	Parte rostral do hipotálamo Parte rostral do terceiro ventrículo Hemisférios cerebrais Ventrículos laterais Córtex (arquicórtex, paleocórtex, neocórtex) Corpo estriado

o ventrículo terminal da medula espinal tem seu nível alterado, da segunda vértebra coccígea para a terceira vértebra lombar, uma distância de nove segmentos. Conforme a mudança de nível começa rostralmente, a extremidade caudal do ventrículo terminal que está aderida ao ectoderma superficial permanece *in situ*, e as paredes da parte intermediária do ventrículo e a sua cobertura de pia-máter tornam-se retraídas e estendidas para formar um delicado filete, o filamento terminal. A porção separada do ventrículo terminal persiste por um tempo, mas ela usualmente desaparece antes do nascimento. Entretanto, ocasionalmente ela origina cistos congênitos nas proximidades do cóccix. No estado definitivo, os nervos espinais cervicais superiores retêm sua posição grosseiramente em ângulos retos à medula. Progredindo em direção caudal, as raízes nervosas se alongam e se tornam progressivamente mais oblíquas.

Durante a gestação, a relação entre o cone medular e a coluna vertebral muda, de modo que o cone medular sobe gradualmente para se dispor em níveis vertebrais mais altos. Por volta de 19 semanas de gestação, o cone encontra-se adjacente à quarta vértebra lombar; ao nascimento (40 semanas) ele encontra-se ao nível da segunda vértebra lombar. Por volta de dois meses após o nascimento, o cone medular usualmente terá atingido sua posição permanente ao nível do corpo da primeira vértebra lombar.

ENCÉFALO

Um resumo dos derivados das regiões cerebrais, da posição caudal para a rostral, é dado na Tabela 24.1.

Rombencéfalo

No momento em que a flexura mesencefálica aparece, o comprimento do rombencéfalo é maior do que o da extensão combinada do mesencéfalo e do prosencéfalo. Rostralmente, ele exibe uma constrição, o istmo do rombencéfalo (Fig. 24.3B), e é mais bem visualizado a partir da face dorsal. Ventralmente, o rombencéfalo está separado da parede dorsal da faringe primordial apenas pela notocorda, pelas duas aortas dorsais e por uma pequena quantidade de mesênquima; a cada lado, ele está intimamente relacionado às extremidades dorsais dos arcos faríngeos.

A flexura pontina parece "distender" a delgada placa do teto neuroepitelial, que se torna alargada. O maior aumento em largura corresponde à região de máxima convexidade, de modo que o contorno da placa do teto se torne romboide. Através da mesma mudança, as paredes laterais tornam-se separadas, em particular dorsalmente, e a cavidade do rombencéfalo – subsequentemente o quarto ventrículo – torna-se achatada e um tanto triangular em corte transversal. A flexura pontina torna-se progressivamente aguda até que, ao final do segundo mês, as lâminas de suas inclinações cranial (metencefálica) e caudal (mielencefálica) estejam opostas uma à outra (Fig. 24.21) e, ao mesmo tempo, os ângulos laterais da cavidade se estendam para formar os recessos laterais do quarto ventrículo.

Por volta de quatro semanas e meia de desenvolvimento, quando a flexura pontina é primeiramente discernível, a associação entre os rombômeros e os núcleos motores subjacentes de certos nervos craniais pode ser vista. O padrão geral de distribuição dos núcleos motores é o seguinte: o rombômero 1 contém o núcleo troclear, os rombômeros 2 e 3 contêm o núcleo trigeminal, os rombômeros 4 e 5 contêm o núcleo facial, o rombômero 5 contém o núcleo abducente, os rombômeros 6 e 7 contêm o núcleo glossofaríngeo e os rombômeros 7 e 8 contêm os núcleos vagal, acessório e hipoglosso. A segmentação rombomérica representa o plano básico de desenvolvimento nesta região do tronco encefálico e é fundamental para o desenvolvimento da identidade regional (Fig. 12.4). Entretanto, com a subsequente morfogênese, as óbvias constrições dos limites entre os rombômeros desaparecem e o bulbo mais uma vez assume um contorno liso. A diferenciação das paredes laterais do rombencéfalo em placas basal (ventrolateral) e alar (dorsolateral) tem um significado similar à diferenciação correspondente na parede lateral da medula espinal, e as zonas ventricular, intermediária e marginal são formadas da mesma maneira.

Células da placa basal (lâmina ventrolateral)

As células da placa basal formam três colunas alongadas e descontínuas que estão posicionadas ventral e dorsalmente com uma coluna intermediária interposta (Fig. 24.20).

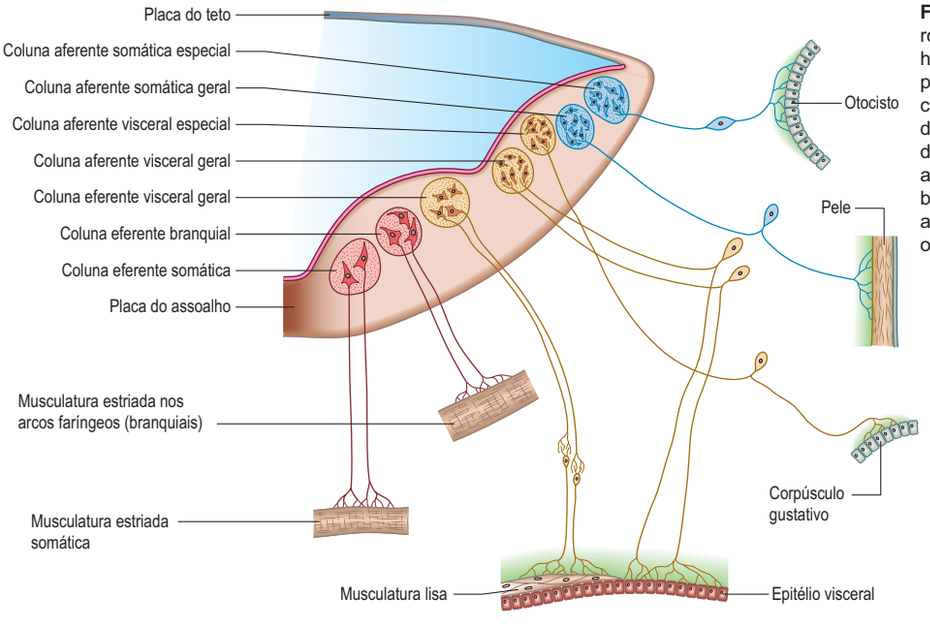


Fig. 24.20 Corte transversal através do rombencéfalo em desenvolvimento de um embrião humano de 10,5 mm de comprimento mostra as posições relativas das colunas de substância cinzenta, das quais os núcleos associados às diferentes variedades de componentes nervosos são derivados. Os neurônios pós-ganglionares estão associados à coluna eferente visceral geral, neurônios bipolares estão associados ao otocisto e neurônios aferentes pseudounipolares estão associados às outras colunas da placa alar.

A coluna mais ventral é contínua com a coluna cinzenta anterior da medula espinal e suprirá os músculos considerados de origem "miotômica". Ela é representada na parte caudal do rombencéfalo pelo núcleo hipoglosso e reaparece em um nível mais alto como os núcleos dos nervos abducente, troclear e oculomotor (núcleos eferentes somáticos). A coluna intermediária é representada na parte superior da medula espinal e na parte caudal do tronco encefálico (bulbo e ponte) e seus neurônios suprem a musculatura branquial (faríngea) e pós-branquial. Ela é descontínua, forma o alongado núcleo ambíguo na parte caudal do tronco encefálico, o que dá origem a fibras para os nono, décimo e décimo primeiro nervos cranianos, e continua na medula espinal cervical como a origem do nervo acessório espinal. Em níveis mais altos, partes dessa coluna dão origem aos núcleos motores dos nervos facial e trigêmeo. O núcleo ambíguo e os núcleos motores facial e trigeminal são denominados núcleos eferentes branquiais (viscerais especiais). Os neurônios na coluna mais dorsal da placa basal (representada na medula espinal pela coluna cinzenta lateral) inervam vísceras. A coluna é descontínua, sua grande parte caudal forma uma parte do núcleo dorsal do nervo vago e sua parte cranial forma o núcleo salivatório. Esses núcleos são denominados núcleos eferentes viscerais gerais (esplâncnicos gerais) e seus neurônios dão origem a fibras nervosas pré-ganglionares parassimpáticas.

Deve-se observar que os neurônios da placa basal e seus três derivados colunares são apenas motores no sentido de que alguns de seu número-total formam neurônios motores ou neurônios pré-ganglionares parassimpáticos. O restante, que excede os primeiros de forma significativa, diferencia-se em interneurônios funcionalmente inter-relacionados e, em alguns locais, em células neuroendócrinas.

Colunas celulares da placa alar (lâmina dorsolateral)

As colunas celulares da placa alar são descontínuas e dão origem aos núcleos aferentes viscerais gerais (esplâncnicos gerais), núcleos aferentes viscerais especiais (esplâncnicos especiais), núcleos aferentes somáticos gerais e núcleos aferentes somáticos especiais (suas posições relativas, em corte transversal simplificado, são mostradas na Fig. 24.20). A coluna aferente visceral geral é representada por uma parte do núcleo dorsal do nervo vago, a coluna aferente visceral especial pelo núcleo do trato solitário, a coluna aferente somática geral pelos núcleos aferentes do nervo trigeminal e a coluna aferente somática especial pelos núcleos do nervo vestibulococlear (a independência funcional relativamente simples dessas colunas aferentes implicadas pela classificação precedente é, principalmente, um auxílio ao aprendizado elementar. Os mecanismos neurobiológicos emergentes são, de fato, muito mais complexos e menos bem compreendidos). Embora eles tendam a reter suas posições primitivas, alguns desses núcleos são mais tarde deslocados por padrões de crescimento diferenciais, pelo aparecimento e crescimento dos tratos de fibras adjacentes e possivelmente por migração ativa.

Tem sido sugerido que um neurônio tende a permanecer o mais próximo possível de sua fonte predominante de estimulação, e que para atingir este objetivo ele migrará ao redor das estruturas intervenientes em direção à maior densidade de estímulos. As curiosas vias dos axônios que se originam a partir do núcleo facial e do núcleo ambíguo têm sido consideradas exemplares deste fenômeno de neurobiotaxia. Em um embrião de 10 mm, o núcleo facial localiza-se no assoalho do quarto ventrículo, ocupa a posição da coluna eferente visceral especial e se encontra em um nível mais alto do que o núcleo abducente. Conforme o crescimento prossegue, o núcleo facial migra de início caudal e dorsalmente, em relação ao núcleo abducente, e em seguida ventralmente para atingir sua posição no adulto. Conforme ele migra, os axônios, de cujos corpos celulares se originam, alongam-se e seu subsequente trajeto é assumido para mapear a via ao longo da qual o núcleo facial terá seguido. De forma similar, o núcleo ambíguo se origina de início imediatamente abaixo do assoalho ventricular, mas no adulto ele se encontra mais profundamente localizado e suas fibras eferentes seguem dorsal e medialmente antes de se curvar lateralmente para emergir na superfície do bulbo.

Mielencéfalo

A inclinação caudal do rombencéfalo embrionário constitui o mielencéfalo, que se desenvolve no bulbo (Fig. 24.2). Os núcleos dos nono, décimo, 11º e 12º nervos cranianos se desenvolvem nas posições já indicadas, e fibras aferentes derivadas dos gânglios dos nono e décimo nervos formam um feixe marginal oval na região sobreposta à lâmina alar (dorsolateral). Por todo o rombencéfalo, a margem dorsal dessa lâmina está presa à delgada placa do teto expandida e é denominada lábio rômbico (o lábio rômbico inferior está confinado ao mielencéfalo; o lábio rômbico superior está confinado ao metencéfalo). À medida que as paredes do rombencéfalo expandem-se para fora, o lábio rômbico projeta-se como uma margem lateral, que se torna dobrada sobre a área adjacente. O lábio rômbico pode, mais tarde, tornar-se aderido a esta área, e suas células migram ativamente para a zona marginal da placa basal. Desta maneira, o feixe oval que forma o trato solitário torna-se encoberto. Acredita-se que as células da placa alar que migram do lábio rômbico deem origem aos núcleos olivar e arqueado e à substância cinzenta disseminada dos núcleos da ponte. Enquanto essa migração está em progresso, a placa do assoalho é invadida por fibras que atravessam o plano mediano (acompanhadas de neurônios que se agregam neste plano e próximo a ele) e torna-se espessada para formar a rafe mediana. Algumas das células em migração a partir do lábio rômbico nesta região não atingem a placa basal e formam uma crista oblíqua, o corpo pontobulbar (núcleo do feixe circum-olivar), através da face dorsolateral do pedúnculo cerebelar inferior.

A parte inferior (metade caudal) do mielencéfalo não participa da formação do quarto ventrículo e, em seu desenvolvimento, ele se assemelha intimamente à medula espinal. Os núcleos grácil e cuneiforme, e alguns núcleos reticulares, são derivados da placa alar, e suas fibras arqueadas eferentes e neurônios entremeados desempenham uma grande papel na formação da rafe mediana.

Por volta do quarto mês, as fibras corticospinais descendentes invadem a parte ventral do bulbo para iniciar a formação das pirâmides. Ao mesmo tempo, dorsalmente, o pedúnculo cerebelar inferior é formado por fibras ascendentes derivadas da medula espinal, fibras olivocerebelares e parolivocerebelares, fibras arqueadas externas e interconexões reticulocerebelares e vestibulocerebelares em mão dupla (os núcleos reticulares da parte inferior do bulbo provavelmente têm uma dupla origem, tanto da placa basal como da placa alar). Em recém-nascidos, o tronco encefálico é mais oblíquo e tem uma dobra distinta à medida que ele passa através do forame magno para se tornar a medula espinal.

Metencéfalo

A inclinação rostral do rombencéfalo embrionário é o metencéfalo, do qual se desenvolvem o cerebelo e a ponte. Antes da formação da flexura pontina, as lâminas dorsolaterais do metencéfalo são paralelas umas às outras. Após sua formação, a placa do teto do rombencéfalo torna-se romboide e as lâminas dorsais do metencéfalo se localizam obliquamente. Elas se encontram próximo à extremidade cranial do quarto ventrículo, porém amplamente separadas ao nível de seus ângulos laterais (Fig. 24.21). A acentuação da flexura aproxima o ângulo cranial do ventrículo do ângulo caudal e as placas alares do metencéfalo agora se localizam quase transversalmente.

A placa basal do metencéfalo se torna a ponte. As zonas ventricular, intermediária e marginal são formadas da maneira usual, e os núcleos dos nervos trigêmeo, abducente e facial se desenvolvem na camada interme-

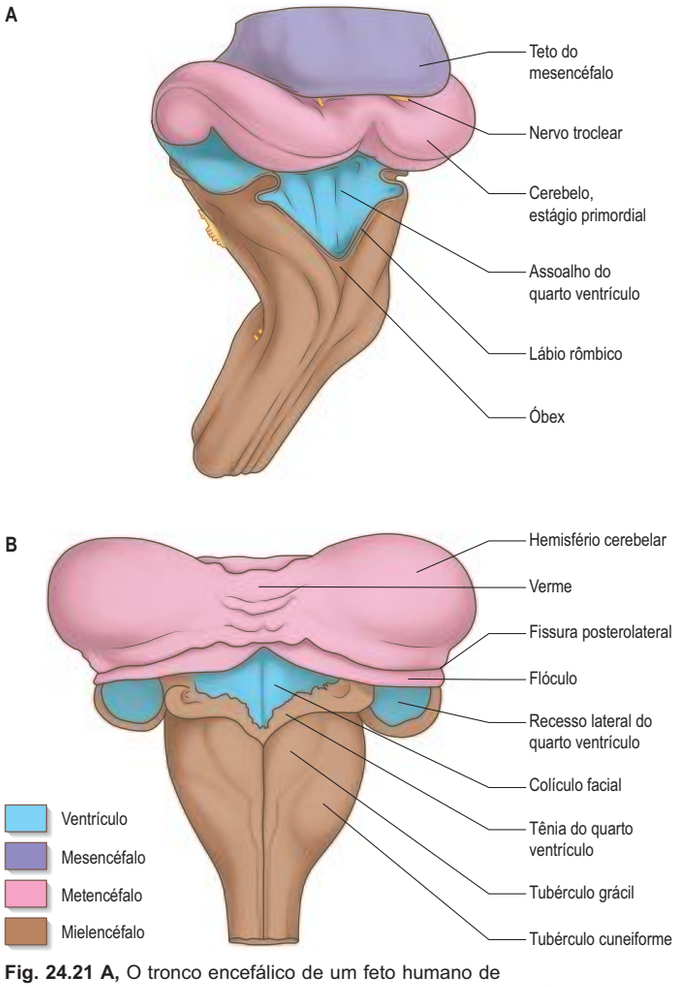


Fig. 24.21 A, O tronco encefálico de um feto humano de aproximadamente três meses, face dorsolateral esquerda. **B,** O cerebelo em desenvolvimento no quinto mês, face posterior.

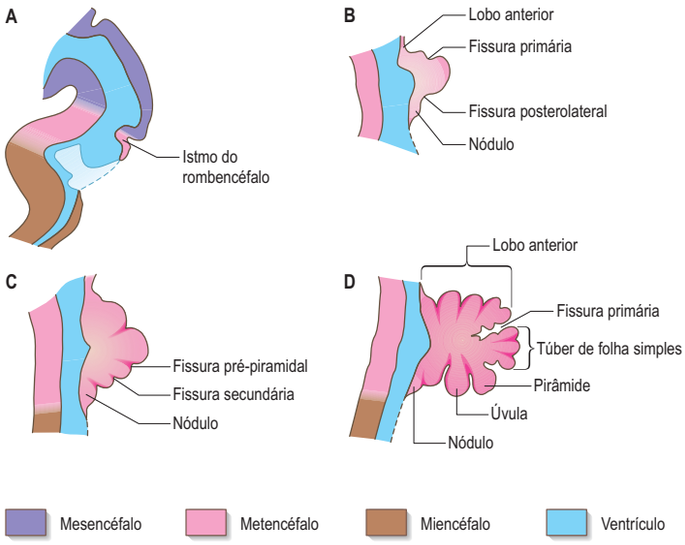


Fig. 24.22 Cortes sagitais medianos através do cerebelo em desenvolvimento, em quatro estágios cronológicos sucessivos.

diária. É possível que a substância cinzenta da formação reticular seja derivada da placa basal, e a dos núcleos pontinos seja derivada da placa alar através da migração ativa de células derivadas do lábio rômbico. Entretanto, por volta do quarto mês, a ponte é invadida por fibras corticopontinas, corticobulbares e corticospinais, torna-se proporcionalmente mais espessa e assume sua aparência do adulto: ela é relativamente menor no recém-nascido a termo.

A região do istmo rombencefálico sofre uma série de alterações que são notoriamente difíceis de interpretar, mas que resultam na incorporação da maior parte da região à extremidade caudal do mesencéfalo. Apenas a placa do teto, em que o véu bulbar superior é formado, e a parte dorsal da placa alar, que se torna invadida por fibras convergentes dos pedúnculos cerebelares superiores, permanecem como derivados reconhecíveis no adulto. No início do desenvolvimento, a decussação dos nervos trocleares é caudal ao istmo, mas à medida que as alterações de crescimento ocorrem, ela é deslocada rostralmente até que atinja sua posição do adulto.

Quarto ventrículo e plexo corióideo

Caudalmente ao cerebelo em desenvolvimento, o teto do quarto ventrículo permanece epitelial e cobre uma zona aproximadamente triangular a partir dos ângulos laterais da fossa romboide até o óbex, em posição mediana (Fig. 24.21). O tecido nervoso falha em se desenvolver sobre esta região, e a pia-máter vascularizada encontra-se intimamente justaposta ao epêndima subjacente. A cada ângulo lateral e na linha média caudalmente,

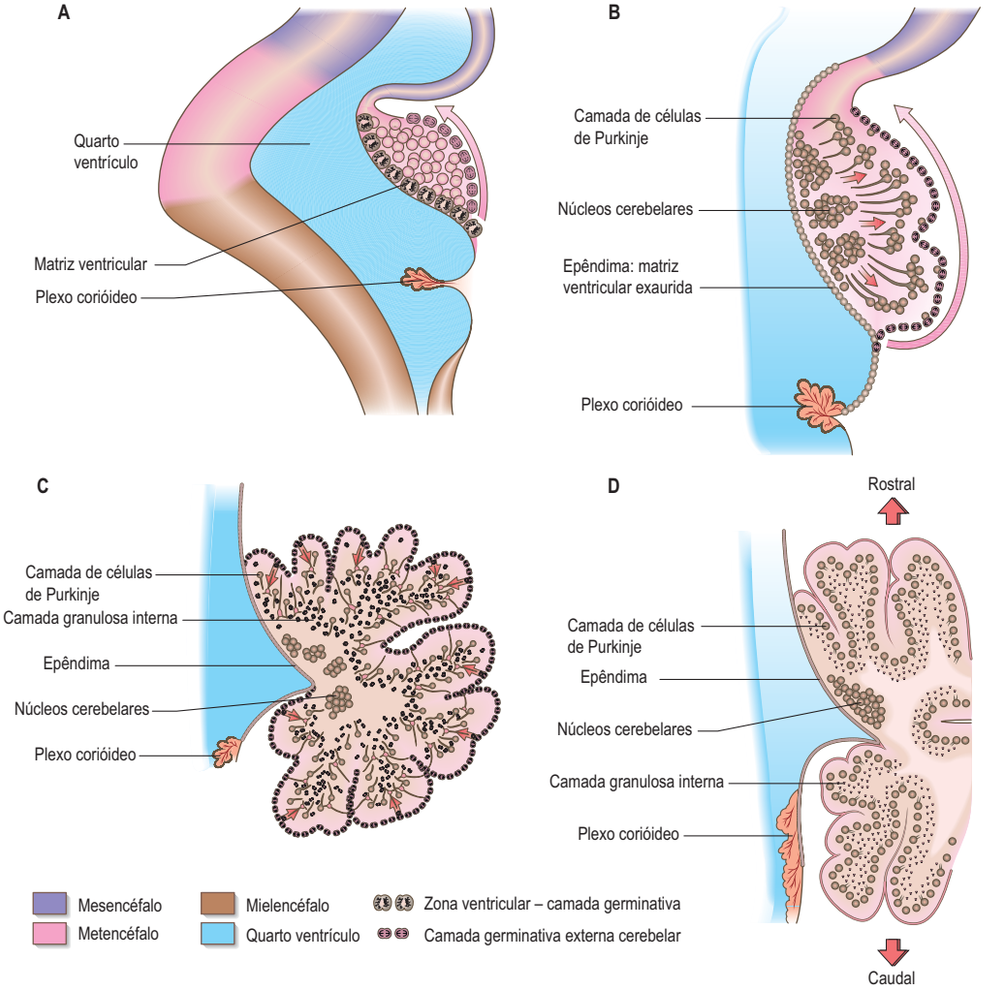


Fig. 24.23 A histogênese do córtex cerebelar e dos núcleos cerebelares. **A,** As células de Purkinje e as células dos núcleos cerebelares são produzidas pela zona ventricular e migram para suas futuras posições. As células da matriz superficial (a camada granulosa externa) têm sua origem a partir do neuroepitélio ventricular no polo caudal do primórdio cerebelar e migram rostralmente por sobre sua superfície. **B,** Após a migração, as células de Purkinje constituem uma camada multicelular abaixo da camada germinativa externa. A produção de células no neuroepitélio ventricular parou. As células restantes se transformam em células ependimárias. **C,** As células granulosas produzidas pela camada germinativa externa migram para dentro e atravessam a camada de células de Purkinje até sua posição na camada granulosa interna. As células de Purkinje se espalham em uma monocamada. **D,** Posição no adulto dos neurônios corticais e nucleares.

as membranas se rompem e formam as aberturas lateral (forame de Luschka) e mediana (forame de Magendie) do teto do quarto ventrículo. Estes se tornam as principais vias pelas quais o líquido cerebrospinal produzido nos ventrículos escapa para o espaço subaracnóideo. A piamáter vascularizada (tela corióidea), em uma formação em V invertido cranialmente às aberturas, invagina-se com o epêndima para formar franjas vascularizadas que se tornam as partes vertical e horizontal dos plexos corióideos do quarto ventrículo.

Cerebelo

O cerebelo se desenvolve a partir do lábio rômbico, a parte dorsal da placa alar do metencéfalo que constitui a margem rostral do quarto ventrículo, em formato de diamante. Duas eminências arredondadas se desenvolvem, as quais inicialmente se projetam parcialmente para dentro do ventrículo (Fig. 24.21) e formam os hemisférios cerebelares rudimentares. A parte mais rostral do teto do metencéfalo originalmente separa as duas eminências, mas ele se torna invadido por células derivadas da placa alar que formam os primórdios do verme. Em um estágio mais tardio, ocorre a extroversão do cerebelo, sua projeção intraventricular é reduzida e a proeminência extraventricular dorsal aumenta. O cerebelo agora consiste em uma eminência bilobada (em formato de halter), estendida através da parte rostral do quarto ventrículo (Fig. 24.21). Ele é contínuo rostralmente com o véu bulbar superior, formado pelo istmo rombencefálico e caudalmente com o teto epitelial do mielencéfalo. Com o crescimento, várias sulcos transversais aparece nas faces dorsais do primórdio cerebelar: estes são os precursores das numerosas fissuras que caracterizam a superfície do cerebelo maduro (Fig. 24.22).

A primeira fissura a aparecer na superfície cerebelar (Fig. 24.22) é a parte lateral da fissura posterolateral que forma a margem de uma região caudal correspondente aos flóculos do adulto. As partes direita e esquerda desta fissura subsequentemente se encontram na linha média, onde elas formam o limite entre o lóbulo do verme, mais caudal, o nódulo e o resto do verme. O lobo floculonodular pode agora ser reconhecido como a subdivisão mais caudal do cerebelo neste estágio e serve como a inserção do teto epitelial do quarto ventrículo. Por causa da expansão das outras divisões do cerebelo, o lobo floculonodular vem a ocupar uma posição anteroinferior nos adultos. Ao final do terceiro mês, um sulco transversal aparece na inclinação rostral do primórdio cerebelar e se aprofunda para formar a fissura primária. Esta atravessa o verme e ambos os hemisférios e forma a margem entre os lobos anterior e posterior. Simultaneamente, dois curtos sulcos transversais aparecem na parte caudal do verme. O primeiro é a fissura secundária (ou fissura pós-piramidal) que forma a margem rostral da úvula; o segundo, a fissura pré-piramidal, demarca a pirâmide (Fig. 24.22). O cerebelo agora cresce dorsal, rostral, caudal e lateralmente, e os hemisférios se expandem muito mais que a parte inferior do verme, que consequentemente se torna incrustada no fundo de uma depressão profunda, a valécula. Outros numerosos sulcos transversais se desenvolvem e a fissura horizontal é o mais extenso.

Desenvolvimento celular do cerebelo

O cerebelo consiste em um córtex abaixo do qual é encontrada uma série de núcleos profundos. A organização do córtex cerebelar é similar àquela do córtex cerebral, exceto pelo fato de que este último tem seis camadas, enquanto o primeiro tem apenas três. No entanto, enquanto no córtex cerebral os neuroblastos se originam a partir da zona ventricular e migram em sentido ventriculofugal em direção à superfície pial (de uma maneira "de dentro para fora"), logo no início do desenvolvimento cerebelar uma camada de células derivadas exclusivamente do lábio rômbico metencefálico migra inicialmente em sentido ventriculofugal para formar uma camada abaixo da glia limitante, sobre a superfície do cerebelo em desenvolvimento. Essas células formam a camada germinativa externa, e mais tarde no desenvolvimento sua progênie migrará em sentido ventriculopetal (de uma maneira "de fora para dentro"), ou seja, para o interior do cerebelo. Deste modo, o cerebelo tem uma porção intraventricular (células que proliferam a partir da zona ventricular) e uma porção extraventricular (células que proliferam a partir da camada germinativa externa) durante o desenvolvimento. A porção extraventricular torna-se maior à custa da parte intraventricular, a chamada extroversão do cerebelo. Antes do final do terceiro mês, a principal massa do cerebelo é extraventricular.

O córtex cerebelar desenvolvido contém três camadas: a camada molecular, a camada de células de Purkinje e a camada granulosa. A expansão bilateral inicial da superfície ventricular reflete a produção, pelo epitélio da placa alar metencefálica, de neuroblastos que originarão a glia radial, os núcleos cerebelares e os neurônios eferentes do córtex cerebelar (as células de Purkinje) (Fig. 24.23). A glia radial desempenha um papel na orientação das células de Purkinje até a superfície meníngea do primórdio cerebelar. Durante esse estágio inicial do desenvolvimento cerebelar, que é dominado pela produção e migração dos neurônios cerebelares eferentes, a superfície do primórdio cerebelar permanece lisa. A extroversão do cerebelo começa mais tarde, quando as células da camada germinativa externa, também denominada matriz superficial, iniciam a proliferação e a migração. Essas células produzem as células granulosas, que migram para dentro ao longo da glia radial, através das camadas de células de Purkinje, e se estabelecem abaixo delas na camada granulosa. Este estágio coincide com as emergências do padrão folial transverso. A proliferação e a migração das células granulosas levam a uma grande expansão rostrocaudal da superfície meníngea do cerebelo, formam as fissuras transversais e transformam a camada multicelular de células de Purkinje em uma monocamada. As células de Purkinje e as células dos núcleos cerebelares são formadas antes das células granulosas, e as células granulosas servem como o recipiente do principal sistema aferente (fibras musgosas) do cerebelo. Desta forma, o desenvolvimento dos neurônios eferentes do córtex cerebelar e dos núcleos precede o desenvolvimento de sua organização aferente.

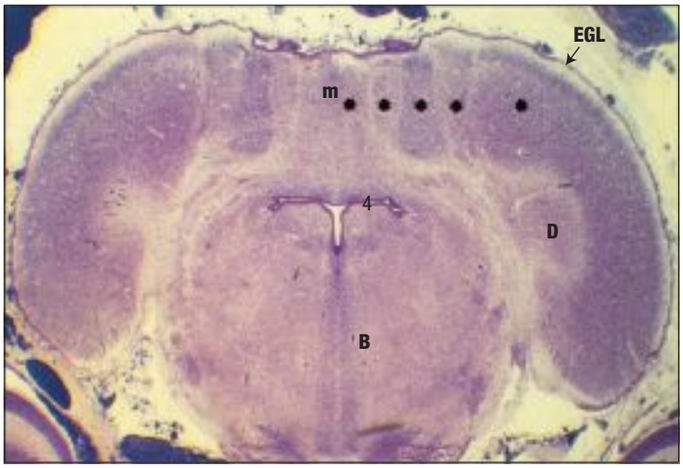


Fig. 24.24 Corte coronal através do cerebelo e do tronco encefálico de um feto humano de 65 mm. As células de Purkinje estão localizadas em cinco agregados multicelulares (estrelas) em ambos os lados da linha média. O primórdio do núcleo denteado ocupa o centro do agregado de células de Purkinje mais lateral. Abreviações: B, tronco encefálico; D, núcleo denteado; EGL, camada granulosa externa; m, linha média; 4, quarto ventrículo. (Por cortesia da Schenk Collection, Dr Johan M Kros, Division of Neuropathology, Department of Pathology, Erasmus Medical Centre, Rotterdam, The Netherlands.)

O desenvolvimento primordial cerebelar bilateral é transformado em uma estrutura unitária pela fusão das proeminências intraventriculares bilaterais e pelo desaparecimento do epêndima neste local, pela fusão dos lados direito e esquerdo do córtex cerebelar primordial por sobre a linha média, e pelo desenvolvimento da comissura cerebelar através da invaginação de fibras aferentes e evasão de axônios eferentes do núcleo cerebelar medial.

Quando a camada germinativa externa é inicialmente formada, a camada multicelularizada de células de Purkinje localizada abaixo não é uniforme, porém subdividida em agregados que formam colunas que se estendem rostrocaudalmente (Fig. 24.24). Os agregados mediais de células de Purkinje se desenvolvem no futuro verme. Essas células de Purkinje emitirão axônios que irão conectar-se a neurônios nos núcleos vestibulares e no núcleo do fastígio. Os agregados laterais pertencem aos futuros hemisférios, e deles crescerão axônios que terminam nos núcleos emboliforme, globoso e denteado. A margem aguda nas projeções eferentes a partir do verme e dos hemisférios é assim estabilizada em um estágio precoce. Estes agregados darão origem às zonas de células de Purkinje no cerebelo adulto que se projetam para um único núcleo vestibular ou cerebelar.

No encéfalo humano em desenvolvimento, apenas a camada germinativa externa pode ser vista em 17-18 semanas; as células de Purkinje se tornam aparentes entre 20-23 semanas. Após 30 semanas, quatro camadas podem ser reconhecidas, a camada germinativa externa (ou camada granulosa externa) é formada por seis a oito fileiras de pequenas células arredondadas densamente compactadas; a camada de células de Purkinje é formada por cinco a seis camadas de neurônios maiores arredondados e imaturos, externamente à camada granulosa interna; a camada molecular contém células que se assemelham às células da camada granulosa externa em migração (Lavezzi *et al*., 2006). A camada granulosa externa involui entre cinco e sete meses após o nascimento: ela é apenas uma camada descontínua aos dez meses e está totalmente ausente por volta dos 12 meses, após o que o córtex cerebelar apresenta uma estrutura em três camadas. Dos cinco aos sete meses, as células de Purkinje são reduzidas em número, tornam-se mais amplamente espaçadas e apresentam corpos celulares poligonais maduros, com axônio e dendritos evidentes.

Mesencéfalo

O mesencéfalo é subdividido logo no início do desenvolvimento em dois neurômeros, o mesencéfalo 1 e o mesencéfalo 2. Ele persiste por algum tempo como um tubo de paredes delgadas que envolve uma cavidade de certo tamanho, separada da cavidade do prosencéfalo por uma leve constrição e do rombencéfalo pelo istmo rombencefálico (Figs. 24.2 e 24.25). Mais tarde, o diâmetro de sua cavidade torna-se relativamente reduzido, e no encéfalo adulto ela forma o aqueduto cerebral. A placa basal (ventrolateral) do mesencéfalo aumenta de espessura para formar os pedúnculos cerebrais que inicialmente são de tamanho pequeno, mas aumentam rapidamente após o quarto mês, quando seus numerosos tratos de fibras começam a aparecer na zona marginal. Os neuroblastos da placa basal do mesencéfalo 2 dão origem aos núcleos do nervo oculomotor e a algumas massas de substância cinzenta do tegmento, enquanto o núcleo do nervo troclear permanece na região do istmo rombencefálico. As células que originam o núcleo mesencefálico do nervo trigêmeo surgem a cada lado da linha mediana dorsal, a partir do istmo rombencefálico rostralmente através do teto do mesencéfalo. Estudos recentes mostraram que os progenitores dessas células não expressam marcadores de células da crista neural.

As células da parte dorsal das placas alares (dorsolaterais) proliferam e invadem a placa do teto, que consequentemente se espessa e é mais tarde dividida em corpos bigêmeos por um sulco mediano. Caudalmente, esse sulco torna-se uma crista mediana que persiste no adulto como o frênulo do véu. Os corpos quadrigêmeos são mais tarde subdivididos nos colículos superior e inferior por um sulco transversal. O núcleo rubro, a substância negra e os núcleos reticulares do tegmento do mesencéfalo podem primeiramente ser definidos ao final do terceiro mês. Suas origens são provavelmente mistas, a partir de neuroblastos tanto da placa basal como da placa alar.

A histogênese detalhada do teto e de seus principais derivados, os colículos, não será seguida aqui, mas em geral os princípios descritos para o córtex cerebelar, para o paleopálio e para o neopálio também se aplicam a esta região. Um alto grau de ordem geométrica existe na projeção retinotetal em desenvolvimento (o equivalente da projeção retinogeniculada) e na projeção tetospinal.

Prosencéfalo

Em um estágio precoce, um corte transversal do prosencéfalo mostra as mesmas partes que são mostradas em cortes similares da medula espinal e do bulbo, isto é, paredes laterais espessas conectadas por delgadas placas do assoalho e do teto. Além do mais, cada parede lateral é dividida em uma área dorsal e uma área ventral, separadas internamente pelo sulco hipotalâmico (Fig. 24.25). Esse sulco termina rostralmente na extremidade medial do pedículo óptico. No encéfalo completamente desenvolvido, ele persiste como um leve sulco que se estende do forame interventricular até o aqueduto cerebral. Ele é análogo, se não o homólogo, ao sulco limitante. A placa do teto delgada permanece epitelial, porém invaginada pelo mesênquima vascularizado, a tela corióidea dos plexos corióideos do terceiro ventrículo. Mais tarde, as margens laterais da tela sofrem uma invaginação similar para as paredes mediais dos hemisférios cerebrais. A placa do assoalho se espessa à medida que as massas nucleares do hipotálamo e do subtálamo se desenvolvem.

Em um período muito precoce, antes do fechamento do neuróporo rostral, a subdivisão do prosencéfalo no telencéfalo – mais rostral – e nas duas subdivisões do diencéfalo – D1 e D2 – é anunciada (Fig. 24.2). Neste momento precoce, dois campos oculares são separados pela futura neurohipófise no assoalho do futuro D1. Após a ocorrência da prega cefálica, os campos oculares se expandem como duas evaginações ópticas laterais que se tornam as vesículas ópticas, uma a cada lado do encéfalo primordial. Por um momento, elas se comunicam com a cavidade do prosencéfalo através de aberturas relativamente amplas. As partes distais das vesículas ópticas se expandem, enquanto as partes proximais se tornam os pedículos ópticos tubulares. As vesículas ópticas (descritas com o desenvolvimento do olho no Capítulo 41) são, deste modo, derivadas das paredes laterais da subdivisão D1 do prosencéfalo antes que o telencéfalo possa ser claramente identificado. O quiasma óptico é frequentemente considerado como o limite entre o diencéfalo e o telencéfalo.

À medida que a porção mais rostral do prosencéfalo aumenta, ela se curva ventralmente, e dois outros divertículos se expandem rapidamente a partir dela, um a cada lado. Esses divertículos, rostrolaterais aos pedículos ópticos, subsequentemente formam os hemisférios cerebrais. Suas cavidades são primórdios dos ventrículos laterais e eles se comunicam com a parte mediana da cavidade prosencefálica através de aberturas relativamente amplas que definitivamente se tornam os forames interventriculares. O limite rostral da parte mediana do prosencéfalo consiste em uma delgada camada, a lâmina terminal (Fig. 24.25 A-C), que se estende dos forames interventriculares até o recesso na base dos pedículos ópticos. A parte rostral do prosencéfalo, incluindo os primórdios dos hemisférios cerebrais, consiste no telencéfalo e na parte caudal do diencéfalo: ambos contribuem para a formação do terceiro ventrículo, embora o último predomine. O destino da lâmina terminal é descrito a seguir.

Diencéfalo

O diencéfalo, D2, é dividido em termos gerais pelo sulco hipotalâmico em partes dorsal (parte dorsal do diencéfalo) e ventral (parte ventral do diencéfalo): cada uma contribui para diversas estruturas neurais. A parte dorsal se desenvolve no tálamo (dorsal) e no metatálamo ao longo da imediata área suprassulcal de sua parede lateral, enquanto a parede lateral dorsocaudal mais alta e o teto formam o epitálamo. O tálamo (Fig. 24.25 A-C) é primeiramente visível como um espessamento que envolve a parte rostral da área dorsal. Caudalmente ao tálamo, os corpos geniculados lateral e medial, ou metatálamo, são reconhecíveis primeiramente como depressões superficiais na face interna e como elevações na face externa da parede lateral. À medida que os tálamos aumentam como massas ovoides lisas, o amplo intervalo entre eles gradualmente se estreita em uma cavidade comprimida verticalmente, que forma a maior parte do terceiro ventrículo. Após um tempo, estas superfícies mediais podem entrar em contato e se tornar aderidas ao longo de uma área variável, e esta conexão (única ou múltipla) constitui a adesão intertalâmica ou a massa intermediária. O crescimento caudal do tálamo exclui os corpos geniculados da parede lateral do terceiro ventrículo.

Inicialmente, a face lateral do tálamo em desenvolvimento está separada da face medial do hemisfério cerebral por uma fenda, mas com o crescimento a fenda torna-se obliterada (Fig. 24.26) à medida que o tálamo funde-se com a parte do hemisfério na qual o corpo estriado se desenvolve. Mais tarde, com o desenvolvimento das fibras de projeção (corticofugais e corticopetais) do neocórtex, o tálamo se torna relacionado à cápsula interna, que intervém entre ele e a parte lateral do corpo estriado (núcleo lentiforme). Ventralmente ao sulco hipotalâmico, a parede lateral do diencéfalo, além dos derivados medianos de sua placa do assoalho, forma uma grande parte do hipotálamo e do subtálamo.

O epitálamo, que inclui a glândula pineal, as comissuras posterior e habenular e o trígono das habênulas, desenvolve-se em associação com a parte caudal da placa do teto e com as regiões adjacentes das paredes laterais do diencéfalo. Em um período precoce (comprimento cabeça-nádega de 12-20 mm), o epitálamo na parede lateral projeta-se para dentro do terceiro ventrículo como uma massa elíptica lisa, maior que a massa adjacente do tálamo (dorsal) e separada dele por um sulco epitalâmico bem definido. Nos meses subsequentes, o crescimento do tálamo rapidamente supera o do epitálamo, e o sulco interveniente é obliterado. Deste modo, as estruturas de origem epitalâmica são enfim relativamente diminutas sob o ponto de vista topográfico.

A glândula pineal origina-se como uma evaginação oca a partir da placa do teto, imediatamente adjacente ao mesencéfalo. Sua parte distal torna-se sólida por causa da proliferação celular, mas seu pedículo proximal permanece oco e contém o recesso pineal do terceiro ventrículo. Em muitos répteis, a evaginação pineal consiste em uma evaginação rostral (órgão parapineal) que se desenvolve na pineal ou no olho parietal e uma evaginação glandular caudal: a evaginação caudal é homóloga à glândula pineal na espécie humana. A evaginação rostral também se desenvolve no embrião humano, mas logo desaparece por completo.

O núcleo habenular, o mais importante constituinte do trígono das habênulas, desenvolve-se na parede lateral do diencéfalo e inicialmente encontra-se em íntima relação com os corpos geniculados, dos quais ele se torna separado pelo crescimento dorsal do tálamo. A comissura habenular desenvolve-se na parede cranial do recesso pineal. A comissura posterior é formada por fibras que invadem a parede caudal do recesso pineal de ambos os lados.

A parte ventral do diencéfalo forma as paredes laterais subsulcais do terceiro ventrículo e participa da formação do hipotálamo, que inclui os corpos mamilares, o túber cinéreo e o infundíbulo da hipófise. Os corpos mamilares surgem como um espessamento único que se torna dividido por um sulco mediano durante o terceiro mês. O túber cinéreo se desenvolve rostralmente aos corpos mamilares como uma proliferação celular que se estende para diante até o infundíbulo. Em frente ao túber cinéreo, um divertículo de abertura larga se forma no assoalho do diencéfalo, cresce em direção ao teto do estomodeu e entra em contato com a face posterior de uma invaginação dorsalmente direcionada derivada do estomodeu (bolsa de Rathke). Estes dois divertículos juntos formam a hipófise (Fig. 24.14). Uma extensão do terceiro ventrículo persiste na base da evaginação neural como o recesso infundibular. As paredes caudolaterais restantes e o assoalho da parte ventral do diencéfalo são uma extensão do tegmento do mesencéfalo, o subtálamo. Este forma os limites rostrais do núcleo rubro, a substância negra, numerosos núcleos reticulares e uma abundância de feixes de fibras nervosas entrelaçadas ascendentes, descendentes e oblíquas que têm muitas origens e destinos.

Terceiro ventrículo e plexo corióideo

A placa do teto do diencéfalo rostralmente à glândula pineal, que se estende por sobre a parte mediana do telencéfalo, permanece delgada e com características epiteliais, e é invaginada pelos plexos corióideo do terceiro ventrículo (Fig. 24.27). Antes do desenvolvimento do corpo

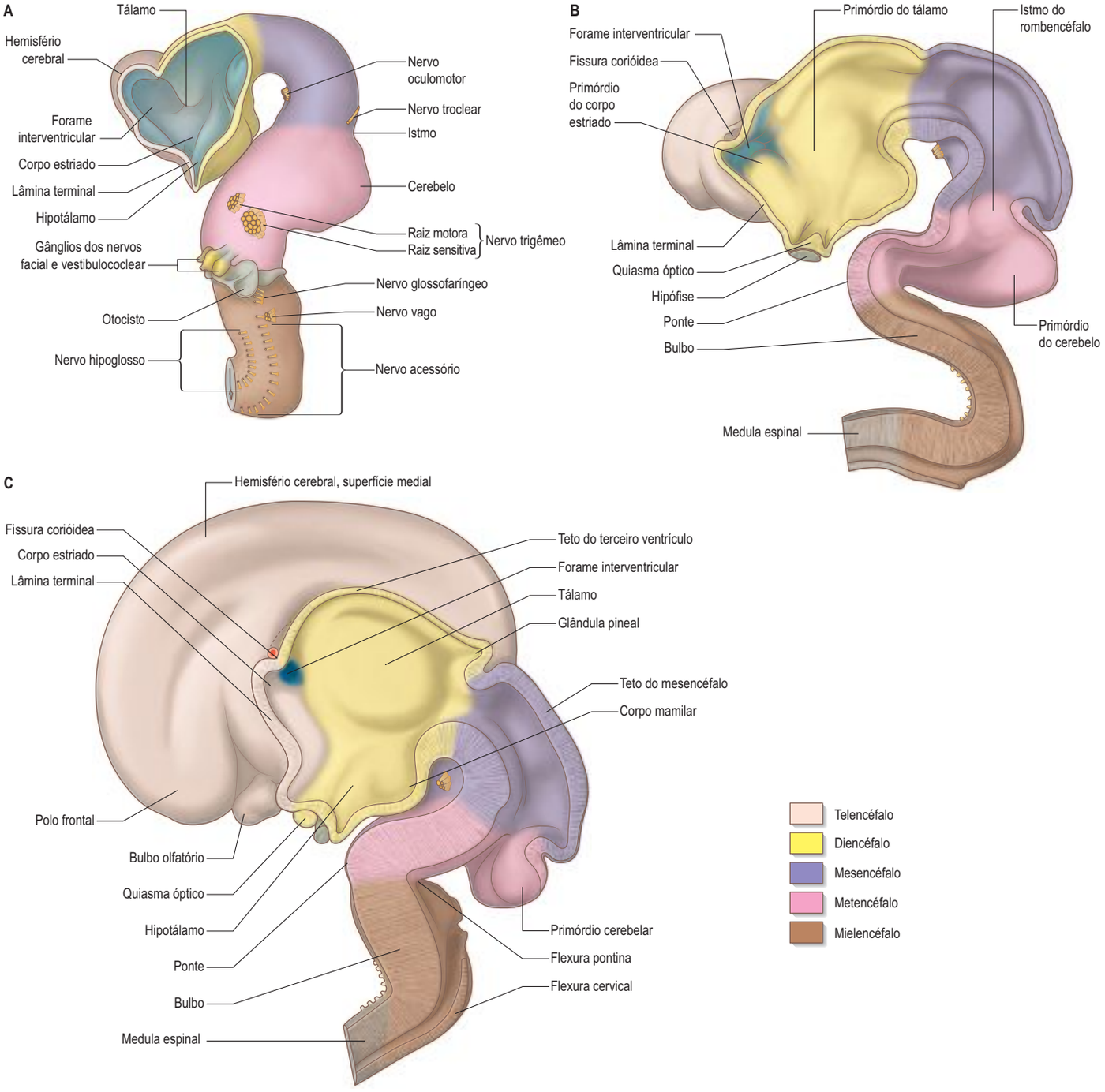


Fig. 24.25 O formato do sistema ventricular em desenvolvimento e a expansão da porção medial do telencéfalo. **A,** Embrião humano, de aproximadamente 10,2 mm de comprimento, superfície lateral esquerda do diencéfalo e telencéfalo removidos. **B,** Embrião humano de 13,6 mm de comprimento, corte mediano. **C,** Feto humano de aproximadamente três meses de desenvolvimento, corte mediano. O teto do metencéfalo e o do mielencéfalo foram removidos em cada caso.

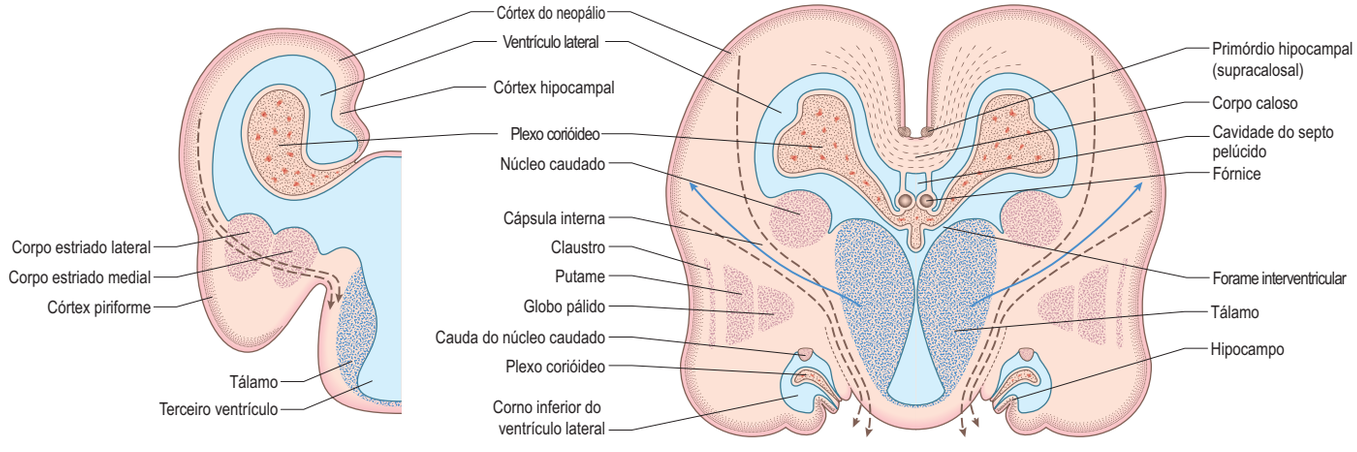


Fig. 24.26 O desenvolvimento dos núcleos da base e da cápsula interna, vistas coronais. (Redesenhado com permissão de Hamilton WJ, Boyd JD, Mossman HW, 1972, Human Embryology: Prenatal Development of Form and Function. Baltimore: Williams and Wilkins.)

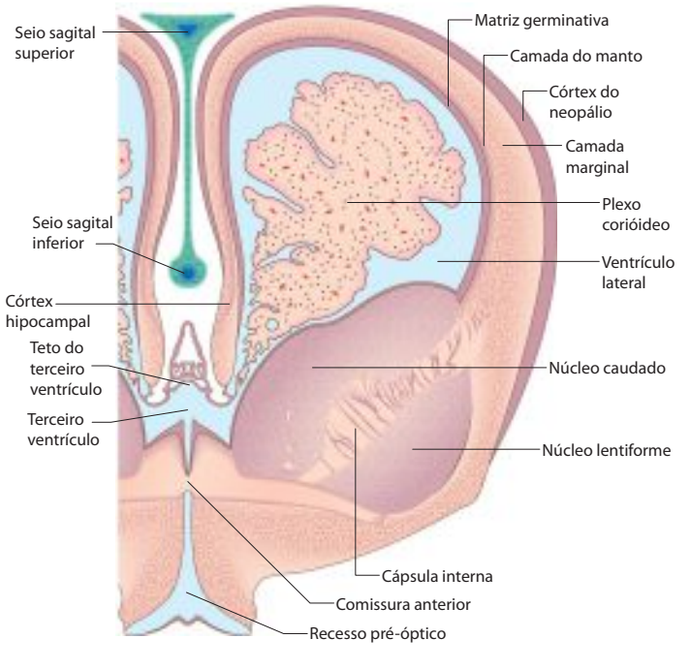


Fig. 24.27 Corte coronal do hemisfério cerebral esquerdo em um feto de 73 mm. (Redesenhado com permissão de Hamilton WJ, Boyd JD, Mossman H W, 1972, Human Embryology: Prenatal Development of Form and Function. Baltimore: Williams and Wilkins.)

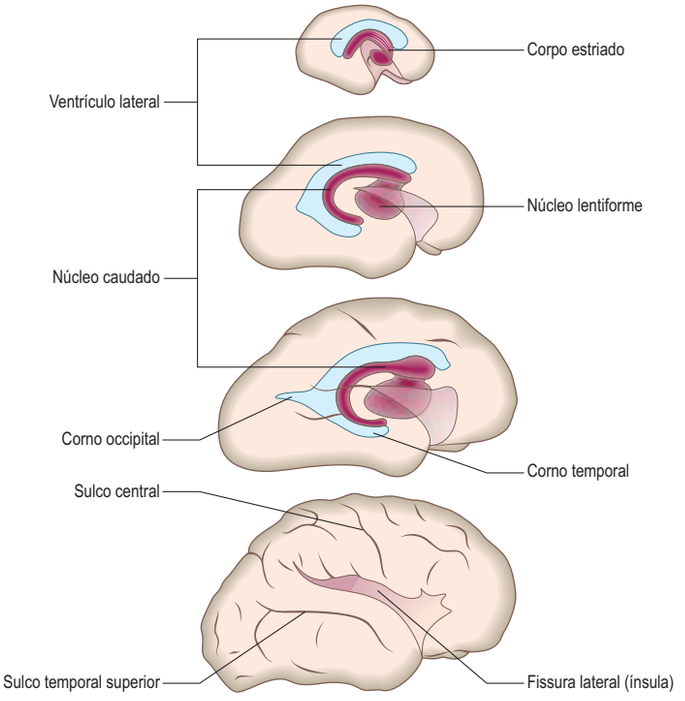


Fig. 24.28 Vistas laterais de encéfalos em desenvolvimento mostram a formação dos núcleos da base e dos ventrículos laterais à medida que o telencéfalo se desenvolve. (Redesenhado com permissão de Hamilton WJ, Boyd JD, Mossman HW, 1972, Human Embryology: Prenatal Development of Form and Function. Baltimore: Williams and Wilkins.)

caloso e do fórnice, ela se encontra no fundo da fissura longitudinal, entre os dois hemisférios cerebraise os atinge. Ela se estende rostralmente até os forames interventriculares e a lâmina terminal. Aqui, e em outros locais, os plexos corióideos se desenvolvem pela íntima justaposição entre a piamáter vascularizada e o epêndima, sem tecido nervoso interveniente. Com o desenvolvimento, a camada vascularizada é invaginada para a cavidade ventricular e desenvolve uma série de pequenas projeções vilosas, cada uma coberta por um epitélio cuboide derivado do epêndima. As células cuboides apresentam numerosos microvilos em suas superfícies ventriculares e um complexo pregueamento de sua membrana plasmática de superfície basal. Os plexos corióideo primordiais secretam um líquido cerebrospinal rico em proteínas no interior do sistema ventricular, o que pode proporcionar um meio nutritivo para os tecidos neuroepiteliais em desenvolvimento. À medida que estes últimos tornam-se progressivamente vascularizados, as reações histoquímicas das células cuboides e a característica do líquido mudam para o tipo adulto. Muitas regiões do revestimento do terceiro ventrículo tornam-se altamente especializadas e desenvolvem concentrações de tanicitos ou de outras células modificadas que são coletivamente denominadas órgãos circunventriculares; por exemplo, o órgão subfornicial, o órgão vascular (ou tubérculo intercolunar) da lâmina terminal, o órgão subcomissural e os revestimentos dos recessos pineal, suprapineal e infundibular.

Telencéfalo

O telencéfalo consiste em dois divertículos laterais conectados por uma região mediana, o telencéfalo ímpar. A parte rostral do terceiro ventrículo se desenvolve a partir do ímpar e está intimamente abaixo e em frente à lâmina terminal. Os divertículos laterais são brotamentos das paredes laterais do telencéfalo que podem corresponder à lâmina alar, embora isto seja incerto. Suas cavidades são os futuros ventrículos laterais e suas paredes são formadas pelo presumível tecido nervoso dos hemisférios cerebrais. A placa do teto da parte mediana do telencéfalo permanece delgada e é contínua por trás com a placa do teto do diencéfalo (Fig. 24.25). As partes rostrais do hipotálamo, que incluem o quiasma óptico, o recesso óptico e os núcleos relacionados, desenvolvem-se na placa do assoalho e nas paredes laterais do prosencéfalo, ventralmente aos forames interventriculares primitivos. O quiasma é formado pelo encontro, e decussação parcial, dos nervos ópticos na parte ventral da lâmina terminal. Os tratos ópticos subsequentemente crescem para trás a partir do quiasma, para terminarem no diencéfalo e no mesencéfalo.

Hemisférios cerebrais

Os hemisférios cerebrais surgem como divertículos das paredes laterais do telencéfalo, com o qual eles permanecem em continuidade ao redor das margens dos forames interventriculares inicialmente um pouco grandes, exceto caudalmente, onde eles são contínuos com a parte rostral da parede lateral do diencéfalo (Figs. 24.2 e 24.25). À medida que o crescimento prossegue, cada hemisfério aumenta anterossuperior, posterossuperior e posteriormente e adquire um contorno oval, paredes medial e superolateral e um assoalho. Como resultado, as superfícies mediais se aproximam, mas estão separadas por mesênquima vascularizado e pela pia-máter, que preenchem a fissura longitudinal mediana (Fig. 24.27). Neste estágio, o assoalho da fissura é a placa do teto do telencéfalo, de natureza epitelial, que é diretamente contínua caudalmente com a placa do teto, também epitelial, do diencéfalo.

No precoce estágio oval do desenvolvimento dos hemisférios, as regiões são denominadas de acordo com seus futuros derivados principais. O assoalho rostromedial e ventral torna-se ligado ao aparelho olfatório em formação e é denominado lobo olfatório primordial. O assoalho (parede ventral ou base) do restante de cada hemisfério forma o primórdio do corpo estriado e do corpo amigdaloide, que inclui sua margem associada das paredes lateral e medial (a parte estriada do hemisfério). O resto do hemisfério, isto é, as regiões medial, lateral, dorsal e caudal, é a parte supraestriada do hemisfério. Embora ela seja a maior em termos de área de superfície, inicialmente possui paredes comparativamente delgadas. A extremidade rostral de cada hemisfério oval torna-se o polo frontal definitivo. À medida que o hemisfério se expande, seu polo posterior original se move relativamente em uma direção caudoventral e lateral e segue uma curva como um chifre de carneiro: ele se curva em direção à orbita em associação ao crescimento do núcleo caudado e a outras estruturas para formar o polo temporal definitivo. Uma nova parte posterior persiste como o polo occipital definitivo do encéfalo maduro (Fig. 24.28).

A migração e a diferenciação dos progenitores neurais para formar os núcleos são mínimas ou limitadas por todo o tronco encefálico e medula espinal: a progênie desses progenitores permanece imediatamente extraependimária ou parcialmente deslocada em direção ao exterior pial e está detida profundamente, embebida na "substância branca" de fibras mielínicas da região. Em marcante contraste, a proliferação e a migração de neuroblastos nos hemisférios cerebrais produz uma camada superficial de substância cinzenta tanto na região estriada como na região supraestriada, mas não nas áreas centrais da parede medial original (onde ocorre a fusão secundária com o diencéfalo). A camada superficial de substância cinzenta consiste em corpos celulares de neurônios, dendritos, terminações de axônios aferentes, troncos dos axônios eferentes (ou a totalidade destes) e células gliais e células endoteliais. Gerações sucessivas de neuroblastos migram através das camadas de gerações mais anteriores para adquirir posições subpiais (veja a seguir), o que significa que a superfície dos hemisférios cerebrais se expande a um ritmo maior que a dos hemisférios

como um todo: a grande expansão dos hemisférios cerebrais é característica de mamíferos e especialmente da espécie humana. A diferenciação de neuroblastos produz uma camada superficial subpial de substância cinzenta altamente organizada, denominada córtex ou pálio. Os hemisférios em crescimento subsequentemente se sobrepõem, sucessivamente, ao diencéfalo e ao mesencéfalo, e em seguida atingem a superfície rostral do cerebelo. Os lobos temporais envolvem os flancos do tronco encefálico.

A terminologia usada para descrever regiões do córtex é baseada em conceitos evolucionários. As porções mais antigas do córtex recebem informações relacionadas ao olfato; estas são denominadas arquicórtex (arquipálio) e paleocórtex (paleopálio) e ambas são subdivisões de um alocórtex geral. O arquicórtex é o precursor do lobo hipocampal e o paleocórtex dá origem à área piriforme. A superfície cortical restante se expande significativamente em mamíferos e forma o neocórtex (córtex recente), que desloca os córtices previamente formados de modo que eles se encontrem parcialmente internamente em cada hemisfério.

Bulbo olfatório

Um sulco longitudinal aparece na parte anteromedial do assoalho de cada ventrículo lateral em desenvolvimento em torno da quinta semana de desenvolvimento embrionário. Ele se aprofunda e forma um divertículo oco que é contínuo com o hemisfério por um curto pedículo. O divertículo torna-se conectado por sua superfície ventral ou inferior ao olfatório. As células placoidais dão origem a axônios aferentes que terminam nas paredes do divertículo. À medida que a cabeça aumenta de tamanho, o divertículo cresce anteriormente, perde sua cavidade e se converte no bulbo olfatório sólido. O crescimento do bulbo para a frente é acompanhado pelo alongamento de seu pedículo, que forma o trato olfatório. A parte do assoalho do hemisfério à qual o trato está preso constitui a área piriforme.

Ventrículos laterais e plexo corióideo

O divertículo primitivo ou primórdio do hemisfério cerebral inicialmente contém um ventrículo lateral esferoide simples que é contínuo com o terceiro ventrículo através do forame interventricular. A margem do forame é o local da evaginação original. O ventrículo em expansão desenvolve o formato de chifre de carneiro do hemisfério circundante, torna-se inicialmente elipsoide e em seguida um cilindro curvo que é convexo dorsalmente (Fig. 24.28). As extremidades do cilindro se expandem em direção – aos polos frontal e occipital (temporário) – mas não os atingem; tecidos neurais em diferenciação e que se espessam separam as cavidades ventriculares e as superfícies piais em todos os pontos, exceto ao longo da linha da fissura corióidea. Mudanças pronunciadas no formato ventricular acompanham a emergência de um polo temporal. A extremidade caudal original do cilindro curvo se expande dentro de seu parênquima e as extensões temporais em cada hemisfério seguem ventrolateralmente para envolver ambos os lados da parte superior do tronco encefálico. Uma outra extensão pode se desenvolver da raiz da extensão temporal no parênquima do polo occipital definitivo e seguir caudomedialmente; ela tem um tamanho bastante variável, frequentemente assimétrica dos dois lados, e um ou ambos pode estar ausente. Embora o ventrículo lateral seja um sistema contínuo de cavidades, partes específicas recebem agora nomes regionais. A parte central (corpo) estende-se do forame interventricular até o nível da margem posterior (esplênio) do corpo caloso. Três cornos divergem a partir do corpo: o anterior em direção ao polo frontal, o posterior em direção ao polo occipital e o inferior em direção ao polo temporal.

Nestes estágios iniciais do desenvolvimento dos hemisférios, o termo polo é preferido, na maior parte dos casos, a lobo. Os lobos são definidos por aspectos topográficos superficiais específicos que aparecerão ao longo de vários meses, e os padrões de crescimento diferencial persistem por um considerável período.

A pia-máter que recobre o teto epitelial do terceiro ventrículo neste estágio é, em si, coberta por um mesênquima frouxamente organizado, com vasos sanguíneos em desenvolvimento. Esses vasos subsequentemente invaginam o teto do terceiro ventrículo a cada lado do plano mediano para formar os plexos corióideos. A parte inferior da parede medial do hemisfério cerebral, que se une imediatamente ao teto epitelial do forame interventricular e à extremidade rostral do diencéfalo, também permanece epitelial. Ela consiste em epêndima e pia-máter; em outros locais, as paredes dos hemisférios tornam-se espessas para formar o pálio. A parte delgada da parede medial do hemisfério é invaginada por tecido vascularizado, que é contínuo em frente com o plexo corióideo do terceiro ventrículo e constitui o plexo corióideo do ventrículo lateral. Essa invaginação ocorre ao longo de uma linha que se arqueia para cima e para trás, paralela aos limites rostral e superior do forame interventricular e inicialmente demarcada por estes. Esta endentação curva da parede ventricular, em que não se desenvolve tecido nervoso entre o epêndima e a pia-máter, é denominada fissura corióidea (Figs. 24.25C e 24.26). A aquisição subsequente do formato definitivo da fissura corióidea depende dos padrões de crescimento relacionados nas estruturas circunvizinhas. De particular importância são o crescimento relativamente lento do forame interventricular, a "fusão" secundária entre a parte lateral do diencéfalo e as paredes mediais dos hemisférios, o envolvimento da parte superior do tronco encefálico pelo crescimento dianteiro do lobo temporal e de seu polo em direção ao ápice da órbita e a maciça expansão das duas grandes comissuras cerebrais (o fórnice e o corpo caloso). A fissura corióidea é agora claramente uma extensão caudal do forame interventricular grandemente reduzido que se arqueia sobre o tálamo e aqui tem apenas alguns milímetros a partir do plano mediano. Próximo à extremidade caudal do tálamo, ela diverge ventrolateralmente e sua curva atinge e continua na parede medial do lobo temporal por grande parte de sua extensão (isto é, até a ponta do corno inferior do ventrículo lateral). A parte superior do arco será sobreposta pelo corpo caloso e, ao longo de toda a sua convexidade, ela é delimitada pelo fórnice e seus derivados.

Núcleos da base

Inicialmente, o crescimento progride mais ativamente no assoalho e na parte adjacente da parede lateral do hemisfério em desenvolvimento, e elevações formadas pelo corpo estriado rudimentar invadem a cavidade do ventrículo lateral (Figs. 24.25 e 24.26). A cabeça do núcleo caudado aparece como três partes sucessivas, medial, lateral e intermediária, as quais produzem elevações no assoalho do ventrículo lateral. Caudalmente, estas se fundem para formar a cauda do núcleo caudado e o complexo amigdaloide que permanecem próximos ao polo temporal do hemisfério. Quando o polo occipital cresce posteriormente, e o aumento geral do hemisfério leva o polo temporal para baixo e para a frente, a cauda do núcleo caudado estende-se do assoalho da parte central (corpo) do ventrículo até o teto de sua extensão temporal, o futuro corno inferior. O complexo amigdaloide forma uma espécie de cápsula ao redor de sua extremidade. Rostralmente, a cabeça do núcleo caudado se estende para a frente até o assoalho do forame interventricular, onde ele está separado da extremidade rostral do tálamo em desenvolvimento por um sulco; mais tarde, a cabeça expande-se no assoalho do corno frontal do ventrículo lateral. O núcleo lentiforme se desenvolve a partir de duas lâminas de células, medial e lateral, que são contínuas com as partes medial e lateral do núcleo caudado. A cápsula interna aparece inicialmente na lâmina medial e se estende lateralmente através da lâmina externa até o córtex. Ela divide as lâminas em duas, as partes internas se unem ao núcleo caudado e as partes externas formam o núcleo lentiforme. Neste último, as células da lâmina medial restante dão origem principalmente ao globo pálido e às células da lâmina lateral ao putame. Subsequentemente, o putame expande-se simultaneamente à parte intermediária do núcleo caudado.

Fusão das paredes diencefálica e telencefálica

À medida que os hemisférios aumentam de tamanho, a parte caudal de sua superfície medial se sobrepõe e encobre a superfície lateral do diencéfalo (parte talâmica), da qual ela está separada por uma estreita fenda ocupada por tecido conjuntivo vascularizado. Neste estágio (em torno do final do segundo mês), um corte transversal feito caudalmente ao forame interventricular passaria da cavidade do terceiro ventrículo sucessivamente pelo tálamo em desenvolvimento, pela estreita fenda anteriormente mencionada, pela delgada parede medial do hemisfério e pela cavidade do ventrículo lateral, com o corpo estriado em seu assoalho e em sua parede lateral (Fig. 24.26).

À medida que o tálamo aumenta em extensão, ele adquire uma superfície superior, além de superfícies medial e lateral. A parte lateral de sua superfície superior funde-se com a delgada parede medial do hemisfério, de modo que esta parte do tálamo seja finalmente coberta com o epêndima do ventrículo lateral imediatamente ventral à fissura corióidea. Como resultado, o corpo estriado encontra-se próximo ao tálamo e está separado dele apenas por um profundo sulco que se torna obliterado pelo crescimento progressivo ao longo da linha de contato. A face lateral do tálamo está agora em continuidade com a face medial do corpo estriado, de modo que uma união secundária entre o diencéfalo e o telencéfalo seja afetada sobre uma ampla área, que fornece uma via para a subsequente passagem de fibras de projeção para o córtex e advindas do córtex (Fig. 24.26).

Formação da ínsula

Ao final do terceiro mês, enquanto o corpo estriado está se desenvolvendo, existe uma relativa restrição ao crescimento entre os lobos frontal e temporal. A região lateral ao estriado se torna deprimida para formar uma fossa cerebral lateral com uma porção de córtex, a ínsula, em sua base (Fig. 24.28). À medida que o lobo temporal continua a projetar-se em direção à órbita, e com um crescimento mais rápido dos córtices temporal e frontal, a superfície do hemisfério se expande a uma intensidade maior que o hemisfério como um todo, as áreas corticais tornam-se pregueadas e formam giros e sulcos. A ínsula é gradualmente recoberta por estas regiões corticais adjacentes. Essas regiões se sobrepõem à ínsula e formam os opérculos, cujas margens livres formam a parte anterior da fissura lateral. Esse processo continua até após o nascimento. O núcleo lentiforme permanece profundo coexistente com a ínsula.

Nervo olfatório, lobo límbico e hipocampo

As alterações de crescimento no lobo temporal que ajudam a submergir a ínsula produzem mudanças importantes na área olfatória e nas áreas límbicas adjacentes. À medida que se aproxima do assoalho hemisfério, o trato olfatório diverge em estrias lateral, medial e intermediária (variável). A estria medial é recoberta com um delgado giro olfatório medial arqueocortical. Este se curva para cima em áreas arqueocorticais adicionais rostralmente à lâmina terminal (giro paraterminal, rudimento pré-hipocampal, giro paraolfatório e núcleos septais) e estas se estendem para o indúsio cinzento. A estria lateral, recoberta pelo giro olfatório lateral, e a estria intermediária (quando presente), terminam nas partes rostrais da área piriforme, que incluem o trígono olfatório e o tubérculo olfatório, a substância perfurada anterior, o unco e a área entorrinal da parte anterior do futuro giro parahipocampal. O limite lateral da estria lateral é indicado pelo sulco rinal. O crescimento anterior do polo temporal e a expansão geral do neocórtex fazem com que o giro olfatório lateral se dobre lateralmente, com o ápice da convexidade disposto no canto anteroinferior da ínsula em desenvolvimento (Fig. 24.29). Durante o quarto e o quinto meses, grande parte da área piriforme torna-se submersa pelo neocórtex adjacente e no adulto apenas uma parte dela permanece visível na face inferior do cérebro.

O lobo límbico é a primeira parte do córtex a se diferenciar, e inicialmente ela forma uma faixa contínua, quase circular, nas faces medial e

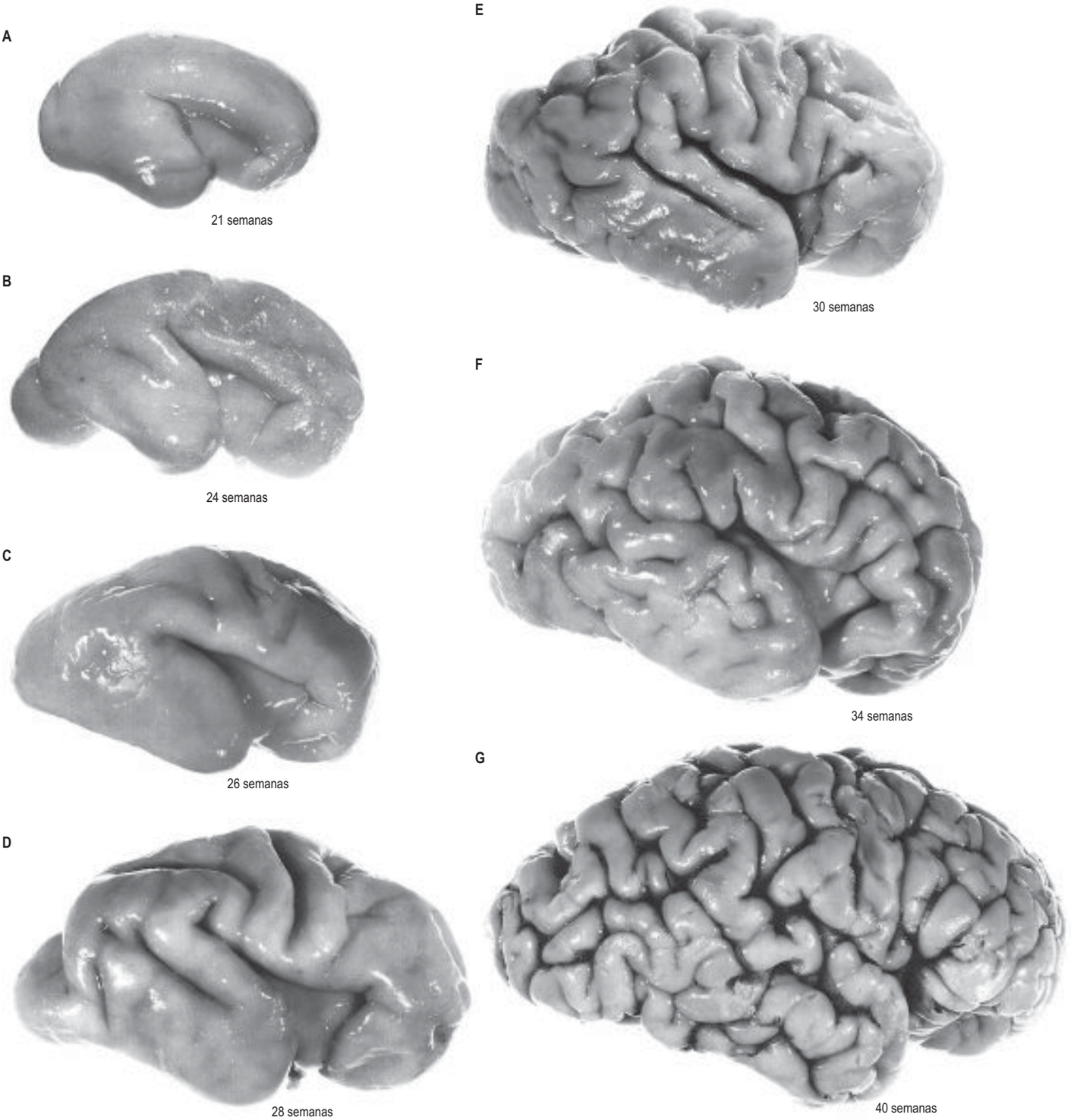


Fig. 24.29 A-G, As superfícies superolaterais de hemisférios cerebrais fetais humanos nas idades indicadas mostram as mudanças no tamanho, no perfil e no padrão emergente dos sulcos cerebrais com a progressiva maturação. Observe a proeminência em modificação e as posições relativas dos polo frontal, occipital e particularmente do polo temporal do hemisfério. No estágio mais inicial (**A**), a fossa cerebral lateral já se encontra óbvia; seu assoalho recobre o corpo estriado em desenvolvimento nas profundezas do hemisfério e progressivamente amadurece no córtex da ínsula. A fossa é delimitada por regiões corticais que crescem por sobre ela, ou seja, os opérculos frontal, temporal e parietal que gradualmente convergem para enterrar a ínsula; sua aproximação forma o sulco cerebral lateral. Por volta do sexto mês, os sulcos central, pré-central, pós-central, temporal superior, intraparietal e parieto-occipital estão claramente visíveis. Nos estágios subsequentes mostrados, todos os sulcos principais e subsidiários que permanecem aparecem rapidamente e, por volta de 40 semanas, todos os aspectos que caracterizam o hemisfério adulto em termos de topografia superficial estão presentes em miniatura. (Fotografias cedidas pela Dra. Sabina Strick, The Maudsley Hospital, London.)

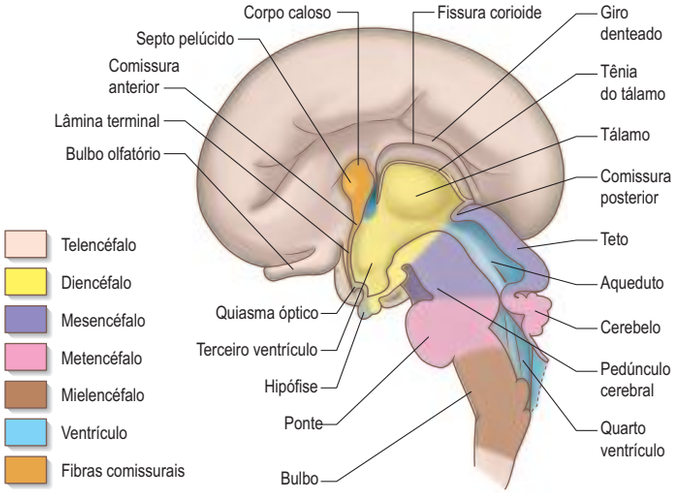


Fig. 24.30 As comissuras anterior e posterior no encéfalo de um feto humano de 16 semanas; face medial da metade esquerda do encéfalo.

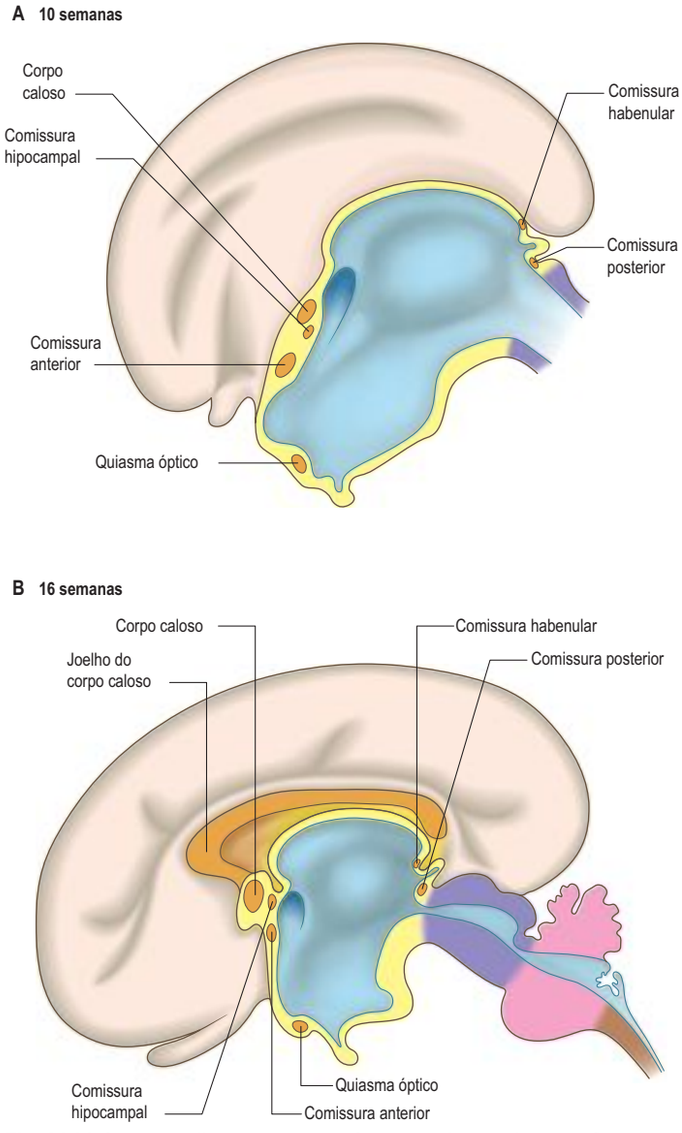


Fig. 24.31 Cortes medianos mostram a formação das comissuras. O telencéfalo dá origem aos tratos comissurais que integram as atividades dos hemisférios cerebrais esquerdo e direito. Os tratos incluem as comissuras anterior e hipocampal e o corpo caloso. A pequena comissura posterior e a comissura habenular se originam a partir do epitálamo.

inferior do hemisfério. Anteroinferiormente, onde o pedículo do trato olfatório está preso, ele constitui uma parte da área piriforme. A porção fora da curva da fissura corióidea (Fig. 24.30) constitui a formação hipocampal. Nesta região, os progenitores neurais do córtex em desenvolvimento proliferam e migram. A parede do hemisfério se espessa e produz uma elevação que se projeta para a face medial do ventrículo. A elevação é o hipocampo; ele aparece primeiramente na parede medial do hemisfério, na área acima e em frente da lâmina terminal (área pré-terminal), gradualmente se estende para trás e curva-se para a região do polo temporal, onde ele se une à área piriforme. A zona marginal nas vizinhanças do hipocampo é invadida por neurônios para formar o giro denteado. Ambos se estendem a partir da área paraterminal para trás, acima da fissura corióidea, e seguem sua curva para baixo e para a frente em direção ao polo temporal, onde eles continuam na área piriforme. Um sulco raso, o sulco hipocampal, atravessa a superfície medial do hemisfério por toda a formação hipocampal. As fibras eferentes derivadas das células do hipocampo se agregam ao longo de sua margem medial e seguem para a frente, imediatamente acima da fissura corióidea. Rostralmente, elas se voltam ventralmente e entram na parte lateral da lâmina terminal para atingir o hipotálamo, onde elas terminam no corpo mamilar e ao redor deste, e nos núcleos adjacentes. Essas fibras hipocampais eferentes formam a fímbria do hipocampo e o fórnice.

Fibras de projeção e cápsula interna

O crescimento do neocórtex, e sua enorme expansão durante o final do primeiro trimestre estão associados ao aparecimento inicial de fibras de projeção corticofugais e corticopetais e da cápsula interna. As fibras seguem a via proporcionada pela aposição da face lateral do tálamo à face medial do corpo estriado. Elas dividem este último, quase completamente, em uma parte lateral, o núcleo lentiforme, e uma parte medial, o núcleo caudado; esses dois núcleos permanecem confluentes apenas em suas regiões anteroinferiores (Figs. 24.26 e 24.28). Os tratos corticospinais começam a se desenvolver na nona semana da vida fetal e atingem seus limites caudais por volta da vigésima nona semana. As fibras destinadas às regiões cervical e torácica superior, que inervam os membros superiores, estão adiantadas em relação àquelas que inervam os membros inferiores e estas, por sua vez, estão adiantadas em relação às fibras que inervam a face: o curso temporal do aparecimento dos reflexos associados a essas três partes do corpo é similarmente escalonado.

A maioria das massas nucleares subcorticais recebe terminais de fibras descendentes de origem cortical. Estas são unidas a feixes talamocorticais, hipotalamocorticais e a outros feixes ascendentes aferentes. As fibras da cápsula interna seguem lateralmente a cabeça e o corpo do núcleo caudado, o corno anterior e a parte central do ventrículo lateral, as extensões rostroventrais do corpo do fórnice, a parte dorsal do tálamo e da fissura corióidea e medialmente o núcleo lentiforme (Fig. 24.26).

Formação dos giros e sulcos

À exceção do raso sulco hipocampal e da fossa cerebral lateral, as superfícies do hemisfério permanecem lisas e ininterruptas até o início do quarto mês (Fig. 24.29). O sulco parieto-occipital aparece em torno deste período sobre a face medial do hemisfério. Seu aparecimento parece associado a um aumento no número de fibras espleniais no corpo caloso. Durante o mesmo período, a parte posterior do sulco calcarino aparece como um sulco raso que se estende anteriormente, a partir de uma região próxima ao polo occipital. Ela é uma verdadeira invaginação do córtex no longo eixo da área estriada e produz uma elevação – o calcar avis – na parede medial do corno occipital do ventrículo.

Durante o quinto mês, o sulco cingulado aparece na face medial do hemisfério e sulcos aparecem nas faces inferior e superolateral no sexto mês. Os sulcos central, pré-central e pós-central aparecem, cada um em duas partes, superior e inferior, que usualmente coalescem logo em seguida, embora elas possam permanecer descontínuas. Os sulcos frontais, superior e inferior, intraparietal, occipital, temporais superior e inferior, occipitotemporal, colateral e rinal aparecem durante o mesmo período. Ao final do oitavo mês, todos os sulcos importantes podem ser reconhecidos (Fig. 24.29).

Desenvolvimento das comissuras

O desenvolvimento das comissuras causa uma alteração muito profunda da parede medial do hemisfério. No momento de seu aparecimento, os dois hemisférios estão conectados um ao outro pela parte mediana do telencéfalo. A placa do teto desta área permanece epitelial, enquanto seu assoalho torna-se invadido pelas fibras em decussação dos nervos ópticos e dos núcleos hipotalâmicos em desenvolvimento. Deste modo, estas duas vias não estão disponíveis para a passagem de fibras comissurais que seguem de hemisfério para hemisfério através do plano mediano e, consequentemente, seguem através da parede rostral do forame interventricular, isto é, a lâmina terminal. As primeiras comissuras a se desenvolver são aquelas associadas ao paleocórtex e ao arquicórtex. As fibras dos tratos olfatórios atravessam na parte ventral ou inferior da lâmina terminal e, juntamente com fibras derivadas das áreas piriforme e pré-piriforme e dos corpos amigdaloides, formam a parte rostral da comissura anterior (Figs. 24.30 e 24.31). Além disso, os dois hipocampos se tornam interconectados por fibras transversais que atravessam de fórnice para fórnice na parte superior da lâmina terminal como a comissura do fórnice (comissura hipocampal). Vários outros feixes de fibras em decussação (conhecidos

como comissuras supraópticas, embora elas não sejam comissuras verdadeiras) desenvolvem-se na lâmina terminal, imediatamente dorsais ao quiasma óptico, entre ele e a comissura anterior.

As comissuras do neocórtex se desenvolvem mais tardiamente e seguem as vias já estabelecidas pelas comissuras do lobo límbico. As fibras advindas da superfície tentorial do hemisfério se unem à comissura anterior e constituem sua grande parte posterior. Todas as outras fibras comissurais do neocórtex se associam intimamente à comissura do fórnice e se dispõem em sua superfície dorsal. Essas fibras aumentam enormemente em número e o feixe aumenta rapidamente seus vizinhos para formar o corpo caloso (Figs. 24.30 e 24.31).

O corpo caloso se origina como uma espessa massa que conecta os dois hemisférios cerebrais ao redor e acima da comissura anterior. (Este local tem sido denominado área pré-comissural, mas este uso foi rejeitado aqui por causa do uso crescente do adjetivo pré-comissural para denotar a posição de partes do lobo límbico, isto é, o rudimento pré-hipocampal, as áreas septais e os núcleos e faixas do fórnice em relação à comissura anterior do encéfalo maduro.) A extremidade superior desta área comissural neocortical estende-se posteriormente para formar o tronco do corpo caloso. O rostro do corpo caloso desenvolve-se mais tardiamente e separa uma parte da extremidade rostral da área límbica a partir do restante do hemisfério cerebral. O subsequente crescimento para trás do tronco do corpo caloso em seguida resulta na parte aprisionada da área límbica que se torna distendida para fora, de modo a formar o septo pelúcido bilateral. À medida que o corpo caloso cresce posteriormente, ele se estende acima da fissura e transporta a comissura do fórnice para sua superfície inferior. Deste modo, um novo assoalho é formado para a fissura longitudinal, e estruturas adicionais vêm se posicionar acima do teto epitelial do terceiro ventrículo. Em seu crescimento posterior, o corpo caloso invade a área até então ocupada pela parte superior da formação hipocampal arqueocortical e as partes correspondentes do giro denteado e do hipocampo são reduzidas a vestígios, o indúsio cinzento e as estrias longitudinais. Entretanto, as regiões posteroinferiores (temporal) arqueocorticais do giro denteado e do hipocampo persistem e aumentam de tamanho.

Desenvolvimento celular do cérebro

A parede do hemisfério cerebral primordial consiste em um epitélio pseudoestratificado, cujas células exibem uma migração nuclear intercinética à medida que elas proliferam para formar clones de células germinativas. As células cilíndricas se alongam e seus prolongamentos periféricos não nucleados agora constituem uma zona marginal (observe a legenda da Fig. 23.32A), enquanto suas regiões nucleadas paraluminais e em mitose constituem a zona ventricular. Algumas células da progênie saem da zona ventricular e migram para ocupar a zona intermediária. A fase proliferativa continua por um considerável período da vida fetal. Definitivamente, grupos de células progenitoras se formam, primeiramente gerações de neurônios definitivos e, mais tarde, células da glia, que migram para suas posições finais, onde amadurecem. Essas fases de proliferação, migração, diferenciação e maturação se sobrepõem umas às outras no tempo e no espaço, e não são precisamente sequenciais.

A migração de precursores neuronais a partir das zonas ventricular e intermediária ocorre radialmente, em direção à superfície pial. As células da glia radial são agora consideradas progenitores neurais (Kriegstein & Gotz, 2003). Algumas células da progênie inicial derivadas da zona ventricular formam uma camada plexiforme primordial ou pré-placa. Seus corpos celulares tornam-se organizados como uma placa cortical densa transitória, a partir da qual células da placa cortical subsequentemente geradas surgem para formar uma região de subplaca. Em estágios mais tardios, uma considerável proporção de progenitores corticais se divide em uma zona subventricular (Fig. 24.32A). A proliferação na zona ventricular, que produz os neurônios piramidais excitatórios das camadas infragranulares do córtex, diminui, enquanto a proliferação na zona subventricular persiste por um período considerável: a divisão terminal simétrica destas células dá origem a neurônios que migram para formar as camadas supragranulares do córtex (Kriegstein & Noctor, 2004). Da superfície pial para dentro, as zonas a seguir podem ser definidas: marginal, placa cortical, subplaca, intermediária, subventricular e ventricular (Fig. 24.32B). (Para uma revisão da nomenclatura das zonas em desenvolvimento, consulte Bystron *et al.*, 2008.) A zona marginal, a camada mais externa do córtex cerebral em desenvolvimento, formará a camada 1 e os neurônios da placa cortical e da subplaca formarão os neurônios das lâminas corticais restantes (2-6), cuja complexidade varia em diferentes locais e com adições subsequentes de neurônios derivados das zonas mais profundas. A zona intermediária gradualmente se transforma na substância branca do hemisfério. Enquanto isso, outras células progenitoras profundas produzem gerações de glioblastos que também migram para as camadas mais superficiais. Conforme a proliferação diminui e finalmente cessa nas zonas ventricular e subventricular, suas células remanescentes se diferenciam em células ependimárias gerais ou especializadas, tanicitos ou células gliais subependimárias.

O período da proliferação de diferentes neurônios corticais varia de acordo com seu destino laminar e tipo celular. Os primeiros grupos de células a migrar são destinados às lâminas corticais profundas, e grupos mais tardios atravessam-nas em direção a regiões mais superficiais. A zona da subplaca, um aspecto transitório que contém alguns dos neurônios corticais gerados mais precocemente, é mais proeminente durante o meio da gestação. Ela contém neurônios circundados por um denso neurópilo e é o local da sinaptogênese mais intensa no córtex embrionário. O efeito cumulativo deste crescimento radial e tangencial é evidente em um aumento marcante na espessura e na área de superfície corticais.

Nas paredes paliais do hemisfério cerebral de mamíferos, as regiões mais antigas sob o ponto de vista filogenético, que são as primeiras a se diferenciar durante a ontogenia, são aquelas que limitam o forame interventricular e sua extensão, a fissura corióidea, a lâmina terminal e o lobo piriforme. O *pallidum* também contribui com interneurônios para a formação do córtex cerebral. Uma grande porção de células GABAérgicas (não piramidais) inibitórias não é gerada na zona ventricular cortical, porém elas migram tangencialmente através da junção estriatocortical para atingir o córtex (Wonders & Anderson, 2006; Metin *et al.*, 2006; Fig. 24.33). Um nível de organização progressivamente complexo, de três para seis lâminas tangenciais, é encontrado na passagem do giro denteado e no corno de Ammon, através do subículo, até o neocórtex geral. (Muitos pesquisadores acham que a simples progressão de três para seis principais lâminas é uma supersimplificação anatômica, e numerosas subdivisões têm sido propostas.)

Mecanismos de desenvolvimento cortical. Rakic (1971) inicialmente demonstrou a migração de neurônios ao longo dos prolongamentos da glia radial, e isto tem ocorrido subsequentemente em três fases. Primeiro, os neurônios se tornam justapostos às células da glia radial e estabelecem um eixo de polaridade distante da superfície ventricular. A seguir, eles são propelidos ao longo da superfície glial até que "reconheçam" seu destino final, após o que eles cessam a locomoção e se destacam dos prolongamentos gliais. Em seguida, eles continuam a se diferenciar de acordo com sua posição final, e neurônios formados mais tardiamente migram por sobre eles em direção à superfície pial (Fig. 24.5). Os neurônios corticais ou as células granulosas do cerebelo parecem igualmente capazes de migrar sobre a glia hipocampal ou sobre a glia cerebelar de Bergmann, o que indica uma conservação dos mecanismos de migração em diferentes regiões do encéfalo. Essas observações ainda são válidas, embora agora se reconheça que a glia radial representa a principal população de progenitores neuronais do córtex.

Várias linhas de evidência sustentam a proposta de que o destino laminar dos neurônios seja determinado antes da migração. No camundongo mutante *reeler*, a formação laminar é invertida, de modo que as camadas se formem de fora para dentro, em vez de em um arranjo de dentro para fora, ainda que as conexões axonais e as propriedades neuronais pareçam normais, o que sugere que as células se diferenciam de acordo com seu momento de origem em vez de sê-lo em sua localização. Da mesma forma, a prevenção da migração neuronal por irradiação leva à produção de células que permanecem justapostas à superfície ventricular, mas que desenvolvem um fenótipo apropriado e projeções eferentes. O transplante de células marcadas tem sugerido que o comprometimento com uma lâmina cortical em particular ocorre logo após a fase S. Os neurônios das lâminas preexistentes que tenham iniciado a axonogênese podem fornecer um *feedback* sobre as camadas corticais em formação e proporcionar um tipo de relógio do desenvolvimento para a histogênese.

Em um plano perpendicular às suas lâminas, isto é, tangencial/circunferencialmente, o córtex está dividido em um número de áreas que apresentam uma hierarquia de organização (Cap. 23). Estas incluem áreas primárias, tais como o córtex motor, áreas de associação unimodais relacionadas à integração de informações de uma das áreas primárias e áreas de associação multimodais que integram as informações a partir de mais de uma modalidade. Existem também as áreas relacionadas a funções menos compreendidas, tais como os lobos frontais, relacionadas a objetivo-orientação, responsabilidade e planejamento a longo prazo. As áreas primárias são ainda divididas em mapas somatotópicos. Ao nível mais refinado, o córtex é conhecido por consistir em uma série de "colunas", de 50-500 µm de espessura, dentro das quais as células em uma disposição vertical apresentam aspectos comuns de modalidade e de respostas eletrofisiológicas a estímulos; por exemplo, as colunas de dominância ocular do córtex visual. Apesar do empilhamento preciso de neurônios nestas colunas, considera-se que apenas 80-85% das células migrem radialmente ao longo das células gliais: considera-se que uma subpopulação se mova tangencialmente na zona intermediária (O'Rourke *et al.*, 1995). Além do mais, alguns neurônios também podem migrar tangencialmente sobre as células da glia radial, como resultado da ramificação das células gliais na placa cortical. A zona ventricular não é a única fonte de neurônios corticais, pois sabe-se que neurônios estriatais e GABAérgicos migram das eminências ganglionares medial, lateral e caudal para o córtex em desenvolvimento. Acredita-se que a proporção de neurônios GABAérgicos localmente gerados e que migram tangencialmente seja de 65-35% em seres humanos e 5-95% no camundongo.

Dois modelos têm sido propostos para explicar o desenvolvimento da complexidade da organização cortical. O modelo do "protocórtex" admite

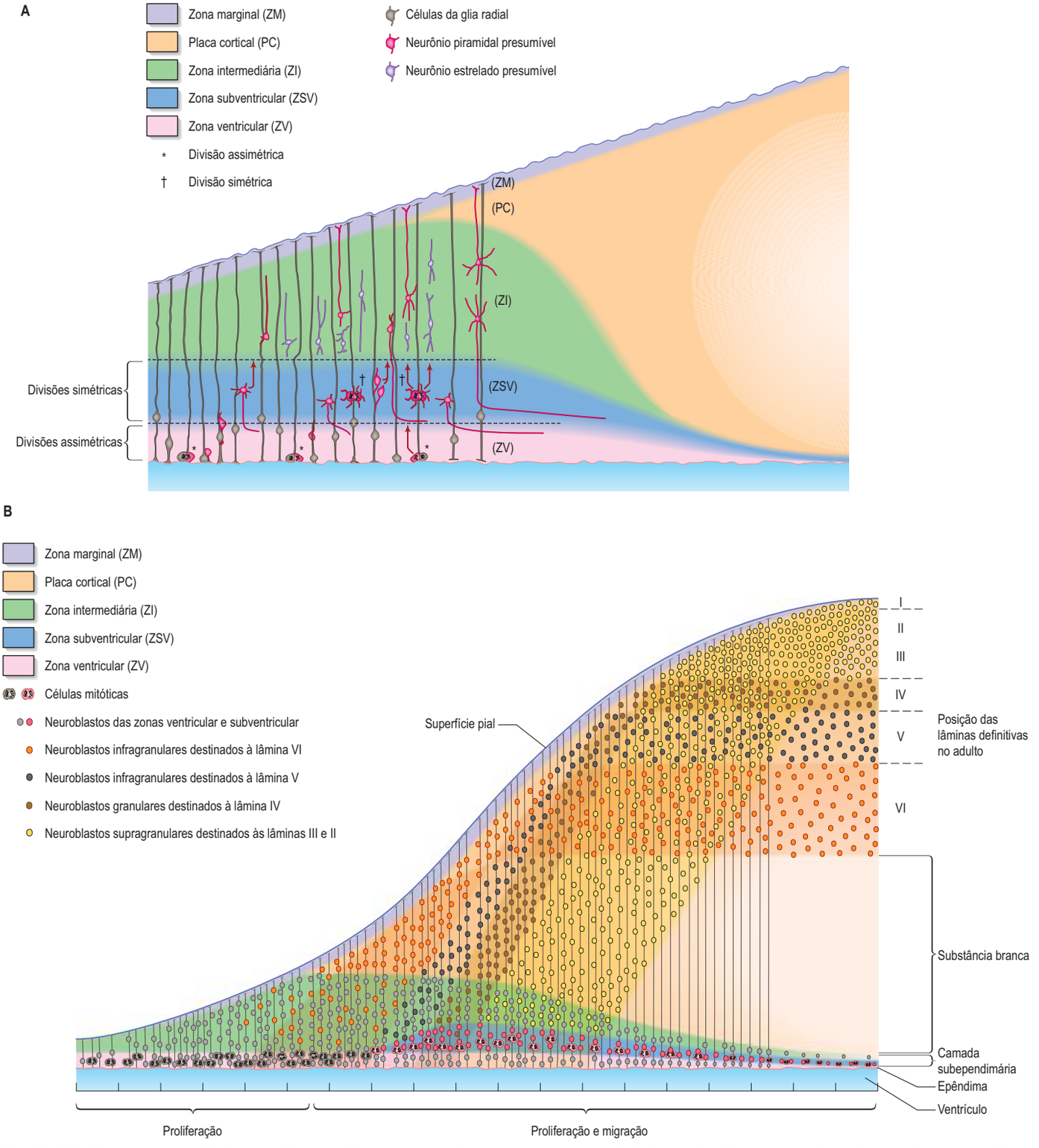


Fig. 24.32 A, Dois programas distintos de divisão celular são observados na zona ventricular. A divisão assimétrica, onde a glia radial dá origem a neurônios diretamente; e a divisão simétrica, onde os neurônios surgem através de progenitores intermediários após uma retenção na zona subventricular (adaptado a partir de Noctor *et al.*, 2004). **B,** A dinâmica da proliferação de neuroblastos e as sucessivas migrações para formar o neocórtex cerebral. Inicialmente, as células se dividem nas zonas ventricular e subventricular, e as sucessivas progênies migram em direção à pia. As primeiras células a migrar formam as lâminas corticais profundas; células subsequentes atravessam essas camadas para formar lâminas sucessivamente superficiais. As revisões a seguir com relação à terminologia do Bolder Committee de 1970 para o desenvolvimento do córtex cerebral humano dada por Bystron, Blakemore e Rakic (2008) estão incluídas aqui, embora não mostradas no diagrama de cima. Dentro do córtex cerebral em desenvolvimento, não há uma zona marginal distinta abaixo da camada pial antes de a placa cortical se formar; a zona subventricular aparece como uma distinta camada proliferativa antes da placa cortical se formar; uma camada transitória, a pré-placa, se forma antes da placa cortical aparecer; a zona intermediária denota um compartimento heterogêneo disposto entre as camadas proliferativas (zonas ventricular e subventricular) e as células pós-migratórias acima; existe uma zona de subplaca transitória diretamente abaixo da placa cortical.

que o neuroepitélio ventricular proliferativo seja uma *tabula rasa* que gera camadas homogêneas de neurônios padronizados apenas pela sua futura conectividade, especialmente por causa do crescimento interno de prolongamentos a partir do tálamo. A hipótese do "protomapa" propõe que as diferenças intrínsecas entre as diferentes áreas sejam especificadas antes da geração e migração celulares (Rakic, 1988, 2003). As células da glia radial traduzem este mapa a partir da zona ventricular para a placa cortical, onde o padrão é refinado pelos axônios enervantes. Neste modelo de "unidade radial", as coordenadas tangenciais das diferentes áreas são determinadas pela posição de seus ancestrais ventriculares, enquanto sua posição radial é determinada pelo seu momento de nascimento e taxa de migração.

Porém, o que constituiria um "protomapa"? A investigação dos padrões de expressão gênica mostra que o córtex primordial não é homogêneo e que expressa alguns marcadores transitórios e alguns que persistem no

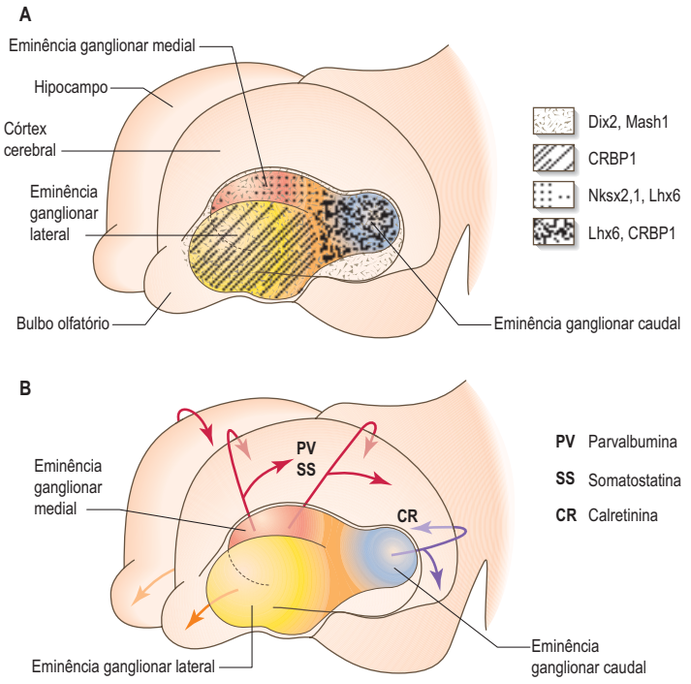


Fig. 24.33 (**A**) A eminência ganglionar (EG) do subpálio é subdividida em três regiões: lateral (EGL), medial (EGM) e caudal (EGC), de acordo com os padrões de expressão de vários fatores de transcrição (Dix2, Mash1, Nksx2,1 e Lhx6) e da proteína celular 1 de ligação ao retinol (CRBP1, ***c***ellular ***r***etinol-***b***inding ***p***rotein 1). (**B**) Principais vias migratórias de interneurônios derivados das três subdivisões da EG. As células da EGM tendem a migrar lateralmente e se espalhar por todo o córtex, as células da EGC migram predominantemente em direção à parte caudal do telencéfalo, enquanto as células da EGL migram rostralmente e contribuem para a formação de interneurônios no bulbo olfatório. Tem sido sugerido que a maioria das células da EGM se diferencia em interneurônios imunorreativos à parvoalbumina (PV) e à somatostatina (SS), enquanto a maioria das células da EGC se diferencia em interneurônios imunorreativos à calretinina (CR).

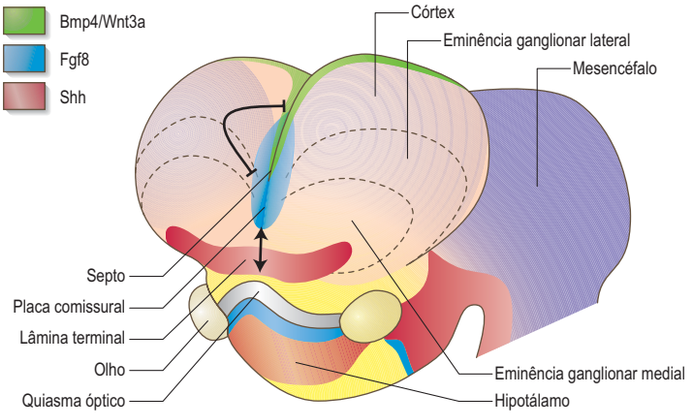


Fig. 24.34 Vista frontolateral do telencéfalo mostra os centros padronizadores conforme marcados pela expressão dos genes indicados na chave, a regulação cruzada entre os centros de expressão de Fgf8 e Bmp4/Wnt3a e as interações positivas entre os domínios de expressão de Fgf8 e Shh.

adulto. Por exemplo, o gene *Id2* do camundongo marca a transição entre os córtices motor e somatossensorial no embrião, enquanto a proteína de membrana associada ao lobo límbico (LAMP, ***l**imbic **a**ssociated **m**embrane **p**rotein*) delineia o córtex límbico durante toda a vida. A expressão da LAMP é regulada pelo fator de crescimento transformante α, que é expresso pela eminência ganglionar lateral na margem lateral do córtex, enquanto a margem medial ou bainha cortical expressa moléculas de sinalização das famílias Wnt e BMP. Alguns, se não todos, destes podem ser os componentes de centros de sinalização de curto alcance ao longo das margens do córtex (por ex., FGF-8) (Fig. 24.34). Acopladas aos gradientes de fatores de transcrição tais como Emx2 e Lhx2 existem, portanto, evidências que sustentam a hipótese do "protomapa" (Donoghue & Rakic, 1999). O desafio é relacionar os gradientes dos padrões de expressão gênica à formação de limites citoarquitetônicos bem demarcados.

Todavia, estudos de migração celular são consistentes com a ideia de que áreas corticais podem não ser rigidamente determinadas. Manipulações experimentais do córtex em desenvolvimento por deaferentação ou manipulação de estímulos dão algumas indicações do estado de comprometimento das áreas corticais. Em dois grupos independentes de experimentos, o córtex somatossensorial ou o córtex auditivo foi induzido a processar informações visuais através de axônios retinianos em rota errônea para o tálamo somatossensorial ou para o tálamo auditivo (Von Melchner, Pallas & Sur, 2000). Quando o núcleo geniculado lateral e o córtex visual foram removidos e um espaço foi criado no corpo geniculado medial através da ablação do colículo inferior, as células no córtex somatossensorial ou auditivo foram visualmente orientadas por causa da reconexão subcortical, e o campo receptivo e as propriedades de respostas se assemelharam àquelas típicas do córtex visual. Esses resultados sugerem que a modalidade de um núcleo talâmico sensorial ou de uma área cortical pode ser especificada por estímulos durante o desenvolvimento.

O desenvolvimento de projeções corticais tem sido investigado em termos tanto da conectividade laminar como da conectividade específica da área. Recentemente, a atenção foi focada sobre a ideia de que as conexões pudessem ser influenciadas pela existência de uma população transitória de neurônios da subplaca que mais tarde morrem. O córtex se desenvolve em uma pré-placa, que consiste em fibras nervosas corticopetais e os neurônios gerados mais precocemente. Esta zona é em seguida dividida em duas zonas, a subplaca abaixo da placa cortical e a zona marginal na superfície pial, por causa da chegada de neurônios corticais. Os neurônios da subplaca se integram nos circuitos intracortical e extracortical e estendem axônios através da cápsula interna em direção ao tálamo e ao colículo superior em períodos anteriores à formação de outros neurônios.

Como as projeções específicas das regiões são geradas? Os neurônios da camada 5 em várias áreas corticais estendem axônios para diferentes repertórios de alvos. Por exemplo, os neurônios da camada 5 do córtex visual projetam-se para o teto, para a ponte e para núcleos mesencefálicos, enquanto aqueles no córtex motor projetam-se para alvos mesencefálicos e pontinos, para a oliva inferior, para núcleos da coluna dorsal e para a medula espinal. Um aspecto interessante dessas projeções corticais é que elas surgem através da formação de colaterais em vez de surgirem através da projeção do axônio primário ou pela bifurcação do cone de crescimento. No caso da projeção corticopontina, os colaterais são estimulados por um agente quimiotrófico difundível. A marcação retrógrada dos neurônios da camada 5 em vários períodos do desenvolvimento mostrou que, em vez de serem gerados *de novo*, estes padrões parecem surgir através da poda de colaterais a partir de uma projeção mais disseminada. Os neurônios corticais visuais possuem uma projeção para a medula espinal ao início do desenvolvimento que é eliminada mais tarde. Esta emergência tardia da especificidade de projeções poderia ser orientada pela programação intrínseca dos neurônios a serem podados ou por uma resposta a fatores dependentes da posição. Existem evidências de que estes últimos são o caso. Quando pedaços de córtex visual foram transplantados para áreas motoras, e as projeções resultantes da camada 5 marcadas em momentos mais tardios no desenvolvimento, as projeções para a medula espinal persistiram, em vez de ser eliminadas como no desenvolvimento normal. Deste modo, a posição desempenha um importante papel na modelagem das projeções corticais, o que implica que as mesmas classes de neurônios existem em diferentes regiões tangenciais do córtex. Eventos regressivos, tais como a eliminação de axônios e de sinapses e a morte neuronal, podem assim desempenhar uma importante participação na modelagem do córtex. Por exemplo, em roedores aproximadamente 30% dos neurônios corticais morrem e o número de células na camada 4 é governado por estímulos talâmicos.

Considera-se que as malformações corticais na espécie humana se originem como doenças na migração neuronal (DMNs). Uma ampla classe de DMNs é a lissencefalia, na qual o córtex tem uma espessura normal, mas um número diminuído de neurônios e uma superfície lisa e suavizada com um número reduzido de giros. A proteína transformada em algumas formas da doença, a LIS-1, é expressa no neuroepitélio ventricular e é responsável pela regulação dos níveis do fator ativador de plaquetas (PAF, ***p**latelet-**a**ctivating **f**actor*), um mensageiro lipídico. Como isto se traduz em um defeito da migração celular permanece ainda obscuro. De modo contrário, a polimicrogiria se manifesta como um cérebro altamente convoluto, com uma área de superfície quase normal, porém com um córtex mais fino. Considera-se que o número normal de unidades proliferativas, e assim as colunas ontogênicas, estejam estabelecidas, mas cada coluna contém poucos neurônios, o que implica uma taxa reduzida de proliferação e/ou de migração celular, ou um nível elevado de morte celular.

Encéfalo neonatal e reflexos neonatais

O encéfalo do recém-nascido a termo varia de 300-400 g, com uma média de 350 g; o encéfalo de recém-nascidos masculinos é ligeiramente mais

pesado que o de recém-nascidos femininos. Como a cabeça é grande ao nascimento, com um quarto do comprimento total do corpo, o encéfalo é também proporcionalmente maior e constitui 10% do peso corporal em comparação a 2% no adulto. Ao nascimento, o volume do encéfalo é 25% de seu volume na vida adulta. A maior parte do aumento ocorre durante o primeiro ano, ao final do qual o volume do encéfalo terá aumentado até 75% de seu volume adulto. O crescimento pode ser causado parcialmente pelo aumento no tamanho dos corpos celulares de neurônios, pela profusão e dimensões de suas árvores dendríticas, axônios e colaterais, e pelo crescimento das células neurogliais e dos vasos sanguíneos cerebrais, mas principalmente ele reflete a mielinização de muitos dos axônios: as vias sensoriais – visual, auditiva e somática – sofrem mielinização primeiramente e as fibras motoras posterirmente. Durante o segundo ano e nos anos subsequentes, o crescimento progride muito mais lentamente. O encéfalo atinge 90% de seu tamanho no adulto por volta do quinto ano, 95% aos 10 anos e adquire o tamanho do adulto por volta do 17º ou 18º ano de vida, grande parte como resultado da contínua mielinização de vários grupos de fibras nervosas.

Os sulcos dos hemisférios cerebrais aparecem a partir do quarto mês de gestação (Fig. 24.39). A termo, a organização geral dos sulcos e giros está presente, mas a ínsula não está completamente coberta, o sulco central está localizado mais rostralmente e o sulco lateral é mais oblíquo do que no adulto. A maior parte dos estágios de desenvolvimento dos sulcos e giros foi identificada nos encéfalos de bebês prematuros. De todos os nervos cranianos, o nervo olfatório e o nervo óptico no quiasma são muito maiores que no adulto, enquanto as raízes dos outros nervos são relativamente menores.

O encéfalo ocupa 97,5% da cavidade craniana do nascimento aos seis anos de idade, após o que o espaço entre o encéfalo e o crânio aumenta de volume até que o encéfalo adulto ocupe apenas 92,5% da cavidade craniana. Os ventrículos encefálicos são maiores no encéfalo neonatal do que no adulto. O recém-nascido tem um total de 10-15 ml de líquido cerebrospinal quando liberado por parto normal (vaginal), e 30 ml quando liberado por cirurgia cesariana. À medida que a cabeça se movimenta para baixo ao longo do canal vaginal e é comprimida, o líquido cerebrospinal é empurrado para os seios venosos; isto não acontece em um parto por cirurgia cesariana.

Mielinização

A mielinização ocorre durante um período prolongado que se inicia no segundo trimestre no sistema nervoso periférico (SNP). As raízes motoras começam a sofrer mielinização antes das raízes sensitivas no SNP, enquanto os nervos sensitivos começam a sofrer mielinização antes de nervos motores. Os nervos cranianos advindos do mesencéfalo, da ponte e do bulbo começam a sofrer mielinização por volta dos seis meses de gestação. A mielinização não está completa ao nascimento; sua fase mais rápida ocorre durante os primeiros seis meses de vida pós-natal; depois disso, ela continua a uma frequência mais lenta até a puberdade e posteriormente. A sequência de mielinização das vias motoras pode explicar, pelo menos parcialmente, a ordem de desenvolvimento do tônus muscular e da postura no bebê prematuro e no recém-nascido. A mielinização de várias vias subcorticospinais — vestibulospinal, reticulospinal, olivospinal e tetospinal (frequentemente agrupados como tratos bulbospinais) — inicia-se nas 24-30 semanas de gestação para os grupos mediais e nas 28-34 semanas de gestação para os grupos laterais. A mielinização dos tratos corticospinais começa em torno de 10-14 dias após o nascimento na cápsula interna e nos pedúnculos cerebrais, e em seguida prossegue simultaneamente em ambos os tratos. A mielinização parece começar primeiramente ao redor de axônios maiores. Deste modo, no bebê prematuro, a extensão axial precede a flexão, enquanto a flexão de dedos precede a extensão. Ao nascimento, o recém-nascido em repouso tem um intenso tônus flexor, acompanhado pela adução de todos os membros. Os recém-nascidos também apresentam preferência distinta por uma posição de cabeça voltada para a direita, o que parece ser independente de práticas de manipulação e pode refletir a assimetria normal da função cerebral nesta idade.

Reflexos presentes ao nascimento

Inúmeros reflexos estão presentes ao nascimento, e sua demonstração é utilizada para indicar o desenvolvimento normal do sistema nervoso e a resposta dos músculos. Cinco testes de desenvolvimento neurológico são mais úteis na determinação da idade gestacional. O reflexo pupilar está consistentemente ausente antes das 29 semanas de gestação e presente após 31 semanas; o reflexo glabelar, uma piscadela em resposta a uma pancadinha na glabela (espaço entre as sobrancelhas), está ausente antes de 32 semanas e presente após 34 semanas; o reflexo de endireitamento do pescoço aparece entre 34 e 37 semanas; a resposta de tração, em que a flexão do pescoço ou dos braços ocorre quando o bebê é puxado para cima pelos pulsos a partir da posição de supino, aparece após 33 semanas; a virada da cabeça em resposta à luz aparece entre 32 e 36 semanas. O arco reflexo espinal está completamente desenvolvido por volta da oitava semana de gestação e o tônus flexor dos membros inferiores é detectável a partir de 29 semanas. O reflexo de Babinski, que envolve a extensão do dedão do pé com espalhamento dos demais dedos do pé em resposta à estimulação da face lateral da planta do pé, é frequentemente provocado em recém-nascidos; ele reflete um controle cortical ruim da função motora pelo encéfalo imaturo. Geralmente, reflexos se desenvolvem à medida que os músculos ganham tônus. Eles aparecem em uma maneira sequencial da região caudal para a cefálica, isto é, no membro inferior antes do membro superior; e centripetamente, isto é, reflexos distais aparecem antes dos reflexos proximais (Allen & Capute, 1990).

Os reflexos usuais que podem ser provocados no recém-nascido incluem o reflexo de Moro, o reflexo tônico cervical assimétrico, o reflexo de busca e de sucção, o reflexo de pegar/agarrar, o reflexo de colocação dos pés ou da "escada" (ou reflexo de "*placing*", quando se coloca o dorso do pé da criança na margem de uma mesa e isto produz uma resposta de "subida na mesa"), o reflexo de marcha e o reflexo de encurvamento do tronco (provocado através do acariciamento da área paravertebral, com o bebê na posição pronada). O exame do sistema motor e a avaliação desses reflexos permitem a avaliação do sistema nervoso em relação à idade gestacional. O recém-nascido também exibe reflexos complexos, tais como reflexos nasais, de sucção e deglutição.

Os reflexos nasais produzem apneia através do reflexo de mergulhar, espirrar, cheirar e reflexos tanto somáticos como autônomos. A estimulação da face ou da cavidade nasal com água ou com irritantes locais produz uma apneia em recém-nascidos. A respiração para na expiração, com fechamento da laringe, e os bebês exibem bradicardia e uma diminuição no débito cardíaco. O fluxo sanguíneo para a pele, áreas esplâncnicas, músculos e rins diminui, enquanto o fluxo para o coração e para o encéfalo é preservado. Líquidos diferentes produzem efeitos diversos quando introduzidos na faringe de bebês prematuros. Uma comparação dos efeitos de água e de salina na faringe mostrou que a apneia, a obstrução das vias aéreas e a deglutição ocorrem muito mais frequentemente com água do que com salina, o que sugere a presença de um reflexo a substâncias químicas nas vias aéreas superiores. As respostas reflexas à temperatura da face e da nasofaringe são necessárias para iniciar a ventilação pulmonar. Há muitos anos as parteiras sopram na face dos recém-nascidos para induzir a primeira respiração.

A sucção e a deglutição são um conjunto particularmente complexo de reflexos, parcialmente conscientes e inconscientes. Com um reflexo combinado, a sucção e a deglutição requerem a coordenação dos 12 nervos cranianos. O recém-nascido pode, dentro da primeira amamentação, sugar em uma frequência de uma vez por segundo, engolir após cinco ou seis sugadas e respirar durante cada segunda ou terceira sugada. O ar se move para dentro e para fora dos pulmões através da nasofaringe, e o leite atravessa a faringe a caminho do esôfago sem interrupção aparente da respiração e da deglutição ou sem um direcionamento errôneo significativo de ar para dentro do estômago ou de líquidos na traqueia.

Os movimentos de deglutição são primeiramente notados por volta das 11 semanas de gestação; fetos *in utero* deglutem 450 ml de líquido amniótico por dia. A sucção e a deglutição em bebês prematuros (1.700 g) não estão associadas a ondas peristálticas primárias no intestino; entretanto, em bebês com mais idade e recém-nascidos a termo, pelo menos 90% das deglutições iniciarão ondas peristálticas primárias.

A sucção se desenvolve, em geral, ligeiramente mais tarde do que a deglutição, embora os movimentos bucais sejam detectados em bebês prematuros por volta das 18-24 semanas de gestação; e bebês liberados com 29-30 semanas de gestação fazem movimentos de sucção poucos dias após o nascimento. As atividades coordenadas não são observadas antes das 33-34 semanas. O conceito da sucção nutritiva e não nutritiva foi introduzido para considerar as diferentes frequências de sucção vistas no recém-nascido. A sucção não nutritiva, quando pressões intraorais negativas rítmicas são iniciadas, as quais não resultam na liberação do leite, podem ser espontâneas ou estimuladas por um objeto na boca. Esse tipo de sucção tende a ser duas vezes mais rápido que a sucção nutritiva: a frequência de sucção para a sucção não nutritiva é de 1,7 sugada/segundo em bebês prematuros de 37-38 semanas, duas sugadas/segundo em recém-nascidos a termo e 2,7 sugadas/segundo aos 7-9 meses pós-natais. Os tempos correspondentes para a sucção nutritiva estão em torno de uma sugada/segundo em recém-nascidos a termo, aumentando para 1,5 sugada segundo aos sete meses pós-natais.

O sabor do conteúdo de líquidos e de nutrientes afeta a eficiência da sucção nutritiva no período neonatal inicial. Existe mais sucção com leite do que com dextrose 5%; entretanto, as atividades de sucção aumentam com soluções determinadas como doces pela apreciação por adultos.

Em recém-nascidos a termo, a colocação de uma colher ou um alimento sobre a parte anterior da língua provoca um reflexo de extrusão: os lábios são enrugados e a língua empurra vigorosamente o objeto. Por volta de 4-6 meses, o reflexo muda e o alimento depositado na parte anterior da língua é movido para a parte de trás da língua, para o interior da faringe e deglutido. (Consulte o Cap. 33 para uma descrição da deglutição no adulto.) Movimentos rítmicos de morder ocorrem por volta de 7-9 meses pós-natais, mesmo na ausência de dentes.

Dificuldades na sucção e na deglutição na infância podem ser uma indicação precoce de função alterada do sistema nervoso. Existe uma correlação interessante entre os estilos de alimentação de recém-nascidos

e hábitos alimentares mais tardios. Crianças que foram obesas aos um e dois anos de idade, conforme medido pela espessura da prega cutânea do tríceps, tiveram um padrão de amamentação no primeiro mês de vida caracterizado pela sucção mais rápida, produziram pressões mais altas durante explosões prolongadas de sucção e tiveram períodos mais curtos entre as explosões de sucção. Uma menor quantidade de períodos de amamentação e uma pressão mais alta de sucção parecem estar associadas a uma adiposidade maior.

MENINGES

As camadas das meninges se originam a partir do mesênquima do mesoderma paraxial no tronco e nas regiões caudais da cabeça, e da crista neural nas regiões rostrais ao mesencéfalo (tem sido sugerido que a placa cordal também tem uma contribuição). Os ossos do crânio formados a partir da crista neural, isto é, a base do crânio rostralmente à sela turca e os ossos frontal, parietal e a parte escamosa do temporal, sobrepõem-se às meninges que também são formadas pelas células da crista neural.

As meninges podem ser divididas no desenvolvimento em paquimeninge (dura-máter) e leptomeninges (aracnoide-máter, espaço subaracnóideo com células e fibras aracnóideas e pia-máter). Todas as camadas meníngeas são derivadas um mesênquima frouxo que circunda o tubo neural em desenvolvimento, denominado de meninge primitiva ou meninge primária. (Para uma informação detalhada do desenvolvimento das meninges na espécie humana, consulte O'Rahilly & Müller, 1986.)

A primeira indicação da pia-máter, com um plexo de vasos sanguíneos que se forma sobre a superfície neural, é vista no estágio 11 (24 dias), ao redor da parte mais caudal do bulbo; esta se estende até o nível mesencefálico por volta do estágio 12. Células mesenquimais que se projetam da extremidade rostral da notocorda, e aquelas na região da placa pré-cordal, estendem-se rostralmente para a flexura mesencefálica e formam as células mais primitivas do tentório do cerebelo; ao início de seu desenvolvimento, a parte medial do tentório é predominantemente de natureza leptomeníngea. Em torno do estágio 17 (41 dias), a dura-máter pode ser vista nas áreas basais em que o futuro condrocrânio também está se desenvolvendo. Os precursores dos seios venosos localizam-se em meio à paquimeninge no estágio 19 (48 dias); por volta do estágio 20, populações celulares na região da futura foice do cérebro proliferam, embora as regiões dorsais do encéfalo ainda não estejam cobertas com as supostas meninges.

Por volta do estágio 23 (57 dias), a dura-máter está quase completa por sobre o rombencéfalo e o mesencéfalo, mas está presente apenas lateralmente ao redor do prosencéfalo. Os espaços subaracnóideos e a maior parte das cisternas estão presentes a partir deste período, após a aracnoide-máter se tornar separada da dura-máter primitiva por causa do acúmulo de líquido cerebrospinal (que agora tem um movimento líquido para fora do sistema ventricular). A parte medial do tentório torna-se mais delgada. Um componente dural do tentório é visto a partir do estágio 19. A porção medial mais primitiva desaparece e deixa uma septação incompleta, que separa uma área subaracnóidea que contém o telencéfalo e o diencéfalo de outra área que contém o cerebelo e o rombencéfalo.

Existe uma relação bastante próxima, durante o desenvolvimento, entre o mesênquima do qual a dura-máter craniana é formada e o que está condrificado e ossificado, ou ossificado diretamente, para formar o crânio. Essas camadas são claramente diferenciadas apenas quando os seios venosos se desenvolvem. A relação entre o crânio em desenvolvimento e a dura-máter subjacente continua durante a vida pós-natal enquanto os ossos da abóbada craniana ainda crescem.

O crescimento da abóbada craniana é iniciado a partir de centros de ossificação dentro do mesênquima do desmocrânio. Uma onda de osteodiferenciação se move radialmente para fora desses centros e param quando ossos adjacentes se encontram em regiões nas quais as suturas são induzidas a se formar. Uma vez que as suturas são formadas, uma segunda fase de desenvolvimento ocorre, na qual o crescimento dos ossos do crânio ocorre nas margens suturais. Esse crescimento forma a maior parte do crânio (Cap. 35). Várias hipóteses têm sido geradas para explicar o processo da morfogênese das suturas. Tem sido sugerido que a dura-máter contenha tratos de fibras que se estendem a partir de posições fixas na base do crânio para locais de reflexão dural sob cada uma das suturas do crânio, e que as forças de tensão assim geradas ditem a posição das suturas e inibam localmente a ossificação precoce. Outras hipóteses sustentam o conceito de fatores locais na abóbada craniana que regulariam a morfogênese das suturas. Após a remoção de toda a abóbada craniana, o crânio se regenera e as suturas e os ossos se desenvolvem em posições anatomicamente corretas, o que sugere que a dura-máter possa ditar a posição das suturas pelo menos na regeneração da abóbada craniana neonatal. Em transplantes de suturas, nos quais a dura-máter fetal era deixada intacta, uma sutura fibrosa contínua permanecia entre os ossos da abóbada craniana em desenvolvimento, enquanto a fusão óssea ocorria em transplantes nos quais a dura-máter era removida (Opperman *et al.*, 1993).

A presença da dura fetal não é necessária para a morfogênese inicial das suturas, que parece ser controlada pela proliferação de células mesenquimais e pela síntese de matriz extracelular fibrosa induzida pela sobreposição de frentes osteoindutivas avançadas dos ossos da abóbada craniana. Considera-se que após a sobreposição das frentes ósseas, um sinal seja transferido para a dura subjacente, o que induziria mudanças em regiões localizadas abaixo das suturas. Uma vez que uma sutura é formada, ela serve como um local primário para o crescimento os ossos do crânio; a constante interação com a dura-máter é necessária para evitar a obliteração pela ossificação.

SUPRIMENTO VASCULAR

ARTÉRIAS

Artérias cranianas

A artéria carótida interna é formada progressivamente a partir do terceiro arco aórtico, com a aorta dorsal cranialmente a este, e uma continuação adicional para a frente, que se diferencia – ao momento da regressão do primeiro e segundo arco aórtico – a partir do plexo capilar que se estende para as paredes do prosencéfalo e do mesencéfalo. Em sua extremidade anterior, esta artéria carótida interna primordial se divide em porções cranial e caudal. A primeira termina como a artéria olfatória primordial e supre as regiões em desenvolvimento implicadas (Fig. 35.8). A última segue caudalmente para atingir a face ventral do mesencéfalo e seus ramos terminais são as artérias mesencefálicas primitivas. Simultaneamente, canais longitudinais bilaterais se diferenciam ao longo da superfície ventral do rombencéfalo a partir de um plexo abastecido pelos ramos intersegmentares e pré-segmentares transitórios da aorta dorsal e sua continuação para a frente. O mais importante dos ramos pré-segmentares está intimamente relacionado ao quinto nervo, a artéria trigeminal primitiva. As artérias pré-segmentares óptica e hipoglossal ocorrem e podem persistir. Os canais longitudinais mais tarde se conectam cranialmente às divisões caudais das artérias carótidas internas (cada uma dá origem a uma artéria corióidea anterior que fornece ramos para o diencéfalo, que incluem a tela corióidea e o mesencéfalo) e caudalmente às artérias vertebrais através das primeiras artérias intersegmentares cervicais. A fusão dos canais longitudinais resulta na formação da artéria basilar, enquanto a divisão caudal da artéria carótida interna se torna a artéria comunicante posterior e o tronco da artéria cerebral posterior. O restante da artéria cerebral posterior se desenvolve comparativamente tarde, provavelmente a partir do tronco da artéria corióidea posterior, que é anexada pelo hemisfério cerebral e se expande caudalmente; sua porção distal se torna um ramo corióideo da artéria cerebral posterior. A artéria corióidea posterior supre a tela corióidea na futura extremidade temporal da fissura corióidea; seus ramos avançam através da tela para se tornar confluentes com ramos da artéria corióidea anterior. A divisão cranial da artéria carótida interna dá origem às artérias corióidea anterior, cerebral média e cerebral anterior. O tronco da artéria olfatória primitiva permanece como um pequeno ramo estriado medial da artéria cerebral anterior. As artérias cerebelares, das quais a superior é a primeira a se diferenciar, emergem do plexo capilar na parede do rombencéfalo.

A fonte de suprimento sanguíneo para o território do nervo trigêmeo varia em diferentes estágios do desenvolvimento. Quando o primeiro e o segundo arcos aórticos começam a regredir, o suprimento para os arcos correspondentes é derivado de uma artéria faríngea ventral transitória que cresce a partir do saco aórtico. Ela termina por se dividir em ramos mandibular e maxilar.

Artérias da leptomeninge

Nos estágios 20-23 (7-8 semanas), a expansão subsequente dos hemisférios cerebrais produz a conclusão do círculo de Willis; as artérias comunicantes anteriores se desenvolvem por volta de oito semanas de gestação. Uma rede anular de artérias leptomeníngeas que se origina principalmente de cada artéria cerebral média segue sobre cada hemisfério cerebral em desenvolvimento. Caudalmente, ramos meníngeos similares se originam das artérias vertebrais e basilares e envolvem o cerebelo e o tronco encefálico. O desenvolvimento subsequente do telencéfalo obscurece de certa forma este padrão precoce sobre o cérebro.

As artérias meníngeas assim formadas têm sido classificadas em três grupos: as artérias paramedianas, circunferenciais curtas e circunferenciais longas. Elas podem ser descritas como supratentoriais e infratentoriais, e todas dão origem a delicados ramos laterais e terminam como artérias penetrantes. Dos vasos supratentoriais, as artérias paramedianas têm um curto trajeto antes de penetrarem no neurópilo cerebral (por ex., ramos da artéria cerebral anterior); as artérias circunferenciais curtas têm um trajeto ligeiramente mais longo antes de se tornarem artérias penetrantes (por ex., a artéria estriada); e as artérias circunferenciais longas atingem a superfície dorsal dos hemisférios. As artérias meníngeas infratentoriais são muito variáveis. As artérias paramedianas, após surgirem das artérias basilar ou vertebral, penetram diretamente no tronco encefálico. As artérias circunferenciais curtas terminam na superfície lateral do encéfalo antes da penetração e as artérias circunferenciais longas mais tarde formam a série de artérias cerebelares. Esses vasos, organizados como uma série de alças sobre o encéfalo, originam-se a partir do círculo de Willis e de vasos do tronco encefálico na base do encéfalo.

Em 16 semanas de gestação, as artérias cerebrais anterior, média e posterior que contribuem para a formação do círculo de Willis estão bem estabelecidas. As artérias leptomeníngeas que se originam delas apresentam um padrão simples, com pouca tortuosidade e muito poucos ramos. Com o avançar da idade do feto e a aquisição do padrão de giros na superfície do encéfalo, sua tortuosidade, seu diâmetro e o número de ramos aumentam. O padrão de ramificação é completado por volta das 28 semanas de gestação e o número de ramos não aumenta mais. Numerosas anastomoses (que variam de tamanho, a partir de 200-760 μm) ocorrem entre as artérias meníngeas nas profundezas dos sulcos em desenvolvimento, quase sempre nas zonas limitantes corticais das três principais artérias que suprem cada hemisfério. O número, o diâmetro e a localização dessas anastomoses mudam à medida que o crescimento fetal progride, o que reflete a regressão e a simplificação do complexo sistema vascular cerebral embrionário. As zonas limítrofes entre as artérias cerebrais podem ser os locais de uma perfusão inadequada no bebê prematuro.

Vascularização do encéfalo

O encéfalo torna-se vascularizado através de angiogênese (vasculogênese angiotrófica) em vez de invasão direta por angioblastos. Os vasos sanguíneos se formam através de brotamentos derivados de vasos no plexo pial que circundam o tubo neural a partir de um estágio precoce. Esses brotamentos formam ramos que se alongam na junção entre as zonas ventricular e marginal; os ramos se projetam lateralmente dentro dos limites interrombo méricos e longitudinalmente adjacentes à placa do assoalho mediana. Subsequentemente, brotamentos adicionais penetram nas regiões inter-rombo méricas nas paredes e no assoalho do rombencéfalo. Ramos derivados destes últimos alongam-se em direção às junções inter-rombo méricas, unem-se aos ramos nestas regiões e formam canais vasculares primários entre os rombômeros e longitudinalmente a cada lado da placa do assoalho em posição mediana. Depois, brotamentos adicionais invadem o rombencéfalo no interior dos rombômeros e se anastomosam em todas as direções.

Os ramos perfurantes leptomeníngeos seguem para o interior do parênquima encefálico como ramos corticais, ramos para a substância branca ("medulares") e ramos estriados (Fig. 24.35). Os vasos corticais suprem o córtex através de curtos ramos que podem formar anastomoses pré-capilares, enquanto os ramos "medulares" suprem a substância branca. Estes últimos convergem em direção ao ventrículo, mas raramente o atingem; eles frequentemente têm um trajeto tortuoso à medida que seguem ao redor de feixes de fibras nervosas. Os ramos estriados, que penetram no encéfalo através da substância perfurada anterior, suprem os núcleos da base e a cápsula interna através de um trajeto sinuoso: eles são maiores que os ramos bulbares, e o mais longo deles chega bem perto do ventrículo. A região periventricular e os núcleos da base também são supridos por ramos derivados da tela corióidea, que se desenvolvem a partir do plexo pial primordial, mas se tornam medial e profundamente localizados à medida que o telencéfalo aumenta de tamanho.

Os ramos corticais e "medulares" irrigam uma série de áreas corticos-subcorticais de formato cônico, cada uma centralizada ao redor de um sulco que contém uma artéria. Eles suprem uma porção periférica do cérebro e são agrupados como artérias ventriculopetais. Em contraste, os ramos estriados se arborizam próximo ao ventrículo e suprem uma porção mais central do cérebro; juntamente com ramos derivados da tela corióidea, eles dão origem às artérias ventriculofugais, que suprem a zona ventricular (matriz germinativa do encéfalo) e enviam ramos em direção ao córtex. As artérias

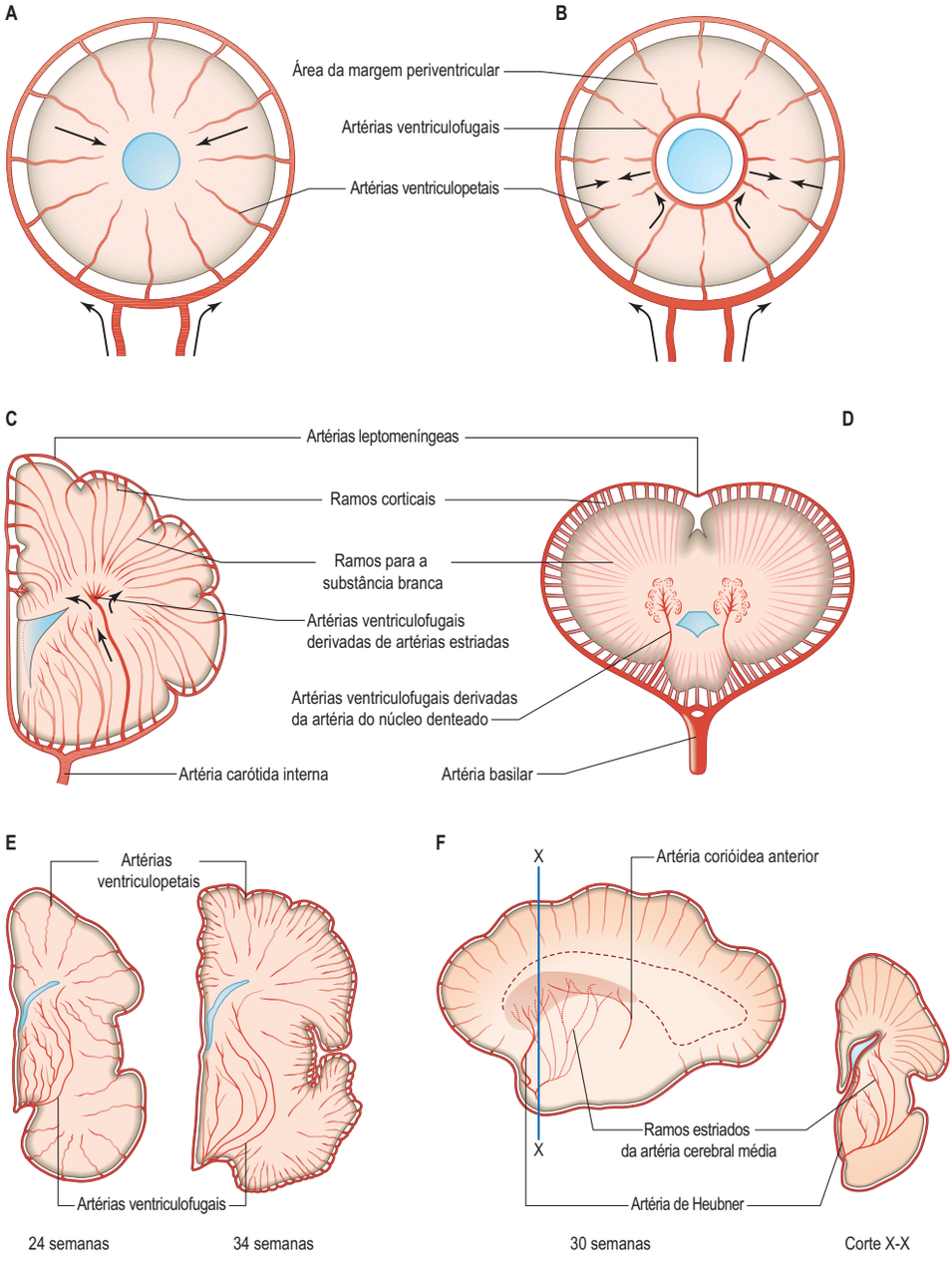


Fig. 24.35 Desenvolvimento dos vasos sanguíneos cerebrais. **A,** O encéfalo é circundado por um sistema de artérias leptomeníngeas derivadas de troncos aferentes em sua base. As artérias intracerebrais surgem a partir deste sistema e convergem (em sentido ventriculopetal) em direção ao ventrículo (o círculo interno neste diagrama). **B,** Poucos vasos penetrantes profundos suprem o encéfalo próximo ao ventrículo e enviam artérias ventriculofugais em direção aos vasos ventriculopetais sem fazer anastomoses. **C,** O arranjo dos vasos ventriculopetais e ventriculofugais ao redor de um hemisfério cerebral. **D,** O arranjo similar de vasos ao redor do cerebelo. **E,** Modificações no padrão arterial do cérebro humano entre 24 e 34 semanas de gestação. **F,** Suprimento arterial para os núcleos da base na 30ª semana de gestação. (**A-D,** com permissão de Van den Bergh R, Van der Eecken H 1968 Anatomy and embryology of cerebral circulation. Prog Brain Res, 30:1-25; **E** e **F,** com permissão de the BMJ Publishing Group, a partir de Hambleton G, Wigglesworth J S, 1976 Origin of intraventricular haemorrhage in the preterm infant. Arch Dis Child 51: 651-659.)

ventriculopetais e ventriculofugais seguem em direção umas às outras, mas não fazem quaisquer conexões ou anastomoses: as artérias ventriculopetais formam redes de pequenas arteríolas (Fig. 24.35). Os vasos ventriculopetais suprem regiões relativamente mais maduras do encéfalo, em comparação aos vasos ventriculofugais, que estão sujeitos a uma constante remodelação e não desenvolvem túnicas médias até que a proliferação da zona ventricular esteja completada. A zona limítrofe entre estes dois sistemas (um centrípeto externo e um centrífugo externo) tem implicações práticas relacionadas à localização de lesões isquêmicas (leucomalacia periventricular, LPV) na substância branca de encéfalos de bebês prematuros. Embora se considerasse que a distribuição de lesões isquêmicas na LPV coincide com a zona de demarcação entre os sistemas vasculares arteriais centrífugo e centrípeto, isto não é considerado agora como resposta completa. Três principais fatores interagentes contribuem para a patologia vista na LPV: o estado incompleto de desenvolvimento da vascularização na zona ventricular, o impedimento à regulação do fluxo sanguíneo cerebral dependente da maturação em bebês prematuros e a vulnerabilidade dos oligodendroblastos na região periventricular (que são particularmente afetados por oscilações na isquemia e reperfusão cerebrais) (Volpe, 2001).

O mesmo padrão de artérias centrípetas e centrífugas se desenvolve ao redor do quarto ventrículo. A circulação ventriculofugal é mais extensa no cerebelo que no telencéfalo. As artérias se originam das várias artérias cerebelares e seguem, com os pedúnculos cerebelares, diretamente para o centro do cerebelo e se desviam do córtex. As artérias ventriculopetais são derivadas dos vasos meníngeos sobre a superfície cerebelar, e a maioria termina na substância branca.

Em 24 semanas de gestação, o suprimento sanguíneo para os núcleos da base e para a cápsula interna é relativamente bem desenvolvido através de uma proeminente artéria de Heubner (artéria recorrente anterior), um ramo da artéria cerebral anterior. Em contraste, o córtex e as regiões de substância branca são bem menos vascularizados neste estágio. A distribuição das artérias e veias sobre a face lateral dos hemisférios cerebrais é afetada pela formação da fissura lateral e pelo desenvolvimento dos sulcos e giros cerebrais. Entre 12 e 20 semanas de gestação, a artéria cerebral média e seus ramos são relativamente retos e se ramificam em um padrão de leque aberto. Ao final de 20 semanas, as artérias tornam-se mais curvas à medida que os opérculos começam a aparecer e submergir o córtex insular. A área suprida pela artéria cerebral média se torna dominante quando comparada aos territórios supridos pelas artérias cerebrais anterior e posterior. Anastomoses arteriais primitivas aparecem por volta de 16 semanas de gestação e aumentam de tamanho com o avançar da idade. Os locais de anastomoses entre as artérias cerebrais média e anterior movem-se da convexidade do encéfalo em direção ao seio sagital superior. Conexões anastomóticas entre as artérias cerebrais média e posterior se desviam em direção à face basal do encéfalo.

Por volta de 32-34 semanas, uma marcante involução da zona ventricular (matriz germinativa) terá ocorrido e o córtex adquire seu padrão complexo de giros e um suprimento vascular aumentado. Os capilares da zona ventricular são gradualmente remodelados para se fundir com os capilares do núcleo caudado. A artéria de Heubner definitivamente supre apenas uma pequena área na face medial da cabeça do núcleo caudado. No córtex, existe uma progressiva elaboração dos vasos sanguíneos corticais (Fig. 24.35), e em direção ao final do terceiro trimestre o equilíbrio da circulação cerebral se desvia de um que é central e orientado para os núcleos da base, para um que serve predominantemente ao córtex e à substância branca. Essas alterações no padrão da circulação cerebral são de importância fundamental na patogênese e na distribuição de lesões hipóxicas/isquêmicas no encéfalo humano em desenvolvimento. Em um encéfalo de um bebê prematuro, a maioria das lesões isquêmicas ocorre na zona limítrofe entre as artérias centrípetas e centrífugas, isto é, na substância branca periventricular, enquanto em um bebê a termo as zonas limítrofes corticais e as áreas de bacia entre os diferentes suprimentos sanguíneos arteriais são similares àquelas em adultos, e de modo que presumivelmente sejam as regiões de riscos de lesão isquêmica.

Vasos da zona ventricular (matriz germinativa)

A matriz germinativa (zona ventricular) é a zona terminal ou zona de limite entre as artérias cerebrais e a zona de coleta das veias cerebrais profundas. É provável que a matriz germinativa seja particularmente propensa à injúria isquêmica no bebê imaturo por causa de sua arquitetura vascular incomum. As veias subependimárias (septal, corióidea, talamostriada e terminal posterior) fluem em direção ao forame interventricular. Existe uma súbita mudança de fluxo ao nível do forame e as veias se recurvam em um ângulo agudo para formar o par de veias cerebrais internas. Os canais capilares na matriz germinativa se abrem em ângulos retos diretamente nas veias, e tem sido postulado que estes pequenos vasos possam ser pontos de ruptura vascular e o local de hemorragia subependimária.

O leito capilar na zona ventricular é suprido principalmente pela artéria de Heubner e por ramos terminais das artérias estriadas laterais derivadas da artéria cerebral média. A estrutura altamente celularizada da zona ventricular é um aspecto temporário, e o suprimento vascular para esta área apresenta alguns aspectos primitivos: ela tem a capacidade de se remodelar quando as células da zona ventricular migram e as células restantes se diferenciam como epêndima em direção ao final da gestação.

A densidade vascular é relativamente baixa na zona ventricular, o que sugere que esta área possa normalmente ter um fluxo sanguíneo relativamente baixo. Vasos imaturos, sem uma lâmina basal complexa ou uma bainha glial, têm sido descritos até as 26 semanas de gestação na zona: o endotélio desses vasos é aparentemente mais delgado do que os vasos corticais. Em bebês com menos de 30 semanas de gestação, os vasos na zona ventricular não contêm músculo liso, fibras colágenas ou elásticas. O colágeno e o músculo liso são vistos em outras regiões após 30 semanas, mas não são detectados no restante da matriz germinativa. A ausência desses componentes poderia tornar os vasos nesta zona vulneráveis a alterações na pressão intraluminal, e a ausência de músculo liso os impediria de participar de processos autorregulatórios. Os vasos cerebrais em bebês prematuros não apresentam fibras elásticas e têm um número desproporcionalmente pequeno de fibras reticulares. A comparação entre os vasos sanguíneos das zonas cortical e ventricular mostra que, em bebês entre 25 e 32 semanas de gestação, as paredes dos vasos na matriz germinativa consistem comumente em 1-2 células endoteliais com um ocasional pericito, e os lumens capilares são maiores que os dos vasos no córtex. Em bebês mais maduros, a lâmina basal que circunda os vasos da matriz germinativa é mais espessa e mais irregular quando comparada à dos vasos corticais.

Células positivas para a proteína ácida fibrilar glial foram detectadas ao redor de vasos sanguíneos na matriz germinativa a partir de 23 semanas de gestação. As células gliais podem contribuir para mudanças na natureza das junções intercelulares endoteliais nos capilares do encéfalo.

VEIAS

Veias cerebrais

A partir de 16 semanas em diante, as veias cerebrais podem ser identificadas. As veias cerebrais superior, média, inferior, anterior e posterior aparecem mais tortuosas do que as artérias meníngeas. As veias que drenam o córtex, a substância branca e as estruturas mais profundas são reconhecidas no segundo trimestre. As veias subcorticais drenam a substância branca profunda, o tecido cortical profundo e o tecido subcortical superficial: elas terminam juntamente com veias corticais que drenam o córtex para as veias meníngeas. A substância branca profunda e os núcleos centrais são drenados por veias mais longas que se encontram e se unem a veias subependimárias derivadas da zona ventricular. As anastomoses entre os vários grupos de veias corticais podem ser reconhecidas por volta das 16 semanas de gestação. A veia anastomótica inferior (veia de Labbé), uma anastomose entre as veias cerebrais média e inferior, torna-se reconhecível nas 20 semana, mas a veia anastomótica superior (veia de Trolard), que conecta as veias cerebrais superior e média, não aparece antes do final da 30ª semana.

O rápido desenvolvimento cortical está correlacionado à regressão da veia cerebral média e de suas tributárias, e ao desenvolvimento das veias corticais ascendentes e descendentes e das artérias e veias intraparenquimatosas ("medulares", ou seja, na substância branca).

A drenagem venosa cerebral em um bebê a termo é essencialmente composta de dois arranjos venosos principais, as veias superficiais e o sistema venoso profundo de Galeno: as anastomoses entre esses dois sistemas persistem na vida adulta.

Veias da cabeça

Os vasos mais primordiais formam um canal primitivo transitório no rombencéfalo que drena para a veia pré-cardinal. Este é logo substituído pela veia cefálica primária, que segue do lado medial do gânglio trigeminal, lateralmente aos nervos facial e vestibulococlear e ao otocisto, e em seguida medialmente ao nervo vago, para se tornar contínua com a veia pré-cardinal. Uma anastomose para outros canais venosos mais laterais em desenvolvimento sobre o rombencéfalo finalmente traz a veia cefálica primária para uma posição lateral ao nervo vago. A parte cranial da veia pré-cardinal forma a veia jugular interna.

O plexo capilar primário da cabeça está separado em três estratos bastante distintos pela diferenciação do crânio e das meninges. Os vasos superficiais drenam a pele e as partes moles subjacentes e finalmente desembocam em grande parte no sistema jugular externo, embora eles retenham algumas conexões com as veias mais profundas através das chamadas veias emissárias. A próxima camada de vasos é o plexo venoso da dura-máter, do qual os seios venosos durais se diferenciam: os vasos do plexo convergem a cada lado em troncos durais anterior, médio e posterior (Fig. 24.36). O tronco anterior drena o prosencéfalo e o mesencéfalo, e entra na veia cefálica primária rostralmente ao gânglio trigeminal. O tronco médio drena o metencéfalo e desemboca na veia cefálica primária caudalmente ao gânglio trigeminal, e o tronco posterior drena o mielencéfalo para o início da veia pré-cardinal. O estrato capilar mais profundo é o plexo pial, do qual as veias do encéfalo se diferenciam. Ele drena a face dorsolateral do tubo neural para o plexo venoso dural adjacente. A veia cefálica primária também

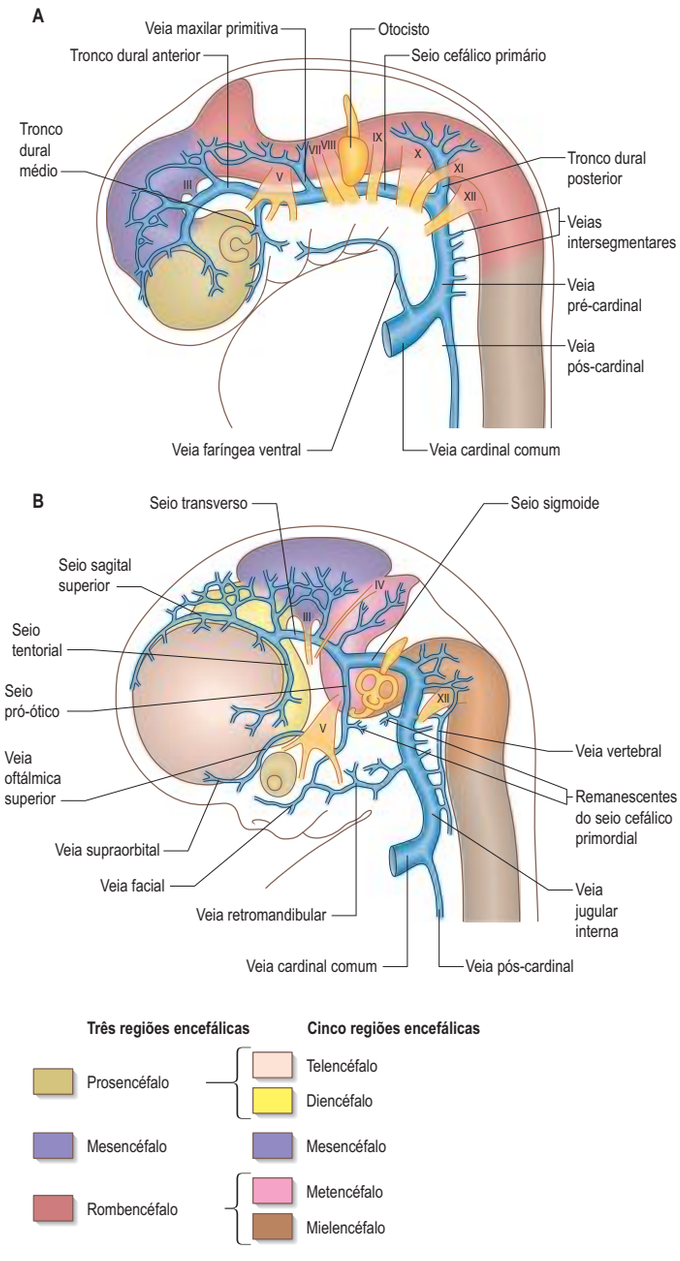


Fig. 24.36 Estágios sucessivos no desenvolvimento das veias da cabeça e do pescoço. **A,** Com aproximadamente 8 mm de comprimento vértice-cóccix; **B,** com aproximadamente 24 mm de comprimento vértice-cóccix.

recebe, em sua extremidade cranial, a veia maxilar primitiva, que drena a proeminência (ou processo) maxilar e a região da vesícula óptica.

Os vasos do plexo dural sofrem profundas mudanças que acomodam grandemente o crescimento da cápsula óptica cartilaginosa do labirinto membranoso e a expansão dos hemisférios cerebrais. À medida que a cápsula óptica cresce, a veia cefálica primária é gradualmente reduzida e um novo canal que une os troncos durais anterior, médio e posterior aparece dorsalmente aos gânglios nervosos cranianos e à cápsula. O seio sigmoide adulto é formado onde este canal se une aos troncos médio e posterior, juntamente ao tronco dural posterior em si (Fig. 24.36B).

Uma cortina de veias de conformação capilar, o plexo sagital, forma-se entre os hemisférios cerebrais em crescimento e ao longo das margens dorsais dos plexos anterior e médio, na posição da futura foice do cérebro. Rostrodorsalmente, esse plexo forma o seio sagital superior. Ele é contínuo na parte de trás com a anastomose entre os troncos durais anterior e médio, que forma a maior parte do seio transverso. Ventralmente, o plexo sagital se diferencia nos seios sagital inferior e reto e na grande veia cerebral: ele comumente drena para o seio transverso esquerdo.

Os vasos ao longo da margem ventrolateral do hemisfério cerebral em desenvolvimento formam o seio tentorial transitório, que drena a superfície convexa do hemisfério cerebral, os núcleos da base e a face ventral do diencéfalo para o seio transverso. Com as expansões dos hemisférios cerebrais, e em particular a emergência do lobo temporal, o seio tentorial torna-se alongado, atenuado e finalmente desaparece; seu território é drenado por anastomoses em crescimento de vasos piais que se tornam as veias basais, radículas da grande veia cerebral.

O tronco dural anterior desaparece e a parte caudal da veia cefálica primária se encolhe: ela é representada no adulto pelo seio petroso inferior. A parte cranial da veia cefálica primária, medialmente ao gânglio trigeminal, persiste e ainda recebe o tronco da veia maxilar primitiva. Esta última tem agora a maioria de suas tributárias para a veia facial anterior, e seu tronco se torna o tronco principal da veia supraorbital primitiva, que formará a veia oftálmica superior do adulto. A principal drenagem venosa da órbita e de seu conteúdo é agora carreada pelo tronco dural médio aumentado, o seio pró-óptico, para o seio transverso e, em um estágio mais tardio, para o seio cavernoso. O seio cavernoso é formado a partir de um plexo secundário derivado da veia cefálica primária e disposto entre as cartilagens óptica e baso-occipital. O plexo forma o seio petroso inferior que drena através do canal rombencefálico primordial para a veia jugular interna. O seio petroso superior surge mais tarde a partir de uma tributária mesencefálica ventral do seio pró-óptico que se comunica de modo secundário com o seio cavernoso. Enquanto isso, o seio pró-óptico desenvolve um novo tronco localizado mais caudalmente, o seio petroscamoso, que drena para o seio sigmoide. Com a progressiva ossificação do crânio, o seio pró-óptico se torna diploico em posição.

O desenvolvimento da drenagem venosa e do sistema porta da hipófise está intimamente associado àquele dos seios venosos.

REFERÊNCIAS

Allen MC, Capute AJ 1990 Tone and reflex development before term. J Pediatrics 85: 393–9.
Fornece detalhes sobre o desenvolvimento dos reflexos em lactentes extremamente prematuros.

Begbie J, Graham A 2001 The ectodermal placodes: a dysfunctional family. Phil Trans R Soc Lond B Biol Sci 356: 1655–60.
Desafia a visão dos placoides ectodérmicos como um grupo coerente e discute seu desenvolvimento inicial, indução e evolução.

Brown M, Keynes R, Lumsden A 2001 The Developing Brain. Oxford: Oxford University Press.
Cobre os principais mecanismos de desenvolvimento neural desde a neurulação até a reorganização sináptica.

Bystron I, Blakemore C, Rakic P 2008 Development of the human cerebral cortex: Boulder Committee revisited. Nat Rev Neurosci 9: 110–22.
Revisa dados atuais sobre o desenvolvimento do córtex cerebral humano e atualiza o modelo clássico.

Donoghue MJ, Rakic P 1999 Molecular gradients and compartments in the embryonic primate cerebral cortex. Cereb Cortex 9: 586–600.
Apresenta evidências para a existência de um protomapa intrínseco que prevê o mapa funcional do córtex cerebral maduro.

Gordon-Weeks PR 2000 Neuronal Growth Cones. Cambridge: Cambridge University Press.

Kriegstein AR, Gotz M 2003 Radial glia diversity: a matter of cell fate Glia. 43(1): 37–43.

Kriegstein AR, Noctor SC 2004 Patterns of neuronal migration in the embryonic cortex. Trends Neurosci. 27(7): 392–9.

Krumlauf R, Marshall H, Studer M, Nonchev S, Sham MH, Lumsden A 1993 Hox homeobox genes and regionalisation of the nervous system. J Neurobiol 24: 1328–40.
Discute a influência da família Hox dos genes que contêm homeobox na padronização de rombômeros e crista neural.

Lavezzi AM, Ottavianni G, Terni L, Matturri L 2006 Histological and biological developmental characterization of the human cerebellar cortex. Int J Dev Neurosci 24: 365–371.

Metin C, Baudoin JP, Rakic S, Parnavelas JG 2006 Cell and molecular mechanisms involved in the migration of cortical interneurones. Eur J Neurosci 23(4): 894–900.

Müller F, O'Rahilly R 1997 The timing and sequence of appearance of neuromeres and their derivatives in staged human embryos. Acta Anat (Basel) 158: 83–99.

Noctor SC, Martinez-Cerdeno V, Ivic L, Kriegstein AR 2004 Cortical neurones arise in symmetric and asymmetric division zones and migrate through specific phases. Nat Neurosci 7(2): 136–44.

Opperman LA, Sweeney TM, Redmon J, Persing JA, Ogle RC 1993 Tissue interactions with underlying dura mater inhibit osseous obliteration of developing cranial sutures. Dev Dynam 198: 312–22.
Examina o papel da dura-máter no desenvolvimento dos ossos e suturas cranianos.

O'Rahilly R, Müller F 1986 The meninges in human development. J Neuropath Exp Neurol 45: 588–608.

O'Rahilly R, Müller F 1999 The Embryonic Human Brain. An Atlas of Developmental Stages, 2nd edition. Chichester: Wiley-Liss.

O'Rahilly R, Müller F 2002 The two sites of fusion of the neural folds and the two neuropores in the human embryo. Teratology 65: 162–70.

O'Rahilly R, Müller F 2004 The primitive streak, the caudal eminence and related structures in staged human embryos. Cells Tissues Organs 117: 2–20.

O'Rourke NA, Sullivan DP, Kaznowski CE, Jacobs AA, McConnell SK 1995 Tangential migration of neurones in the developing cerebral cortex. Development 121: 2165–76.

Rakic P 1988 Specification of cerebral cortical areas. Science 241: 170–6.
Discute a hipótese de unidade radial como uma estrutura para a exploração da evolução cerebral e as causas de alguns distúrbios corticais em seres humanos.

Rakic P 2003 Developmental and evolutionary adaptations of cortical radial glia. Cereb Cortex 13: 541–9.
Discute o desenvolvimento e evolução cortical e a patogenia de algumas anomalias corticais genéticas e adquiridas.

The Boulder Committee 1970 Embryonic vertebrate central nervous system: revised terminology. Anat Rec 166(2): 257–61.

Storm EE, Garel S, Borello U, Hebert JM, Martinez S, McConnell SK, Martin GR, Rubenstein JL 2006 Dose-dependent functions of Fgf8 in regulating telencephalic patterning centers. Development. 133(9): 1831–44.

Volpe JJ 2001 Neurobiology of periventricular leukomalacia in the premature infant. Pediatr Res 50: 553–62.

von Melchner L, Pallas SL, Sur M 2000 Visual behaviour mediated by retinal projections directed to the auditory pathway. Nature 404: 820–1.
Descreve as consequências do encaminhamento bem-sucedido das projeções visuais para as estruturas não visuais no cérebro.

Withington S, Beddington R, Cooke J 2001 Foregut endoderm is required at head process stage for anteriormost neural patterning in chick. Development 128: 309–20.
Apresenta evidências para um sistema inicial de padronização neuroepitelial por meio da endoderme mais rostral, a região da placa pré-cordial.

Wonders CP, Anderson SA 2006 The origin and specification of cortical interneurones. Nat Rev Neurosci 7(9): 687–96.

SEÇÃO
4

CABEÇA E PESCOÇO

25 Cabeça e pescoço: visão geral e anatomia de superfície 397
Pele e fáscia 397
Ossos e articulações 397
Músculos 397
Suprimento vascular e drenagem linfática 397
Inervação 401
Nervos cranianos 401
Nervos espinais 401
Parte parassimpática 401
Parte simpática 402
Anatomia de superfície 402
Cabeça 402
Pescoço 405

CABEÇA E PESCOÇO

26 O exterior do crânio 409
Norma frontal 409
Norma occipital 411
Norma vertical 412
Norma lateral 412
Norma basilar 412
Ossos isolados desarticulados 416
Articulações 416
Anatomia neonatal, pediátrica e senescente 416
Identificação a partir do crânio 419

27 Região intracraniana 423
Face interna da abóbada craniana 423
Fossas do crânio (anterior, média, posterior) 423
Meninges 425
Dura-máter 425
Invaginação da dura-máter 426
Seios venosos da dura-máter 427
Suprimento arterial e drenagem venosa da parte encefálica da dura-máter 431
Inervação da parte encefálica da dura-máter 433
Aracnoide-máter e pia-máter 433

28 Pescoço 435
Pele 435
Ossos, articulações e cartilagens 436
Osso hioide 436
Articulações 436
Trígonos do pescoço 436
Trígono cervical anterior 437
Trígono cervical posterior 437
Fáscia cervical 438
Músculos 440
Músculos do trígono anterior do pescoço 441
Músculos infra-hióideos 442
Músculos vertebrais anteriores 442
Músculos vertebrais laterais 443
Músculos vertebrais posteriores 444
Suprimento vascular e drenagem linfática 444
Inervação 455
Ramos ventrais cervicais 455
Plexo cervical 455
Plexo braquial 457
Ramos dorsais cervicais 457
Nervos cranianos 457
Nervo glossofaríngeo 457
Nervo vago 458
Nervo acessório 459
Nervo hipoglosso 460
Tronco simpático cervical 460
Vísceras 461
Glândula tireoide 462
Glândulas paratireoides 463
Raiz do pescoço 464

29 Face e couro cabeludo 467
Pele 467
Tecido mole 468
Ossos do esqueleto facial e abóbada craniana 469
Osso parietal 469
Osso frontal 470
Osso etmoide 472
Concha nasal inferior 475
Osso lacrimal 475
Osso nasal 475
Vômer 475
Osso zigomático 475
Maxila 476
Osso palatino 478
Fraturas do esqueleto facial 479
Cirurgia de acesso ao esqueleto 481
Músculos da face 481
Grupo muscular epicraniano 481
Grupo muscular circum-orbital e palpebral 482
Grupo muscular nasal 486
Grupo muscular bucolabial 486
Movimentos da face e dos lábios 488
Músculos da mastigação 489
Suprimento vascular e drenagem linfática 489
Inervação 492
Nervo trigêmeo 492
Nervo oftálmico 493
Nervo maxilar 493
Nervo mandibular 494
Nervo facial 494
Glândula parótida 495

TRATO AERODIGESTIVO SUPERIOR

30 Cavidade oral 499
Bochechas 499
Lábios 499
Vestíbulo da boca 500
Mucosa oral 500
Istmo das fauces 501
Assoalho da boca 501
Palato 502
Língua 502
Dentes 509
Glândulas salivares 520
Glândulas submandibulares 520
Glândula sublingual 521
Glândulas salivares menores 522
Microestrutura 522
Espaços teciduais ao redor das mandíbulas 524

31 Fossa infratemporal e pterigopalatina e articulação temporomandibular 527
Fossa infratemporal 527
Ossos 527
Osso esfenoide 527
Mandíbula 530
Articulação temporomandibular 533
Membrana fibrosa da cápsula articular 533
Ligamentos 533
Membrana sinovial da cápsula articular 534
Desenvolvimento da articulação temporomandibular 534
Superfícies articulares 534
Disco articular 534
Movimentos mandibulares 536
Músculos 538
Suprimento vascular e drenagem linfática 540
Inervação 541
Nervo mandibular 541
Gânglio ótico 543
Corda do tímpano 543
Fossa pterigopalatina 543
Artéria maxilar 543

Nervo maxilar .544
Gânglio pterigopalatino .544

32 Nariz, cavidade nasal e seios paranasais 547
Nariz externo .547
Pele e tecidos moles .547
Osso e cartilagem .547
Músculos .548
Suprimento vascular cutâneo e drenagem linfática .549
Inervação cutânea .549
Cavidade nasal .549
Teto .550
Assoalho .550
Parede medial .550
Parede lateral .550
Túnicas mucosas nasal e olfatória .551
Suprimento vascular e drenagem linfática da cavidade nasal .553
Inervação da cavidade nasal .554
Fluxo de ar nasal e o ciclo nasal .555
Seios paranasais .555
Seio frontal .556
Seio esfenoidal .557
Células etmoidais .558
Seio maxilar .558

33 Faringe 561
Nasofaringe .563
Limites .563
Microestrutura da nasofaringe não tonsilar .563
Inervação .563
Adenoide ou tonsila faríngea .563
Tuba auditiva .564
Orofaringe .564
Limites .564
Palato mole .564
Tonsila palatina .566
Laringofaringe .567
Fáscia faríngea .567
Espaços teciduais faríngeos .568
Músculos do palato mole e da faringe .568
Plexo faríngeo .572
Anatomia da deglutição .572

34 Laringe 577
Esqueleto da laringe .577
Articulações .580
Articulação cricotireóidea .580
Articulação cricoaritenóidea .580
Articulações aritenocorniculadas .580
Tecidos moles .580
Ligamentos e membranas extrínsecos .580
Ligamentos e membranas intrínsecos .581
Cavidade laríngea .582
Pregas vestibulares e ligamentos .582
Pregas (cordas) vocais e ligamentos .583
Laringe do lactente .584
Espaços paraluminais .584
Músculos .585
Suprimento vascular e drenagem linfática .587
Inervação .588
Anatomia da fala .589

35 Desenvolvimento da cabeça e do pescoço 595
A faringe embrionária e os arcos faríngeos .596
Face, cavidades nasais e palato, cavidade oral e língua .602
Face .602
Cavidades nasais e palato .602
Cavidade oral e língua .602
Língua .604
Glândulas salivares .605
Tecidos linfáticos .605
Dentes e gengivas .605
A cavidade oral após o nascimento .607
Anomalias do desenvolvimento facial .607
Formação do pescoço .607
Glândulas do pescoço .609
Faringe, laringe, esôfago e traqueia .610
Vasos sanguíneos no pescoço .610
Crânio .610
Condrocrânio .610
Abóbada craniana .611
Ossos membranáceos da face e viscerocrânio .613
Crescimento pós-natal do crânio .613

SENTIDOS ESPECIAIS

36 Orelha externa e média 615
Osso temporal .615
Orelha externa .618
Orelha .618
Meato acústico externo .620
Orelha média .623
Limites da cavidade timpânica .623
Membrana timpânica, .624
Ossículos da audição .627
Músculos .628
Suprimento vascular e drenagem linfática .628
Inervação .629
Plexo timpânico .629
Nervo facial .629
Túnica mucosa da cavidade timpânica .630

37 Orelha interna 633
Labirinto ósseo .633
Labirinto membranáceo .636
Labirinto vestibular .636
Ducto coclear .639
Suprimento vascular .642
Inervação: nervo vestibulococlear .642
Nervo vestibular .642
Anatomia do equilíbrio e postura .643
Nervo coclear .644
Anatomia da audição .646

38 Desenvolvimento da orelha 651
Orelha interna .651
Orelha média (cavidade timpânica) e tuba auditiva (faringotimpânica) .652
Orelha externa .652

39 Órbita e aparelho visual acessório 655
Órbita .655
Fissuras e forames orbitais .656
Tecido conjuntivo orbital e corpo adiposo da órbita .656
Bainha do bulbo do olho .657
Músculos extrínsecos do bulbo do olho .658
Músculo levantador da pálpebra superior .658
Os quatro músculos retos .659
Os músculos oblíquos .660
Pequenos músculos das pálpebras .660
Movimentos dos olhos .661
Suprimento vascular e drenagem linfática .665
Inervação .667
Nervo oculomotor .667
Nervo troclear .666
Nervo abducente .666
Nervo óptico .667
Nervo oftálmico .667
Nervo maxilar .668
Gânglio ciliar .669
Ramos orbitais do gânglio pterigopalatino .669
Pálpebras, túnica conjuntiva e aparelho lacrimal .669
Pálpebras .669
Túnica conjuntiva .671
Aparelho lacrimal .672
Glândula lacrimal .672
Película lacrimal pré-ocular .673
Via de drenagem lacrimal .674

40 O olho 675
Túnica fibrosa do olho (revestimento externo) .675
Esclera .675
Córnea .676
Junção corneoscleral (limbo da córnea) .679
Úvea .679
Corioide .679
Corpo ciliar .680
Íris .681
Lente e humores .685
Humor aquoso .685
Lente .686
Humor vítreo .688
Retina .688
Microestrutura .688
Suprimento vascular .693
Inervação retinopetal da retina .694
Parte intraocular do nervo óptico .694
Via visual .696

41 Desenvolvimento do olho 699
Componentes embrionários do olho .699
Diferenciação dos componentes funcionais do olho .699
Diferenciação das estruturas ao redor do olho .702

Cabeça e pescoço: visão geral e anatomia de superfície

CAPÍTULO 25

Este capítulo contém uma visão geral da anatomia topográfica da cabeça e do pescoço, descrita em detalhes nos Capítulos 26-34, e uma descrição da anatomia de superfície clinicamente relevante.

PELE E FÁSCIA

FACE E COURO CABELUDO

A fáscia superficial do couro cabeludo é firme, densa, fibroadiposa e estreitamente aderente à pele, ao músculo epicrânio subjacente e à aponeurose epicrânica. Posteriormente, a fáscia é contínua com a fáscia superficial da parte de trás do pescoço e lateralmente é prolongada para a região temporal, onde é de textura mais flexível. Três camadas fasciais (um tecido fibroadiposo subcutâneo, um sistema musculoaponeurótico superficial, SMAS, e a fáscia parotídea-massetérica) são reconhecidas na face, superficiais ao plano do nervo facial e seus ramos. Na face lateral da cabeça, acima do arco zigomático, a fáscia temporoparietal situa-se no mesmo plano do SMAS, mas não se funde com ele. É superficial à fáscia temporal e funde-se superiormente à aponeurose epicrânica. A glândula parótida é cercada por uma cápsula fibrosa derivada da fáscia cervical.

PESCOÇO

O tecido subcutâneo do pescoço (tela subcutânea) contém uma quantidade variável de tecido adiposo e o músculo platisma. A fáscia cervical é convencionalmente subdividida em três lâminas (superficial, pré-traqueal e pré-vertebral) que circundam os músculos do pescoço e vísceras em diferentes graus, além da bainha carótica, uma condensação da fáscia cervical em torno das artérias carótidas comum e interna, veia jugular interna, nervo vago e alça cervical (Cap. 28). As lâminas das fáscias do pescoço definem inúmeros "espaços" teciduais potenciais acima e abaixo do osso hioide. No indivíduo saudável, os tecidos dentro destes espaços estão estreitamente aplicados uns aos outros ou são preenchidos com tecido conjuntivo relativamente frouxo. De qualquer modo, eles oferecem possíveis vias pelas quais uma infecção não controlada pode disseminar para o interior da cabeça e do pescoço, e entre os espaços de tecidos da face e do mediastino. Eles também oferecem planos convenientes para dissecção intraoperatória durante uma cirurgia.

OSSOS E ARTICULAÇÕES

CRÂNIO E MANDÍBULA

O crânio é composto de 28 ossos separados, a maioria deles pareados (Cap. 26). Pode ser dividido em uma calvária robusta que circunda e protege o cérebro, e um esqueleto facial delicado composto principalmente de ossos de paredes finas, sendo que alguns deles contêm cavidades conhecidas coletivamente como seios paranasais. A cavidade craniana contém o cérebro e as porções intracranianas dos nervos cranianos e espinais; os vasos sanguíneos que suprem e drenam o cérebro e a medula hematopoética dos ossos sobrejacentes; as meninges (dura-máter, aracnoide-máter e pia-máter) e o líquido cerebrospinal (Cap. 27). A cavidade é dividida de maneira incompleta por reflexões da dura-máter, sobretudo a foice do cérebro, que se situa entre os hemisférios cerebrais, e o tentório do cerebelo, que se situa entre o cerebelo e os lobos occipitais. Quase todo o sangue venoso do cérebro e dos ossos cranianos é drenado através dos seios que se situam entre as camadas endosteal e meníngea da dura-máter até a veia jugular interna (Cap. 27). Internamente, a base do crânio é dividida em fossa anterior, média e posterior do crânio, que contêm os lobos frontal e temporal dos hemisférios cerebrais e o cerebelo, respectivamente. Os forames nos ossos da base do crânio e do esqueleto da face dão passagem a feixes neurovasculares que podem ser comprometidos nestes locais por uma doença ou traumatismo.

O crânio promove fixações para inúmeros músculos. Os músculos craniofaciais surgem a partir dos ossos do esqueleto da face, enquanto os músculos extrínsecos da língua, os músculos que atuam sobre a articulação temporomandibular, o músculo constritor superior da faringe e os músculos do palato mole surgem todos a partir de locais na base do crânio. Movimentos da mandíbula, que tipicamente ocorrem durante a mastigação e articulação da fala, acontecem nas articulações temporomandibulares (Cap. 31). Os movimentos do crânio sobre as vértebras cervicais ocorrem nas articulações atlantoccipitais (Cap. 42).

VÉRTEBRAS CERVICAIS

Existem sete vértebras cervicais (Cap. 42). Elas são as menores entre as vértebras móveis e são caracterizadas por um forame em cada processo transverso, o forame transversário, e por um canal vertebral desproporcionalmente grande. A primeira (atlas), a segunda (áxis) e a sétima (vértebra proeminente) vértebras cervicais são atípicas.

OSSO HIOIDE E CARTILAGENS DA LARINGE

O osso hioide (Cap. 28.) encontra-se na linha mediana, à frente do pescoço, no nível da terceira vértebra cervical. É suspenso a partir dos processos estiloides pelos ligamentos estilo-hióideos e fornece fixação aos grupos de músculos supra e infra-hióideos. O esqueleto da laringe é formado por uma série de cartilagens interligadas por ligamentos e membranas fibrosas e movido por uma série de músculos (Cap. 34). As cartilagens ímpares da laringe são a cricóidea, a tireóidea e a epiglótica e as cartilagens pares da laringe são a aritenóidea, a cuneiforme, a corniculada e a tritícea.

MÚSCULOS

Os músculos estriados da cabeça e do pescoço produzem os movimentos dos tecidos moles faciais que animam várias expressões da comunicação (Cap. 29); os movimentos na articulação temporomandibular que ocorrem durante a mastigação e a fala (Cap. 31); os movimentos conjugados do bulbo do olho (Cap. 39); e os movimentos coordenados que ocorrem durante atividades, tais como deglutição, fala e virar a cabeça em resposta a estímulos visuais e/ou auditivos. Os músculos extrínsecos que passam entre o esqueleto axial e o membro superior atuam sobre a escápula e o úmero (Cap. 46).

A musculatura lisa ocorre no músculo tarsal superior, nos músculos esfíncter e dilatador da pupila e no músculo ciliar (Caps. 39 e 40).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

SUPRIMENTO ARTERIAL

O principal suprimento arterial da cabeça e pescoço deriva dos ramos da artéria carótida e da artéria subclávia (Figs. 25.1, 25.2). Os ramos das artérias carótida interna e vertebrais se anastomosam no círculo arterial do cérebro (de Willis) no interior da cisterna interpeduncular sobre a face anterior do cérebro (Cap. 17).

Sistema carótico

A porção cervical da artéria carótida comum é semelhante em ambos os lados. Cada um se situa dentro da bainha carótica da fáscia cervical, juntamente com a veia jugular interna e o nervo vago. Na parte inferior do pescoço as artérias são separadas por um espaço estreito que contém a traqueia, e mais acima separadas pela glândula tireoide, laringe e faringe.

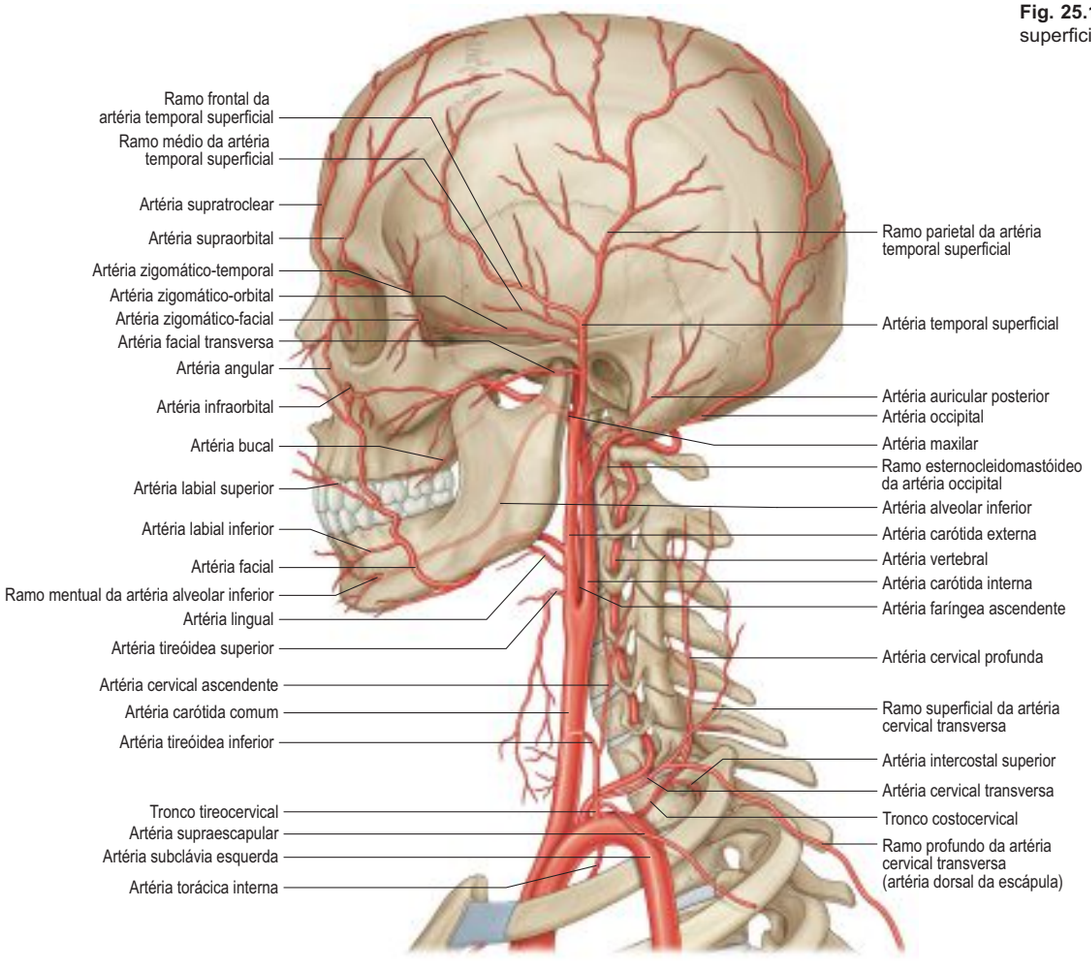


Fig. 25.1 Visão geral das artérias superficiais da cabeça e pescoço.

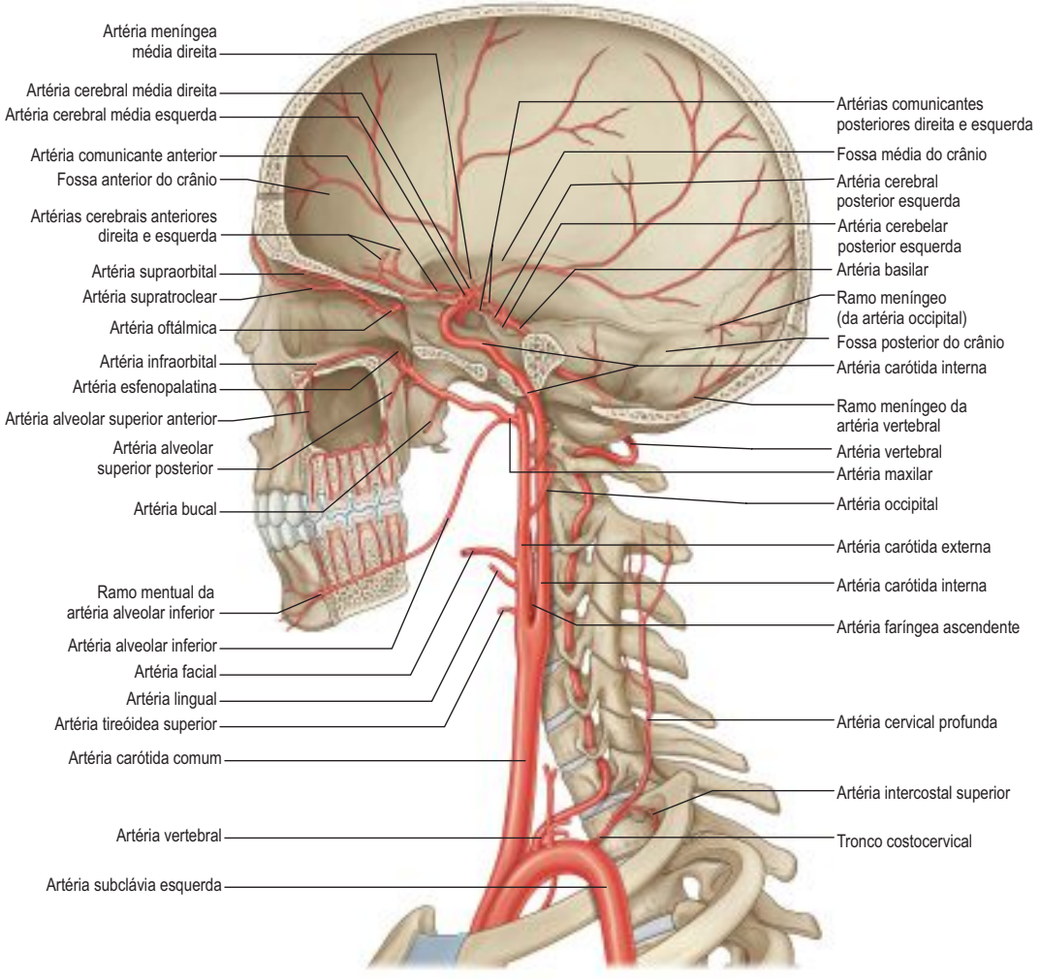


Fig. 25.2 Visão geral das artérias profundas da cabeça e pescoço.

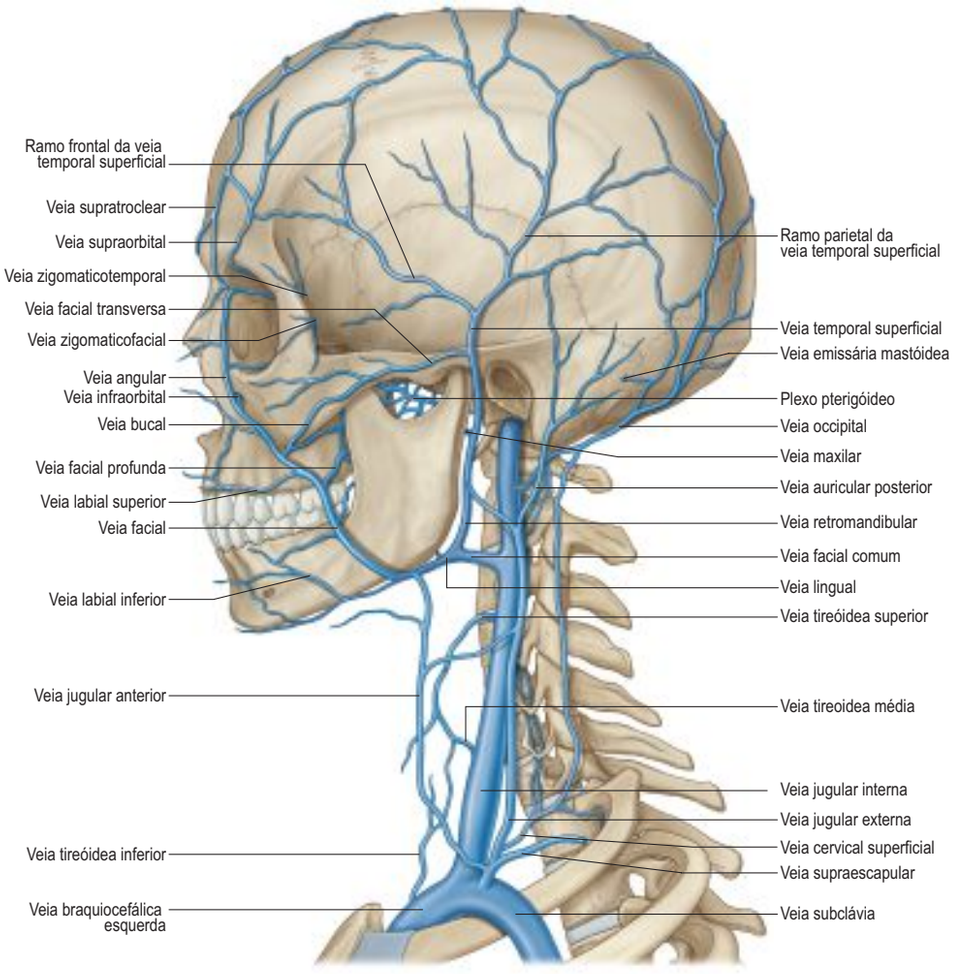


Fig. 25.3 Visão geral das veias superficiais da cabeça e pescoço.

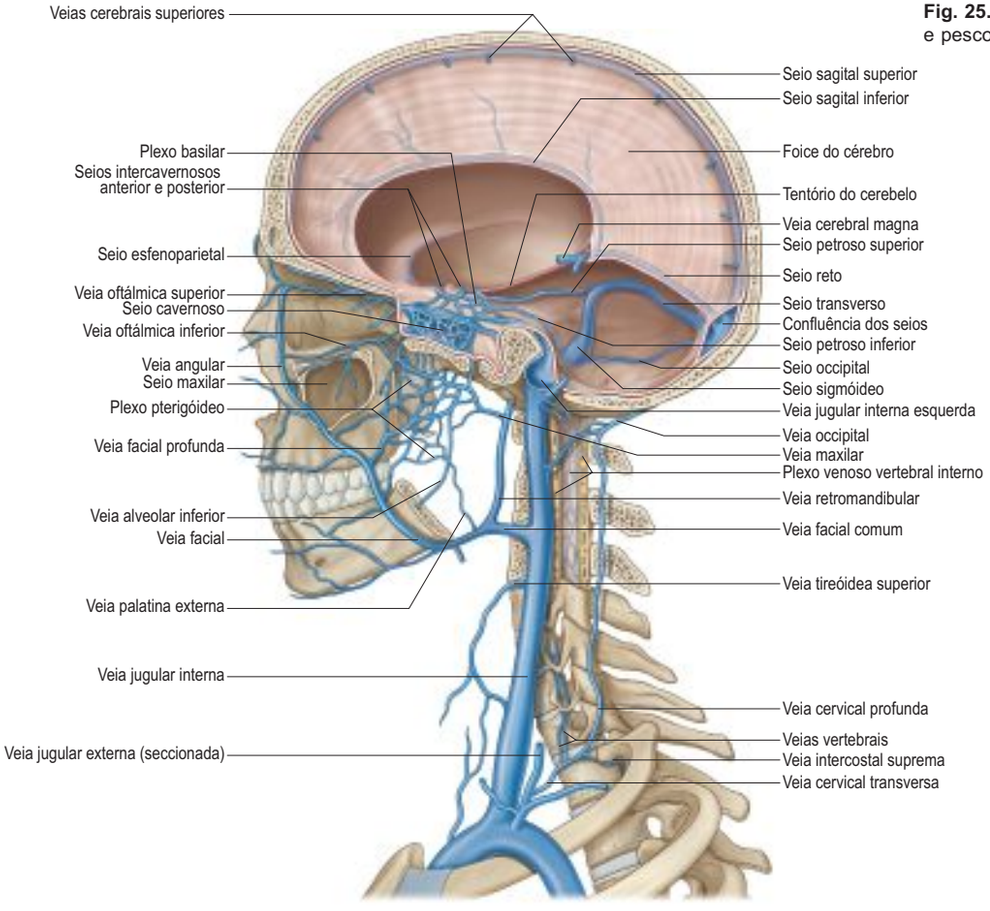
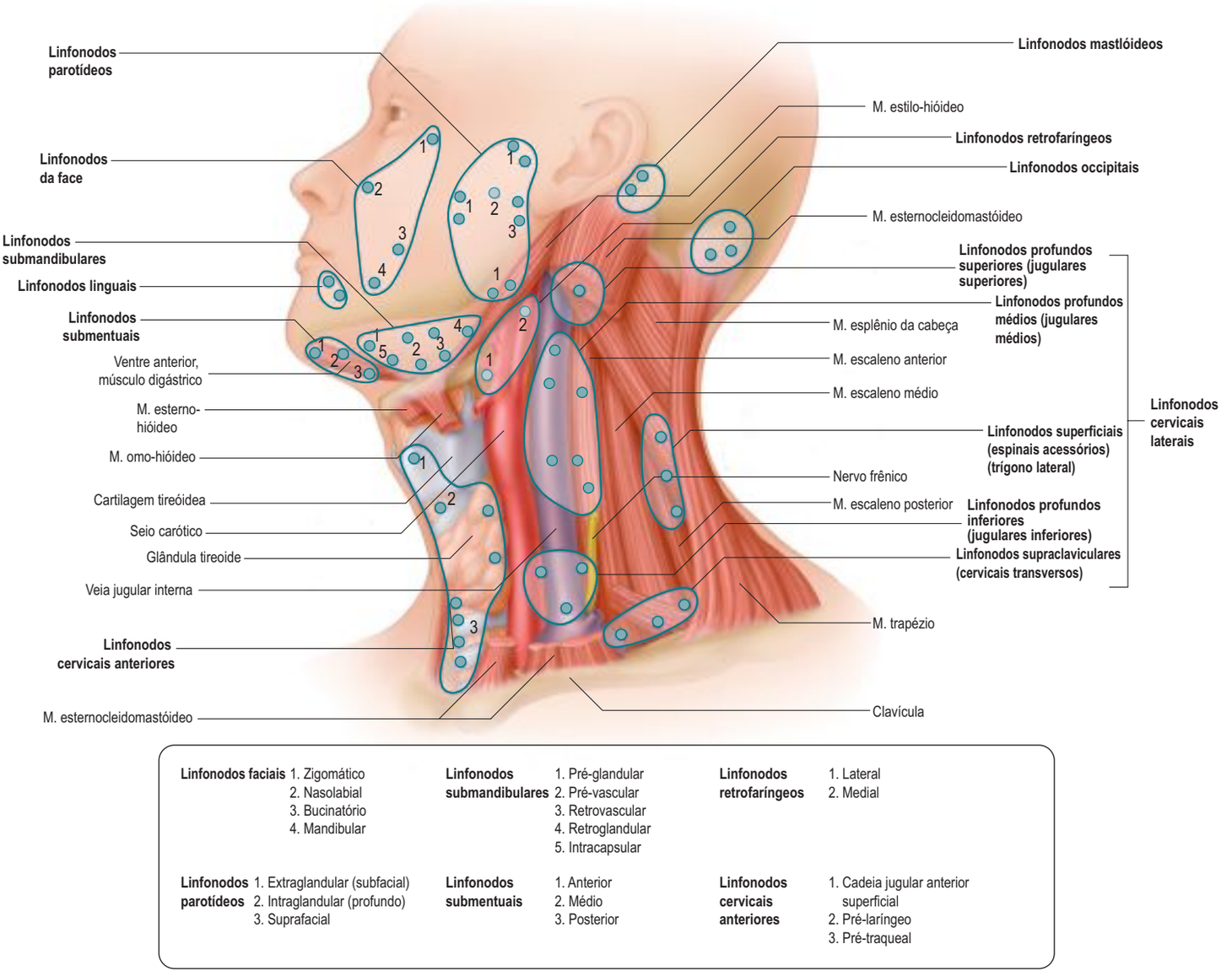


Fig. 25.4 Visão geral das veias profundas da cabeça e pescoço.



Linfonodos faciais	1. Zigomático 2. Nasolabial 3. Bucinatório 4. Mandibular	**Linfonodos submandibulares**	1. Pré-glandular 2. Pré-vascular 3. Retrovascular 4. Retroglandular 5. Intracapsular	**Linfonodos retrofaríngeos**	1. Lateral 2. Medial
Linfonodos parotídeos	1. Extraglandular (subfacial) 2. Intraglandular (profundo) 3. Suprafacial	**Linfonodos submentuais**	1. Anterior 2. Médio 3. Posterior	**Linfonodos cervicais anteriores**	1. Cadeia jugular anterior superficial 2. Pré-laríngeo 3. Pré-traqueal

Fig. 25.5 Visão geral dos linfonodos da cabeça e pescoço.

No nível da margem superior da cartilagem tireóidea (CIV), a artéria carótida comum se bifurca em artérias carótidas interna e externa (ver adiante). A artéria carótida externa ascende em ambos os lados do pescoço, ligeiramente inclinada para a frente primeiro e, em seguida, para trás e um pouco lateralmente. Ela geralmente dá origem às artérias faríngea ascendente, tireóidea superior, lingual, facial, occipital e auricular posterior, e então entra na glândula parótida onde se divide em seus ramos terminais, as artérias temporal superficial e maxilar. Os ramos da artéria carótida externa suprem a face, o couro cabeludo, a língua, os dentes superiores, os dentes inferiores, as gengivas, as tonsilas palatinas, os seios paranasais e a parte nasal da faringe, as orelhas externa e média, a faringe, a laringe e polo superior da glândula tireoide. Eles também se anastomosam com ramos das artérias carótidas internas sobre o couro cabeludo, testa, face, órbita, parte nasal da faringe e cavidade nasal, e também com ramos da artéria subclávia na faringe, laringe e glândulas tireoides.

A artéria carótida interna supre a maior parte do hemisfério cerebral ipsilateral, olhos e órgãos acessórios, testa e, em parte, o nariz externo, a cavidade nasal e os seios paranasais. Ela passa anteriormente pelo pescoço até os processos transversos das três vértebras cervicais superiores e entra na cavidade craniana através do canal carótico na parte petrosa do osso temporal. A artéria não tem ramificações no pescoço e por isso é facilmente distinguível da artéria carótida externa, no caso desta última exigir ligadura, por exemplo, para controlar a hemorragia de um ferimento penetrante no pescoço.

Artéria subclávia

As artérias subclávias dão origem a vários ramos que suprem estruturas na cabeça e no pescoço. As artérias vertebrais suprem a parte superior da medula espinal, o tronco encefálico, o cerebelo e o lobo occipital do cérebro. Elas passam pelos forames transversários das seis primeiras vértebras cervicais, entram na cavidade craniana através do forame magno e unem-se na margem inferior da ponte para formar a artéria basilar (portanto, este sistema é frequentemente chamado sistema vertebrobasilar). Ramos do tronco tireocervical suprem os polos inferiores da glândula tireoide, as glândulas paratireoides, a laringe e a faringe e ramos dos troncos costocervicais suprem os músculos cervicais profundos.

DRENAGEM VENOSA

As veias do pescoço situam-se superficial ou profundamente à fáscia de revestimento profunda. As veias superficiais, por fim, drenam para as veias jugulares externas, anteriores ou posteriores e drenam um volume muito menor de tecido do que as veias profundas. As veias profundas tendem a drenar para a veia jugular interna ou para a veia subclávia. A veia jugular interna drena sangue do crânio, cérebro, face superficial e grande parte do pescoço. Ela desce no pescoço para o interior da bainha carótica e une-se com a veia subclávia por trás da extremidade esternal da clavícula formando a veia braquiocefálica (Figs. 25.3, 25.4). Na sua junção com a veia jugular interna, a veia subclávia esquerda normalmente recebe o ducto torácico e a veia subclávia direita recebe o ducto linfático direito.

DRENAGEM LINFÁTICA

Os linfonodos da cabeça e pescoço estão dispostos em dois anéis horizontais e duas cadeias verticais em um dos lados do pescoço (Fig. 25.5). O anel exterior, superficial, consiste nos linfonodos occipitais, pré-auriculares (parótida), submandibulares e submentuais e o anel interno, pro-

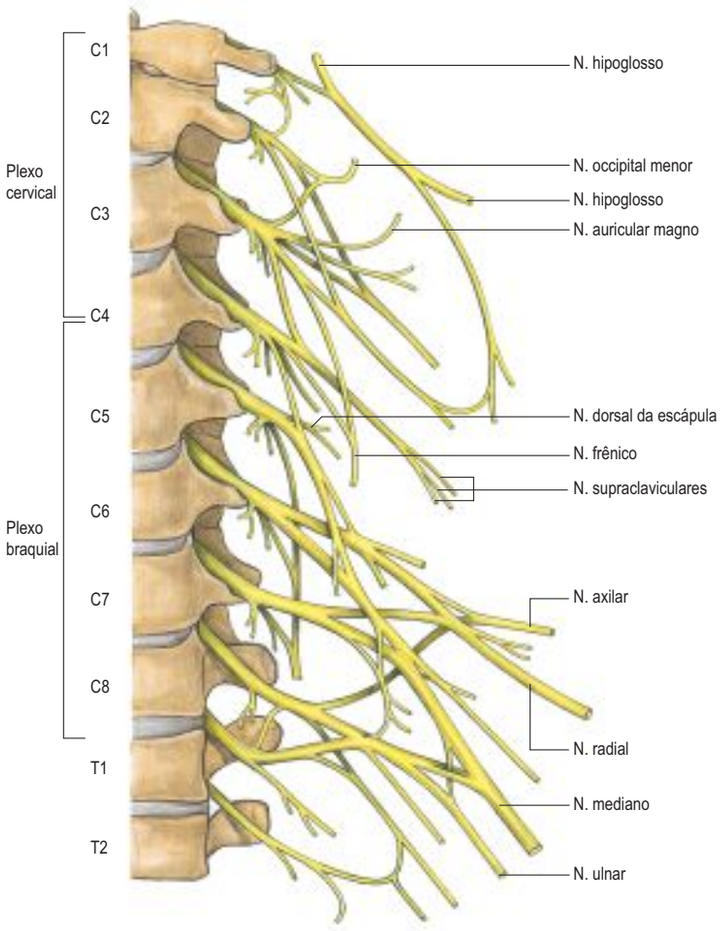


Fig. 25.6 Visão geral dos nervos que formam os plexos cervical e braquial. (De Sobotta 2006.)

fundo, é formado por aglomerações de tecido linfoide associado à mucosa (MALT) localizadas principalmente nas partes nasal e oral da faringe (anel linfático da faringe ou "de Waldeyer"). A cadeia vertical consiste nos grupos superior e inferior de linfonodos relacionados com a bainha carótica. Todos os vasos linfáticos da cabeça e do pescoço drenam para os linfonodos cervicais profundos, seja diretamente a partir dos tecidos ou indiretamente, através de linfonodos dos grupos afastados. A linfa é devolvida para a circulação venosa sistêmica, através do ducto linfático direito ou do ducto torácico.

INERVAÇÃO

NERVOS CRANIANOS

Existem 12 pares de nervos cranianos. Eles são denominados e numerados individualmente (usando numerais romanos) em uma sequência rostrocaudal (**Tabela 15.1**). Alguns são funcionalmente mistos, outros são puramente motores ou puramente sensitivos, e alguns também carregam fibras parassimpáticas pré ou pós-ganglionares que são secretomotoras para as glândulas salivares e lacrimais ou motoras para algum músculo liso no interior do bulbo do olho. Ramos dos nervos oculomotor, troclear, trigêmeo, abducente, facial, glossofaríngeo, vago, acessório e hipoglosso inervam os grupos musculares dentro do bulbo do olho, face, faringe, laringe e língua. Ramos dos nervos trigêmeos, glossofaríngeos e vagos transmitem informações sensitivas gerais a partir da pele do rosto e parte do couro cabeludo; para o epitélio que reveste as cavidades orais e nasais, os seios paranasais, a orelha média, a faringe, a laringe e o dorso da língua e da córnea; as meninges intracranianas; o periósteo e os ossos do crânio. Ramos do nervo trigêmeo inervam a articulação temporomandibular. Os nervos olfatório, óptico, trigêmeo, facial, vestibulococlear e vago contêm axônios que transmitem as sensações especiais de olfato, visão, audição, equilíbrio e paladar. O nervo olfatório é o único nervo craniano sensitivo que projeta diretamente para o córtex cerebral e não indiretamente através do tálamo. O nervo óptico termina no tálamo. Os outros dez pares de nervos cranianos estão conectados ao tronco encefálico; suas fibras componentes surgem a partir de, ou terminam nos núcleos dos nervos cranianos específicos (Cap. 19). Os nervos cranianos atravessam forames específicos no crânio, frequentemente com vasos aparentes.

Com uma exceção, todos os nervos cranianos estão restritos à cabeça e pescoço. A exceção é o nervo vago, que percorre o pescoço e tórax e entra na cavidade abdominal passando através do diafragma juntamente com o esôfago.

Reflexos

Um determinado número de reflexos que envolvem estruturas na região da cabeça e pescoço é mediado pelos ramos sensitivos e motores de determinados nervos cranianos, coordenado através de núcleos no tronco encefálico. Eles incluem deglutição, ânsia de vômitos, vômito seco e vômitos (Fig. 19.12); espirro e tosse (Fig. 19.13); lacrimejamento (Fig. 39.25); reflexo mandibular (Fig. 19.17); reflexos visuais (reflexo pupilar à luz e acomodação) (Cap. 40); reflexo corneano de "piscar" (Fig. 19.15); reflexo estapedial (pág. 628, Cap. 36). Os reflexos que envolvem exalação enérgica, por exemplo, espirros e tosse, também implicam recrutamento de neurônios espinais cervicais e torácicos para mediar a contração coordenada dos músculos intercostais e da parede abdominal que esta atividade exige.

NERVOS ESPINAIS

Existem oito pares de nervos espinais cervicais (Fig. 25.6). Ramificações cutâneas dos ramos posteriores do segundo, terceiro, quarto e quinto nervos espinais cervicais inervam o couro cabeludo e a pele sobre a parte posterior do pescoço e as ramificações motoras de todos os ramos posteriores dos nervos espinais cervicais inervam os músculos pós-vertebrais cervicais. Todos os ramos anteriores dos nervos espinais cervicais inervam os grupos anteriores e laterais dos músculos pré-vertebrais. Os quatro ramos anteriores dos nervos espinais cervicais superiores formam o plexo cervical cujos ramos inervam coletivamente os músculos infra-hióideos, em forma de tiras, o diafragma, a pele que cobre as partes anterior e lateral do pescoço e o ângulo da mandíbula. Os quatro ramos posteriores dos nervos espinais cervicais inferiores, juntamente com a maior parte dos primeiros ramos anteriores dos nervos espinais torácicos, formam o plexo braquial.

PARTE PARASSIMPÁTICA

Na cabeça e pescoço, a parte parassimpática inerva as glândulas salivares e lacrimais, as glândulas da túnica mucosa da boca da cavidade nasal e os músculos esfíncter da pupila e ciliar no bulbo do olho. Muitos milhares de axônios parassimpáticos pré-ganglionares trafegam no nervo vago a partir do núcleo posterior do nervo vago (motor) no bulbo. Embora trafeguem através do pescoço, nos nervos vagos direito e esquerdo, destinam-se aos alvos pulmonares, cardíacos, esofágicos, gástricos e intestinais: eles sofrem sinapse em gânglios minúsculos nas paredes das vísceras e não inervam estruturas na cabeça e no pescoço.

Existem quatro pares de gânglios parassimpáticos na cabeça, chamados ciliar, pterigopalatino, ótico e submandibular (Fig. 25.7).

Gânglio ciliar

Os axônios pré-ganglionares originam-se no núcleo acessório (visceral) do nervo oculomotor (de Edinger-Westphal) no mesencéfalo. Eles trafegam através de um ramo do nervo oculomotor (nervo para o músculo oblíquo inferior) até o gânglio ciliar onde sofrem sinapse. As fibras pós-ganglionares trafegam nos nervos ciliares curtos que perfuram a esclera, a qual reveste o bulbo do olho, e continuam pelo espaço pericorióideo entrando no músculo ciliar e esfíncter da pupila. Sua ativação proporciona acomodação do olho a objetos próximos e realiza a constrição da pupila.

Gânglio submandibular

Os axônios pré-ganglionares originam-se no núcleo salivatório superior. Eles emergem do tronco encefálico no nervo intermédio e saem do principal tronco do nervo facial na orelha média, juntando-se à corda do tímpano, que posteriormente se junta ao nervo lingual. Desta forma, eles chegam ao gânglio submandibular, onde sofrem sinapse. As fibras pós-ganglionares inervam as glândulas salivares submandibulares e sublinguais e acredita-se que trafeguem no nervo lingual. Algumas fibras pré-ganglionares podem sofrer sinapse ao redor das células do hilo da glândula submandibular. A estimulação da corda do tímpano dilata as arteríolas em ambas as glândulas, bem como tem um efeito secretomotor direto.

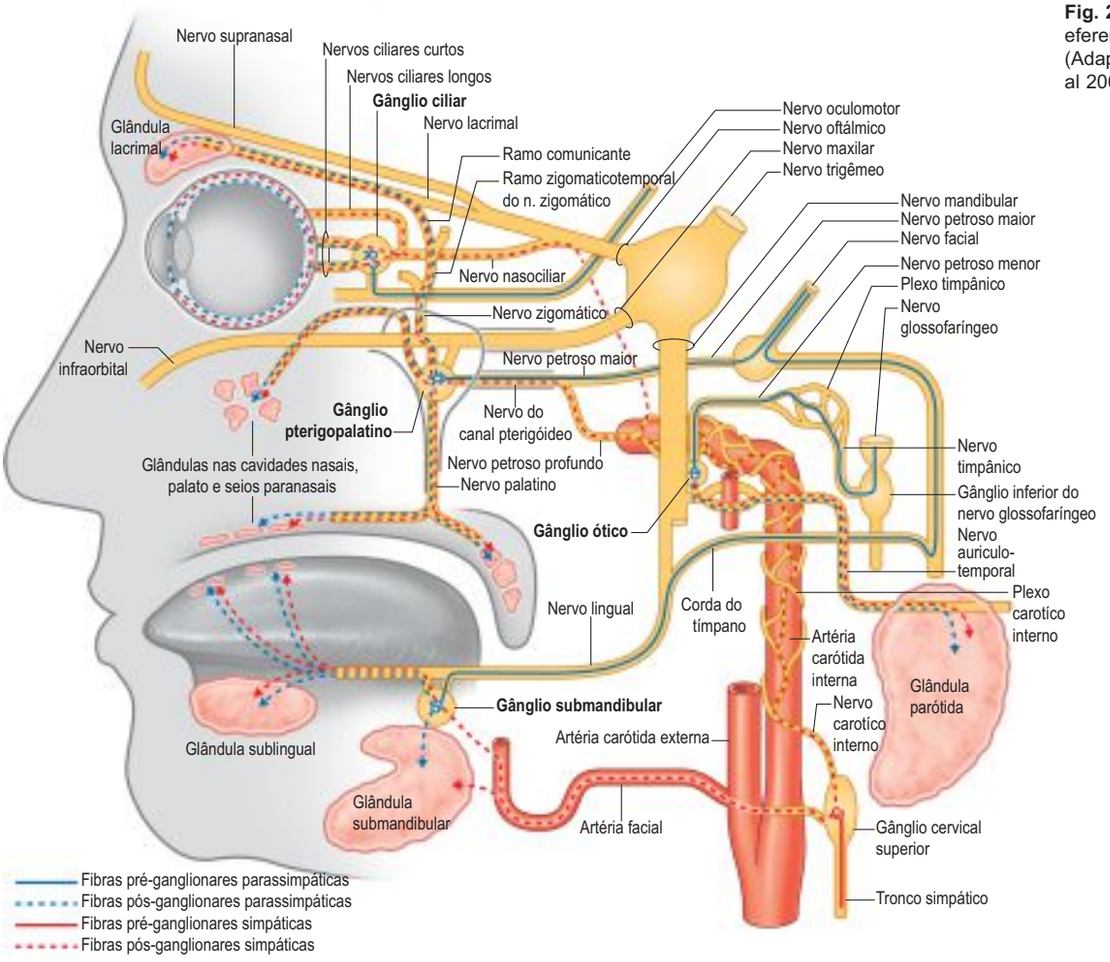


Fig. 25.7 Visão geral das vias eferentes viscerais na cabeça. (Adaptado de Drake, Vogl, Mitchell et al 2007.)

Gânglio pterigopalatino

Os axônios pré-ganglionares trafegam no nervo petroso maior, ramo do nervo facial e no nervo do canal pterigóideo, e retransmitem no gânglio pterigopalatino. Acredita-se que os axônios pós-ganglionares trafegam para a glândula lacrimal através dos ramos zigomáticos da divisão maxilar do nervo trigêmeo e pelos ramos ganglionares para as glândulas das túnicas mucosas nasal e do palato.

Gânglio ótico

Os axônios pré-ganglionares originam-se no núcleo salivatório inferior e percorrem o nervo glossofaríngeo e um de seus ramos, o nervo timpânico. Eles atravessam o plexo timpânico e o nervo pretro menor atingindo o gânglio ótico onde sofrem sinapse. As fibras pós-ganglionares passam pelos ramos comunicantes até o nervo auriculotemporal, o que lhes transmite para a glândula parótida. A estimulação do nervo petroso menor produz efeitos vasodilatadores e secretomotores.

PARTE SIMPÁTICA

No pescoço, o tronco simpático situa-se atrás e medial à bainha carótica e anterior aos processos transversos das vértebras cervicais e dos músculos pré-vertebrais. Existem geralmente três gânglios cervicais de cada lado, superior, médio e inferior (cervicotorácico); eles podem ser ligados por um tronco único ou por duas ou três faixas fibrosas. Os gânglios recebem fibras pré-ganglionares de neurônios cujos corpos celulares encontram-se na coluna intermédia (núcleo intermediolateral) na parte superior da região torácica da medula espinal: não existe saída pré-ganglionar da região cervical da medula espinal. As fibras pós-ganglionares atingem seus tecidos-alvo na região da cabeça e pescoço através dos nervos da região cervical da coluna vertebral e plexos nervosos perivasculares distribuídos ao longo das artérias carótidas e vertebrais (Fig. 25.7).

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE DA CABEÇA

Pontos de referência esqueléticos

Os pontos de referência ósseos da cabeça podem ser examinados nas partes posterior, laterais e anterior (Figs. 25.8, 25.9).

Crânio e mandíbula

Os pontos de referência da calvária são visíveis em pessoas calvas, mas frequentemente têm de ser palpados através do cabelo. O fontículo anterior, na junção das suturas coronal e sagital, pode ser palpado até aproximadamente 18 meses após o nascimento (Cap. 26).

A maior parte da superficie do crânio é coberta por pele, tecidos subcutâneos e músculos finos, e isto significa que as proeminências e superfícies ósseas são relativamente fáceis de se sentir. A linha pericraniocervical, que demarca a cabeça a partir do pescoço, se estende do ponto médio do queixo, anteriormente, até a protuberância occipital externa, posteriormente. Começando anteriormente a partir da linha mediana, onde os tubérculos mentuais podem ser percebidos, a margem inferior do corpo da mandíbula pode ser palpada até o ângulo da mandíbula (nível de CII). A linha oblíqua une o tubérculo mentual à margem anterior do ramo da mandíbula. O forame mentual, que dá passagem ao nervo e vasos mentuais, situa-se abaixo dos ápices das raízes dos dentes pré-molares inferiores, cerca de dois dedos de distância do plano mediano e cerca de um dedo de distância acima da margem inferior da mandíbula. Os forames supraorbital, infraorbital e mentual situam-se aproximadamente no mesmo plano vertical.

O ramo da mandíbula, embora em grande parte coberto pelo músculo masseter, é facilmente palpável. Sua margem posterior pode ser palpada até o colo da mandíbula, que fica logo abaixo do lóbulo da orelha. À medida que a boca é aberta, pode-se sentir o processo coronoide movendo-se de sua posição de repouso sob o arco zigomático. Ao exame de palpação em direção ao interior do processo condilar, o dedo entra na pequena fossa retromandibular que é delimitada anteriormente pelo colo da mandíbula e superiormente pela parede inferior do meato acús-

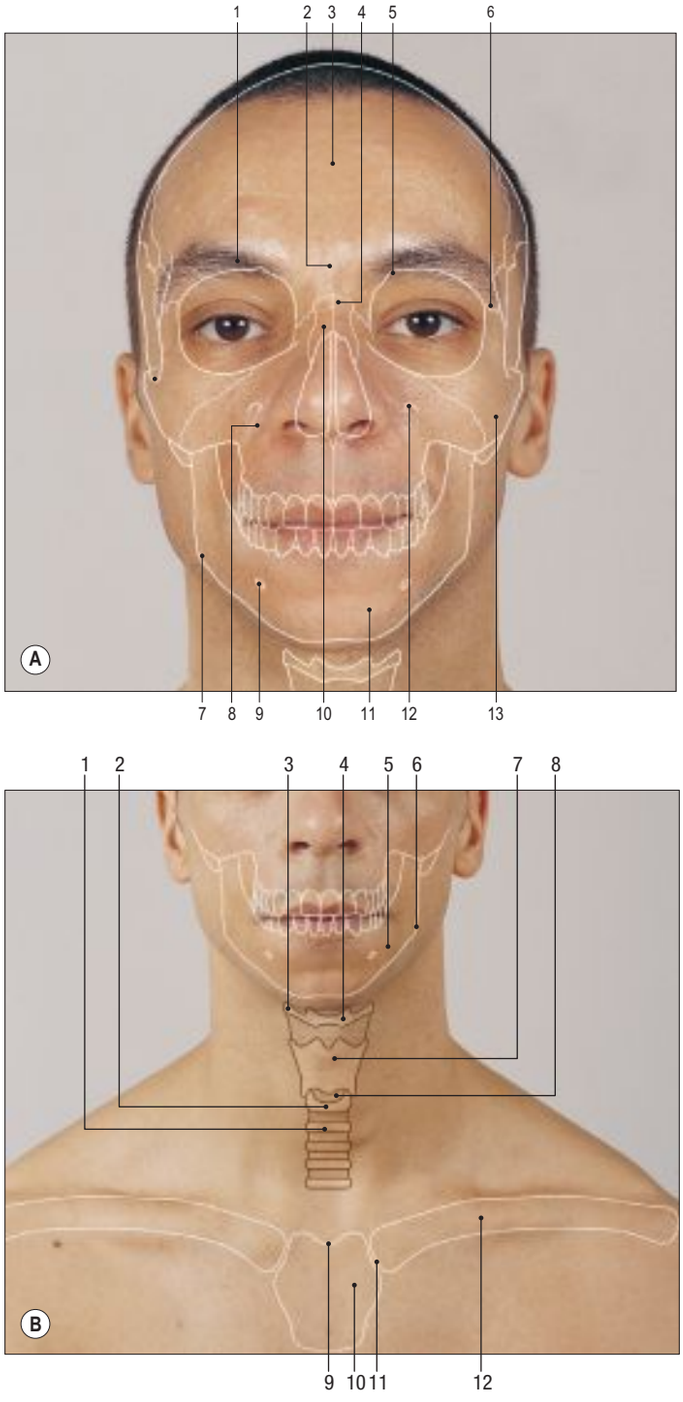


Fig. 25.8 **A.** Face anterior da cabeça: ossos. **1.** Arco superciliar. **2.** Glabela. **3.** Osso frontal. **4.** Násio. **5.** Incisura supraorbital. **6.** Sutura frontozigomática. **7.** Ângulo da mandíbula. **8.** Maxila. **9.** Forame mentual. **10.** Osso nasal. **11.** Corpo da mandíbula. **12.** Forame infraorbital. **13.** Osso zigomático. **B.** Face anterior do pescoço: ossos e músculos; laringe e glândula tireoide. **1.** Primeira cartilagem traqueal. **2.** Cartilagem cricóidea. **3.** Corno maior do osso hioide. **4.** Corpo do osso hioide. **5.** Corpo da mandíbula. **6.** Ângulo da mandíbula. **7.** Cartilagem tireóidea. **8.** Ligamento cricotireóideo mediano. **9.** Incisura jugular. **10.** Manúbrio do esterno. **11.** Articulação esternoclavicular. **12.** Clavícula.

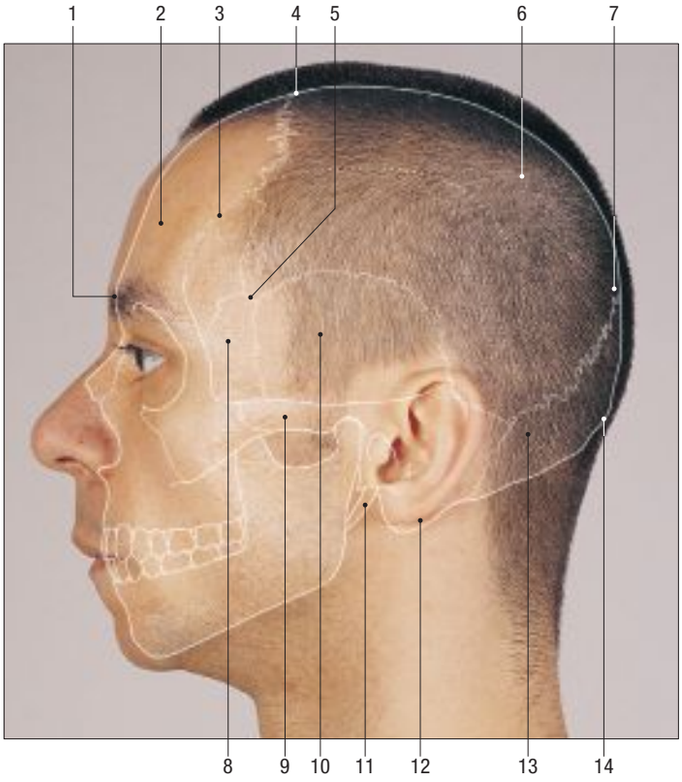


Fig. 25.9 Face lateral da cabeça; **1.** Glabela. **2.** Osso frontal. **3.** Linha temporal. **4.** Bregma (fontículo anterior). **5.** Ptério. **6.** Osso parietal. **7.** Lambda (fontículo posterior). **8.** Asa maior do esfenoide. **9.** Arco zigomático. **10.** Parte escamosa do osso temporal. **11.** Processo estiloide. **12.** Processo mastoide. **13.** Osso occipital. **14.** Protuberância occipital externa.

tico externo (Cap. 30). Este último é delimitado anteriormente pelo trago, um pequeno retalho curvado de cartilagem, coberto por pele, que projeta parcialmente sobre o óstio do meato. A movimentação na articulação temporomandibular pode ser avaliada pela palpação, anteriormente ao trago, da cabeça da mandíbula durante a abertura e o fechamento da boca.

Com a palpação atrás do meato percebe-se, primeiramente, a face anterolateral e a ponta do processo mastoide, e, com a palpação mais profunda, uma resistência incerta oferecida pelo processo estiloide e suas estruturas anexas é encontrada. Se o dedo for então colocado posteriormente sobre a convexidade do processo mastoide, palpa-se a parte lateral da linha nucal superior. Esta faz uma curva para cima encontrando a linha nucal superior contralateral em uma proeminência óssea na linha mediana, a protuberância occipital externa, uma superfície importante que marca a confluência dos seios venosos durais subjacentes.

Face

A face lateral da face, de cima para baixo, consiste na região temporal, bochecha e mandíbula (Cap. 29). A região temporal situa-se na frente da orelha externa e acima do arco zigomático. É delimitada superiormente pelas linhas temporais superior e inferior, e pelo arco zigomático inferior e lateralmente. (O arco zigomático é formado posteriormente pelo processo zigomático do osso temporal e anteriormente pelo processo temporal do osso zigomático, sendo que os dois ossos se articulam na sutura zigomaticotemporal.) A proeminência variável do "osso da bochecha ou malar" é em grande parte atribuível à forma do corpo do osso zigomático subjacente. Se a margem posterior aguda do processo frontal do osso zigomático for acompanhada em direção ascendente, sua fusão com o processo zigomático do osso frontal na sutura zigomaticofrontal pode ser detectada. Continuando posteriormente, na linha de um suave arco, as linhas temporais podem ser palpadas. A linha temporal inferior termina curvando-se para baixo e para a frente, terminando logo acima da raiz do processo mastoide como a crista supramastóidea sobre a parte escamosa do osso temporal. A fovéola suprameática ("triângulo suprameatal"), que se situa acima e atrás do meato acústico externo, situa-se sobrejacente à parede lateral do antro mastóideo (timpânico). É ligado acima pela crista supramastóidea, em frente pela margem posterossuperior do meato, e por trás por uma tangente vertical à margem posterior do meato. O ptério é uma pequena área circular no interior da fossa temporal que contém a junção dos ossos frontal, esfenoide, parietal e temporal. Ele geralmente fica 4 cm acima do arco zigomático e 3,5 cm atrás da sutura frontozigomática, sendo o local por onde passa o ramo anterior (frontal) da artéria meníngea média (Cap. 27) e o ponto Silviano (do sulco lateral) do cérebro. Sua posição pode ser estimada de maneira aproximada por uma depressão palpável rasa, aproximadamente 3,5 cm acima do centro do osso zigomático. Um conhecimento da anatomia de superfície da artéria meníngea média é importante para o posicionamento preciso das trepanações para drenar hematomas extradurais. O ramo posterior (pari-

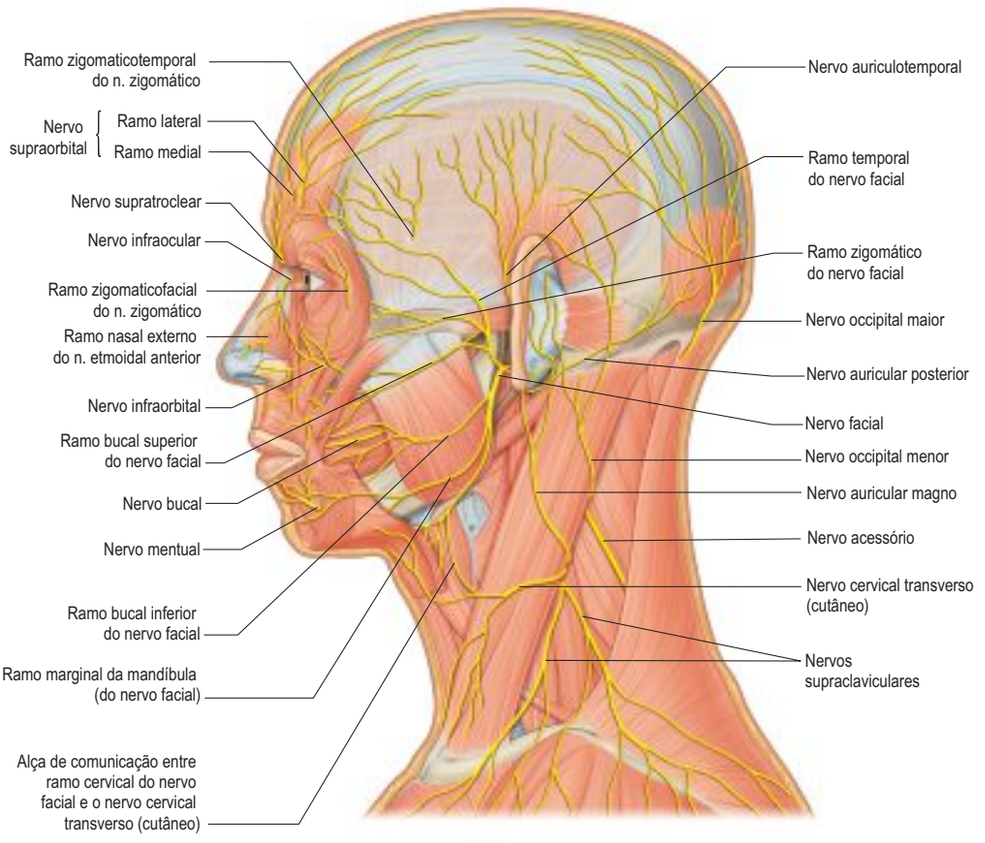


Fig. 25.10 Distribuição dos ramos cutâneos do nervo trigêmeo e do plexo cervical, e ramos motores do nervo facial na face e pescoço.

etal) faz um trajeto para trás e paralelo à margem superior do arco zigomático e em geral é exposto verticalmente acima do processo mastoide sobre um nível horizontal com a margem superior da órbita. O astério é um ponto craniométrico no local do fontículo posterolateral (mastóideo). É encontrado na junção das suturas lambdóidea, occipitomastóidea e parietomastóidea e tem sido utilizado como um ponto de referência nos acessos laterais à fossa posterior do crânio. No entanto, sua confiabilidade é questionável: trepanações situadas no astério podem, muitas vezes, abrir o osso diretamente sobre o complexo dos seios transverso-sigmóideo (Day &. Tschabitscher, 1998).

A testa estende-se da margem capilar do couro cabeludo até as sobrancelhas. O túber frontal, uma proeminência arredondada, pode ser sentido aproximadamente 3 cm acima do ponto médio de cada margem supraorbital. O arco superciliar em geral é palpável acima da órbita e é mais marcado no homem do que na mulher. A glabela, uma crista horizontal pequena, é facilmente palpável entre os arcos superciliares. Abaixo da glabela os ossos nasais encontram o osso frontal em uma depressão pequena, o násio, na raiz do nariz. Com o dedo mínimo inserido na narina, as margens ósseas da abertura nasal anterior podem ser sentidas: são formadas pela margem inferior do osso nasal, as margens cortantes da incisura nasal e as espinhas nasais coaptadas das maxilas (Cap. 32).

A abertura da órbita é praticamente quadrangular (Cap. 39). A margem supraorbital é formada inteiramente pelo osso frontal e é facilmente palpável. Na junção de seus dois terços laterais cortantes com o terço medial arredondado (uma distância de cerca de dois dedos a partir do plano mediano), a incisura supraorbital, se presente, pode ser sentida. Esta incisura dá passagem ao nervo e vasos supraorbitais, e a pressão exercida neste ponto com a unha pode ser dolorosa. Uma incisura frontal também pode ser encontrada em direção ao dorso do nariz e está associada ao feixe neurovascular supratroclear.

A margem lateral da órbita consiste no processo frontal do osso zigomático e no processo zigomático do osso frontal. A sutura frontozigomática, entre eles, pode ser sentida como uma depressão palpável. Aproximadamente 1 cm abaixo desta sutura pode-se palpar o tubérculo marginal (tubérculo de Whitnall) no interior da abertura da órbita: ele dá fixação ao ligamento palpebral lateral e ao "ligamento controlador" (*check ligament*). A margem inferior da órbita é formada pelo osso zigomático lateralmente e pela maxila medialmente. Ele se funde à margem medial que é menos evidente, sendo formado pelo osso frontal e, abaixo, pela crista lacrimal do processo frontal da maxila. Uma fossa rasa atrás da parte inferior da parede medial abriga o saco lacrimal. A crista lacrimal anterior é um guia para a localização da artéria etmoidal anterior, que pode ocasionalmente exigir ligadura para controlar epistaxe grave, e que se situa aproximadamente 2,4 centímetros posterior à crista. O canal óptico situa-se aproximadamente 4,5 cm posterior à margem infraorbital (aproximadamente 4,2 cm da crista lacrimal anterior): estas distâncias são importantes na exploração do assoalho da órbita, a fim de evitar danos ao nervo óptico. A fissura orbital inferior situa-se aproximadamente 2 cm posterolateral à margem infraorbital: ela não contém quaisquer estruturas anatômicas importantes, o que significa que a cirurgia pode ser realizada com segurança nesta região. O forame infraorbital, que dá passagem aos nervos e vasos infraorbitais, situa-se cerca de 0,5 cm abaixo do meio da margem infraorbital.

A superfície anterior da maxila é extensa e pode ser palpada entre a margem infraorbital e os processos alveolares que suportam os dentes superiores (quando presentes). A eminência canina é sobrejacente às raízes do dente canino e separa a fossa incisiva anteriormente a partir da fossa canina, mais profunda, posteriormente. O osso na fossa canina é fino e pode ser removido facilmente para se obter acesso ao seio maxilar através de uma abordagem intraoral, como parte de um procedimento de Caldwell-Luc, por exemplo, para retirar um fragmento de dente que tenha sido acidentalmente desalojado para o seio durante a tentativa de extração de um dente maxilar posterior em estreita proximidade com o seio. O processo palatino da maxila, que forma a maior parte do teto da cavidade própria da boca (palato), é facilmente palpável dentro da boca (Cap. 30).

Tecidos moles e vísceras

As características musculares, gordurosas e cutâneas que diferenciam claramente os indivíduos são facilmente perceptíveis na inspeção. As características externas das pálpebras e sobrancelhas estão descritas no Capítulo 39. A membrana timpânica pode ser examinada sob visão direta utilizando um auroscópio e é descrita no Capítulo 36. O suprimento vascular da retina pode ser examinado diretamente por oftalmoscopia (Cap. 40).

O músculo temporal é palpável quando a palma da mão é colocada ao lado da cabeça e a mandíbula é aberta e fechada, e a margem anterior do músculo masseter fica proeminente quando a mandíbula está fechada com os dentes apertados em oclusão. Com a boca aberta, é possível examinar todos os dentes e as tonsilas palatinas (quando presentes) e inspecionar e palpar os orifícios dos ductos parotídeos. A tonsila palatina situa-se entre os pilares anteriores e posteriores das fauces (arco palatoglosso e palatofaríngeo respectivamente). Os pacientes com um abscesso

peritonsilar (esquinência) apresentam aumento ipsilateral da tonsila com deslocamento da úvula palatina para o lado contralateral. A língua pode ser analisada quanto a sua aparência geral e quaisquer anormalidades do movimento, que podem refletir lesão neuronal. Pode ocorrer desvio da língua projetada para o lado acometido, perda e fasciculação muscular após lesão do nervo hipoglosso.

Glândula parótida

A glândula parótida é mole e indistinta e situa-se amplamente abaixo do meato acústico externo, situada num espaço estreito entre o ramo da mandíbula, o processo mastoide e músculo esternocleidomastóideo (Cap. 29). A margem anterior da glândula é representada por uma linha que desce a partir do côndilo da mandíbula até um ponto logo acima da metade do músculo masseter, e depois para um ponto aproximadamente 2 cm abaixo e atrás do ângulo da mandíbula. Sua margem superior côncava corresponde a uma curva traçada a partir do côndilo da mandíbula em todo o lóbulo da orelha até o processo mastoide. A margem posterior corresponde a uma linha traçada entre as extremidades posteriores das margens anterior e superior. Um grande tumor do lobo profundo da glândula parótida pode apresentar-se como uma massa intraoral. O ducto parotídeo origina-se na metade superior da glândula, ao longo de sua margem anterior. Ele percorre o músculo masseter até a margem anterior onde se curva acentuadamente e penetra no músculo bucinador subjacente, no lado oposto ao segundo molar permanente superior. O orifício do ducto é visível como uma pequena papila na bochecha oposta ao segundo dente molar superior. A canulação do ducto é essencial para os processos de sialografia, dilatação ductal e retirada de cálculos ductais (sialolitos) por cesta extratora. O ducto pode ser palpado pela face na margem anterior do músculo masseter contraído e seu curso pode ser representado pelo terço médio de uma linha traçada a partir da margem inferior do trago da orelha até o centro do filtro do lábio superior.

Pulsos

Pulso facial

O pulso facial pode ser sentido quando a artéria facial atravessa a margem inferior da mandíbula imediatamente na frente do músculo masseter, aproximadamente 1 cm lateral ao ângulo da boca.

Pulso da artéria temporal superficial

A artéria temporal superficial pode ser palpada imediatamente na frente do trago da orelha. Isto é de particular relevância durante a anestesia, quando o acesso ao paciente é frequentemente limitado à cabeça. A artéria divide-se em ramos frontal e parietal aproximadamente 2,5 cm acima do arco zigomático.

Nervos

Nervo facial

O nervo facial pode ser lesionado no seu curso extratemporal como resultado de traumatismo facial e laceração, ou iatrogenicamente durante cirurgia envolvendo as glândulas parótida, submandibular ou a articulação temporomandibular, ou ainda durante procedimentos de plástica facial. O conhecimento dos pontos de referência topográficos e cirúrgicos que ajudam na localização de seus ramos torna-se então essencial, se o nervo tiver de ser preservado durante a cirurgia.

O nervo sai do crânio pelo forame estilomastóideo e, portanto, fica inicialmente abaixo da margem posterior do meato acústico externo: o tronco principal do nervo fica cerca de 1 cm de profundidade e inferior ao ponto tragal. Ele geralmente se divide no interior da glândula parótida em troncos superior (temporofacial) e inferior (cervicofacial) que dão origem coletivamente a cinco ramos periféricos principais que irradiam por toda a face (Figs. 25.10, 29.17). Estudos de microdissecção cadavérica e intraoperatória revelaram que a distribuição dos ramos que se originam destes troncos é muito variável: a utilização de coordenadas anatômicas de superfície isoladamente para localizá-las não é, portanto, confiável e pode apenas fornecer uma aproximação da sua trajetória subjacente. O curso do(s) ramo(s) temporal(s) corresponde a uma linha que se estende anterior e superiormente a partir da fixação do lóbulo da face lateral da sobrancelha ipsilateral (aproximadamente 0,5 cm abaixo do trago) até um ponto acima. Este ramo é particularmente vulnerável a lesões à medida que percorre o arco zigomático e, em menor extensão, na sobrancelha lateral: ela pode ser lesionada na ritidectomia facial ou com elevação coronal ou endoscópica da sobrancelha. Têm-se descrito os ramos bucais como percorrendo tanto acima como abaixo do ducto parotídeo. O ramo marginal da mandíbula situa-se ao longo do corpo da mandíbula (80%) ou pode entrar brevemente no pescoço, onde se situa a 1,2 cm da margem inferior do corpo (20%). Os ramos que entram no pescoço fazem uma curva para cima e entram novamente na face cruzando a margem inferior da mandíbula na margem anterior do músculo masseter. Quando fazem isso, eles também cruzam a artéria e a veia facial. Em geral, as incisões de acesso à região submandibular do pescoço são, então, feitas pelo menos 1,5 cm (dois dedos de distância) abaixo da margem inferior da mandíbula, a fim de evitar lesões ao ramo marginal da mandíbula: a lesão resulta em paralisia ipsilateral dos músculos depressor do ângulo da boca e depressor do lábio inferior, produzindo uma deformidade típica.

Dermátomos

O nosso conhecimento da extensão dos dermátomos individualmente baseia-se amplamente em evidências clínicas. Os dermátomos da face originam-se principalmente de ramos cutâneos das três principais divisões do nervo trigêmeo (Fig. 25.10). A pele que cobre a frente e os lados do pescoço, o ângulo da mandíbula, a parte lateral do couro cabeludo e a face posterior da orelha (pavilhão) é inervada por ramos do plexo cervical (C2-C4), e a pele ao longo da parte de trás da cabeça é inervada pelo nervo occipital maior (C2, ramo posterior primário) (Figs. 25.10, 29.15 e 42.3).

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE DO PESCOÇO

Pontos de referência esqueléticos

A cabeça e o pescoço são extremamente móveis. A descrição adiante pressupõe, portanto, salvo indicação em contrário, que a cabeça é mantida em posição anatômica. O limite superior do pescoço é a linha pericraniocervical. Inferiormente o pescoço funde-se com o tórax e membros superiores no nível da clavícula e escápula. Várias características do esqueleto são facilmente palpáveis. Na parte de trás do pescoço, podem-se sentir as vértebras cervicais na linha mediana. O processo transverso da primeira vértebra cervical (atlas) pode se palpado na parte mais superior do pescoço, na cavidade entre o processo mastoide do osso temporal e a orelha externa. Logo abaixo, o processo transverso da segunda vértebra cervical (áxis) pode ser sentido na palpação profunda. Inferiormente, o processo espinhoso da sétima vértebra cervical (vértebra proeminente) é especialmente visível posteriormente ao longo da linha mediana, em particular quando o pescoço é flexionado. Os processos espinhosos cervicais restantes são indistintos porque são cobertos pelo ligamento nucal, que separa a musculatura pós-vertebral em ambos os lados. No entanto, os processos espinhosos da segunda, quinta e sexta vértebras cervicais podem ser sentidos em palpação mais profunda.

O osso hioide pode ser sentido alguns centímetros abaixo e atrás do queixo, especialmente se o pescoço for estendido. Pode ser palpado entre o dedo indicador e o polegar e movimentado de um lado para o outro. O osso hioide situa-se aproximadamente no nível da terceira vértebra cervical. A característica palpável mais evidente na parte anterior do pescoço abaixo do osso hioide é a cartilagem tireóidea, bem como a proeminência laríngea subcutânea ("pomo de adão") proeminente na linha mediana, que indica a linha de fusão das duas lâminas da cartilagem tireóidea. No homem, a proeminência laríngea em geral é bem visível, enquanto na mulher normalmente não é aparente, mesmo quando o pescoço é observado de lado. A margem superior curvada da cartilagem tireóidea e a incisura tireóidea superior são facilmente palpáveis. A cartilagem tireóidea situa-se no nível da quarta e quinta vértebras cervicais. A parte anterior do arco da cartilagem cricóidea pode ser sentido abaixo da margem inferior da cartilagem da tireóidea. A cartilagem cricóidea situa-se no nível da sexta vértebra cervical. O sulco entre as cartilagens cricóidea e tireóidea, preenchido pelo ligamento cricotireóideo mediano, é um local útil para acesso de emergência à via respiratória, em caso de obstrução no nível das pregas vocais ou superior a elas (punção cricotireóidea ou cricotireoidotomia). Na criança, as estruturas laríngeas situam-se em um nível mais alto. A traqueia pode ser palpada inferiormente à cartilagem cricóidea. Ela normalmente se situa na linha mediana, mas pode ser desviada por doença, como, por exemplo, pneumotórax por tensão ou tamponamento cardíaco. As cartilagens superiores da traqueia podem ser impalpáveis se forem cobertas pelo istmo da glândula tireoide, que junta os dois lobos da glândula na linha mediana do pescoço. A confirmação da anatomia de superfície do osso hioide, das cartilagens cricóidea e tireóidea e da incisura jugular é útil antes de se realizar uma traqueostomia.

A clavícula é um osso em forma sigmoide que é facilmente visível em pessoas magras e palpável em todos, exceto nos obesos mórbidos. Seus dois terços mediais são arredondados e convexos anteriormente e o terço lateral é plano e côncavo anteriormente. A incisura jugular situa-se entre as extremidades esternais (mediais) expandidas das clavículas: a sua margem inferior é a extremidade superior do manúbrio do esterno. Em grande parte de sua extensão, a clavícula pode ser quase sentida entre dois dedos, entretanto, medialmente seus anexos ligamentosos maciços tornam a definição mais difícil. A extremidade posterior da primeira costela às vezes pode ser sentida de maneira bastante imprecisa, uma vez que está localizada na fossa supraclavicular na raiz do pescoço entre os músculos esternocleidomastóideo e trapézio e acima da clavícula.

Tecidos moles e vísceras

Trígonos do pescoço

Observado de frente e de lado, o pescoço é, obviamente, dividido em trigonoscervical anterior e lateral (posterior) pelo músculo esternocleidomastóideo (Fig. 25.11). Em amostras cadavéricas dissecadas, o trígono cervical anterior pode ainda ser subdividido em trígonos submentual, muscular, carótico e submandibular e o trígono cervical lateral (posterior) pode ser dividido em trígonos "occipital" e "supraclavicular". Convém observar que as estruturas que formam as fronteiras de alguns destes trígonos menores não são facilmente visíveis ou palpáveis.

Trígono cervical anterior

A base do trígono cervical anterior é formada pela base da mandíbula e uma linha a partir do seu ângulo até o processo mastoide, e os lados são formados pela linha mediana anteriormente e a pela margem anterior do músculo esternocleidomastóideo lateralmente. O trígono é examinado de frente, mas é melhor examinado com as duas mãos e com o examinador de pé, atrás da pessoa, e utilizando os dedos de ambas as mãos para examinar as estruturas no interior do trígono. A inspeção revela a cabeça tendínea arredondada oblíqua da parte esternal do músculo esternocleidomastóideo, que aparece no ângulo superolateral do manúbrio do esterno, e a porção muscular mais vertical (parte clavicular), que surge a partir da superfície superior do terço médio da clavícula. Entre estas duas cabeças musculares geralmente existe uma cavidade que contém a veia jugular interna imediatamente antes de ela juntar-se à veia subclávia posteriormente à clavícula.

A traqueia e seus 'anéis' cartilíneos podem ser palpados inferiormente à cartilagem cricóidea. Se o dedo examinador for deslocado lateralmente, os lobos da glândula tireoide podem ser sentidos, especialmente se for solicitado ao indivíduo que degluta. A glândula tireoide é constituída por dois lobos que se situam em ambos os lados da cartilagem tireóidea e são ligados na linha mediana do pescoço por um istmo. A margem superior de cada lobo fica ao lado da metade inferior da lâmina da cartilagem tireóidea. A margem inferior vai em direção à extremidade esternal da clavícula. O istmo da glândula tireoide, com aproximadamente 2 cm de largura, situa-se na frente da traqueia, imediatamente abaixo da cartilagem cricóidea e, em geral, encontra-se sobrejacente aos segundo e terceiro 'anéis' traqueais.

Mantido superiormente, o dedo do examinador vai entrar no trígono submentual ou submandibular, nos quais se podem sentir linfonodos ou glândulas salivares aumentadas. A glândula submandibular estende-se aproximadamente 2 cm abaixo da margem inferior da mandíbula e atinge o nível aproximado do osso hioide. Sua margem posterior é nivelada com o ângulo da mandíbula; sua margem anterior estende-se para a frente aproximadamente 4 cm.

Deve-se observar que acima do osso hioide a musculatura percorre uma direção predominantemente horizontal ou oblíqua, e abaixo do osso hioide adquire um trajeto vertical. Os linfonodos acima do osso hioide tendem a estar em um plano horizontal e residem principalmente logo abaixo da linha pericraniocervical, enquanto os linfonodos cervicais profundos correm verticalmente e estão relacionados com a veia jugular interna. Excetuando-se alguns linfonodos retroviscerais e alguns linfonodos abaixo do músculo esternocleidomastóideo, membros de todos os grupos de linfonodos na cabeça e pescoço são clinicamente palpáveis quando aumentados.

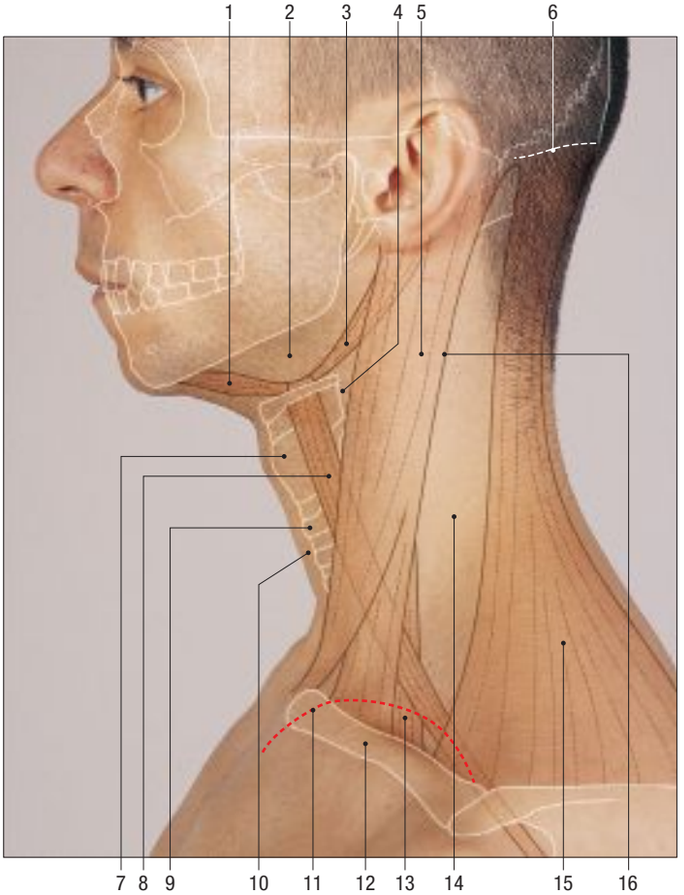


Fig. 25.11 Trígonos cervicais anterior e lateral (posterior). **1.** Ventre anterior do músculo digástrico. **2.** Trígono submandibular. **3.** Ventre posterior do músculo digástrico. **4.** Trígono carótico. **5.** Músculo esternocleidomastóideo. **6.** Linha nucal superior. **7.** Cartilagem tireóidea. **8.** Músculo omo-hióideo. **9.** Cartilagem cricóidea. **10.** Trígono muscular. **11.** Ápice do pulmão. **12.** Clavícula. **13.** Músculo escaleno anterior. **14.** Trígono cervical lateral (posterior). **15.** Trapézio. **16.** Ponto de Erb.

Trígono cervical lateral (posterior)

Os limites do trígono cervical lateral (posterior) são a margem posterior do músculo esternocleidomastóideo, o terço médio da superfície superior da clavícula, que constitui a base, e a margem anterior do músculo trapézio. O vértice é o ponto onde os músculos esternocleidomastóideo e trapézio aproximam-se um do outro na linha nucal superior. A porção inferior do trígono cervical lateral (posterior) constitui a fossa supraclavicular maior, uma área clínica muito importante, que está logo acima e atrás da clavícula na confluência da abertura superior do tórax e da abertura para a axila e o braço. É melhor examinado de frente, mas palpado por trás, quando um examinador destro fica de pé atrás e à direita do indivíduo.

Ao examinar a fossa supraclavicular maior, a pulsação das grandes veias pode ser observada se a pressão venosa central for elevada. A veia jugular externa, uma estrutura visivelmente proeminente, pode ser distendida devido à torcedura, elevação da pressão venosa ou obstrução (ver adiante). A fossa supraclavicular maior é um local comum no qual se pode palpar linfonodos patologicamente aumentados. Em particular, cânceres da porção superior do trato gastrointestinal e do pulmão frequentemente disseminam para o grupo de linfonodos supraclaviculares. A extremidade posterior da primeira costela pode ser sentida como um aumento de volume na face posterior da fossa. A artéria subclávia pode ser sentida pulsando à medida que cruza a primeira costela, e os troncos do plexo braquial podem ser sentidos acima e por trás dele. Um ponto de aproximadamente 2,5 cm acima do centro do terço médio da clavícula marca o nível do colo da primeira costela e, portanto, a superfície que marca o ápice da cúpula da pleura e do pulmão: qualquer ferimento penetrante (iatrogênicos ou não) nesta região apresentará risco de criar um pneumotórax.

Raiz do pescoço

A raiz do pescoço (Cap. 28) é a zona de transição entre o pescoço, o tórax e ambos os membros superiores. Contém inúmeras estruturas importantes, incluindo a traqueia e o esôfago na linha mediana, os ápices dos pulmões cobertos pela cúpula da pleura, a artéria carótida comum, as artérias subclávias, os ramos dos troncos tireocervicais, as veias jugulares internas, os nervos frênico e vago, os troncos simpáticos cervicais, as raízes do plexo braquial em ambos os lados e as terminações dos ductos torácico e linfático direito nos lados esquerdo e direito, respectivamente.

Curso dos vasos

Artérias carótidas

No pescoço, a artéria carótida comum e sua continuação, a artéria carótida interna, podem ser representadas por uma linha mais ou menos reta a partir da articulação esternoclavicular até um ponto imediatamente atrás do côndilo da mandíbula. No nível da margem superior da cartilagem tireóidea (aproximadamente em um nível entre a terceira e a quarta vértebras cervicais) a artéria carótida comum divide-se nas artérias carótidas externa e interna. A artéria carótida comum pode ser comprimida contra o proeminente processo transverso da sexta vértebra cervical (tubérculo de Chassaignac ou carótico). Acima deste nível a artéria é superficial e sua pulsação pode ser facilmente sentida abaixo da margem anterior do músculo esternocleidomastóideo. O pulso é produzido tanto pelas raízes dos ramos principais quanto pelas artérias carótida interna e externa, e este é, portanto, um dos principais locais no corpo para se sentir o pulso.

Artéria subclávia

A artéria subclávia entra na raiz do pescoço atrás da articulação esternoclavicular. Arqueia para cima atingindo um ponto aproximadamente 2 cm

acima da clavícula abaixo da margem posterior do músculo esternocleidomastóideo e, em seguida, passa em toda a superfície superior da primeira costela atrás do terço médio da clavícula. O pulso subclávio pode, portanto, ser localizado atrás da clavícula na margem lateral do músculo esternocleidomastóideo ou onde a artéria cruza a primeira costela.

Veia jugular anterior

A veia jugular anterior faz um trajeto descendente abaixo do queixo a aproximadamente um dedo de distância da linha mediana. Ela vira lateralmente, aproximadamente 2,5 cm da extremidade esternal da clavícula, e passa por baixo do músculo esternocleidomastóideo drenando para a veia jugular externa. As veias de cada lado juntam-se formando um arco jugular um pouco acima do manúbrio do esterno. A veia pode ser encontrada se o cirurgião desviar lateralmente enquanto cria uma via respiratória cirúrgica.

Veia jugular externa

A veia jugular externa situa-se superficialmente ao músculo esternocleidomastóideo e pode ser representada por uma linha que começa logo abaixo e atrás do ângulo da mandíbula e se estende até a clavícula, perto da margem posterior do músculo esternocleidomastóideo (Fig. 25.3). Ela drena para a veia subclávia após penetrar a lâmina superficial da fáscia cervical e pode ser torcida neste ponto. Se a parte proximal da veia estiver lesionada, pode ser mantida aberta pela fáscia circundante: o ar pode então ser sugado resultando em um êmbolo de ar. A veia jugular externa pode ser distendida se a pressão venosa for elevada, por exemplo, pela realização da manobra Valsalva (expiração forçada contra uma boca fechada e narinas bloqueadas) ou por pressão digital supraclavicular.

Veia jugular interna

A veia jugular interna percorre a bainha da carótica, situando-se imediatamente lateral às artérias. Tem, portanto, marcas de superfície semelhantes àquelas descritas para as artérias carótidas comum e interna e é representada na projeção da superfície por uma faixa ampla a partir do lobo da orelha até a extremidade medial da clavícula, onde se junta à veia subclávia. O bulbo inferior da veia jugular interna situa-se na fossa supraclavicular menor (a depressão entre as cabeças esternal e clavicular do músculo esternocleidomastóideo): este é um dos vários locais no qual a veia jugular interna pode ser avaliada para canulação central da veia (Cap. 28). O pulso venoso jugular reflete a pressão venosa jugular (pressão venosa central) e é uma medida da função cardíaca. A pulsação das veias maiores pode ser observada nesta região caso a pressão venosa central esteja elevada (por exemplo, insuficiência cardíaca do lado direito). A canulação da veia jugular interna é descrita no Capítulo 28.

Veia subclávia

A veia subclávia faz o trajeto imediatamente abaixo da artéria subclávia. A canulação da veia subclávia é descrita no Capítulo 28.

Curso dos nervos

Raiz espinal do nervo acessório

O trajeto da raiz espinal do nervo acessório pode ser indicado por uma linha que atravessa o assoalho do trígono cervical lateral (posterior) passando da junção do terço superior e terços médios da margem posterior do músculo esternocleidomastóideo (ponto de Erb; Fig. 25.11) até a junção dos terços inferior e médio da margem anterior do músculo trapézio. O trajeto do nervo também pode ser representado por uma linha que une o processo transverso palpável do atlas (aproximadamente 1 cm abaixo do processo mastoide) até a margem anterior do músculo trapézio, 5 cm acima da clavícula.

Plexo cervical

Os ramos cutâneos do plexo cervical emergem por trás da margem posterior do músculo esternocleidomastóideo, logo abaixo da raiz espinal do nervo acessório (Fig. 25.10).

Plexo braquial

As raízes e troncos do plexo braquial podem ser representados por uma linha que passa entre o meio da margem posterior do músculo esternocleidomastóideo e o meio da clavícula. Em indivíduos magros, os músculos escalenos são visíveis quando a cabeça está fletida lateralmente para o lado contralateral e os ramos anteriores dos nervos espinais (as raízes) são palpáveis atrás do músculo escaleno anterior. Os troncos ficam no trígono cervical lateral (posterior) e as divisões estão por trás da clavícula perto da margem lateral da primeira costela. Os fascículos entram na axila acima da primeira parte da artéria subclávia, envolvem sua segunda parte e dão origem aos ramos terminais ao redor da terceira parte.

Gânglios cervicais simpáticos

O gânglio cervical superior situa-se ligeiramente anterior ao processo transverso (palpável) da segunda vértebra cervical, enquanto o gânglio cervical médio, quando presente, situa-se logo em frente ao processo transverso da sexta vértebra cervical (que é difícil de palpar). O gânglio cervical inferior pode ser fundido com o primeiro gânglio cervical torácico, formando o gânglio cervicotorácico (ou estrelado). O bloqueio do gânglio cervicotorácico frequentemente é empregado para realizar o bloqueio nervoso simpático para a cabeça e pescoço, ou até o braço: a marca de superfície é aproximadamente no nível do processo transverso da sétima vértebra cervical (situada dois dedos de distância acima da articulação esternoclavicular quando o pescoço está completamente estendido) (Ellis et al., 1997).

REFERÊNCIAS

Day JD, Tschabitscher M 1998 Anatomic position of the asterion. Neurosurgery 42: 198–9.

Ellis H, Feldman S, Lawson S 1997 Anatomy for Anaesthetists, 7th edn. Oxford: Blackwell Science.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 26

O exterior do crânio

O crânio é o esqueleto ósseo da cabeça. Ele protege o encéfalo, os órgãos dos sentidos especiais e as partes cranianas do sistema respiratório e digestório, e possibilita inserções para muitos dos músculos da cabeça e pescoço. O movimento da mandíbula ocorre na articulação temporomandibular.

O crânio sem a mandíbula pode ser subdividido em duas regiões. A abóbada craniana ou neurocrânio contém o encéfalo, as meninges cranianas e o líquido cerebrospinal, enquanto o esqueleto facial ou viscerocrânio pende a partir da frente do neurocrânio e abriga os órgãos dos sentidos especiais.

O crânio é a estrutura óssea mais complexa do corpo: o crânio do adulto jovem é composto por uma média de 28 ossos separados, muitos dos quais são pares, embora alguns no plano mediano sejam ímpares. A maior parte dos ossos da abóbada é plana e consiste em duas lâminas ou placas de osso compacto que encerram uma camada estreita de tecido esponjoso relativamente densa (díploe). A medula nos ossos do crânio é um local de hematopoiese, pelo menos no indivíduo jovem. Estes ossos formam-se por ossificação intramembranácea de um tecido conjuntivo altamente vascularizado e frequentemente têm sido chamados de 'dérmicos' em deferência à sua alegada antiga origem filogenética. A lâmina interna é mais fina e mais quebradiça, enquanto a externa tende a ser mais espessa e mais resistente: é importante lembrar-se disto ao se analisar fraturas do crânio causadas por traumatismo fechado ou aberto. Os ossos do crânio variam em espessura em diferentes regiões, tendendo a ser mais finos quando são cobertos por músculos, por exemplo, na região temporal, e mais espessos onde há inserção de músculos, por exemplo, na região occipital. As regiões mais finas são mais propensas a fraturas.

A maioria dos ossos do crânio é mantida firmemente junta por articulações fibrosas denominadas suturas: no crânio em desenvolvimento as suturas possibilitam o crescimento. As três principais formas suturais são dependentes da magnitude das forças colocadas sobre elas. Assim, as margens dos ossos adjacentes de uma sutura podem ser lisas e encontrar-se nas extremidades, produzindo uma sutura plana (extremidades aplainadas) (p. ex., sutura palatina mediana); escamosas, de modo que a borda de um osso sobrepõe-se à outra (p. ex., sutura parietomastóidea); ou apresentam inúmeras projeções que se interligam, conferindo uma aparência serrátil (p. ex., sutura sagital). A complexidade das suturas serráteis aumenta a partir da superfície interna para a externa. A fusão entre as suturas (sinostose) pode começar logo no início da terceira década, embora a sua variabilidade impeça o uso desta informação para avaliar a idade de morte em crânios com qualquer grau de precisão. O processo de fusão começa primeiramente na superfície interna do crânio e prossegue externamente; a sutura sagital é frequentemente uma das primeiras afetadas. Na meia-idade, muitas das suturas maiores irão apresentar evidências de sinostose, embora haja algumas que raramente apresentam fusão, por exemplo, a zigomaticofacial. A fusão prematura das suturas durante o início da fase de crescimento do crânio resultará em várias anormalidades.

Os ossos que formam a base do crânio desenvolvem-se principalmente através de ossificação endocondral e também desempenham um importante papel no crescimento global da face e do neurocrânio. As articulações entre os ossos na base do crânio são cartilagíneas primárias. Uma das mais importantes é a sincondrose esfenoccipital entre o corpo do esfenoide anteriormente e a parte basilar do osso occipital posteriormente: a fusão é concluída entre 13 e 18 anos de idade.

Existem apenas dois locais de articulação sinovial associados ao exterior do crânio – a articulação temporomandibular com a mandíbula e a articulação atlantoccipital entre os côndilos do osso occipital e as faces articulares superiores do atlas. A rotação do crânio não envolve diretamente quaisquer articulações do crânio, mas ocorre na articulação atlantoaxial entre a primeira e a segunda vértebras cervicais.

Muitos nervos e vasos importantes passam para dentro e para fora do crânio através de aberturas (forames). O crânio é um local importante de fraturas resultantes de traumatismo, o que significa que essas estruturas podem ser lesionadas como resultado de um ferimento na cabeça. Além dos forames principais, forames emissários irregulares possibilitam que veias situadas externamente na face e couro cabeludo comuniquem-se com aquelas que se situam intracranialmente. A propagação de infecção ao longo dessas rotas pode ter consequências clínicas graves.

Na descrição do crânio que se segue, apenas observações padronizadas generalizadas do crânio serão consideradas. Uma descrição mais detalhada de cada osso isoladamente será encontrada associada a um texto regional relevante.

NORMA FRONTAL

Visto de frente, o crânio geralmente tem forma ovoide e é mais largo em cima do que embaixo (Fig. 26.1). A parte superior é formada pelo osso frontal, que está subjacente à região da testa acima das órbitas. Superomedial a cada órbita há um arco superciliar arredondado (mais acentuado no sexo masculino) entre o qual pode haver uma elevação mediana, a glabela. A glabela pode apresentar os remanescentes da sutura interfrontal (metópica), que está presente em cerca de 9% dos crânios dos adultos. Acima de cada arco superciliar há uma tuberosidade ou eminência frontal ligeiramente elevada que geralmente é mais evidente nas mulheres. Abaixo, onde os ossos nasais encontram o osso frontal, há uma depressão marcando a raiz do nariz. O osso frontal articula com os dois ossos nasais nas suturas frontonasais; o ponto em que as suturas frontonasal e internasal encontram-se é o ponto de referência antropométrico conhecido como násio.

A parte superior da face é ocupada pelas órbitas e pela ponte do nariz. Cada abertura orbital é aproximadamente quadrangular (Cap. 39). A margem superior, supraorbital, é inteiramente formada pelo osso frontal, interrompida na junção dos seus dois terços laterais distintos e do terço medial arredondado pela incisura supraorbital ou forame, que transmite os vasos e nervo supraorbitais. A margem lateral da órbita é formada em grande parte pelo processo frontal do osso zigomático e é concluída acima pelo processo zigomático do osso frontal; a sutura entre elas encontra-se em uma depressão palpável. A margem infraorbital é formada pelo osso zigomático lateralmente e maxila medialmente. Tanto as margens laterais como as infraorbitais são nítidas e palpáveis. A margem medial da órbita é formada acima pelo osso frontal e abaixo pela crista lacrimal anterior do processo frontal da maxila.

A parte central da face é ocupada principalmente pelas duas maxilas, separadas anteriormente pela abertura piriforme. Cada maxila contribui para o assoalho da órbita, a parede lateral do nariz, o assoalho da abertura piriforme e o esqueleto da bochecha. Medialmente, a maxila forma a incisura nasal que é o assoalho e borda inferolateral da abertura piriforme. A espinha nasal anterior proeminente coroa a sutura intermaxilar na margem inferior da abertura piriforme e é palpável no septo nasal. O forame infraorbital, que transmite os vasos e nervo infraorbitais, situa-se cerca de 1 cm abaixo da margem infraorbital. O processo alveolar da maxila sustenta os dentes. O processo zigomático curto e espesso da maxila possui uma superfície superior oblíqua que articula com o osso zigomático na sutura zigomaticomaxilar. O processo frontal da maxila sobe posterolateralmente ao osso nasal, articulando com o osso frontal.

A abertura piriforme tem forma piramidal, e é mais larga embaixo do que em cima, sendo delimitada pelos ossos nasais e maxilas na parte de baixo. O limite superior da abertura é formado pelos ossos nasais, enquanto o restante é formado pelas maxilas. Em vida, diversas cartilagens (do septo nasal, lateral, alar maior e menor) ajudam a delinear duas cavidades nasais (Cap. 32). O crânio sem carne apresenta uma única abertura nasal anterior, porque estas cartilagens são perdidas durante a preparação ou decomposição. No entanto, a forma destes ossos pode ser utilizada com bastante êxito para prever a forma da região cartilagínea do nariz.

A parte inferior da face, abaixo do nariz, é formada a partir do arco alveolar das maxilas e dos dentes superiores e o corpo da mandíbula, o processo alveolar da mandíbula e os dentes inferiores. Na linha mediana, a protuberância mentual produz a típica proeminência do queixo. O forame mentual, que transmite o nervo mentual e os vasos acompanhantes, situa-se no mesmo plano vertical que os forames supraorbital e infraorbital.

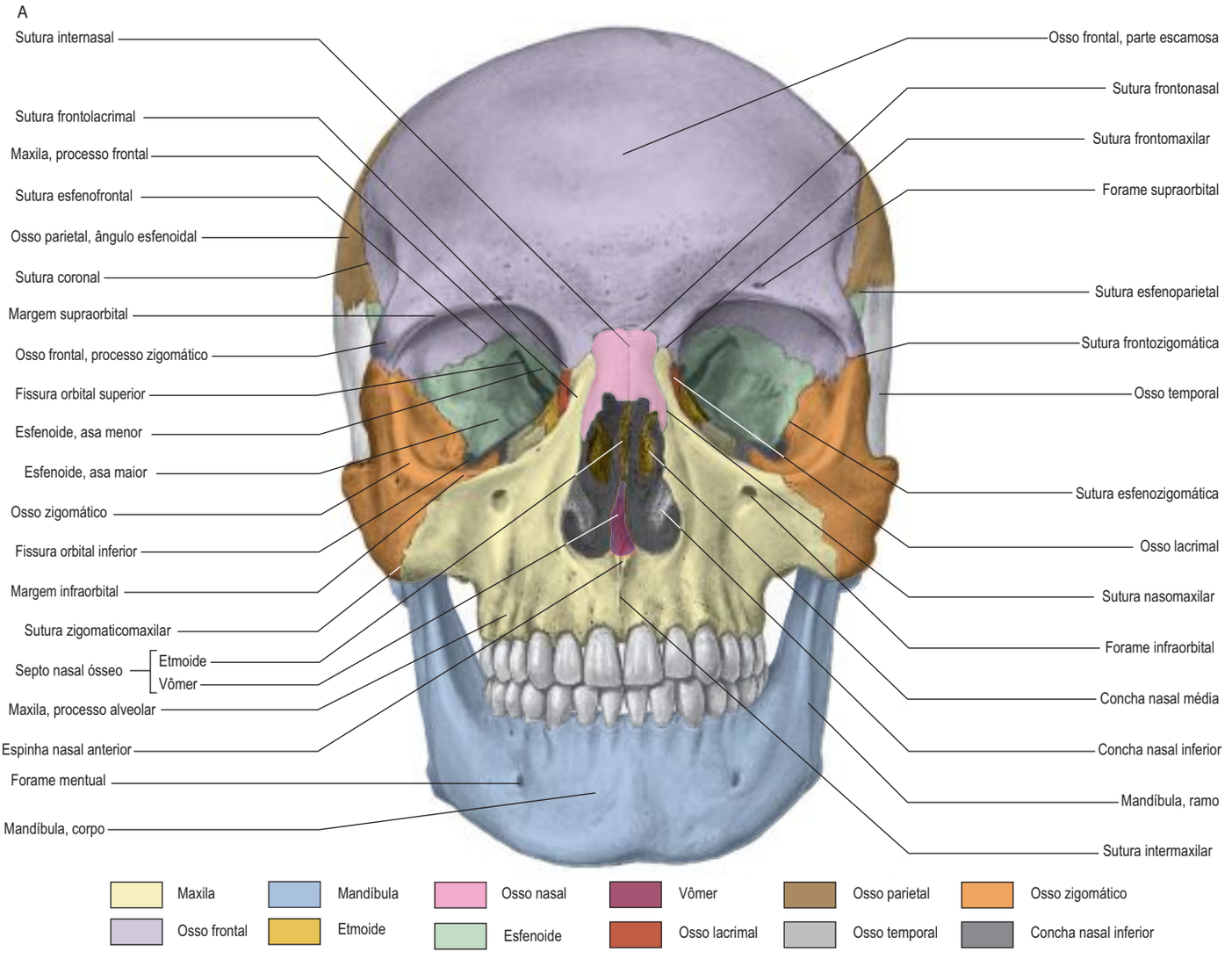


Fig. 26.1 A, Ossos do crânio adulto, vista frontal. (De Sobotta 2006.) **B**, Vista anteroposterior do crânio e parte superior da região cervical superior, adulto jovem.
1. Sutura sagital. **2.** Seio frontal. **3.** Crista etmoidal. **4.** Células aéreas mastóideas. **5.** Septo nasal. **6.** Concha nasal inferior. **7.** Dente do áxis. (**B** por cortesia de Mr. Eric Whaites, Dental Institute, King's College, London.)

Radiografias AP do crânio mostram claramente a localização central dos seios paranasais no osso frontal, na maxila e no etmoide. Estes podem ser indicadores especialmente úteis da identidade quando imagens *postmortem* são comparadas com exames clínicos *premortem*.

NORMA OCCIPITAL

Os ossos parietal, temporal e occipital constituem a totalidade do ângulo posterior de visão (Fig. 26.2). A região superolateral é ocupada pelos ossos parietais, a região mastóidea dos ossos temporais compreende as regiões inferolaterais e a porção central é ocupada pelo osso occipital, que é a razão pela qual este ângulo também é chamado de ângulo occipital. Os ossos parietais articulam com o osso occipital na sutura lambdóidea e estendem-se inferiormente para as suturas occipitomastóidea e parietomastóidea atrás e acima do processo mastoide respectivamente. Os ossos suturais são ilhas de ossos que são comumente encontradas dentro da sutura lambdóidea. Eles podem originar-se de centros de ossificação distintos e parecem não ter qualquer importância clínica, sendo de etiologia genética e não patológica. Um osso interparietal grande não é incomum e é por vezes chamado de osso Inca (Fig. 26.2).

A protuberância occipital externa é uma crista da linha mediana ou um processo distinto sobre o osso occipital que pode tornar-se particularmente bem desenvolvido no sexo masculino. As linhas nucais supe-

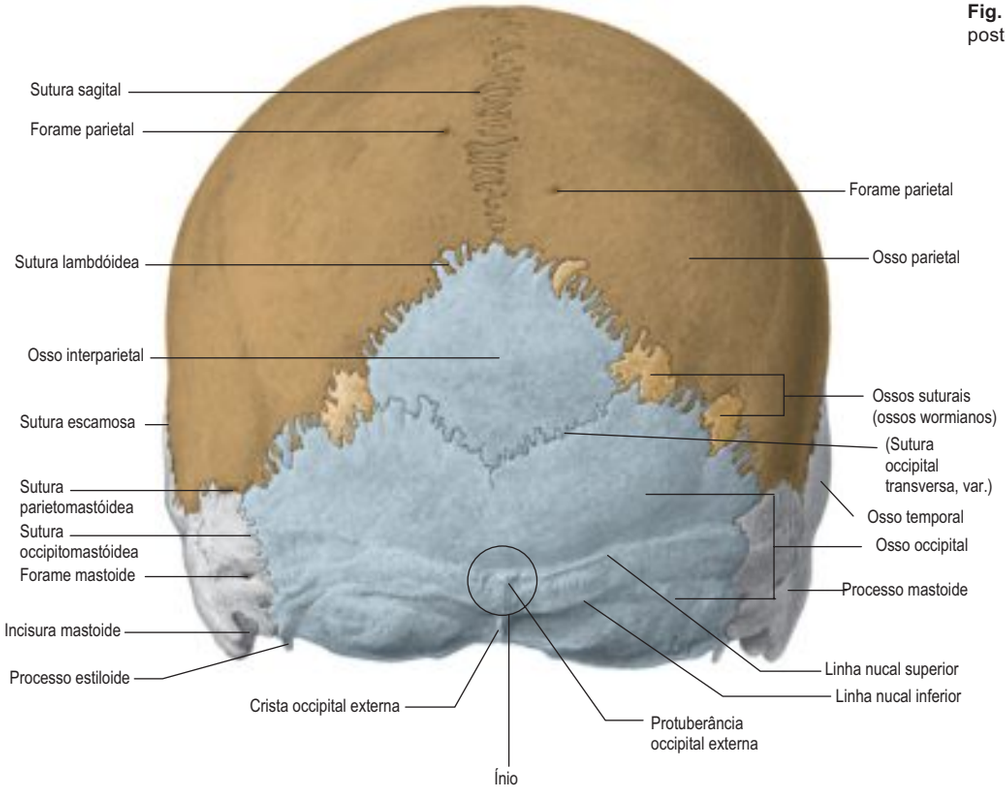


Fig. 26.2 Ossos do crânio adulto, aspecto posterior. (De Sobotta 2006.)

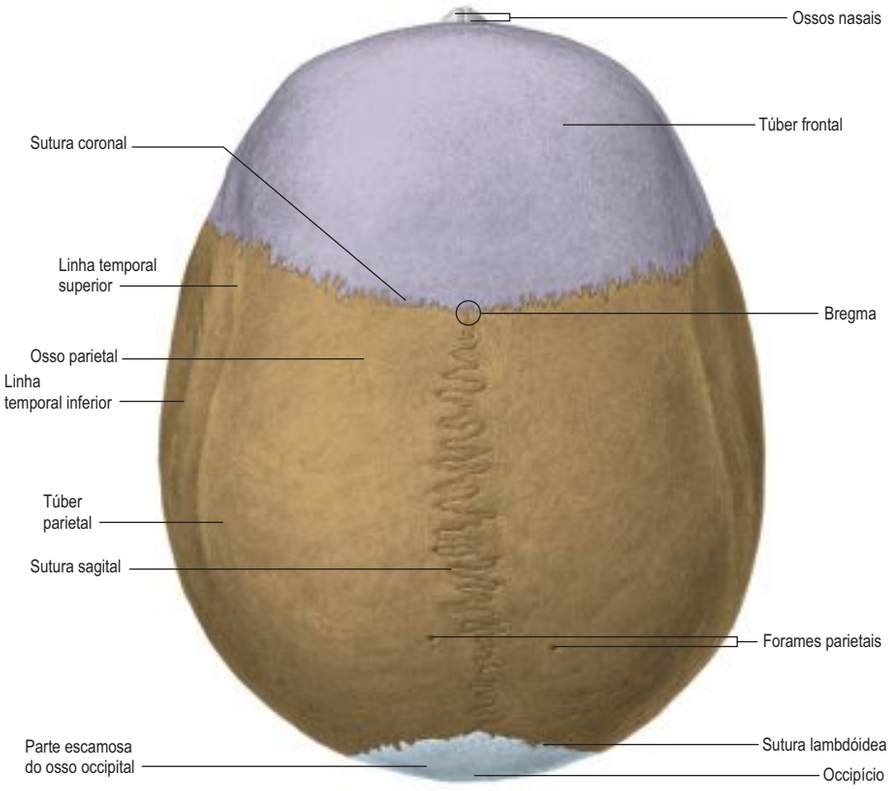


Fig. 26.3 Ossos do crânio adulto, vista superior. (De Sobotta 2006.)

riores estendem-se lateralmente a partir da protuberância e representam o limite entre o couro cabeludo e o pescoço. As linhas nucais inferiores seguem paralelas às, e abaixo das, linhas nucais superiores; um conjunto de linhas nucais mais altas pode, algumas vezes, ocorrer acima das linhas superiores. A protuberância occipital externa, linhas nucais e superfície externa áspera do osso occipital entre as linhas da nuca, todos promovem fixação aos músculos do pescoço.

NORMA VERTICAL

Visto de cima, o contorno da abóbada craniana varia muito, mas geralmente é elipsoide, ou, mais rigorosamente, um ovoide modificado com a sua maior largura situada mais próxima ao pólo occipital (Fig. 26.3). Quatro ossos constituem este ângulo e articulam-se por meio de três suturas bem definidas. A escama frontal é anterior, a escamosa occipital é posterior e os dois ossos parietais encontram-se na linha mediana e separam o osso frontal do occipital. A máxima convexidade parietal em cada local é palpável no túber parietal: é mais evidente nas mulheres que mantém ostensivamente uma aparência pedomórfica. As linhas temporais superior e inferior passam próximas do túber parietal, mas são melhor observadas em um ângulo lateral.

A sutura coronal marca a articulação entre a margem posterior do osso frontal e as margens anteriores dos ossos parietais. Ela desce através da abóbada craniana e se projeta inferiormente até encontrar a junção entre a asa maior do esfenoide e a parte escamosa do osso temporal no ptério. A sutura sagital percorre a linha mediana entre os dois ossos parietais e estende-se desde o bregma anteriormente até o lambda posteriormente. A sutura lambdóidea delineia a articulação entre as bordas posteriores dos ossos parietais direito e esquerdo e a borda superior do osso occipital.

O bregma representa a posição do fontículo anterior fetal e é a junção entre as suturas coronal e sagital. O fontículo anterior é um espaço preenchido por membrana em forma de diamante situado entre os dois ossos frontais e os dois ossos parietais do crânio fetal em desenvolvimento e persiste até aproximadamente 18 meses após o nascimento. O lambda, na junção das suturas sagital e lambdóidea, é o local do fontículo posterior, que persiste durante os primeiros 2-3 meses após o nascimento.

Um forame parietal pode perfurar um ou ambos os ossos parietais próximos da sutura sagital cerca de 3,5 cm anterior ao lambda. Ele transmite uma pequena veia emissária a partir do seio sagital superior. O vértice é o ponto mais alto do crânio e geralmente ocupa uma posição no terço médio da sutura sagital.

NORMA LATERAL

O crânio, observado de lado, pode ser subdividido em três zonas: face (anterior); região temporal (centro), região occipital (posterior) (Fig. 26.4). A face foi considerada na seção sobre a vista anterior do crânio.

A região temporal pode ser dividida em uma fossa temporal superiormente e uma fossa infratemporal inferiormente, separadas pelo arco zigomático. A fossa temporal é delimitada inferiormente pelo arco zigomático, superior e posteriormente pelas linhas temporais e anteriormente pelo processo frontal do osso zigomático, e é contínua inferiormente com a fossa infratemporal abaixo do arco zigomático. As linhas temporais frequentemente apresentam-se anteriormente como cristas distintas, mas tornam-se muito menos proeminentes quando arqueiam posteriormente através do osso parietal. Na verdade, a linha superior pode tornar-se bastante indistinta posteriormente. A linha temporal inferior torna-se mais proeminente à medida que curva para baixo em direção à região posterior da parte escamosa do osso temporal, formando uma crista supramastóidea na base do processo mastoide. A linha temporal superior fixa-se à fáscia temporal enquanto que a linha temporal inferior fixa o músculo temporal.

O assoalho da fossa temporal é formado pelos ossos frontal e parietal superiormente e a asa maior do esfenoide e a parte escamosa do osso temporal inferiormente. Todos os quatro ossos de um lado encontram-se em uma junção sutural em forma de H denominada ptério. Este é um importante ponto de referência antropométrico, uma vez que está sobrejacente tanto ao ramo anterior da artéria meníngea média como ao sulco lateral do hemisfério cerebral. O ptério corresponde ao local do fontículo anterolateral (esfenoidal) do crânio do recém-nascido que se fecha no terceiro mês após o nascimento.

A sutura vertical entre os ossos esfenoide e temporal, a sutura esfenoescamosa, é formada pela articulação entre a borda posterior da asa maior do esfenoide e a borda anterior da parte escamosa do osso temporal.

A face lateral do ramo da mandíbula será descrito brevemente aqui, pois sua posição se localiza no interior da região média desta vista do crânio (Cap. 31). O ramo é uma lâmina de osso que se projeta para cima a partir da parte de trás do corpo da mandíbula; sua face lateral fornece fixação ao músculo masseter. O ramo ostenta dois processos proeminentes superiormente, o processo coronoide anteriormente e o processo condilar posteriormente, separados pela incisura da mandíbula. O processo coronoide é o local de inserção do músculo temporal e o processo condilar articula-se com a fossa mandibular do osso temporal na articulação temporomandibular. As bordas posterior e inferior da mandíbula encontram-se no ângulo, que é muitas vezes alargado no homem pelo fato de o local de inserção do músculo ser maior para o pterigóideo medial sobre a superfície interna.

O arco zigomático mantém-se destacado do restante do crânio, e as fossas temporal e infratemporal comunicam-se por meio do espaço assim criado. Durante a vida, este espaço é preenchido em grande parte pelo músculo temporal. O osso zigomático é o principal osso da "maçã do rosto", juntamente com os processos zigomáticos das maxilas e ossos temporais. O termo 'arco zigomático' é geralmente restrito ao processo temporal do osso zigomático e processo zigomático do osso temporal, que articulam na sutura zigomaticotemporal. A sutura entre o processo zigomático do osso frontal e o processo frontal do osso zigomático é a sutura frontozigomática, aquela entre a margem maxilar do osso zigomático e o processo zigomático da maxila é a sutura zigomaticomaxilar e aquela entre o esfenoide e o zigomático é a sutura esfenozigomática. À medida que o processo zigomático do osso temporal passa posteriormente, torna-se associado ao tubérculo articular da fossa mandibular anteriormente e à crista supramastóidea posteriormente.

O osso temporal é uma estrutura proeminente sobre a face lateral do crânio. Sua parte escamosa situa-se no assoalho da fossa temporal e seu processo zigomático contribui para a estrutura da "maçã do rosto". Os componentes adicionais visíveis no aspecto lateral do crânio são a fossa mandibular e seu tubérculo articular, a parte timpânica, o meato acústico externo, bem como os processos mastoide e estiloide.

A fossa mandibular é a parte da articulação temporomandibular com a qual o processo condilar da mandíbula articula. É delimitada na frente pelo tubérculo articular e atrás pela parte timpânica. O tubérculo articular proporciona uma superfície sobre a qual o processo condilar da mandíbula desliza durante movimentos mandibulares (Cap. 31).

A parte timpânica do osso temporal contribui com grande parte da margem do meato acústico externo, bem como com a parte escamosa da região posterossuperior (Cap. 36). A margem externa torna-se áspera para promover uma fixação para a parte cartilagínea do meato. Uma pequena depressão, o trígono suprameatal, situa-se acima e atrás do meato e está relacionada com a parede lateral do antro mastóideo.

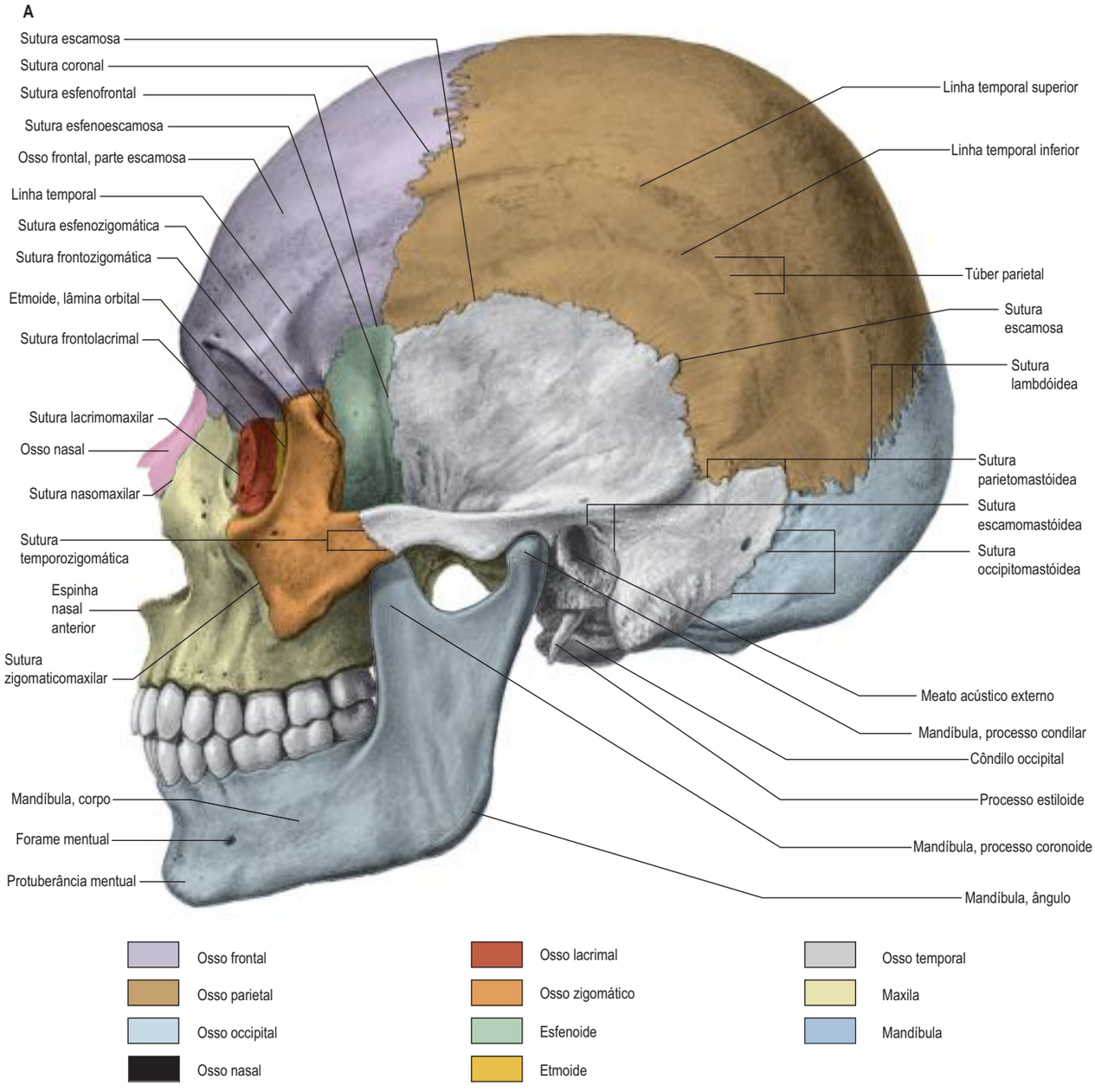
O processo mastoide é uma projeção inferior pequena do osso temporal, que se situa posteroinferiormente ao meato acústico externo e é o local de inserção do músculo esternocleidomastóideo. Fica em contato, na parte posterior, com o ângulo posteroinferior do osso parietal na sutura parietomastóidea e com a parte escamosa do osso occipital na sutura occipitomastóidea. Estas duas suturas encontram a extremidade lateral da sutura lambdóidea no astério, que coincide com o local do fontículo posterolateral no crânio do recém-nascido e que se fecha durante o segundo ano. Um forame mastóideo pode ser encontrado próximo da sutura occipitomastóidea ou sobre ela e transmite uma veia emissária a partir do seio sigmóideo. Os ossos da sutura podem aparecer na sutura parietomastóidea.

O processo estiloide situa-se anterior e medial ao processo mastoide e promove a inserção a diversos músculos e ligamentos. Sua base é parcialmente abrigada pela parte timpânica e ela desce anteromedialmente, sendo que sua ponta, em geral, atinge um ponto medial à margem posterior do ramo da mandíbula. No entanto, o processo estiloide é muito variavelmente desenvolvido, e sua média de comprimento, vai de poucos milímetros a poucos centímetros.

A fossa infratemporal é um espaço pós-maxilar irregular situado abaixo do ramo da mandíbula; ele comunica-se com a fossa temporal abaixo do arco zigomático (Cap. 31). É mais bem visualizada, portanto, quando a mandíbula é removida mas, para uma abrangência completa, é considerada aqui. Seu teto é a face infratemporal da asa maior do esfenoide. A lâmina lateral do processo pterigoide situa-se medialmente à fossa e o ramo da mandíbula e o processo estiloide situam-se lateral e posteriormente, respectivamente. A fossa infratemporal não tem assoalho anatômico. Suas paredes anterior e medial são separadas acima pela fissura pterigomaxilar que se situa entre a lâmina lateral do processo pterigoide e a parede posterior da maxila. A fossa infratemporal comunica-se com a fossa pterigopalatina através da fissura pterigomaxilar.

NORMA BASILAR

A face inferior do crânio, a base do crânio, é complexa: estende-se desde os dentes incisivos superiores anteriormente até as linhas nucais superiores do osso occipital posteriormente (Fig. 26.5). A região contém muitos dos forames através dos quais, estruturas entram e saem da cavidade do



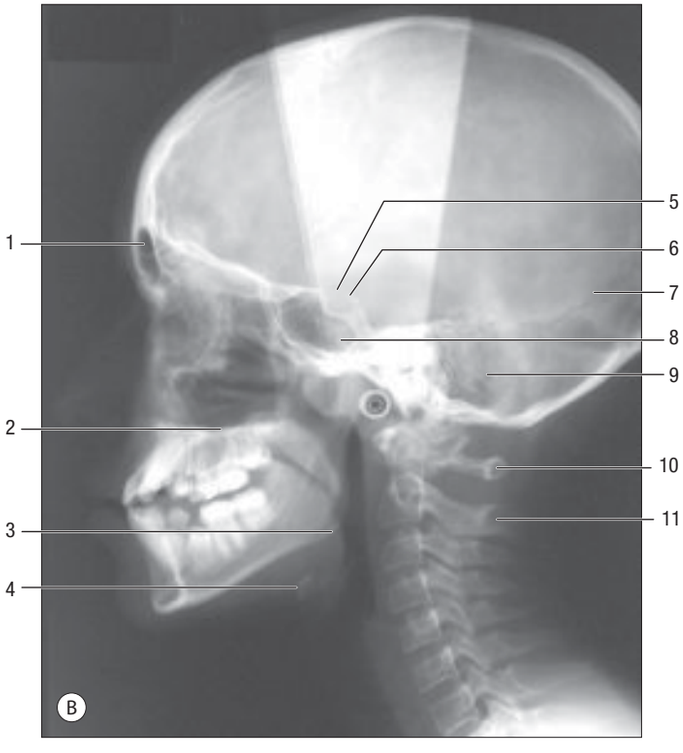


Fig. 26.4 A, Ossos do crânio adulto, vista lateral. (De Sobotta 2006.) **B,** Crânio lateral cefalométrico verdadeiro e região cervical da coluna vertebral, adulto jovem. A cabeça é mantida em estado cefálico para obter ângulo lateral verdadeiro. O círculo concêntrico é o bastonete auricular localizado no meato acústico externo (bilateralmente) e a área mais clara sobre o terço médio do crânio é a faixa para cabeça. Os tecidos moles da face podem ser imediatamente observados. **1.** Seio frontal. **2.** Palato duro. **3.** Ângulo da mandíbula. **4.** Osso hioide. **5.** Fossa hipofisial. **6.** Processo clinoide posterior. **7.** Sutura lambdóidea. **8.** Seio esfenoidal. **9.** Células aéreas mastóideas. **10.** Tubérculo posterior do atlas. **11.** Processo espinhoso do áxis. (**B** por cortesia do Mr. Eric Whaites, Dental Institute, King's College, London.)

crânio. A face inferior pode ser convenientemente subdividida em porções anterior, média, posterior e lateral. A parte anterior contém o palato duro e a dentição da maxila e fica em um nível inferior em relação ao restante da base do crânio. As partes média e posterior podem ser arbitrariamente divididas por um plano transversal que passa através da margem anterior do forame magno. A parte média é ocupada principalmente pela base do osso esfenoide, os ápices das partes petrosas dos ossos temporais e a parte basilar do osso occipital. A parte lateral contém os arcos zigomáticos, fossa mandibular, parte timpânica e processos estiloide e mastoide. A parte posterior encontra-se na linha mediana e é formada exclusivamente a partir do osso occipital. Embora as partes média e posterior estejam diretamente relacionadas com a cavidade do crânio (as fossas média e posterior do crânio), a parte anterior (o palato) é um pouco distante da fossa anterior do crânio, sendo separada dela pelas cavidades nasais.

PARTE ANTERIOR DA BASE DO CRÂNIO

O palato ósseo dentro do arco alveolar superior é formado pelos processos palatinos das maxilas anteriormente e as lâminas horizontais do osso palatino posteriormente, todos reunidos em um sistema cruciforme de suturas (Fig. 26.5). A sutura palatina mediana faz um trajeto anteroposterior e divide o palato em metades direita e esquerda. Esta sutura é contínua com a sutura intermaxilar entre os dentes incisivos superiores centrais. As suturas palatinas transversas (palatomaxilares) fazem um trajeto transversal através do palato entre as maxilas e os ossos palatinos. O palato é arqueado sagital e transversalmente: a sua profundidade e largura são variáveis, mas são sempre maiores na região molar. A fossa incisiva situa-se atrás dos dentes incisivos centrais, e os forames incisivos laterais, através dos quais passam os canais incisivos para a cavidade nasal, situam-se em suas paredes laterais. Os forames incisivos medianos estão presentes em alguns crânios e abrem-se para as paredes anterior e posterior da fossa. A fossa incisiva transmite o nervo nasopalatino e a terminação dos vasos palatinos maiores. Quando ocorrem forames incisivos medianos, o nervo nasopalatino esquerdo em geral cruza o forame anterior e o nervo direito cruza o forame posterior. O forame palatino maior situa-se próximo da margem palatina lateral da sutura palatina transversa; um sulco vascular, mais profundo atrás e mais raso na frente, segue em frente a partir do forame. Os forames palatinos menores, geralmente dois, situam-se atrás do forame palatino maior e perfuram o processo piramidal do osso palatino que é dividido entre as extremidades inferiores das lâminas medial e lateral do processo pterigoide. O palatino é perfurado por vários outros pequenos forames e é marcado por depressões para as glândulas palatinas. As cristas palatinas, variavelmente proeminentes, estendem-se medialmente a partir de trás dos forames palatinos maiores. A borda posterior projeta para trás como a espinha nasal posterior. No adulto, o arco alveolar suporta um máximo de 16

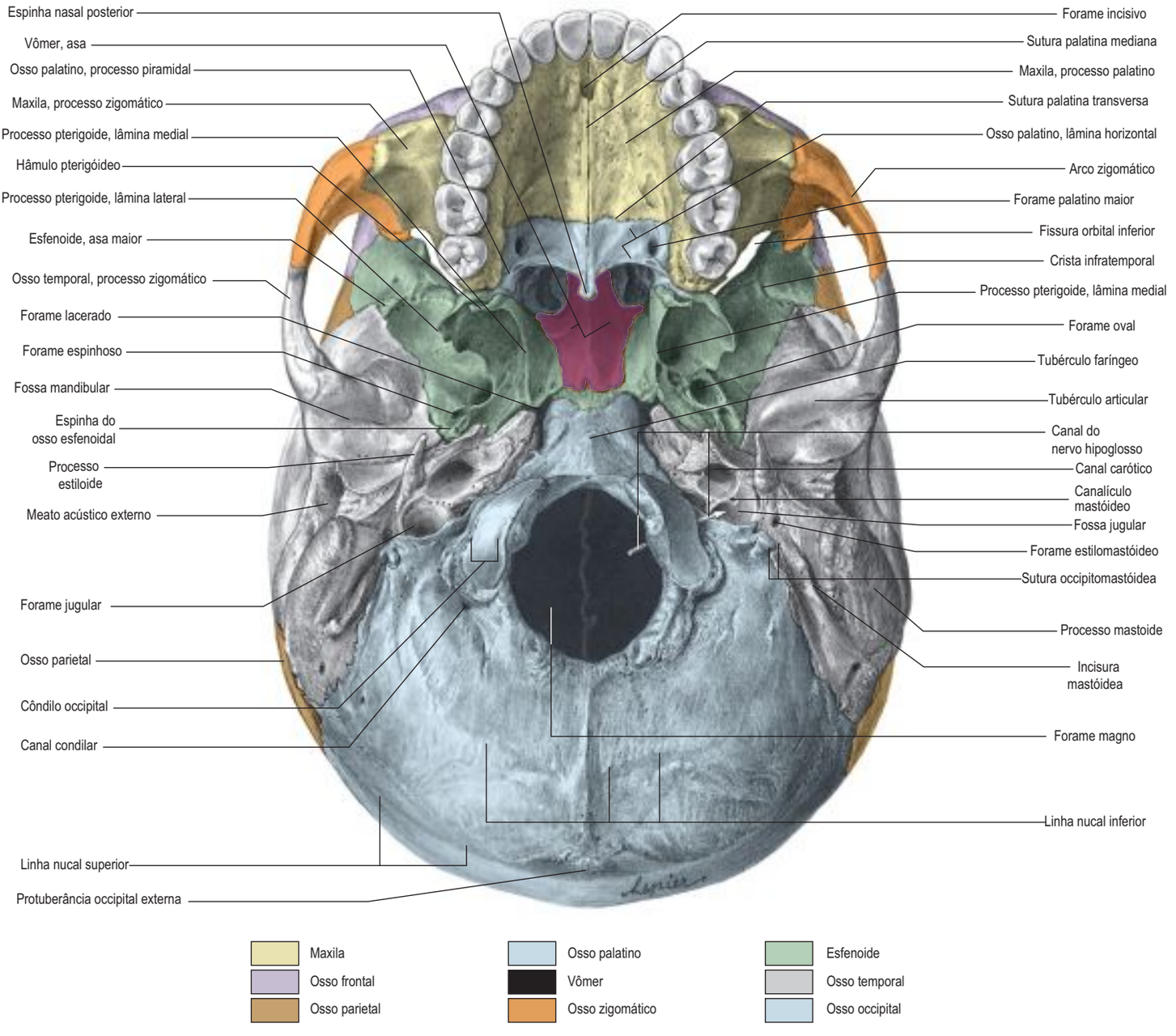


Fig. 26.5 Face externa da base do crânio adulto. (De Sobotta 2006.)

soquetes ou alvéolos para os dentes: os soquetes variam em tamanho e profundidade, algumas são simples, outros são subdivididos por septos, de acordo com a morfologia das raízes dentárias.

As cavidades nasais situam-se acima do palato duro e são separadas pelo septo nasal na linha mediana. O septo nasal é formado a partir da lâmina perpendicular do etmoide superiormente e pelo vômer inferiormente. A borda superior do vômer aproxima-se da face inferior do corpo do esfenoide, onde se expande para uma asa de cada lado. As duas aberturas nasais posteriores (cóanos) estão localizadas onde terminam as cavidades nasais: elas são separadas pela borda posterior livre do vômer e delimitadas abaixo pela borda posterior da lâmina horizontal dos ossos palatinos, acima pelo esfenoide e lateralmente pelas lâminas mediais do processo pterigoide.

PARTE MÉDIA DA BASE DO CRÂNIO

A parte média da base do crânio é composta do corpo do esfenoide, da parte petrosa dos ossos temporais e do occipício (Fig. 26.5). Ela estende-se desde os cóanos anteriormente até uma linha artificial traçada transversalmente através da margem anterior do forame magno posteriormente. No adulto, o corpo do esfenoide funde-se com o occipício formando uma barra óssea na linha mediana que se estende posteriormente ao forame magno. A parte basilar do osso occipital ostenta um tubérculo faríngeo pequeno na linha mediana, que dá fixação para a rafe da faringe e a fixação mais alta do músculo constritor superior da faringe.

A parte média da base do crânio é completada pelas partes petrosas dos dois ossos temporais, que passam a partir dos aspectos laterais da base do crânio e preenchem o espaço triangular entre a asa maior do esfenoide anteriormente e as margens laterais do occipício posteriormente. Cada parte petrosa encontra a parte basilar do osso occipital em uma sutura occipitomastóidea, que é deficiente posteriormente no forame jugular. A sutura esfenoescamosa e o sulco da tuba auditiva situam-se entre a parte petrosa e a face infratemporal da asa maior do esfenoide. O ápice da parte petrosa não encontra a sutura esfenoccipital e o déficit, assim produzido, forma o forame lacerado.

Os processos pterigoides descem a partir da junção entre a asa maior e o corpo do osso esfenoide. Cada um separa-se em duas lâminas, as lâminas medial e lateral do processo pterigoide, que são separadas por uma fossa pterigóidea. Anteriormente as lâminas são fundidas, exceto inferiormente, onde são separadas pelo processo piramidal do osso palatino. As suturas são geralmente discerníveis neste local. Lateralmente as lâminas pterigóideas são separadas da face posterior da maxila pela fissura pterigomaxilar, o que conduz à fossa pterigopalatina. A borda posterior da lâmina medial do processo pterigoide é afiada, e tem uma pequena saliência perto do ponto médio, acima do qual é curvada e fixada à extremidade da tuba auditiva. Acima, a lâmina medial do processo pterigoide divide-se englobando a fossa escafóidea, enquanto abaixo, projeta-se como um hâmulo pterigóideo delgado, que se curva lateralmente e sofre ranhuras anteriormente pelo tendão do músculo tensor do véu palatino. O hâmulo pterigóideo dá origem à rafe pterigomandibular. A lâmina lateral do processo pterigoide projeta-se posterolateralmente e sua face lateral forma a parede medial da fossa infratemporal. Superior e lateralmente, o processo pterigoide é contínuo com a face infratemporal da asa maior do osso esfenoide, que forma parte do teto da fossa infratemporal. Esta face forma a borda posterolateral da fissura orbital inferior e ostenta uma crista infratemporal associada à origem da parte superior do músculo pterigóideo lateral. Os ramos infraorbitais e zigomáticos do nervo maxilar e vasos de acompanhamento passam através da fissura orbital inferior. Lateralmente a asa maior do esfenoide se articula com a parte escamosa do osso temporal.

A face medial da asa maior do esfenoide apresenta um crescente de forames dos quais apenas os dois mais posteriores, forame oval e forame espinhoso, podem ser visualizados na norma basilar. O forame oval situa-se medial ao forame espinhoso e lateral ao forame lacerado sobre a face infratemporal da asa maior do osso esfenoide. Ele transmite a divisão mandibular do nervo trigêmeo, o nervo petroso menor, o ramo acessório da artéria meníngea média, ramo da artéria maxilar e uma veia emissária que liga o seio cavernoso ao plexo venoso pterigóideo na fossa infratemporal. Posterolateralmente, o forame espinhoso menor e mais arredondado transmite a artéria meníngea média e um ramo meníngeo recorrente do nervo mandibular. A espinha irregular do esfenoide projeta-se posterolateralmente ao forame espinhoso. A face medial da coluna é plana e, com a borda posterior adjacente da asa maior do esfenoide, forma a parede anterolateral de um sulco que é completado posteromedialmente pela parte petrosa do osso temporal. Este sulco contém a parte cartilagínea da tuba auditiva que conduz posterolateralmente para a porção óssea da tuba, que se situa dentro da parte petrosa do osso temporal. Ocasionalmente, o forame oval e o forame espinhoso são confluentes ou a borda posterior do forame espinhoso pode ser defeituoso. Um forame pequeno, o forame venoso (de Vesalius), é por vezes encontrado entre o forame oval e a fossa escafóidea. Quando presente, ele contém uma veia emissária que liga o plexo venoso pterigóideo na fossa infratemporal ao seio cavernoso na fossa média do crânio.

O forame lacerado é delimitado à frente pelo corpo e raízes adjacentes do processo pterigoide e asa maior do osso esfenoide, posterolateralmente pelo ápice da parte petrosa do osso temporal e medialmente pela parte basilar do osso occipital. Embora tenha quase 1 cm de comprimento, não é atravessado por uma grande estrutura. O canal carótico quase circular situa-se atrás e posterolateral ao forame lacerado na parte petrosa do osso temporal. A artéria carótida interna penetra no crânio através deste forame, sobe no canal carótico, e gira anteromedialmente para alcançar a parede posterior do forame lacerado. Ela sobe pela extremidade superior do forame lacerado acompanhada pelos plexos nervosos venoso e simpático. Os ramos meníngeos da artéria faríngea ascendente e veias emissárias do seio cavernoso também atravessam o forame lacerado. Na vida, a parte inferior do forame lacerado é parcialmente ocluída por remanescentes cartilagíneos do condrocrânio embriológico. O canal pterigóideo pode ser observado na base do crânio na margem anterior do forame lacerado, acima e entre as lâminas do processo pterigoide do osso esfenoide. Ele conduz à fossa pterigopalatina e transmite o nervo do canal pterigóideo e vasos sanguíneos de acompanhamento.

PARTE POSTERIOR DA BASE DO CRÂNIO

A parte posterior da base do crânio é largamente formada pelo osso occipital (Fig. 26.5). Características proeminentes são o forame magno e os côndilos occipitais associados, o forame jugular, a incisura mastóidea e a parte escamosa do osso occipital até a protuberância occipital externa e linhas nucais superiores, o canal do nervo hipoglosso e o canal condilar.

O forame magno situa-se em uma posição anteromediana e conduz para a fossa posterior do crânio. É oval e mais larga na parte de trás, sendo que seu maior diâmetro é o anteroposterior. Ele contém a extremidade inferior do bulbo, meninges, artérias vertebrais e nervo acessório: o ligamento do ápice do dente e a membrana tectória passam por ele para anexarem-se ao occipício internamente. Anteriormente, a margem do forame magno é ligeiramente sobreposta pelos côndilos occipitais que se projetam para baixo para articular com as faces articulares superiores sobre as massas laterais do atlas. Cada côndilo occipital tem delineamento oval e é orientado de maneira que sua extremidade anterior situa-se mais perto da linha mediana do que a sua extremidade posterior. Anteroposteriormente, é acentuadamente convexo, mas menos convexo transversalmente, e sua face medial é áspera devido aos anexos ligamentares. O canal do nervo hipoglosso, orientado lateral e ligeiramente para a frente, atravessa abaixo de cada côndilo e transmite o nervo hipoglosso, um ramo meníngeo da artéria faríngea ascendente e uma veia emissária do plexo basilar. Uma depressão, a fossa condilar, situa-se imediatamente posterior ao côndilo e, por vezes, contém um canal condilar (posterior) para uma veia emissária a partir do seio sigmóideo. Esta fossa acomoda a margem posterior do atlas, quando a cabeça está completamente estendida. Um processo jugular articula com a parte petrosa do osso temporal lateral a cada côndilo e sua borda anterior livre forma o limite posterior do forame jugular.

Lateralmente, o osso occipital articula com a parte petrosa do osso temporal anteriormente na sutura occipitomastóidea, e o processo mastoide do osso temporal mais posteriormente na sutura petromastóidea. O forame jugular, um grande hiato irregular, está na extremidade posterior da sutura occipitomastóidea entre o processo jugular do osso occipital e a fossa jugular da parte petrosa do osso temporal. Uma série de estruturas importantes passa por esse forame: seio petroso inferior (anterior); nervos cranianos glossofaríngeo, vago e acessório (médio); veia jugular interna (posterior). Um canalículo mastóideo atravessa a parede lateral da fossa jugular e transmite o ramo auricular do nervo vago. O canalículo para o ramo do nervo timpânico do nervo glossofaríngeo situa-se sobre a crista entre a fossa jugular e a abertura do canal carótico. Uma pequena incisura, relacionada com o gânglio glossofaríngeo inferior, pode ser encontrada medialmente, no limite superior do forame jugular (é mais facilmente identificada internamente). O orifício do canalículo coclear pode ser encontrado no ápice da incisura.

A parte escamosa do osso occipital exibe a protuberância occipital externa, linhas nucais suprema, superior e inferior e crista occipital externa, sendo que todos se situam na linha mediana, posteriores ao forame magno. A região é áspera devido à fixação dos músculos cuja função principal é a extensão do crânio (Cap. 42).

PARTE LATERAL DA BASE DO CRÂNIO

A parte lateral da base do crânio consiste no arco zigomático e fossa infratemporal anteriormente e fossa mandibular, parte timpânica e pro-

cessos mastoide e estiloide posteriormente (Fig. 26.5) – as estruturas anteriores foram consideradas anteriormente neste capítulo.

Uma depressão de paredes finas no osso temporal, a fossa mandibular, pode ser mais facilmente inspecionada quando a mandíbula é removida. O arco zigomático estende-se lateralmente na frente da fossa e uma crista distinta, a eminência articular, situa-se anterior à fossa. Três fissuras podem ser distinguidas por trás da fossa mandibular. A fissura timpanoescamosa estende-se desde a espinha do esfenoide, entre a fossa mandibular e a parte timpânica do osso temporal, e faz uma curva até a margem anterior do meato acústico externo. Uma cunha fina de osso que forma a margem inferior do tegme timpânico situa-se dentro da fissura e divide a fissura timpanoescamosa em fissuras petrotimpânica e petroscamosa. A fissura petrotimpânica transmite o ramo da corda do tímpano do nervo facial a partir da cavidade intracraniana na fossa infratemporal. A parte timpânica forma o assoalho do meato acústico externo.

O forame estilomastóideo situa-se entre os processos mastoide e estiloide sobre a face lateral do osso temporal. Ele transmite o nervo facial e a artéria estilomastóidea. Um sulco, a incisura mastóidea, situa-se medial ao processo mastoide e dá origem ao ventre posterior do músculo digástrico. Um sulco relacionado à artéria occipital frequentemente situa-se medial à incisura mastóidea. Um forame mastóideo pode estar presente próximo ou na sutura occipitomastóidea; quando presente, ele transmite uma veia emissária a partir do seio sigmóideo. O meato acústico externo está na frente do processo mastoide. É circundado inferiormente pela parte timpânica que envolve parcialmente a base do processo estiloide, como a bainha do processo estiloide.

FOSSAS DO CRÂNIO (ANTERIOR, MÉDIA, POSTERIOR)

As fossas do crânio estão descritas no Capítulo 27.

OSSOS ISOLADOS DESARTICULADOS

Ossos isolados são descritos em capítulos apropriados. Os ossos do esqueleto facial e abóbada craniana são descritos nos capítulos sobre a face e couro cabeludo (29), nariz e seios paranasais (32), orelha externa e média (35) e órbita (39). O esfenoide e mandíbula são descritos no capítulo sobre a fossa infratemporal e o osso occipital está descrito no capítulo sobre o pescoço.

ARTICULAÇÕES

As características gerais das suturas do crânio e a anatomia detalhada da articulação temporomandibular e das articulações atlantoccipitais são descritas nos Capítulos 5, 31 e 42, respectivamente. Os ossos suturais estão descritos adiante, na página 418.

ANATOMIA NEONATAL, PEDIÁTRICA E SENESCENTE

O CRÂNIO AO NASCIMENTO

Ao nascimento, o crânio é grande em proporção a outras partes do esqueleto; a região facial é relativamente pequena e representa apenas cerca de um oitavo do crânio neonatal, em comparação com a metade na vida adulta (Fig. 26.6). O tamanho pequeno da face ao nascimento é, em grande medida, devido ao estágio rudimentar de desenvolvimento da mandíbula e maxilas, porque os dentes não são erupcionados. O nariz fica quase inteiramente entre as órbitas, e a borda inferior da abertura nasal tem uma posição apenas ligeiramente mais baixa do que os assoalhos das órbitas. O tamanho grande da calvária, especialmente o neurocrânio, reflete maturação cerebral precoce. Os ossos da abóbada craniana são unilaminares e falta díploe. Os túberes frontal e parietal são proeminentes; no ângulo frontal, a maior largura ocorre entre os túberes parietais. A glabela, arcos superciliares e processos mastoides não estão desenvolvidos e a base do crânio é relativamente curta e estreita.

A ossificação está incompleta e grande parte dos ossos ainda estão, em muitos elementos, unidos por tecido fibroso ou cartilagem. O 'osso incisivo' é contínuo com a maxila; pré- e pós-esfenoides acabaram de ser unidos, mas as duas metades do osso frontal e mandíbula e as partes escamosas, lateral e basilar do osso occipital são todas separadas. Um segundo centro estiloide (estilo-hial) não surgiu e partes dos ossos temporais são separadas, apenas a fusão do tímpano com as partes petrosa e escamosa já foi iniciada. A membrana fibrosa que forma a abóbada craniana antes da ossificação não é ossificada nos ângulos dos ossos parietais, produzindo seis fontículos: dois pares medianos (anterior e posterior) e dois pares laterais (esfenoidal/anterolateral e mastóideo/posterolateral). O fontículo anterior é o maior e mede aproximadamente 4 cm anteroposteriormente e 2,5 cm de dimensões transversais. Ocupa a junção entre as suturas sagital, coronal e frontal e é, portanto, de forma romboide. O fontículo posterior situa-se no cruzamento entre as suturas sagital e lambdóidea e, portanto, é triangular. Os fontículos esfenoidal (anterolateral) e mastóideo (posterolateral) são pequenos, irregulares e ocorrem nos ângulos esfenoidal e mastóideo dos ossos parietais, respectivamente.

Ao nascimento, as órbitas parecem relativamente grandes. Os germes dos dentes em desenvolvimento geralmente estão contidos nas criptas alveolares, embora a erupção dos dentes incisivos centrais superiores possa ocorrer antes, ou logo após, o nascimento. Ossos temporais diferem muito da sua forma adulta. A orelha interna, a cavidade timpânica, ossículos auditivos e antro mastóideo são quase todos de tamanho adulto, a parte timpânica é um anel incompleto que, em geral, começou a fundir com a parte escamosa, e o processo mastoide está ausente. O meato acústico externo é curto, reto e totalmente cartilagíneo. A face externa da membrana timpânica orienta-se mais inferiormente que lateralmente, de acordo com o contorno da parte basilar do crânio. O forame estilomastóideo é exposto na face lateral do crânio, o processo estiloide não foi fundido com o osso temporal, a fossa mandibular é plana e mais lateral e seu tubérculo articular é subdesenvolvido. Os seios paranasais são rudimentares ou ausentes e apenas os seios maxilares costumam ser identificáveis.

Durante o nascimento, o crânio é moldado por compressão lenta. Esta parte do couro cabeludo que é mais central no canal vaginal é, com frequência, temporariamente edematosa como resultado da interferência no retorno venoso, e é chamada de cabeça sucedânea. Os fontículos e a abertura e a largura das suturas possibilitam uma determinada sobreposição dos ossos da abóbada craniana. O crânio é comprimido em um plano com alongamento ortogonal compensatório. Estes efeitos desaparecem na primeira semana após o nascimento.

CRESCIMENTO PÓS-NATAL

Embora o crescimento pós-natal da abóbada e do esqueleto facial prossiga normalmente de maneira coordenada, estas regiões apresentam taxas e períodos temporais de expressão diferentes. Em geral, o crescimento precoce da abóbada é largamente influenciado pela maturação cerebral, enquanto o crescimento do esqueleto facial responde a exigência espacial para o desenvolvimento dos dentes e músculos da mastigação. O crescimento da base do crânio é bastante independente tanto do desenvolvimento da abóbada como da face e, portanto, as três regiões devem ser consideradas separadamente.

Crescimento da abóbada

O crescimento da abóbada é rápido durante o primeiro ano e, em seguida, continua em um ritmo mais lento até o sétimo ano, quando atinge quase as dimensões do adulto. Para grande parte deste período, a expansão é basicamente concêntrica; a forma global é determinada no início do primeiro ano, e continua largamente inalterada depois. No entanto, a forma da abóbada não está apenas relacionada com o crescimento cerebral, mas também é influenciada por fatores genéticos que se manifestam em uma ampla gama de formatos e tamanhos que podem ser suficientes para permitir uma avaliação confiável da origem racial. Durante o primeiro e o início do segundo ano, o crescimento da abóbada ocorre principalmente por meio da ossificação em margens adjuntas de ossos (que possuem uma camada osteogênica), acompanhada por algum aumento e absorção de osso nas superfícies, a fim de adaptar a curvaturas em contínua alteração. Diz-se que o crescimento em largura ocorre nas suturas sagital, esfenofrontal, esfenoescamosa, occipitomastóidea e petro-occipital, enquanto o crescimento em altura ocorre nas suturas frontozigomática e escamosa, ptério e astério. Durante este período, os fontículos estão fechados por ossificação progressiva dos ossos à sua volta, mas centros invasores separados de ossificação podem evoluir para ossos suturais. Os fontículos anterolaterais e posteriores ossificam em um período de 2 ou 3 meses do nascimento, os fontículos posterolaterais geralmente ossificam próximos do final do primeiro ano e o fontículo anterior ossifica em meados do segundo ano. Aqueles fontículos que fecham primeiro são mais susceptíveis a apresentar ossos suturais.

No início dos primeiros anos, os ossos da calvária começam a integrar-se nas suturas. Atinge-se expansão ainda maior da abóbada por meio do aumento e absorção nas superfícies ósseas externas e internas, respectivamente. Ao mesmo tempo, os ossos também se espessam, embora este não seja um processo uniforme. Ao nascimento, a abóbada é unilaminar, mas a estrutura tabular com díploe interveniente é geralmente aparente aproximadamente no quarto ano. O espessamento da abóbada e o desen-

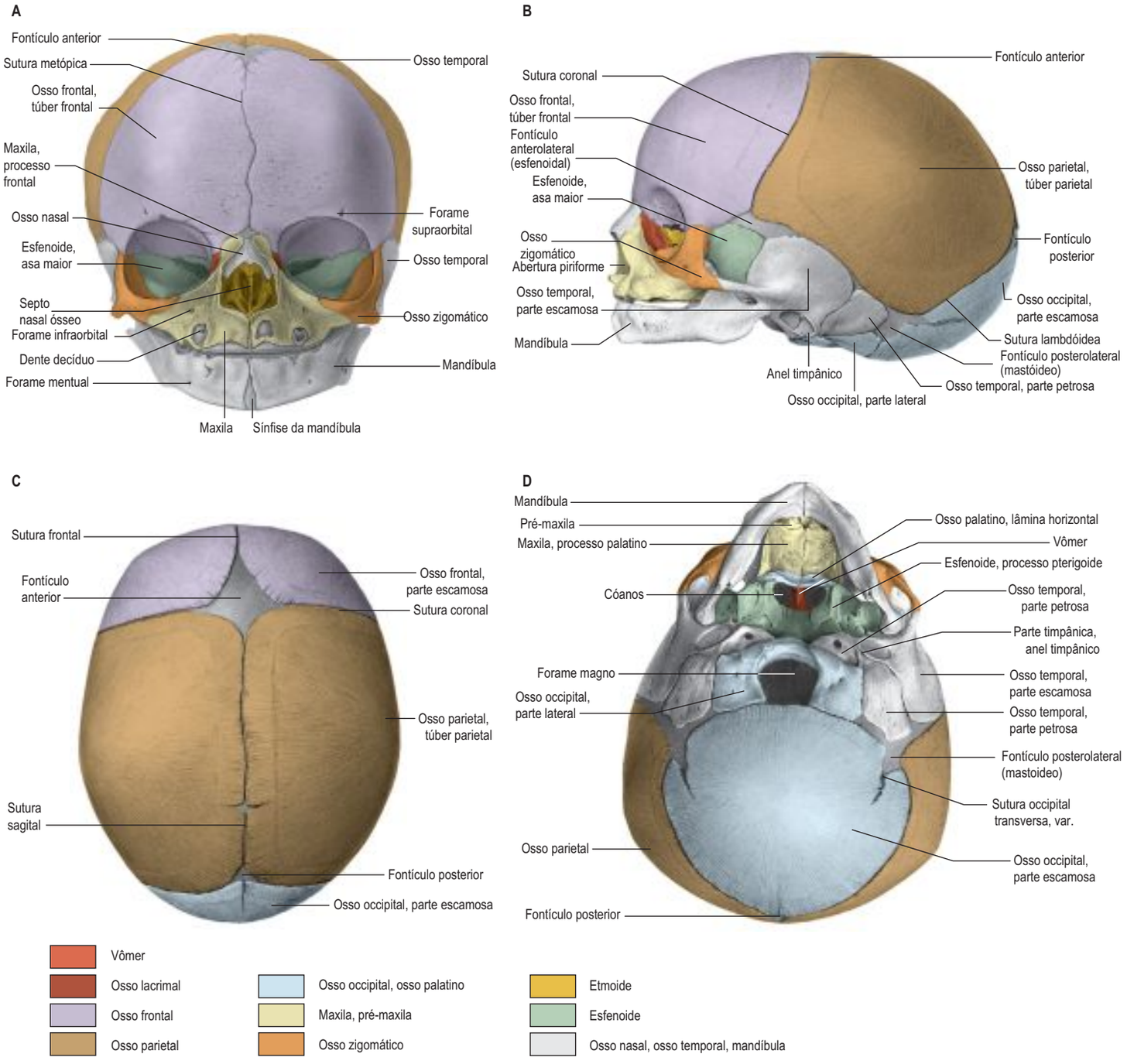


Fig. 26.6 A-D, Crânio neonatal. **A**, vista frontal; **B**, vista lateral; **C**, vista superior; **D**, vista inferior. (De Sobotta 2006.)

volvimento de marcações musculares externas refletem as influências da maturação musculosquelética. Os processos mastoides não se desenvolvem até o segundo ano e são invadidos por células aéreas (pneumatizadas) no sexto ano.

Crescimento da base

O crescimento na base do crânio é amplamente responsável por grande parte do alongamento do crânio: ele ocorre nas junções cartilagíneas entre o esfenoide e etmoide anteriormente e, especialmente, entre os ossos esfenoide e occipital posteriormente. Independente do crescimento cerebral, ele continua na sincondrose esfenoccipital até o 18º ano. O período prolongado de contínua expansão reflete um importante mecanismo de atraso para possibilitar a erupção ininterrupta e relativamente tardia da dentição permanente. Há alguma evidência de que o crescimento pode cessar aproximadamente aos 15 anos, após a erupção dos segundos molares, o que frequentemente leva à insuficiência de espaço para o crescimento dos terceiros molares. Um estirão de crescimento puberal tem sido atribuído a ambos os sexos; tende a ocorrer cerca de 2 anos mais cedo no sexo feminino e é provável que continue até o 18º ano, no sexo masculino.

Crescimento da face

O crescimento do esqueleto facial ocorre durante um período de tempo mais longo do que é testemunhado pela calvária. O etmoide, a órbita e a parte superior das cavidades nasais têm o crescimento quase concluído por volta do sétimo ano. O crescimento da órbita e da parte superior da cavidade nasal é alcançado pelo crescimento sutural, com deposição de osso preferencialmente ocorrendo nos aspectos faciais das suturas. A maxila é carregada para baixo e para a frente pela expansão das órbitas e septo nasal e por crescimento sutural, especialmente nos fontículos e suturas zigomaticomaxilares e pterigomaxilares. No primeiro ano, o crescimento em largura ocorre na sínfise mentual e suturas mesopalatal, internasal e frontal: esse crescimento diminui ou mesmo cessa quando a sínfise mentual e a sutura frontal fecham-se durante os primeiros anos, embora a sutura mesopalatal persista até os anos da maturidade. O crescimento facial continua até a puberdade e apresenta um período de expansão que está ligado ao estirão de crescimento e a influências hormonais da alteração sexual secundária. Após o crescimento sutural, perto do final do segundo ano, a expansão do esqueleto facial ocorre por acreção da superfície na face, processos alveolares e palato, e reabsorção nas paredes dos seios maxilares, superfície superior do palato duro e o aspecto labial do processo alveolar. O crescimento coordenado e a

divergência dos processos pterigóideos refletem a deposição e reabsorção de osso em superfícies adequadas.

A obliteração das suturas calvárias progride com a idade, com início entre 20 e 30 anos, internamente, e um pouco mais tarde externamente. Os momentos de fechamento variam muito. A obliteração geralmente começa na sutura coronal e, em seguida, estende-se para as suturas sagital e lambdóidea, nessa ordem. A característica senil mais marcante é a diminuição no tamanho da mandíbula e maxilas após a perda dos dentes e absorção do osso alveolar; isto reduz a profundidade vertical da face e aumenta os ângulos das mandíbulas.

Ossos suturais

Os centros de ossificação adicionais podem ocorrer nas suturas ou perto delas, dando origem a ossos suturais isolados (também chamados ossos wormianos, Fig. 26.2). Normalmente irregulares em forma e tamanho, e mais frequentes na sutura lambdóidea, eles constantemente ocorrem nos fontículos, em especial, no fontículo posterior. Eles podem representar um elemento pré-interparietal, um verdadeiro interparietal, ou algum composto. Um osso isolado no lambda é algumas vezes chamado de osso Inca ou ossículo de Goethe. Um ou mais ossículos ptéricos ou ossos epiptéricos podem surgir entre o ângulo esfenoidal do osso parietal e asa maior do esfenoide; eles variam muito de tamanho, mas são mais ou menos simétricos. Os ossos suturais em geral têm pouca importância morfológica. No entanto, aparecem em grandes números nos crânios hidrocefálicos (Fig. 26.7), e foram, portanto, associados a uma rápida expansão craniana. Para uma análise detalhada destas e de outras variações epigenéticas dos crânios adultos, consulte Berry & Berry (1967) e Berry (1975).

Craniossinostose

O crescimento sutural faz uma contribuição importante para o crescimento do crânio, especialmente durante os primeiros anos de vida. As razões para a fusão prematura das suturas (sinostose) são variadas, mas muitas ocorrem como resultado de um tamanho pequeno do cérebro ou do fracasso do desenvolvimento das bandas durais entre as suturas. A fusão prematura pode ocorrer em uma ou mais suturas cranianas, quando as suturas em torno da base do crânio estão envolvidas, ocorrerá uma limitação grave do crescimento ósseo facial. Distúrbios metabólicos, tais como raquitismo e hipofosfatasia familiar, também podem resultar em sinostose. Pode ocorrer elevação da pressão intracraniana, com ou sem hidrocefalia, deterioração visual e retardo mental. A escafocefalia (craniossinostose sagital) é a mais comum e leva ao prolongamento da abóboda em uma direção anteroposterior. Também ocorre em conjunto com outras suturas, por exemplo, Síndrome de Crouzon. A sinostose coronal, seja ela unilateral (plagiocefalia) ou bilateral (braquicefalia/oxicefalia), é a segunda mais comumente observada e resulta na redução do desenvolvimento anteroposterior com acentuada recessão supraorbital. Quando ela é unilateral, a face desenvolve-se assimetricamente e é girada para longe do lado com fusão prematura. A craniossinostose metópica (trigonocefalia) e pansinostose (turricefalia, onde tanto as suturas coronal como esfenofrontal estão envolvidas) são muito menos comuns.

O tratamento destas fusões suturais prematuras é fundamental para impedir anormalidades do crescimento do crânio e para aliviar a pressão intracraniana elevada. Em geral é realizado entre 3-6 meses de idade. O tratamento consiste na liberação das suturas envolvidas e da prevenção da repetição da fusão, que geralmente é atingida por meio da cobertura das extremidades ósseas com revestimento silástico após a remoção radical do osso de um ou outro lado da linha de sutura. Expansão simultânea e remodelagem do crânio frequentemente são necessárias, sobretudo se o diagnóstico for tardio. É normalmente necessário avançar a crista supraorbital e ajustá-la se houver crescimento assimétrico (como observado na plagiocefalia).

As síndromes de disostose craniofacial, como as síndromes de Crouzon, Apert, Saethre-Chotzen, Pfeiffer e Carpenter, apresentaram diferentes graus de sinostoses calvárias que geralmente são acompanhadas por uma significativa falta de crescimento na região média da face. A liberação antecipada das sinostoses calvárias não resulta em crescimento facial normal e, em geral, é necessária uma osteotomia da região média da face no nível *Le Fort III* mais tarde na vida. Quando há desenvolvimento de hipertelorismo orbital significativo, é necessário um procedimento de bipartição transcraniana, a fim de juntar as duas órbitas.

Deformidades do crânio também podem ser deliberadamente desviadas por meio da interferência no crescimento sutural com uso de ligadura e outra pressão, como tem sido praticado em determinadas culturas do mundo (Fig. 26.8).

Anomalias congênitas que afetam o crânio

Um grande número de malformações e anomalias acomete os ossos e estruturas do crânio de tecidos moles associados e é resultado de um erro localizado de morfogênese durante o desenvolvimento embriológico. Muitos são padrões reconhecidos de malformação que, presume-se, tenham a mesma etiologia. Eles não surgem como resultado isolado de apenas um erro na morfogênese e são descritos como síndromes.

Fig. 26.7 Vistas lateral (**A**) e posterior (**B**) do crânio hidrocefálico de um homem de 25 anos de idade mostrando inúmeros ossos suturais. (Cortesia do Museum of the Royal College of Surgeons of England. Fotografia de Mr. J Carr.)

Microssomia hemifacial (síndrome de Goldenhar)

Esses pacientes apresentam microtia, macrostomia unilaterais e diferentes graus de insuficiência de formação do ramo e do processo condilar da mandíbula. As anomalias vertebrais e dermoides epibulbares são comuns. A maioria dos casos é esporádica, mas casos familiares foram descritos. As fácies são fortemente assimétricas, como resultado de hipoplasia ou deslocamento da orelha. As deformidades da orelha variam desde aplasia completa até distorções menores do pavilhão auricular, que é deslocado anterior e inferiormente. A ausência do meato acústico externo é comum, assim como o são as deficiências da orelha média, que resultam em surdez por condução. Apêndices auriculares supranumerários estão presentes e ocorrem em qualquer lugar ao longo de uma linha a partir do trago até o ângulo da boca.

A maxila, os ossos temporal e zigomático apresentam graus variados de hipoplasia no lado acometido. A mandíbula apresenta graus variáveis de hipoplasia que vão desde assimetria leve até falhas maiores de desenvolvimento do ramo e do processo condilar. O processo mastoide também apresenta graus de hipoplasia. Frequentemente, há relevo frontal. Dez por cento dos casos são bilaterais, mas, invariavelmente, um lado é mais gravemente acometido.

Há hipoplasia concomitante dos principais músculos da mastigação sobre o lado afetado e, ocasionalmente, os músculos da expressão facial estão envolvidos. Em 10% dos casos, existe uma fraqueza do neurônio motor inferior do nervo facial. Os dermoides epibulbares ocorrem e geralmente estão localizados no limbo ou quadrante externo inferior. Um coloboma da pálpebra superior está presente na maioria dos casos. Microftalmia ou anoftalmia unilateral pode ocorrer e está associada a

Fig. 26.7 Ligadura craniana. Coptas egípcios. (Cortesia de John Langdon.)

retardo mental, porém o retardo mental é incomum. As anomalias vertebrais são comuns e incluem occipitalização do atlas, vértebras cuneiformes e a fusão de várias vértebras adjacentes. Uma variedade de anomalias cardíacas tem sido descrita, variando desde defeitos de septo ventricular até tetralogia de Fallot. Também foram registradas hipoplasia pulmonar e anomalias renais.

Disostose mandibulofacial (síndrome de Treacher Collins)

A disostose mandibulofacial envolve principalmente as estruturas derivadas do primeiro arco branquial, sulco e bolsa. É herdada como traço autossômico dominante com penetração variável. A aparência facial é característica: fissuras palpebrais inclinadas para baixo, proeminências da bochecha deprimidas, orelhas deformadas, hipoplasia mandibular e uma boca grande parecida com a de um peixe. A linha de implantação dos cabelos normalmente apresenta uma extensão em forma de língua em direção à bochecha.

Clinicamente, a abóbada craniana parece normal, mas nos exames de imagem observa-se que as cristas supraorbitais são pouco desenvolvidas e apesar do desenvolvimento sutural normal, pode haver aumento das impressões digitais (gravadas em cobre) sobre a placa interna. Os ossos zigomáticos podem ser totalmente ausentes ou, mais frequentemente, são grosseiramente deficientes de uma maneira simétrica com falha de fusão dos arcos zigomáticos. Os processos mastoides não são pneumatizados e podem ser escleróticos. Os seios paranasais são, com frequência, anormalmente pequenos ou mesmo ausentes. As margens infraorbitais também são pouco desenvolvidas.

Pode haver várias anomalias oculares, incluindo colobomas que acometem o terço lateral da pálpebra inferior (75% dos casos) e microftalmia. As orelhas, em geral, são gravemente deformadas, têm um aspecto amassado e são comumente mal posicionadas. Em um terço dos pacientes, o meato acústico externo está ausente e pode haver defeitos ossiculares que resultem na surdez por condução. Outros apêndices auriculares e fístulas cegas podem estar presentes em qualquer lugar entre o trago e o ângulo da boca. O ângulo nasofrontal costuma ser obliterado e a ponte do nariz elevada. As cartilagens alares são hipoplásicas e pode haver atresia coanal. A mandíbula é quase sempre hipoplásica, o ângulo é obtuso e o ramo deficiente. Os processos coronoide e condilar também podem ser hipoplásicos. Há presença de fenda palatina em 30% dos casos e há um palato arqueado alto. O retardo mental é comum.

Distração osteogênica

O pioneiro cirurgião ortopédico russo Ilizarov demonstrou que ossos longos poderiam ser alongados por meio da realização de osteotomias no plano axial e, em seguida, lentamente separando (distração) as duas extremidades do osso. Isto estimula a liberação de proteínas morfogenéticas ósseas e novo osso é formado entre as extremidades ósseas seccionadas: quando o comprimento desejado tiver sido atingido, o osso longo é imobilizado em sua posição desejada. Após um período de algumas semanas, o primeiro tecido ósseo normal é substituído por osso maduro normal e o osso alongado resultante é estável e funcional.

Estas técnicas são agora aplicadas aos ossos do crânio. A distração mandibular é comumente utilizada, em especial para tratar a assimetria da mandíbula, por exemplo, na microssomia hemifacial. Ao realizar as osteotomias nos ângulos da mandíbula, e usando dispositivos de distração cuidadosamente ajustados, a mandíbula pode ser alongada nos planos vertical e anteroposterior. A distração em geral é realizada a uma taxa de um milímetro por dia; a mandíbula pode ser alongada indefinidamente até que a distração seja interrompida e os calos possam amadurecer e unir-se.

As técnicas de distração atualmente têm sido aplicadas no terço médio do esqueleto facial, utilizando estruturas complicadas aparafusadas na abóbada craniana. A técnica é particularmente útil para o tratamento das síndromes craniofaciais, como a de Crouzon, na qual os ossos faciais que articulam com o esfenoide não se desenvolvem normalmente. Se os ossos faciais podem ser liberados em uma idade precoce e os ossos mobilizados podem ser separados, o perfil facial pode desenvolver normalmente.

IDENTIFICAÇÃO A PARTIR DO CRÂNIO

Existem muitas formas de identificar um indivíduo: na antropologia física e forense a maior preocupação é a identidade biológica e pessoal. A identidade biológica pertence às características que possibilitam ao indivíduo ser classificado em relação a características presentes em outros indivíduos, como, por exemplo, sexo, idade, raça e estatura, enquanto que a identidade pessoal estabelece critérios que são características e discriminatórios para um indivíduo isoladamente, por exemplo, DNA, impressões digitais e informações dentárias. O crânio é uma fonte útil de informação para o estabelecimento tanto da identidade biológica como da pessoal. É provavelmente o aspecto mais estudado do esqueleto. A base desta obsessão tem muitas raízes históricas, mas surgiu, fundamentalmente, da importância que o homem confere ao conceito de que o crânio é o repositório do 'eu', e que é o meio pelo qual a comunicação interpessoal é realizada. O nosso rosto é o nosso principal meio de reconhecimento e de comunicação e, portanto, desempenha um papel central no estabelecimento e na reconstrução da identidade de um indivíduo.

SEXO

A determinação do sexo de um crânio juvenil é notoriamente não confiável. Embora tenham sido detectadas diferenças sexuais nas medições da mandíbula, órbitas, tamanho dos dentes e padrão de erupção dentária, eles não alcançam um nível de discriminação que possibilite a avaliação precisa e confiável. É igualmente difícil atribuir sexo ao rosto de uma criança, porque as faces dos meninos e meninas pré-puberais são comparáveis: o dimorfismo sexual perceptível não é manifesto até que as alterações sexuais secundárias estejam concluídas. O crescimento do rosto na mulher é interrompido antes do homem e, consequentemente, as características relacionadas com o sexo feminino são mais pedomórficas. As características que definem o sexo no crânio de um adulto são de orientação masculina e refletem os efeitos do aumento da massa dos músculos da mastigação, que se fixam à mandíbula, e os músculos associados à manutenção da cabeça ereta. Relata-se que o uso isolado do crânio pode prever o sexo com precisão superior a 80% nos adultos. Isso é extremamente encorajador, pois pesquisas têm demonstrado que o sexo correto geralmente pode ser previsto a partir da face viva do adulto com cerca de 96% de precisão.

De um modo geral, o crânio masculino é mais robusto e o das mulheres mais delgado, embora obviamente existam variações genéticas e, portanto, raciais, que devem ser consideradas quando se tenta atribuir sexo a um crânio. A testa da mulher geralmente é mais alta, mais vertical e mais arredondada do que a masculina e há uma retenção evidente das eminências frontais na mulher. A mandíbula do homem é mais robusta e maior do que a da mulher: geralmente, apresenta uma altura maior na região da sínfise mentual, o queixo é mais quadrado, os côndilos são maiores, as inserções musculares são mais pronunciadas e o ângulo gonial geralmente é inferior a 125°. Um crânio masculino tem margens orbitais mais espessas e mais arredondadas, cristas supraorbitais pronunciadas e, frequentemente, uma glabela bem-definida que ocupa a linha mediana acima da raiz do nariz. As linhas temporais são mais pronunciadas no sexo masculino e a crista supramastóidea geralmente estende-se posterior ao meato acústico externo.

Outros locais de inserção de músculo no crânio refletem a necessidade biomecânica de manter a cabeça masculina mais robusta ereta. Eles incluem o processo mastoide para o músculo esternocleidomastóideo, que geralmente é mais robusto nos homens e mais delicado nas mulheres e as linhas nucais, especialmente a protuberância occipital externa para a inserção do ligamento nucal. A base do crânio no sexo masculino é geralmente mais robusta e o osso é mais espesso, o que significa que esta

área do crânio sobrevive à inumação particularmente bem e, portanto, é de grande valor na identificação do sexo a partir de restos mortais fragmentados.

DETERMINAÇÃO DA IDADE

A idade é uma variável contínua: estabelecer a idade cronológica de um crânio exige que as estruturas mudem com a idade a uma taxa relativamente constante e previsível. A relação entre a idade cronológica e a maturidade esquelética é mais próxima na juventude e, por conseguinte, atinge-se maior exatidão na previsão da idade a partir de um crânio jovem do que de um crânio adulto.

O crânio neonatal foi descrito anteriormente. Exemplos de características adicionais que possibilitam uma determinação confiável da idade através dos anos subadultos são: desenvolvimento da espinha nasal (por volta dos 3 anos), conclusão do canal do nervo hipoglosso (por volta dos 4 anos), formação do forame de Huschke (por volta dos 5 anos), ossificação do dorso da sela turca (por volta dos 5 anos) e fusão das diferentes partes do osso occipital (por volta dos 7 anos). Os fontículos geralmente são todos fechados até meados do segundo ano: o posterolateral é o primeiro a fechar nos primeiros dois meses após o nascimento e o fontículo anterior é o último a fechar em meados do segundo ano. O processo mastoide aparece no segundo ano e a sutura metópica entre os dois ossos frontais irá fechar por volta dos 4 anos. A sincondrose esfenoccipital se fundirá entre 11 e 16 anos no sexo feminino e 13 e 18 anos no masculino, enquanto o vômer e o etmoide se fundirão entre os 20 e os 30 anos de idade. A última parte do crânio a apresentar crescimento ativo relacionado com a idade é a placa de crescimento jugular, uma pequena área triangular situada posterolateral ao forame jugular na sutura occipitotemporal. A fusão aqui não começa até os 22 anos de idade e a fusão bilateral pode não ser concluída antes de 34 anos de idade; em uma pequena proporção dos indivíduos, a placa pode permanecer não fundida até mais de 50 anos de idade. O fechamento das suturas cranianas está relacionado com a idade, mas a correlação não é forte e apresenta uma forte variação genética. Assim, embora se possa afirmar que o fechamento da sutura pode começar na primeira parte da terceira década, e é provável que muitas das suturas sejam obliteradas com a idade avançada, não é um meio confiável de estabelecer a idade de um indivíduo.

O meio mais preciso para determinar a idade a partir do crânio (tanto de um indivíduo vivo como de um morto) é pela avaliação da maturação dos dentes. O desenvolvimento dos dentes pode ser estudado ao longo de toda a idade juvenil (a partir do início do embrião até a adolescência) e, mais importante, as idades dentária e cronológica apresentaram uma correlação mais forte do que a idade esquelética e a cronológica. Além disso, os dentes tendem a sobreviver à inumação com sucesso e são notavelmente resistentes ao fogo e explosões, assegurando o seu valor em investigações forenses.

O padrão cronológico de maturação dentária está bem documentado e é uma ferramenta extremamente importante para a avaliação da idade. O desenvolvimento dos dentes pode ser separado em uma série de etapas bem definidas: mineralização decídua (coroa e raiz), emergência e maturação decídua, reabsorção radicular decídua, queda dos dentes decíduos, mineralização (coroa e raiz) da dentição permanente, emergência e maturação da dentição decídua e abrasão das coroas permanentes (Cap. 30). Estas etapas não ocorrem de maneira linear: enquanto alguns dos dentes decíduos estão surgindo, os dentes permanentes já estão sendo formados. Por exemplo, a mineralização do incisivo central decíduo começa por volta da 15ª semana após a fertilização e este é o primeiro dente a surgir nos primeiros 5 meses após o nascimento. Todos os dentes decíduos estão em oclusão por volta dos 3 anos de idade. Os primeiros dentes decíduos a cair geralmente são os incisivos central e lateral por volta dos 7 anos de idade, quando os incisivos permanentes emergem. O último dente decíduo a cair geralmente é o segundo molar no 10º ano. O primeiro dente permanente a apresentar mineralização é o primeiro molar, que ocorre por volta do momento do nascimento (por vezes mais cedo e, por vezes, mais tarde): é também o primeiro dente permanente a surgir por volta dos 6 anos de idade, e vai chegar à oclusão no final do 7º ano. O último dente permanente a surgir é o terceiro molar: a variabilidade desta ocorrência limita seu valor para previsão da idade.

Embora os padrões de mineralização, nascimento e queda sejam extremamente úteis, existem outros métodos disponíveis para determinar a idade a partir da dentição. Estes incluem comprimento do dente, aposição de cimento, formação secundária da dentina, aumento das linhas do esmalte, taxas de abrasão, translucidez da raiz e transparência da dentina.

DETERMINAÇÃO DA RAÇA

A determinação da origem racial ou genética é particularmente difícil de conseguir, embora seja algo que tanto os antropólogos físicos como forenses insistem em tentar fazer. A visão tradicional da raça é a de que ela é "uma das principais subdivisões zoológicas da humanidade, considerada como tendo uma origem comum e apresentando um conjunto relativamente constante de características físicas" (Bamshad & Olson 2003). Classificar grupos com base nisto é bastante restritivo e, em nosso mundo moderno migrante, um pouco artificial. Ainda é útil ser capaz de tentar atribuir a um grupo racial 'mais provável', sobretudo quando se lida com restos mortais forenses não identificados, mas existem grandes áreas de sobreposição entre as características, e dentro de qualquer grupo racial normalmente existe um espectro completo de representação. No entanto, persistimos na classificação com base em características visuais, e a área do corpo que é mais frequentemente analisada desta maneira é o crânio.

Os primeiros antropólogos classificaram o homem principalmente por origens geográficas e características físicas reconhecidas. As quatro raças tradicionais do homem foram: (1) caucasoide – geograficamente originários da Europa, Norte da África, Oriente Médio, subcontinente indiano e partes da Ásia Central. Classicamente, o crânio caucasoide tem uma forma arredondada a alongada (dolicocefálicos) com uma abertura nasal estreita, crista supraorbital moderadamente desenvolvida, uma espinha nasal proeminente, uma raiz nasal em forma de torre, pouco prognatismo e uma distância interorbital estreita. A testa é íngreme, o queixo é proeminente, o palato é longo e estreito, os ossos da face não são demasiado proeminentes e há uma tendência de protrusão maxilar ou retrusão mandibular. (2) Negroide – geograficamente representada pelos grupos subsaarianos e do oeste africano. O crânio negroide também é longo com uma abertura nasal ampla, forte prognatismo alveolar, raiz nasal baixa, sulcamento da abertura nasal e uma distância interorbital grande. A testa é mais arredondada, o palato é mais largo e os dentes são maiores. (3) Mongoloide – geograficamente representado por grupos na Ásia Oriental, Sudeste Asiático, Ásia Central, Américas, Groenlândia, Inuites, Polinésia, Sul da Ásia e Europa Oriental. O crânio do mongoloide geralmente é descrito como arredondado com uma abertura nasal de largura média, ossos da face bem desenvolvidos e elevados, prognatismo moderado, raiz nasal em tenda, espinha nasal curta e incisivos em forma de pá. O palato é encurtado, a testa é vertical, a ponte nasal é baixa e há uma tendência à rotação da mandíbula para a frente. (4) Australoide – geograficamente representado por aborígenes australianos, Maori, originários das Ilhas do Pacífico, de Fiji e da Papua. O crânio deste grupo, bastante heterogêneo, é geralmente representado por uma abertura nasal larga, crista supraorbital bem desenvolvida e glabela, e um palato largo com dentes grandes.

Tem havido, atualmente, um ressurgimento da pesquisa sobre a determinação racial que é muito centrada em marcadores genéticos: indicadores esqueléticos agora desempenham um papel significativamente reduzido nesta tarefa.

APROXIMAÇÃO FACIAL (RECONSTRUÇÃO)

Uma vez estabelecida a identidade biológica de um indivíduo (ou seja, sexo, idade, estatura e raça), pode ser necessária uma tentativa de estabelecer a identidade pessoal, particularmente em relação a uma investigação forense. É necessário conseguir um possível nome para uma vítima antes de se conseguir comparar dados *antemortem* e *post-mortem* e de se estabelecer uma identificação positiva. Uma das maneiras aceitas para se conseguir isto é reconstruir a face a partir do crânio, produzindo assim uma aproximação facial que possa ser liberada para a comunidade ou para o público em geral, em uma tentativa de identificar a vítima. Especialistas nesta disciplina utilizam as muitas variações do crânio para reconstruir possíveis representações individuais da face a partir do material disponível. A variação biológica irá ditar os dados adequados utilizados para a espessura dos tecidos que são aplicados à estrutura do esqueleto.

Existem basicamente duas abordagens para a reconstrução facial: (1) reconstrução por computador – o crânio é geralmente digitalizado por um scanner a laser 3-D e uma face virtual 'média' é envolta na estrutura do esqueleto. Esta abordagem é amplamente automatizada e exige treinamento limitado e especialização. É de alcance rápido e relativamente barato, mas depende de um grande conjunto de dados para se assegurar que a face 'média' utilizada é adequada. (2) reconstrução modelada – o crânio é geralmente engessado e pinos são inseridos no gesso de acordo com as exigências de profundidade adequada do tecido. Na abordagem 'americana', uma pele de argila é então moldada ao longo dos pinos para aproximar-se das feições. No método de 'Manchester', cada camada sequencial de tecidos moles e músculo é construída ao redor dos pinos antes de a pele de argila ser moldada sobre as estruturas subjacentes. A abordagem de modelagem é claramente mais dependente da experiência, leva mais tempo para ser atingida e é mais cara.

Há um grande debate sobre qual é a abordagem mais precisa e, por enquanto, não se chegou a um consenso. A maioria dos profissionais

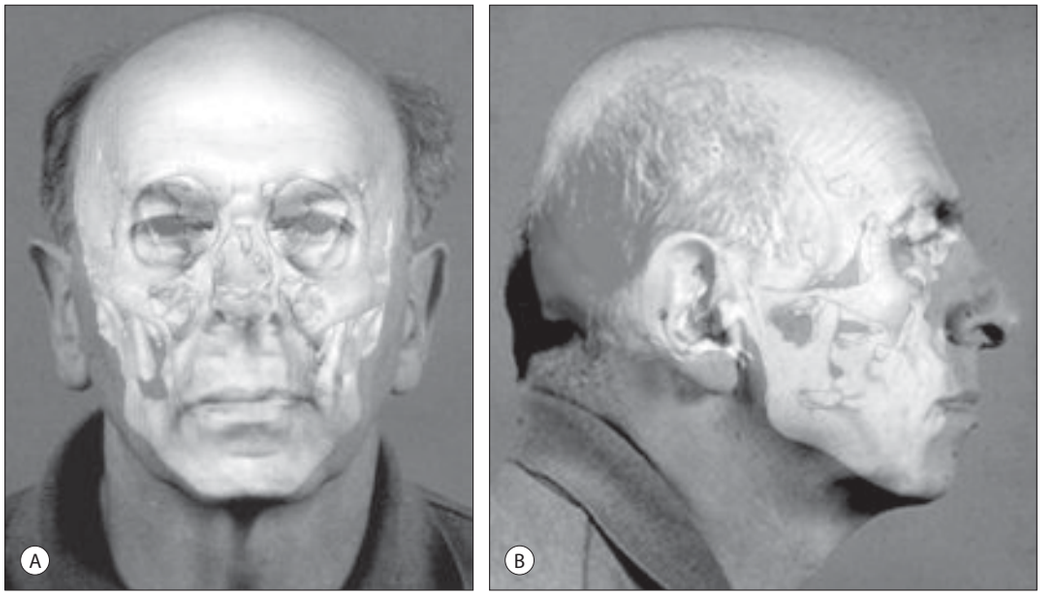


Fig. 26.9. Sobreposição facial: uma imagem feita ao vivo do crânio foi manipulada na posição e tamanho idênticos à face na fotografia. (Cortesia de Dr. Caroline Wilkinson e Professor Sue Black, Centre for Anatomy and Human Identification, College of Life Sciences, University of Dundee.)

afirma que o processo atinge uma aproximação de uma das potenciais faces para o morto e não pretende reconstruir a face verdadeira. O fundamento é produzir uma imagem que irá refrescar a memória do público e fornecer alguns possíveis nomes que possibilitarão uma comparação dos dados *antemortem* e *post-mortem*.

SUPERIMPOSIÇÃO FACIAL

Após a obtenção de um possível nome, pode ser necessário comparar o crânio com fotografias do indivíduo suspeito. Nestas circunstâncias, uma imagem do crânio é sobreposta a uma imagem da face da pessoa desaparecida (Fig. 26.9). Isso depende de se conseguir uma imagem ao vivo do crânio, para que possa ser girada e manipulada em uma posição idêntica e com uma dimensão idêntica à da fotografia. As características que não mudam são alinhadas: uma fotografia que mostra os dentes é ideal, pois os dentes podem ser alinhados com a dentição sobre o crânio. A imagem do crânio e a fotografia podem, então, ser observadas com graduação maior e menor: se isto for realizado com velocidade, quaisquer discrepâncias aparecerão na imagem como distorção.

REFERÊNCIAS

Bamshad M, Olson S 2003 Does race exist? Sci Am 289: 78–85.

Berkovitz BKB, Moxham BJ 1994 Color Atlas of the Skull. London: Mosby-Wolfe.

Berry AC 1975 Factors affecting the incidence of non-metrical skeletal variants. J Anat 120: 519–35.

Berry AC, Berry RJ 1967 Epigenetic variation in the human cranium. J Anat 101: 361–80.

Bruce V, Burton AM, Hanna E, Healey P, Mason O, Coombes A, Fright R, Linney A 1993 Sex discrimination: how do we tell the difference between male and female faces? Perception 22: 131–52.

Gill GW, Rhine S 2004 Skeletal Attribution of Race: Methods for Forensic Anthropology. New Mexico: Maxwell Museum of Anthropology.

Ilizarov GA, Ledyaev VI 1992 The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments. Clin Orthopaed Relat Res 280: 7–10.

Lahr MM 1996 The Evolution of Modern Human Diversity: A Study of Cranial Variation. Cambridge: Cambridge University Press.

Lele S, Richtsmeier JT 1991 Euclidean distance matrix analysis: a coordinate-free approach for comparing biological shapes using landmark data. Am J Phys Anthropol 86: 415–27.

Lieberman DE, McCarthy RC 1999 The ontogeny of cranial base angulation in humans and chimpanzees and its implications for reconstructing pharyngeal dimensions. J Hum Evol 36: 487–517.

Lieberman DE, Pearson OM, Mowbray KM 2000 Basicranial influence on overall cranial shape. J Hum Evol 38: 291–315.

Liversidge H, 2004 The dentition. In: The Juvenile Skeleton. Scheuer L and Black S (eds) London: Elsevier.

Maat GJR, Mastwijk RW 1995 Ossification status of the jugular growth plate. An aid for age at death determination. Int J Osteoarch 5: 163–8.

Scheuer L, Black S 2000 Developmental Juvenile Osteology. London: Academic Press.

Sperber GH 2001 Craniofacial Development, 4th edn. Ontario: BC Decker.

Vidarsdottir US, O'Higgins P, Stringer C 2002 A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton. J Anat 201: 211–29.

Whittaker DK, MacDonald DG 1989 A Colour Atlas of Forensic Dentistry. London: Wolfe.

Wilkinson C 2004 Forensic Facial Reconstruction. Cambridge: Cambridge University Press.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 27

Região intracraniana

A cavidade do crânio contém o encéfalo, as porções intracranianas dos nervos cranianos e espinais, vasos sanguíneos, meninges e líquido cerebrospinal. Suas paredes são formadas por partes dos ossos frontais, etmoide, parietais, esfenoides, temporais e occipitais.

FACE INTERNA DA ABÓBADA CRANIANA

A face interna da abóbada craniana é profundamente côncava. Ela inclui a maior parte dos ossos frontal e parietal e a parte escamosa do osso occipital, variadamente unidos nas suturas coronal, sagital e lambdóidea (Fig. 27.1). Com o avanço da idade, estas suturas tornam-se obliteradas por um processo gradual que começa em suas faces intracranianas. Os forames inconstantes podem ocorrer nos ossos parietais perto do sulco do seio sagital e anteriores à sutura lambdóidea: eles admitem veias emissárias associadas ao seio sagital superior. As faces internas dos ossos frontal e parietal são sulcadas por ranhuras que abrigam os ramos frontal e parietal dos vasos meníngeos médios; as ranhuras contêm as aberturas de canais minúsculos que admitem vasos perfurantes para a medula hematopoiética no interior do osso diploico. Impressões para giros cerebrais são menos distintas na abóbada do que na base do crânio.

A foice do cérebro, uma partição dural que passa entre os dois hemisférios cerebrais, é anexada anteriormente a uma crista frontal anteromediana que se projeta para trás. A crista apresenta um sulco que se amplia à medida que passa para trás, abaixo da sutura sagital e torna-se contínuo com o sulco do seio sagital que abriga o seio sagital superior. Encontram-se depressões irregulares, fovéolas granulares, que se tornam maiores e mais numerosas com a idade, em ambos os lados do sulco, e em geral elas abrigam granulações aracnóideas.

FOSSAS DO CRÂNIO (ANTERIOR, MÉDIA, POSTERIOR)

A base da cavidade do crânio é dividida em três fossas distintas: anterior, média e posterior do crânio (Fig. 27.2). O assoalho da fossa anterior do crânio fica no nível mais alto e o assoalho da fossa posterior no mais baixo.

Descrições detalhadas da anatomia microcirúrgica de cada região da base do crânio estão fora do escopo deste livro, e o leitor interessado é orientado a consultar primeiramente Rhoton (2002).

FOSSA ANTERIOR DO CRÂNIO

A fossa anterior do crânio é formada na frente e nos lados pelo osso frontal. Seu assoalho é composto pelas lâminas orbital do osso frontal e cribriforme, crista etmoidal do osso etmoide, as asas menores e a parte anterior do corpo do esfenoide. Ao contrário das outras fossas do crânio, ela não se comunica diretamente com a face inferior do crânio.

Uma lâmina perfurada de osso, a lâmina cribriforme do osso etmoide, espalha-se por toda a linha mediana entre as lâminas orbitais do osso frontal e é deprimida abaixo delas, formando parte do teto da cavidade nasal. Os nervos olfatórios passam da mucosa nasal para o bulbo olfatório do cérebro através de inúmeros pequenos forames na lâmina cribriforme. Anteriormente, um esporão de osso, a crista etmoidal, projeta-se para cima entre os hemisférios cerebrais. Uma depressão entre a crista etmoidal e a crista do osso frontal é atravessada pela sutura frontoetmoidal. Ela sustenta o forame cego, que em geral é uma pequena depressão de terminação cega, mas que ocasionalmente acomoda uma veia que drena a partir da mucosa nasal até o seio sagital superior. O nervo etmoidal anterior entra na cavidade do crânio, onde a lâmina cribriforme encontra a parte orbital do osso frontal e, em seguida, passa para o teto do nariz por meio de um pequeno forame pelo lado da crista etmoidal, o nervo sulca a crista etmoidal. Os vasos etmoidais anteriores acompanham o nervo. O canal etmoidal posterior, que transmite o nervo e vasos etmoidais posteriores, abre no canto posterolateral da lâmina cribriforme e é sobreposto pelo osso esfenoide.

A face craniana convexa do osso frontal separa o cérebro da órbita e carrega impressões dos giros do cérebro e pequenos sulcos para vasos meníngeos. Posteriormente, ela articula com a borda anterior da asa menor do osso esfenoide que forma o limite posterior da fossa anterior do crânio. A extremidade média da asa menor constitui o processo clinoide anterior. A asa menor junta-se ao corpo do esfenoide por duas raízes que são separadas pelo canal óptico. A raiz anterior, larga e plana, é contínua com o jugo esfenoidal, enquanto a raiz menor e mais espessa junta-se ao corpo do osso esfenoide próximo da margem posterior do sulco pré-quiasmático. As suturas esfenofrontal e esfenoetmoidal separam o esfenoide dos ossos adjacentes.

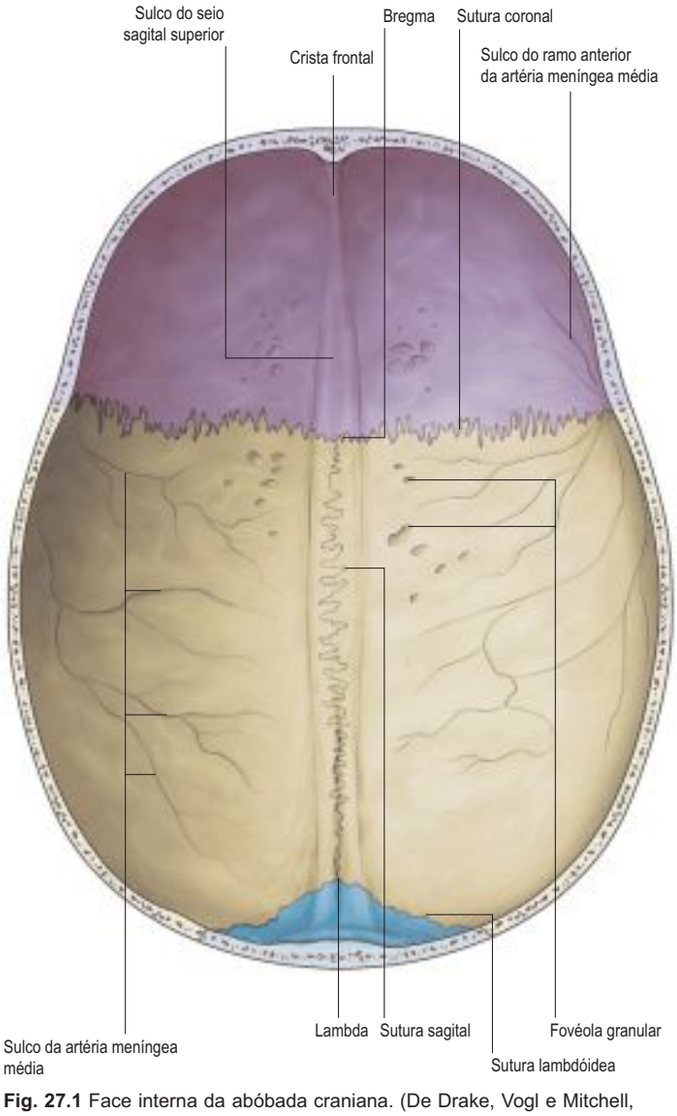


Fig. 27.1 Face interna da abóbada craniana. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005).

A borda posterior de cada asa menor se encaixa no ramo do sulco lateral e pode ser sulcada pelo seio esfenoparietal da dura-máter. Acima, encontra-se a face inferior do lobo frontal do hemisfério cerebral e a substância perfurada anterior situa-se medialmente. Inferiormente, a asa menor delimita a fissura orbital superior e completa o teto da órbita. Cada processo clinoide anterior promove fixação à margem livre do tentório do cerebelo e é sulcado medialmente pela artéria carótida interna à medida que deixa o seio cavernoso. Os processos clinoides anterior e médio podem ser conectados por uma barra óssea fina, formada por ossificação, quer do ligamento carótico-clinóideo, quer de uma prega dural que se estende entre os processos, o forame carótico-clinóideo circunda a artéria.

FOSSA MÉDIA DO CRÂNIO

A fossa média do crânio é mais profunda e mais extensa do que a fossa anterior, sobretudo lateralmente, onde sustenta os lobos temporais dos hemisférios cerebrais. É delimitada na frente pelas asas menores e parte do corpo do esfenoide, atrás pelas bordas superiores da parte petrosa do osso temporal e dorso da sela turca do osso esfenoide, e lateralmente pelas partes escamosas do osso temporal, osso parietal e asas maiores do esfenoide. A região corresponde à parte do meio da base do crânio.

A fossa média do crânio comunica-se com as órbitas pelas fissuras orbitais superiores, cada uma delimitada acima por uma asa menor, abaixo por uma asa maior, e medialmente pelo corpo do osso esfenoide. As fissuras são mais largas medialmente, e cada uma tem um eixo longo que se inclina ínferomedialmente e para a frente. Elas são os grandes portais para a órbita a partir da cavidade do crânio e contêm os nervos oculomotor, troclear e abducente e os nervos frontal e nasociliar ramos da divisão oftálmica do nervo trigêmeo, juntamente com filamentos do plexo carótico interno (simpático), as veias oftálmicas, o ramo orbital da artéria meníngea média e o ramo recorrente da artéria lacrimal (Cap. 39).

Centralmente, o assoalho da fossa é mais estreito e formado pelo corpo do osso esfenoide, que contém os seios esfenoidais (Cap. 32). O teto do seio é profundamente côncavo e abriga a glândula hipófise. É, portanto, denominado fossa hipofisial, também conhecida como sela turca, porque lembra o formato de uma sela turca. A extremidade anterior da fossa hipofisial é completada lateralmente por um processo clinoide médio, o assoalho forma o teto dos seios esfenoidais, e o limite posterior apresenta um pilar vertical do osso, o dorso da sela. Os ângulos superolaterais do dorso são expandidos como processos clinoides posteriores. Uma prega da dura-máter, o diafragma da sela, é anexada aos processos clinoide anterior e posterior e tetos sobre a fossa hipofisial. A parte superior lisa da parede anterior da fossa, o jugo esfenoidal, é delimitada por trás pela borda anterior do sulco pré-quiasmático sulcado que leva lateralmente aos canais ópticos. Cada canal transmite o nervo óptico e artéria oftálmica. O quiasma óptico, em geral, reside posterossuperiormente ao sulco pré-quiasmático, o tubérculo da sela fica abaixo do sulco. O seio cavernoso situa-se lateralmente à fossa hipofisial. A parede lateral do corpo do esfenoide contém um sulco carótico raso relacionado com a artéria carótida interna à medida que ela sobe a partir do canal carótico e segue através do seio cavernoso. Posterolateralmente, o sulco pode ser aprofundado pela projeção de uma pequena língula.

A asa maior do osso esfenoide contém três forames consistentes e outros pequenos variáveis. O forame redondo, situado logo abaixo e atrás da extremidade medial da fissura orbital superior, conduz para a frente em direção à fossa pterigopalatina, e contém o nervo maxilar. Atrás do forame redondo encontra-se o forame oval, que transmite o nervo mandibular: é por vezes dividido em dois ou três componentes. Forames acessórios denominados, forame venoso (de Vesalius) e forame cavernoso, podem ocorrer perto do forame oval. O pequeno forame venoso ocorre em cerca de 20% dos crânios: é consistentemente simétrico e situa-se anteromedial ao forame oval e lateral ao forame redondo e canal pterigóideo. Ele transmite uma veia emissária através da qual o seio cavernoso e o plexo pterigóideo comunicam-se. O forame espinhoso situa-se posterolateral ao forame oval e transmite a artéria e veias meníngeas médias. Os vasos sulcam o assoalho e a parede lateral da fossa média do crânio. O forame oval e o forame espinhoso abrem-se para a fossa infratemporal subjacente.

O forame lacerado está situado na extremidade posterior do sulco carótico, posteromedial ao forame oval. É delimitado na frente pelo corpo e raízes adjacentes do processo pterigoide e asa maior do osso esfenoide, posterolateralmente pelo ápice da parte petrosa do osso temporal, e medialmente pela parte basilar do osso occipital. Um pequeno forame emissário esfenoidal pode ocorrer na raiz da asa maior do esfenoide medial ao forame lacerado; quando presente, transmite uma veia do seio cavernoso.

A impressão trigeminal, que acomoda o gânglio trigeminal, está situada posterior ao forame lacerado sobre a face anterior da parte petrosa do osso temporal perto de seu ápice. Sua profundidade é variável. Posterolateral à impressão há uma depressão pequena e rasa, limitada posteriormente por uma eminência arredondada arqueada (produzida pelo canal semicircular anterior subjacente). Lateral à impressão passa um sulco estreito, posterolateralmente em direção ao hiato do canal do nervo petroso maior, e ainda mais lateralmente encontra-se o hiato do canal do nervo petroso menor. Uma incisura trigeminal plana conduz à impressão. Situa-se na borda superior da parte petrosa do osso temporal, anteromedial ao sulco para o seio petroso superior, neste momento, o nervo trigêmeo separa os seios do osso. Na extremidade anterior da incisura trigeminal encontra-se o ligamento petroesfenoidal (de Gruber), fixado a uma minúscula espícula óssea, orientada anteromedialmente. O nervo abducente curva-se acentuadamente através da borda da região superior da parte petrosa do osso temporal e passa entre o ligamento e o dorso da sela anterior ao ligamento petroesfenoidal (para uma análise detalhada do curso do nervo abducente na região petroclival, veja Ozveren *et al.* 2002).

A face anterior da parte petrosa do osso temporal é formada pelo tegme timpânico uma fina lâmina óssea no teto da cavidade timpânica, que se estende anteromedialmente acima da tuba auditiva anterolateral à eminência arqueada. A parte posterior do tegme timpânico cobre o antro mastóideo, lateral à eminência. A borda superior da parte petrosa do osso temporal separa as fossas média e posterior do crânio, e é sulcada pelo seio petroso superior. Em crânios jovens, uma sutura petroescamosa pode ser visível no limite lateral do tegme timpânico, mas é obliterada em adultos. O tegme timpânico então vira para baixo como parede lateral da porção óssea da tuba auditiva e a sua borda inferior pode aparecer na fissura timpanoescamosa. Lateral à parte anterior do tegme timpânico, a parte escamosa do osso temporal é adelgaçada sobre uma pequena área que coincide com a parte mais profunda da fossa mandibular.

FOSSA POSTERIOR DO CRÂNIO

A fossa posterior do crânio, a maior e mais profunda das fossas do crânio, contém o cerebelo, ponte e bulbo. É delimitada anteriormente pelo dorso da sela, aspectos posteriores do corpo do esfenoide e parte basilar do osso occipital; atrás pela parte escamosa do osso occipital; lateralmente pelas partes petrosa e mastóidea do osso temporal e pelas partes laterais do osso occipital; e acima e atrás pelos ângulos mastóideos dos ossos parietais. A região relaciona-se extracranialmente com a parte posterior da base do crânio.

A característica mais proeminente no assoalho da fossa posterior do crânio é o forame magno do osso occipital. Uma superfície inclinada, o clivo, formado sucessivamente pela parte basilar do osso occipital, parte posterior do corpo e depois o dorso da sela do osso esfenoide, está situada em posição anterior ao forame magno. O clivo é suavemente côncavo de um lado ao outro. De cada lado, é separado da parte petrosa do osso temporal por uma fissura petroccipital, que é preenchida por uma lâmina fina de cartilagem e limitada atrás pelo forame jugular. Suas margens são sulcadas pelo seio petroso inferior. A sincondrose esfenoccipital é evidente sobre o clivo de uma criança em crescimento.

O forame jugular é uma grande abertura situada na extremidade posterior da fissura petroccipital, acima e lateral ao forame magno. Sua borda superior é acentuada e irregular, e contém uma incisura para o nervo glossofaríngeo. O canalículo da cóclea está situado na parte mais profunda da incisura. A borda inferior do forame jugular é lisa. Posteriormente, é sulcada pelo seio sigmóideo, que continua em direção ao forame como veia jugular interna. Os nervos acessório, vago e glossofaríngeo atravessam a parte anterior do forame jugular de trás para a frente, e pode sulcar o tubérculo jugular quando entram no forame. Situam-se entre o seio petroso inferior (acompanhado de um ramo meníngeo da artéria faríngea ascendente) e do seio sigmóideo (acompanhado de um ramo meníngeo da artéria occipital).

O canal do nervo hipoglosso (condilar anterior) medial a e abaixo da borda inferior do forame jugular, na junção das partes laterais e basilares do osso occipital. Transmite o nervo hipoglosso e seu ramo recorrente, juntamente com o ramo meníngeo da artéria faríngea ascendente e uma veia emissária que liga o plexo basilar (intracraniano) com a veia jugular interna (extracraniano). Quando um canal condilar posterior está presente por trás do côndilo occipital, o seu orifício interno é posterolateral ao do canal do nervo hipoglosso e contém uma veia emissária sigmóidea (associada às veias occipitais) e um ramo meníngeo da artéria occipital. Os côndilos occipitais situam-se dentro da face anterior do forame magno: seus aspectos mediais são ásperos para os anexos dos ligamentos alares associados às articulações atlantoaxiais.

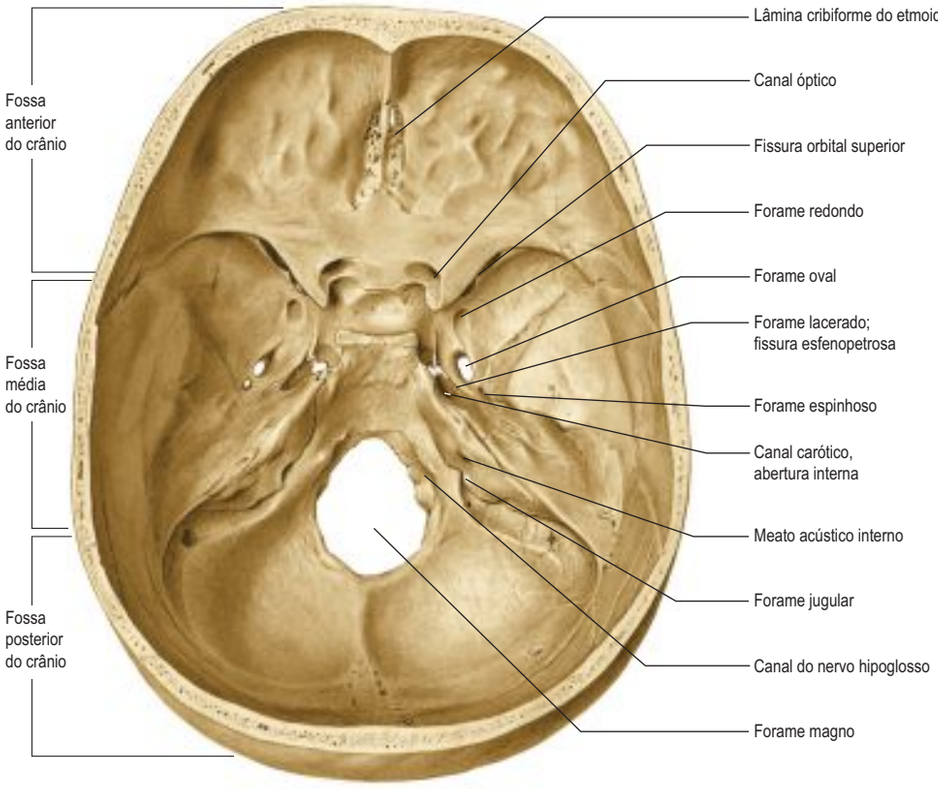


Fig. 27.2 Assoalho da cavidade do crânio, mostrando as fossas do crânio. (De Sobotta, 2006.)

A face posterior da parte petrosa do osso temporal forma grande parte da parede anterolateral da fossa posterior do crânio. Contém o meato acústico interno, que se situa anterossuperior ao forame jugular, e transmite os nervos facial e vestibulococlear, o nervo intermédio e vasos do labirinto.

A região mastóidea do osso temporal situa-se atrás da parte petrosa do osso temporal na parede lateral da fossa posterior do crânio. Anteriormente, apresenta o grande sulco do seio sigmóideo que faz um percurso para a frente e para baixo e, em seguida, para baixo e medialmente e, finalmente, para a frente em direção ao forame jugular: ele contém o seio sigmóideo. Superiormente, onde o sulco toca o ângulo mastóideo do osso parietal, torna-se contínuo, com um sulco que transmite o seio transverso e, em seguida, atravessa a sutura parietomastóidea e desce por trás do antro mastóideo. Um forame mastóideo que transmite uma veia emissária a partir do seio sigmóideo e um ramo meníngeo da artéria occipital, algumas vezes suficientemente grande para sulcar a parte escamosa do osso occipital, podem ser encontrados aqui. A parte mais baixa do sulco do seio sigmóideo atravessa a sutura occipitomastóidea e sulca o processo jugular do osso occipital. O sulco do seio sigmóideo direito geralmente é maior do que o esquerdo.

Uma lâmina fina com uma margem irregularmente curvada se projeta de volta atrás do meato acústico interno. Ela delimita uma fenda que contém a abertura do aqueduto do vestíbulo (que abriga o saco e ducto endolinfático e uma pequena artéria e veia). Uma fossa subarqueada pequena revestida com dura-máter situa-se entre o meato acústico interno e a abertura do aqueduto. Perto da borda superior da parte petrosa do osso temporal a fossa é perfurada por uma pequena veia. Em lactentes a fossa é um túnel cego relativamente grande sob o canal semicircular anterior.

A parte escamosa do osso occipital apresenta uma crista occipital interna mediana. Esta faz um percurso posteriormente a partir do forame magno até uma protuberância occipital interna, fixa a foice do cerebelo e pode ser sulcada pelo seio occipital. A protuberância occipital interna fica perto da confluência dos seios. É sulcada bilateralmente pelos seios transversos que se curvam lateralmente com uma convexidade ascendente para os ângulos mastóideos dos ossos parietais. O sulco para o seio transverso, em geral, é mais profundo à direita, onde normalmente é uma continuação do seio sagital superior, enquanto que à esquerda é frequentemente uma continuação do seio reto. Em ambos os lados o sulco do seio transverso é contínuo com o sulco do seio sigmóideo. Abaixo do sulco do seio transverso, a crista occipital interna separa duas fossas rasas que abrigam os hemisférios cerebelares. Um processo clinoide posterior e as margens dos sulcos dos seios petrosos superiores e transversos promovem ancoragem para a margem anexa do tentório do cerebelo.

MENINGES

Três membranas concêntricas, as meninges, envolvem o encéfalo e a medula espinal. Elas oferecem suporte e proteção para os delicados tecidos que circundam. As camadas individuais, em uma ordem de fora para dentro, são a dura-máter (paquimeninge), aracnoide-máter e pia-máter. A dura é um revestimento opaco, firme, fibroso que divide de maneira incompleta a cavidade do crânio em compartimentos e acomoda os seios venosos da dura-máter. A aracnoide-máter é muito mais fina do que a dura-máter e é principalmente translúcida. Ela envolve o encéfalo de maneira imprecisa, abrangendo depressões e concavidades. A pia-máter é uma membrana transparente, microscopicamente fina, que segue os contornos do encéfalo e está intimamente aderente à sua superfície.

A dura-máter é separada da aracnoide-máter por um espaço subdural estreito. A aracnoide-máter é separada da pia-máter pelo espaço subaracnóideo, que varia muito em profundidade; as extensões maiores são denominadas cisternas subaracnóideas. O espaço subaracnóideo contém líquido cerebrospinal (LCS), que é secretado pelos plexos corióideos do sistema cerebroventricular. O LCS circula no interior do espaço subaracnóideo e é reabsorvido no sistema venoso através das vilosidades aracnóideas e granulações associadas aos seios venosos da dura-máter.

As partes encefálica e espinal das meninges são contínuas através do forame magno. A parte encefálica das meninges é descrita nesta seção e a parte espinal das meninges é descrita na página 751.

DURA-MÁTER

A dura-máter é espessa, densa e fibrosa. É predominantemente acelular e consiste principalmente em fascículos densamente concentrados de fibras de colágeno dispostas em lâminas. Os fascículos percorrem direções diferentes em lâminas adjacentes, produzindo um aspecto semelhante a uma treliça, o que é particularmente evidente no tentório do cerebelo e ao redor de defeitos ou perfurações que, por vezes, ocorrem na porção anterior da foice do cerebelo.

A parte encefálica da dura-máter, que reveste a cavidade do crânio, difere da parte espinal da dura-máter principalmente em sua relação com os ossos circundantes. Possui uma camada interna, ou meníngea, e uma camada externa, ou endosteal. Estas camadas são unidas, exceto quando separadas para encerrar os seios venosos que drenam sangue do encéfalo. Há pouca diferença histológica entre as camadas endosteal e meníngea. Ambas contêm fibroblastos, e a camada endosteal também contém osteoblastos. Pode ocorrer calcificação focal na foice do cérebro.

A dura-máter adere às superfícies internas dos ossos do crânio, em particular nas suturas, na base do crânio e ao redor do forame magno. As

bandas fibrosas passam da dura-máter para os ossos, e é difícil removê-la de linhas de sutura em crânios jovens. No entanto, quando as linhas de sutura fundem-se, a dura-máter se separa delas. Além disso, torna-se mais espessa, menos maleável, e mais firmemente aderida à superfície interna do crânio, em especial a da calvária, com o aumento da idade. A camada endosteal da dura-máter é contínua com o pericrânio através das suturas e forames e com o periósteo orbital através da fissura orbital superior. A camada meníngea fornece bainhas tubulares para os nervos cranianos que passam para fora através dos forames do crânio, e estas bainhas se fundem com o epineuro à medida que os nervos emergem do crânio. A bainha dural do nervo óptico é contínua com a esclera do bulbo do olho. A dura-máter funde-se com a túnica adventícia dos grandes vasos, como as artérias carótida interna e vertebral, em locais onde perfuram para entrar na cavidade do crânio.

O aspecto interno da dura-máter está intimamente ligado à aracnoide-máter sobre a superfície do encéfalo. No entanto, as duas membranas estão fisicamente juntas apenas em locais onde veias passam do encéfalo para os seios venosos da dura-máter, por exemplo, o seio sagital superior, ou onde elas conectam o encéfalo à dura-máter, como no polo anterior do lobo temporal.

Hematoma extradural

A organização anatômica da dura-máter, e as suas relações com os grandes seios venosos, suturas e vasos sanguíneos, é clinicamente relevante. A separação da dura-máter do periósteo subjacente exige força significativa e, consequentemente, acontece apenas quando sangramento arterial de alta pressão ocorre no espaço virtual. Isso pode resultar de dano a qualquer vaso arterial, comumente após fratura do crânio. O local clássico para essa lesão é ao longo do curso da artéria meníngea média, onde um golpe direto que provoca fratura óssea pode causar ruptura da artéria e um acúmulo rápido de um hematoma extradural. O hematoma está sob uma pressão considerável devido à pressão arterial que o alimenta e a resistência oferecida pela forte aderência entre a dura-máter e o periósteo. Um hematoma extradural, portanto, funciona como uma lesão de massa intracraniana que se expande rapidamente, é uma emergência médica clássica que requer diagnóstico imediato e cirurgia.

Invaginações da dura-máter

A camada meníngea da dura-máter é refletida para dentro formando quatro septos, ou seja, a foice do cérebro, a foice do cerebelo, o diafragma da sela e o tentório do cerebelo que parcialmente dividem a cavidade do crânio em compartimentos.

Foice do cérebro

A foice do cérebro é uma lâmina forte e com forma crescente, que se situa no plano sagital e ocupa a fissura longitudinal entre os dois hemisférios cerebrais (Fig. 27.3). A crescente é estreita na frente, onde a foice é fixada à crista etmoidal, e larga atrás, onde se combina com o tentório do cerebelo: o seio reto faz um percurso ao longo desta linha de fixação (Fig. 27.3). A parte anterior da foice é fina e pode ter algumas perfurações irregulares. Sua margem superior convexa é anexada à face interna do crânio de cada lado da linha mediana, tão para trás quanto a protuberância occipital interna. O seio sagital superior percorre um sulco no interior da dura-máter ao longo desta margem: a foice está fixada aos lábios deste sulco. A extremidade inferior da foice é livre e côncava e contém o seio sagital inferior.

Foice do cerebelo

A foice do cerebelo é uma prega pequena da dura-máter na linha mediana que se situa abaixo do tentório do cerebelo e projeta-se para a frente em direção à incisura do tentório entre os hemisférios cerebelares. Sua base é orientada para cima e é fixada à parte posterior da face inferior do tentório do cerebelo na linha mediana. A sua margem posterior contém o seio occipital e é anexada à crista occipital interna. O ápice da foice do cerebelo frequentemente divide-se em duas pregas pequenas, que desaparecem nas laterais do forame magno. A foice do cerebelo é frequentemente dupla.

Diafragma da sela

O diafragma da sela é uma lâmina pequena circular, horizontal da dura-máter. Ele forma um teto sobre a sela turca e, muitas vezes, cobre quase completamente a glândula hipófise. O infundíbulo e o pedículo hipofisiais passam para a fossa hipofisial através de uma abertura central no diafragma da sela. Há grande variação individual no tamanho dessa abertura. No passado, o diafragma da sela era uma estrutura de referência importante na cirurgia hipofisial, porque uma extensão de um tumor hipofisial acima dela era uma indicação para abordagem subfrontal por meio de uma craniotomia. No entanto, uma abordagem transesfenoidal é atualmente a opção preferida, independentemente de saber se existe extensão suprasselar.

Tentório do cerebelo

A forma do tentório do cerebelo (Fig. 27.3) é alusiva a uma tenda de haste única, o que explica seu nome. Situa-se entre o cerebelo e os lobos occipitais dos hemisférios cerebrais e divide a cavidade do crânio em compartimentos supratentorial e infratentorial, que contêm o prosencéfalo e metencéfalo respectivamente. Sua extremidade anterior côncava é livre e separada do dorso da sela do osso esfenoide por um hiato grande e curvo, a incisura do tentório, que é preenchida pelo mesencéfalo e a parte anterior do aspecto superior do verme do cerebelo. O limite exterior convexo do tentório está anexado posteriormente aos lábios do sulco do seio transverso do osso occipital e aos ângulos posteroinferiores do osso parietal, onde envolve os seios transversos. Lateralmente, é anexado às bordas superiores das partes petrosas dos ossos temporais, onde contém os seios petrosos superiores. De cada lado, perto do ápice da parte petrosa do osso temporal, a camada inferior do tentório é evaginada anterolateralmente sob o seio petroso superior formando um recesso entre as camadas endosteal e meníngea na fossa média do crânio. O recesso contém as raízes e gânglio do nervo trigêmeo; a camada meníngea evaginada funde-se na frente com a parte anterior do gânglio.

A disposição da dura-máter na parte central da fossa média do crânio é complexa. O tentório forma grande parte do assoalho da fossa média do crânio, e preenche grande parte do intervalo entre as cristas da parte petrosa do osso temporal. Em ambos os lados, a borda da incisura do tentório é anexada ao ápice da parte petrosa do osso temporal e continua

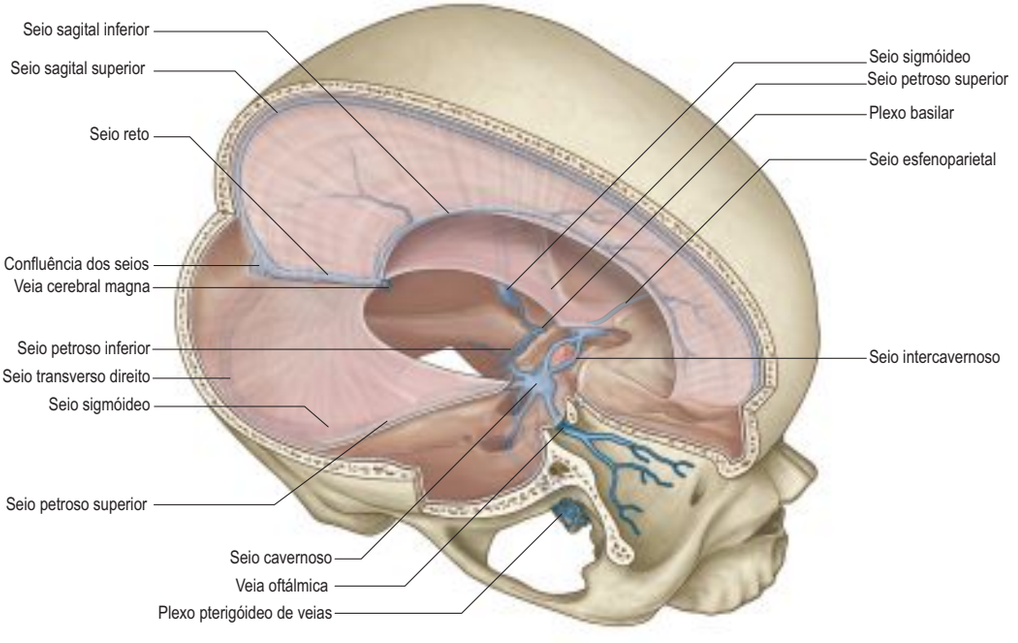


Fig. 27.3 A dura-máter encefálica, suas reflexões e seios venosos maiores associados. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

adiante como uma crista de dura-máter fixando-se no processo clinoide anterior. Esta crista marca a junção do teto e da parte lateral do seio cavernoso. A periferia do tentório do cerebelo (apenso à borda superior da parte petrosa do osso temporal) cruza sob a borda livre da incisura do tentório no ápice da parte petrosa do osso temporal, e continua em frente até os processos clinoides posteriores como uma crista arredondada, indefinida da dura-máter. A depressão angular entre as partes anteriores do anexo periférico do tentório e a borda livre da incisura do tentório é parte do teto do seio cavernoso. É perfurada na frente pelo nervo oculomotor e atrás pelos nervos trocleares, que prosseguem anteroinferiormente em direção à parede lateral do seio cavernoso. Na parte anteromedial da fossa média do crânio a dura-máter ascende como parede lateral do seio cavernoso, atinge a crista produzida pela continuação anterior da borda livre do tentório e faz o trajeto medialmente como teto do seio cavernoso, onde é perfurada pela artéria carótida interna. Medialmente, o teto do seio é contínuo com a camada superior do diafragma da sela. Na abertura no diafragma, ou logo abaixo dela, para o infundíbulo hipofisial, a dura-máter, a aracnoide-máter e a pia-máter fundem-se entre si e com a cápsula da glândula hipófise. As camadas das meninges não podem ser distinguidas no âmbito da sela turca e o espaço subaracnóideo é obliterado.

Herniação transtentorial

Normalmente, a disposição das invaginações da dura-máter, como a foice do cérebro e o tentório do cerebelo, pode ajudar a estabilizar o encéfalo dentro da cavidade do crânio. No entanto, quando existe edema cerebral focal ou uma lesão focal que ocupa espaço, dentro do encéfalo ou da cavidade do crânio, uma elevação da pressão intracraniana pode provocar herniação cerebral sob a foice do cérebro ou, mais significativamente, através da incisura do tentório, que irá comprimir o nervo oculomotor, mesencéfalo e artérias na superfície medial inferior do lobo temporal. Esse processo de herniação transtentorial é particularmente perigoso devido ao risco de compressão vascular secundária; frequentemente representa o evento terminal em pacientes com lesões supratentoriais que ocupam espaço. Do mesmo modo, as lesões que ocupam espaço no pequeno compartimento infratentorial podem provocar herniação ascendente através do hiato tentorial ou herniação descendente através do forame magno (Fig. 19.22).

Seios venosos da dura-máter

Os seios venosos da dura-máter formam uma rede complexa de canais que drenam sangue venoso do encéfalo e dos ossos do crânio (Figs. 17.10 e 27.4). Situam-se entre as camadas meníngea e endosteal da dura-máter, são revestidos pelo endotélio, não possuem válvulas e suas paredes são desprovidas de tecido muscular. Desenvolvem-se inicialmente como plexos venosos e a maioria dos seios dos adultos preserva um arranjo plexiforme (em um grau variável), em vez de serem simples vasos com uma única luz. Os grupos de pequenas veias unem-se aos seios sagitais superior, inferior e reto e, menos frequentemente, aos seios transversos. Cristas do tecido venoso 'esponjoso' frequentemente projetam para as luzes dos seios sagital superior e transverso (Browder & Kaplan, 1976; Kaplan & Browder, 1976).

A estrutura dos seios venosos do crânio, a sua natureza plexiforme e amplas conexões com veias cerebrais e cerebelares variam consideravelmente, sobretudo nos primeiros anos; por exemplo, na lactância, a foice do cerebelo pode conter canais plexiformes grandes e lacunas venosas que aumentam o seio occipital. Estas variações não podem ser detalhadas em um texto geral, mas devem ser estabelecidas para o indivíduo pela angiografia quando surge necessidade clínica. Há evidências experimentais de que partes dos seios (e mesmo veias diploicas) podem ser preenchidas por meio de injeção forçada na carótida interna, a partir da qual se tem inferido que podem existir *shunts* arteriovenosos (Browder & Kaplan, 1976). Uma conexão entre as artérias meníngeas médias e o seio sagital superior tem sido demonstrada desta forma, embora os locais de comunicação sejam desconhecidos. Acredita-se que as fístulas arteriovenosas durais são lesões adquiridas que se formam em uma área de trombose dentro de um seio. Se o seio permanece completamente trombosado, a drenagem venosa a partir dessas lesões ocorre através das veias corticais, ou, se o seio estiver aberto, a drenagem venosa geralmente ocorre no seio envolvido.

Os seios nomeados são o sagital superior e inferior, reto, transverso, petroescamoso, sigmóideo, occipital, cavernoso, intercavernoso, petroso superior e petroso inferior, esfenoparietal, basilar e marginal.

Seio sagital superior

O seio sagital superior percorre a margem fixa convexa da foice do cérebro. Sulca a face interna do osso frontal, as margens adjacentes dos dois ossos parietais e da parte escamosa do osso occipital (Figs. 17.10, 27.3 e 27.5). Começa perto da crista etmoidal, poucos milímetros posterior ao forame cego, e recebe tributárias primárias a partir de veias corticais dos lobos frontais, as veias frontais ascendentes. O seio é triangular em corte transversal e invadido, em seu terço intermediário, por faixas variáveis e projeções de suas paredes durais, que podem estender-se como prateleiras horizontais que dividem a sua luz em canais superiores e inferiores. É estreito anteriormente, e aumenta gradualmente até cerca de 1 cm de

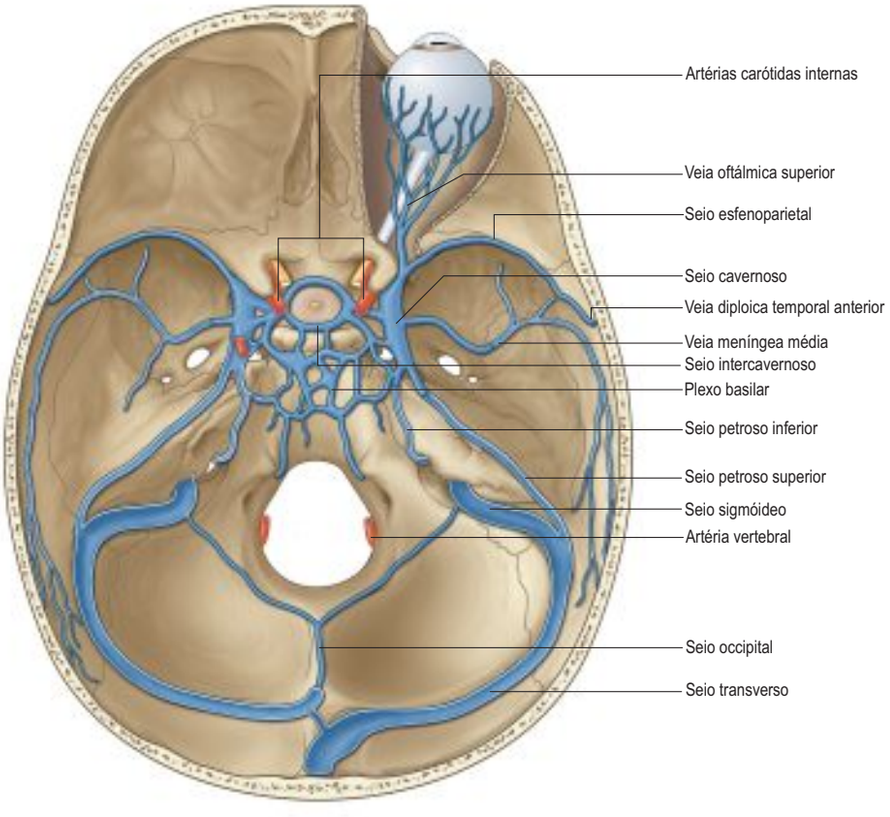


Fig. 27.4 Seios venosos principais na base do crânio. Os seios de cor azul escuro foram abertos.

diâmetro à medida que faz o trajeto de volta. Em sua extremidade posterior, o seio entra na confluência dos seios (Fig. 27.4), que está situado a um lado (geralmente à direita) da protuberância occipital interna. Na confluência dos seios, o seio sagital superior geralmente desvia para tornar-se contínuo com o seio transverso direito, mas, em geral, também se conecta com os seios occipital e transverso contralateral. O tamanho e grau de comunicação dos canais que se encontram na confluência são altamente variáveis: qualquer seio envolvido pode ser duplicado, estreitado ou alargado próximo à confluência. Em mais da metade dos indivíduos, todos os canais venosos que convergem para o occipício interconectam-se, incluindo os seios reto e occipital, mas a comunicação entre os canais pode ser ausente ou tênue.

O seio sagital superior recebe as veias cerebrais superiores e comunica-se por pequenos orifícios com lacunas venosas irregulares que se encontram perto dele na dura-máter. Geralmente, existem duas ou três lacunas laterais em cada lado da linha mediana, denominadas lacunas frontal (pequena), parietal (grande) e occipital (intermediária): elas tendem a se tornar confluentes em idosos, produzindo uma única lacuna alongada em cada lado. Estes espaços são frequentemente tão complexos que são quase plexiformes. Faixas fibrosas finas atravessam as lacunas e inúmeras granulações aracnóideas projetam-se em direção a elas (Figs. 27.5 e 27.6). As lacunas drenam veias diploicas e meníngeas. Próximo a sua extremidade posterior, o seio sagital superior recebe veias do pericrânio que passam através dos forames parietais.

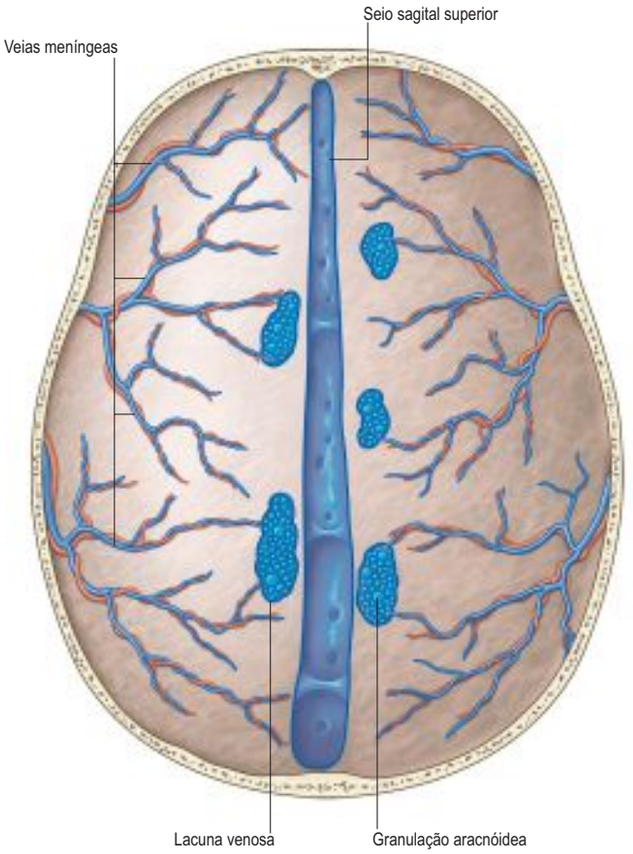


Fig. 27.5 Seio sagital superior aberto após remoção da abóbada craniana. Observar bandas fibrosas que cruzam o seio a partir de duas lacunas venosas.

Seio sagital inferior

O seio sagital inferior está localizado na metade ou dois terços posteriores da margem livre da foice do cérebro (Fig. 27.3). Ele aumenta de tamanho posteriormente, termina no seio reto e recebe veias da foice do cérebro e, por vezes, a partir das superfícies mediais dos hemisférios cerebrais.

Seio reto

O seio reto situa-se na junção da foice do cérebro com o tentório do cerebelo (Figs. 17.10 e 27.3). Faz um percurso posteroinferior como uma continuação do seio sagital inferior e drena para o seio transverso. Não é (ou apenas tenuamente) contínuo com o seio sagital superior. Suas tributárias incluem a veia cerebral magna e algumas veias cerebelares superiores. É triangular em corte transversal.

Seio transverso

O seio transverso começa na protuberância occipital interna (Figs. 27.3 e 27.4). Um deles, geralmente o direito, é diretamente contínuo com o seio sagital superior, o outro com o seio reto. Em ambos os lados, os seios seguem na margem fixa do tentório do cerebelo, primeiramente sobre a escama do osso occipital e, em seguida, sobre o ângulo mastóideo do osso parietal. Cada um segue uma curva suave anterolateral, aumentando de tamanho à medida que faz esta curva, para a parte posterolateral da parte petrosa do osso temporal. Então curva-se para baixo como seio sigmóideo, que, em última instância, torna-se contínuo com a veia jugular interna. Os seios transversos são triangulares no corte e geralmente de tamanho desigual; o seio que drena o seio sagital superior é o maior. Eles recebem as veias cerebral inferior, cerebelar inferior, diploica e anastomótica inferior e são unidos pelos seios petrosos superiores onde continuam como seios sigmóideos.

Seio petroescamoso

O seio petroescamoso faz o trajeto de volta em um sulco, que posteriormente, por vezes, torna-se um canal, ao longo da junção das partes escamosa e petrosa do osso temporal, e abre para trás para o seio transverso. Anteriormente, conecta-se com a veia retromandibular através de um forame pós-glenoide ou escamoso. O seio pode estar ausente ou pode drenar totalmente para a veia retromandibular.

Seio sigmóideo

Os seios sigmóideos são continuações dos seios transversos, começando onde estes deixam o tentório do cerebelo (Figs. 27.4 e 27.7). Cada seio sigmóideo curva-se inferomedialmente em um sulco sobre o processo mastoide do osso temporal, atravessa o processo jugular do osso occipital e vira para a frente em direção ao bulbo superior da veia jugular, repousando no forame jugular. Anteriormente, uma lâmina fina de osso separa sua parte superior do antro mastóideo e células aéreas. Ele conecta-se com as veias pericranianas por meio das veias emissárias mastóidea e condilar.

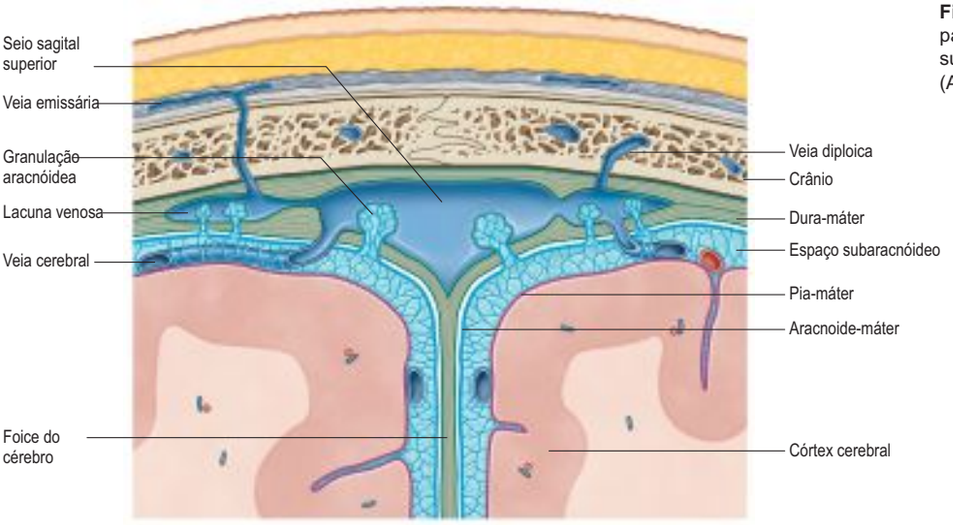


Fig. 27.6 Corte coronal através do vértice do crânio para mostrar as relações entre o seio sagital superior, meninges e granulações aracnóideas. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Seio occipital

O seio occipital é o menor dos seios. Situa-se na margem fixa da foice do cerebelo (Fig. 27.4) e é ocasionalmente par. Ele começa próximo do forame magno em vários canais pequenos, sendo que um junta-se à extremidade do seio sigmóideo, e se conecta com o plexo vertebral interno. Termina na confluência dos seios.

Seio cavernoso

Os seios cavernosos são dois plexos venosos grandes que se situam em um dos lados do corpo do osso esfenoide, estendendo da fissura orbital superior até o ápice da parte petrosa do osso temporal, com uma extensão média de 2 cm e uma largura de 1 cm. Cada seio contém as partes cavernosas da artéria carótida interna, associado a um plexo perivascular simpático que pode ser observado a olho nu, e vários nervos cranianos que fazem um trajeto para a frente através do seio para obter acesso à órbita por meio da fissura orbital superior (Figs. 27.4, 27.8 e 27.9). Três espaços venosos maiores foram descritos dentro do seio, posterossuperior, anteroinferior e medial à parte cavernosa da artéria carótida (Harris & Rhoton, 1976). O seio esfenoidal e a glândula hipófise são as relações médias e o unco do lobo temporal é lateral ao seio. A impressão trigeminal fica próxima da parte inferoposterior de sua parede lateral, e estende-se posteriormente além, incluindo os gânglios trigeminais.

Os nervos oculomotor e troclear e as divisões oftálmicas e maxilares do nervo trigêmeo situam-se na parede lateral do seio. Eles projetam para a luz e em geral são cobertos medialmente por pouco mais do que o endotélio. O nervo abducente penetra a dura-máter perto da borda superior do ápice da parte petrosa do osso temporal e entra no seio cavernoso passando abaixo do ligamento petroesfenoidal no interior de um túnel dural (canal de Dorello). O nervo abducente situa-se sobre a parte lateral da artéria carótida interna, medial ao nervo oftálmico e abaixo e medial ao nervo nasociliar. Inúmeros ramos da parte cavernosa da artéria carótida interna, especialmente a partir dos troncos meningo-hipofisiais e inferolaterais, suprem as partes cavernosas de todos os nervos que passam através do seio. A preservação desses vasos durante a cirurgia do seio cavernoso é importante para prevenir ou minimizar déficits pós-cirúrgicos do nervo craniano. (Para obter uma descrição mais detalhada desses ramos, incluindo as principais variações, veja Tran-Dinh, 1987; Krisht *et al.*, 1994; Reisch *et al.*, 1996; Tekdemir *et al.*, 1998). A propulsão do sangue no seio cavernoso é parcialmente causada por pulsação da artéria carótida interna, mas também é influenciada pela gravidade e, portanto, pela posição da cabeça.

As tributárias do seio cavernoso são a veia oftálmica superior, veia oftálmica inferior (seja um ramo ou o vaso todo), veia cerebral superficial média, veias cerebrais inferiores e seios esfenoparietais. Menos frequentemente, a veia central da retina e a tributária frontal da veia meníngea média drenam para ele. O seio cavernoso drena para o seio transverso, através do seio petroso superior; para a veia jugular interna por meio do seio petroso inferior e um plexo de veias associadas à artéria carótida interna; ao plexo pterigóideo pelas veias que atravessam o forame esfenoidal emissário, forame oval e forame lacerado; e para a veia facial por meio da veia oftálmica superior.

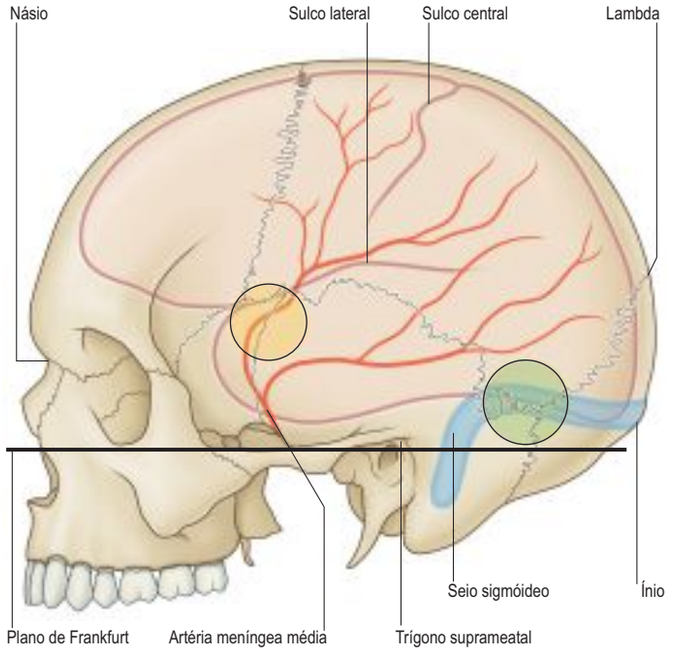


Fig. 27.7 Relações do cérebro, artéria meníngea média e os seios transverso e sigmóideo com a superfície do crânio. Área delimitada em círculo amarelo (incluindo o ptério) para trepanação ao longo do ramo frontal da artéria meníngea média e sulco lateral; área delimitada no círculo verde para trepanação sobre o seio transverso.

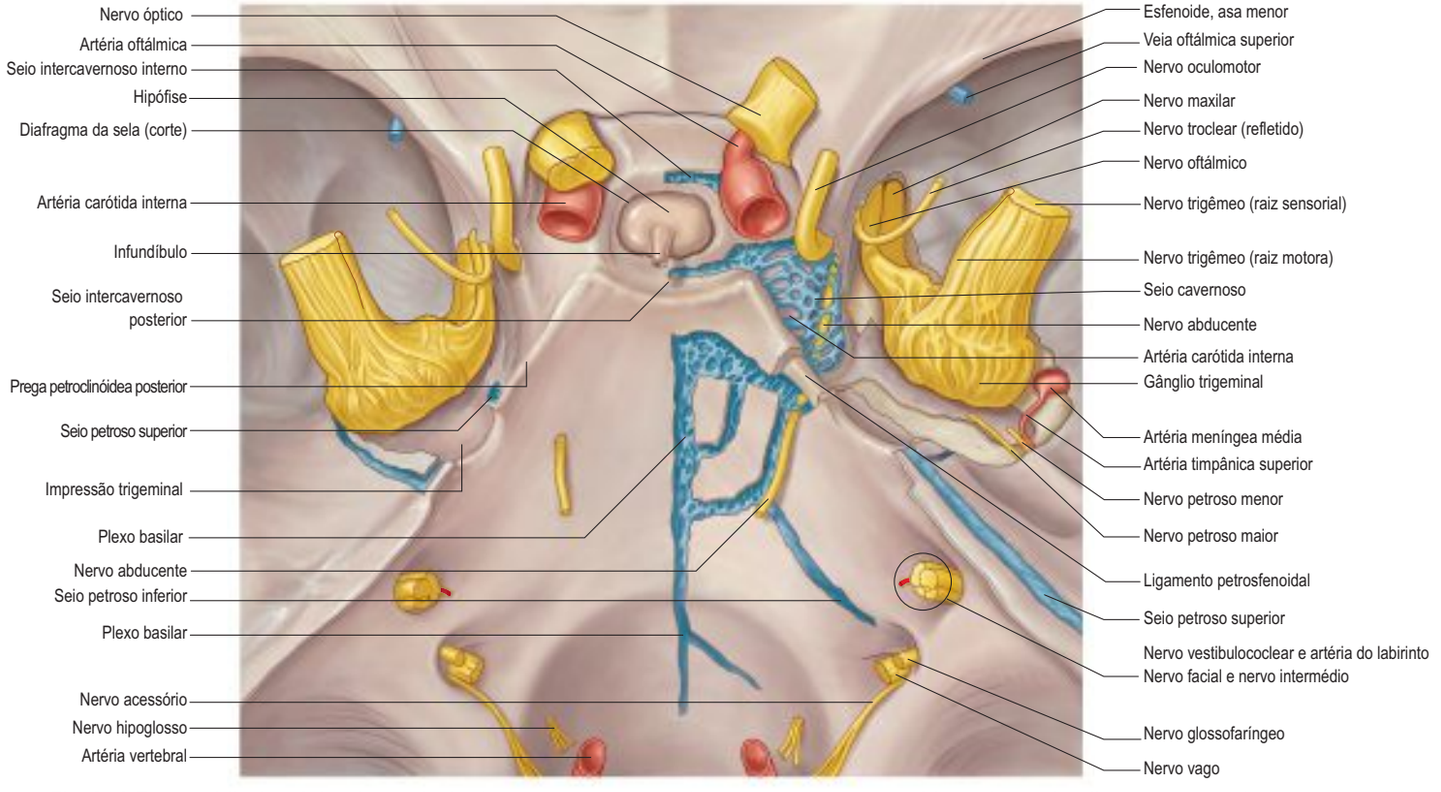


Fig. 27.8 Fossa média do crânio, observada de cima, para mostrar os seios cavernosos, seu conteúdo e relações imediatas, exposta pela remoção parcial da dura-máter. Os nervos trigêmeo, troclear e oculomotor foram refletidos para a frente em ambos os lados.

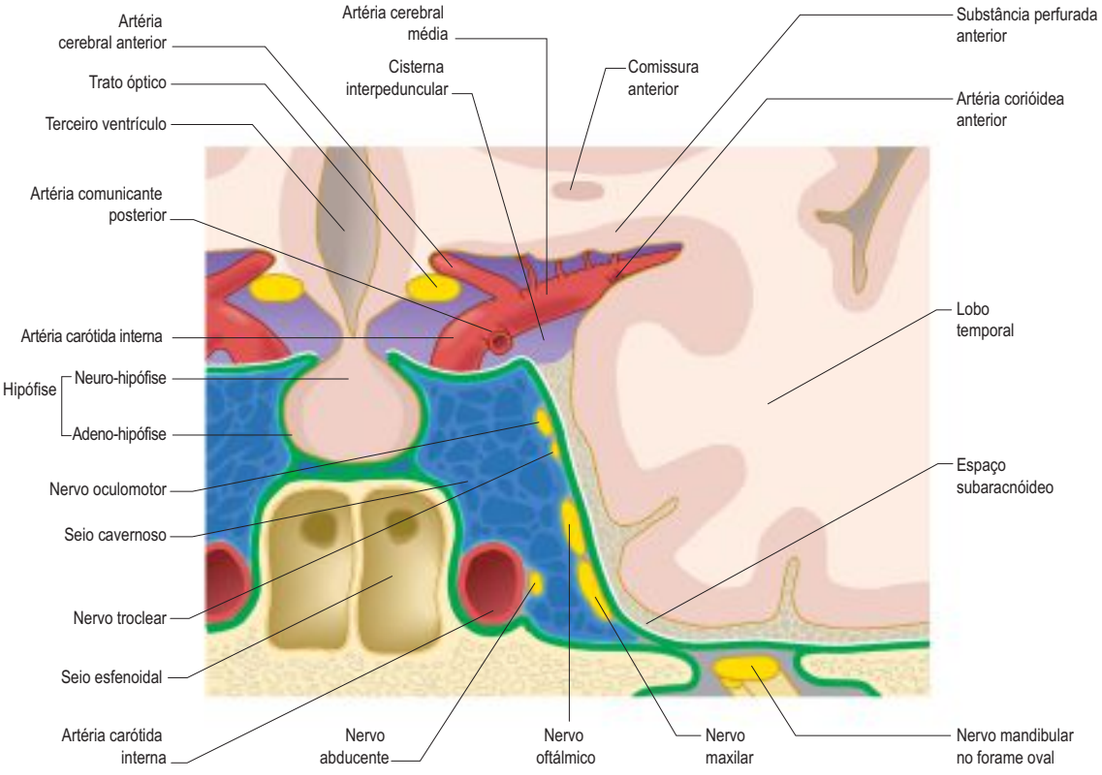


Fig. 27.9 Corte coronal, ligeiramente oblíquo através da fossa média do crânio, mostrando as partes cavernosa e cerebral da artéria carótida interna e seio cavernoso. A artéria carótida e o nervo abducente estão dentro do seio cavernoso, mas fora do revestimento endotelial do seio. Pia-máter: marrom claro; aracnoide-máter: branco; camadas de dura-máter (o mesotélio da dura-máter não está indicado): verde; endotélio do seio cavernoso: azul.

Para descrições mais detalhadas da anatomia microcirúrgica do seio cavernoso, veja Umansky *et al.*, 1994; Seoane *et al.*, 1998; Yasuda *et al.*, 2004.

Fístula do seio carótico-cavernoso e trombose do seio cavernoso

A comunicação direta entre a parte cavernosa da artéria carótida interna e o seio cavernoso, criando uma fístula no seio carótico-cavernoso (FCC), ocorre ocasionalmente, quer como resultado de um traumatismo craniano grave, de doença degenerativa ou de vaso aneurismático. Os sinais clássicos são ptose, proptose (que pode ser pulsátil), quemose, edema palpebral, edema periorbitário e dismotilidade extraocular causada por combinações das paralisias do terceiro, quarto e sexto nervos cranianos. Hipo- ou hiperestesia das divisões oftálmicas e maxilares do quinto nervo craniano e uma diminuição do reflexo da córnea também podem ser detectadas. Pode haver evidências de veias retinianas dilatadas, tortuosas e papiledema. Essas mudanças podem causar cegueira permanente. As FCC são mais comumente tratadas por meio da passagem de um cateter até a carótida em direção à fístula e, em seguida, ocluindo-a com balões dilatáveis ou espirais metálicos flexíveis. Qualquer infecção disseminante envolvendo a parte superior das cavidades nasais, seios paranasais, bochecha (especialmente próximo ao canto medial), lábio superior, narinas anteriores ou mesmo um dente canino ou incisivo superior pode, muito raramente, levar à trombose séptica dos seios cavernosos: trombos infectados passam da veia facial ou complexo venoso pterigóideo para o seio, quer por meio das veias oftálmicas quer pelas veias emissárias que entram na cavidade do crânio através do forame oval. Esta é uma emergência médica crítica com um elevado risco de cerebrite disseminada e trombose venosa cerebral.

Trígonos da fossa média do crânio e seio cavernoso

Parkinson descreveu um trígono no interior da parede lateral do seio cavernoso, através da qual a parte cavernosa da artéria carótida poderia ser exposta para o tratamento cirúrgico da fístula carótico-cavernosa. Pelo menos dez trígonos, formados pela convergência ou divergência dos nervos cranianos que estão situados seja na fossa média do crânio, seja no seio cavernoso, atualmente já foram descritos. Eles podem ser utilizados como pontos de referência intraoperatórios na abordagem das lesões do seio cavernoso ou na obtenção de acesso da fossa posterior do crânio à fossa média do crânio (Watanabe *et al.*, 2003). Os trígonos da fossa média do crânio são formados à medida que as três principais divisões do nervo trigêmeo divergem do gânglio do trigêmeo em direção aos seus forames de saída. Os trígonos do seio cavernoso são formados à medida que os nervos óptico, oculomotor, troclear e oftálmico convergem sobre o canal óptico e sobre a fissura orbital superior.

Seios intercavernosos

Os dois seios cavernosos são ligados por seios intercavernosos anteriores e posteriores e o plexo basilar (Figs. 27.4 e 27.8). Os seios intercavernosos ficam nas bordas fixas anterior e posterior do diafragma da sela e, portanto, formam um seio venoso circular completo. Todas as ligações são desprovidas de válvulas e a direção do fluxo neles é reversível. Seios irregulares pequenos inferiores à glândula hipófise drenam para os seios intercavernosos. Os seios intercavernosos inferiores são plexiformes por natureza e importantes em uma abordagem cirúrgica transnasal para a hipófise.

Seio petroso superior

Este seio pequeno e estreito drena o seio cavernoso em direção ao seio transverso em cada lado (Figs. 27.4 e 27.8). Ele deixa a parte posterossuperior do seio cavernoso e segue posterolateralmente na margem fixa do tentório do cerebelo. Em seguida, cruza acima do nervo trigêmeo repousando em um sulco na borda da parte petrosa do osso temporal e termina unindo-se a um seio transverso, no ponto onde este curva-se para baixo para se tornar o seio sigmóideo. O seio petroso superior recebe as veias cerebelares, cerebrais inferiores e timpânica e liga-se ao seio petroso inferior e plexo basilar.

Seio petroso inferior

O seio petroso inferior drena o seio cavernoso em direção à veia jugular interna (Figs. 17.10, 27.4 e 27.8). Ele começa no aspecto posteroinferior do seio cavernoso e segue de volta em um sulco entre as partes petrosa do osso temporal e basilar do osso occipital. Em seguida, atravessa a parte anteromedial do forame jugular, acompanhado por um ramo meníngeo da artéria faríngea ascendente, e desce obliquamente para trás drenando o bulbo superior da veia jugular. Algumas vezes drena por uma veia no canal do nervo hipoglosso até o plexo vertebral suboccipital.

O seio é frequentemente plexiforme. Ele recebe as veias do labirinto através do canalículo da cóclea e do aqueduto do vestíbulo, e tributárias

a partir do bulbo, ponte e face inferior do cerebelo. Os espaços venosos na área esfenopetroclival, que são preenchidos anteriormente pelo sangue do compartimento selar lateral do seio cavernoso, medialmente pelo sangue do plexo basilar, e lateralmente pelo sangue do seio petroso superior, geralmente drenam para o seio petroso inferior (Iaconetta *et al.*, 2003).

Seio esfenoparietal

Compreender a anatomia venosa relacionada à asa menor do esfenoide é de importância clínica no diagnóstico, classificação e tratamento das fístulas arteriovenosas durais nessa região. A descrição clássica do seio esfenoparietal é a seguinte: um canal venoso dural sob a asa menor do osso esfenoide, localizando-se próximo de sua extremidade posterior (Fig. 27.4). Curva-se medialmente abrindo para a parte anterior do seio cavernoso e recebe veias pequenas da dura-máter adjacente e, por vezes, o ramo frontal da veia meníngea média. Também pode receber ramos conectores, em seu curso médio, a partir da veia cerebral superficial média e veias do lobo temporal e veia diploica temporal anterior. Quando essas conexões são bem desenvolvidas, o seio esfenoparietal é um canal grande. Recentemente, sugeriu-se que o termo seio esfenoparietal deve ser abandonado, com base no fato de que não é uma entidade anatômica, mas uma combinação artificial de dois vasos meníngeos independentes, ou seja, a porção parietal do ramo anterior das veias meníngeas médias e o seio da asa menor do esfenoide (Ruiz *et al.*, 2004).

Seio e plexo basilares

O seio e plexo basilares consistem em canais de interligação entre as camadas da dura-máter sobre o clivo (Figs. 27.4 e 27.8). O plexo venoso basilar interconecta os seios petrosos inferiores e junta-se ao plexo venoso vertebral interno. Além disso, geralmente se conecta com os seios cavernoso e petroso superior, na sua extremidade anterior.

Seio marginal

O seio marginal circunda o forame magno. Comunica-se anteriormente com o plexo basilar e com o seio occipital posteriormente. Tipicamente, drena para o seio sigmóideo ou bulbo da veia jugular por meio de seios pequenos e pode ligar-se extracranialmente ao plexo venoso vertebral interno, veias cervicais paravertebrais ou profundas na região suboccipital.

Suprimento arterial e drenagem venosa da parte encefálica da dura-máter

Apesar dos seus nomes, as artérias meníngeas do crânio são predominantemente periósteas (Fig. 27.10-A). Os seus principais alvos são as medulas hematopoiética e óssea, e apenas ramos arteriais muito finos são distribuídos para a parte encefálica da dura-máter propriamente dita.

Os ramos menores dos vasos meníngeos situam-se principalmente na camada endosteal da dura-máter. Na fossa anterior do crânio, a dura-máter é suprida pelos ramos meníngeos anteriores das artérias carótida interna e etmoidal anterior e posterior e um ramo da artéria meníngea média. Na fossa média do crânio, é suprida pela artéria meníngea média e ramos acessórios da artéria maxilar, um ramo da artéria faríngea ascendente (entrando através do forame lacerado), ramos da carótida interna e um ramo anastomótico da artéria lacrimal. Na fossa posterior, a dura-máter é suprida pelos ramos meníngeos da artéria occipital (uma entra no crânio pelo forame jugular e outra pelo forame mastóideo), ramos meníngeos posteriores da artéria vertebral e ramos pequenos ocasionais da artéria faríngea ascendente, que entra pelo forame jugular e canal do nervo hipoglosso.

Artéria meníngea média

A artéria meníngea média é a maior das artérias meníngeas. Ela surge da primeira parte da artéria maxilar e passa entre as raízes do nervo auriculotemporal. Pode situar-se lateral ao músculo tensor do véu palatino e, em seguida, entra na cavidade do crânio através do forame espinhoso seguindo em um sulco anterolateral na parte escamosa do osso temporal, dividindo-se em ramos frontal e parietal. O ramo frontal (anterior) maior atravessa a asa maior do esfenoide e entra em um sulco ou canal no ângulo esfenoidal do osso parietal (o canal esfenoparietal). Ela divide-se em ramos entre a dura-máter e o crânio; alguns ramos sobem para o vértice, outros para a região occipital. Um ramo ascendente sulca o osso parietal aproximadamente 15 mm por detrás da sutura coronal, e corresponde aproximadamente ao sulco pré-central (Fig. 27.7). O ramo parietal (posterior) curva-se de volta na parte escamosa do osso temporal, atinge a borda inferior do osso parietal anterior a seu ângulo mastóideo e divide-se para suprir as partes posteriores da dura-máter e crânio. Estes ramos anastomosam com seus companheiros e com as artérias meníngeas anterior e posterior.

Os ramos ganglionares suprem o gânglio trigeminal e raízes associadas. O ramo petroso entra no hiato do canal do nervo petroso maior, supre o nervo facial, gânglio geniculado e a cavidade timpânica, e anastomosa com a artéria estilomastóidea. A artéria timpânica superior percorre o semicanal para o músculo tensor do tímpano e supre o músculo e a mucosa que revestem o semicanal. Os ramos temporais atravessam forames minúsculos na asa maior do esfenoide e anastomosam com as artérias temporais profundas. Um ramo anastomótico entra na órbita lateralmente na fissura orbital superior e anastomosa com o ramo recorrente da artéria lacrimal: acredita-se que o aumento desta anastomose representa a origem ocasional da artéria lacrimal a partir da artéria meníngea média.

Artéria meníngea acessória

A artéria meníngea acessória pode originar-se da artéria maxilar ou meníngea média. Ela entra na cavidade do crânio através do forame oval e supre o gânglio trigeminal, a dura-máter e osso. Sua distribuição principal é extracraniana, principalmente para os músculos pterigóideo medial, pterigóideo lateral (cabeça superior), tensor do véu palatino, para a asa maior e os processos pterigóideos do osso esfenoide, nervo mandibular e gânglio ótico. Por vezes, é substituída por artérias pequenas separadas.

Veias meníngeas

As veias meníngeas começam a partir de vasos plexiformes na dura-máter e drenam em eferentes na camada dural externa que se liga às lacunas associadas a alguns dos seios venosos do crânio. Elas incluem as veias meníngeas médias e as veias diploicas. As veias intracranianas também comunicam-se com vasos extracranianos por meio de veias emissárias.

Veia meníngea média (seio)

O ramo frontal (anterior) da veia meníngea média atravessa o assoalho da fossa média do crânio, seja a partir do forame oval ou do forame espinhoso, até o ptério, geralmente sob a forma de dois canais paralelos que acompanham a artéria meníngea média. A veia subsequentemente passa cranialmente ao longo da região anterior da margem escamosa do osso parietal esvaziando nos lagos venosos do seio sagital superior. À medida que cursam sob o aspecto mais lateral da asa menor do osso esfenoide, os ramos anteriores dos vasos meníngeos médios são contidos por uma distância curta no interior de um canal ósseo, o canal esfenoparietal (de Trolard), que eles deixam para entrar em um sulco sobre a superfície interna da margem escamosa do osso parietal. As veias situam-se mais próximas do osso do que da artéria e, por vezes, ocupam sulcos separados, são particularmente suscetíveis à laceração nas fraturas do crânio. Antes de entrar no canal esfenoparietal, o ramo anterior da veia meníngea média, em geral, conecta-se ao seio da asa menor do osso esfenoide. Esta última está ligada medialmente ao aspecto anterior e superior do seio cavernoso por um canal que cruza sobre a veia oftálmica superior alcançando o seio cavernoso.

O tronco parietal (posterior) da veia meníngea média pode atravessar o forame espinhoso terminando no plexo venoso pterigóideo. O tronco frontal também pode atingir esse plexo através do forame oval, ou pode terminar no seio esfenoparietal ou no seio cavernoso (Fig. 27.4). A veia meníngea média recebe as tributárias meníngeas e pequenas veias cerebrais inferiores e conecta-se com as veias cerebrais superficiais médias e diploicas. Frequentemente, porta granulações aracnóideas.

Veias diploicas

As veias diploicas são vasos grandes, de paredes finas que ocupam canais no díploe dos ossos do crânio (Fig. 27.10-B). Quatro troncos principais são geralmente descritos; estes são as veias diploica frontal, diploica temporal anterior, diploica temporal posterior e diploica occipital. A veia diploica frontal se abre na veia supraorbital e seio sagital superior; a veia diploica temporal anterior é principalmente restrita ao osso frontal e abre-se no seio esfenoparietal e em uma das veias temporais profundas através de uma abertura na asa maior do esfenoide; a veia diploica temporal posterior situa-se no osso parietal, e esvazia-se no seio transverso, seja através de uma abertura no ângulo mastóideo do osso parietal ou através do forame mastóideo; e a veia diploica occipital, a maior das quatro, é restrita ao osso occipital, e pode abrir-se externamente na veia occipital, internamente no seio transverso ou na confluência dos seios.

Seio pericraniano

O seio pericraniano é um distúrbio raro que envolve conexões anômalas congênitas ou adquiridas entre um módulo extracraniano preenchido com sangue e um seio venoso da dura-máter intracraniano por meio de veias diploicas dilatadas e/ou emissárias do crânio (Sheu *et al.*, 2002).

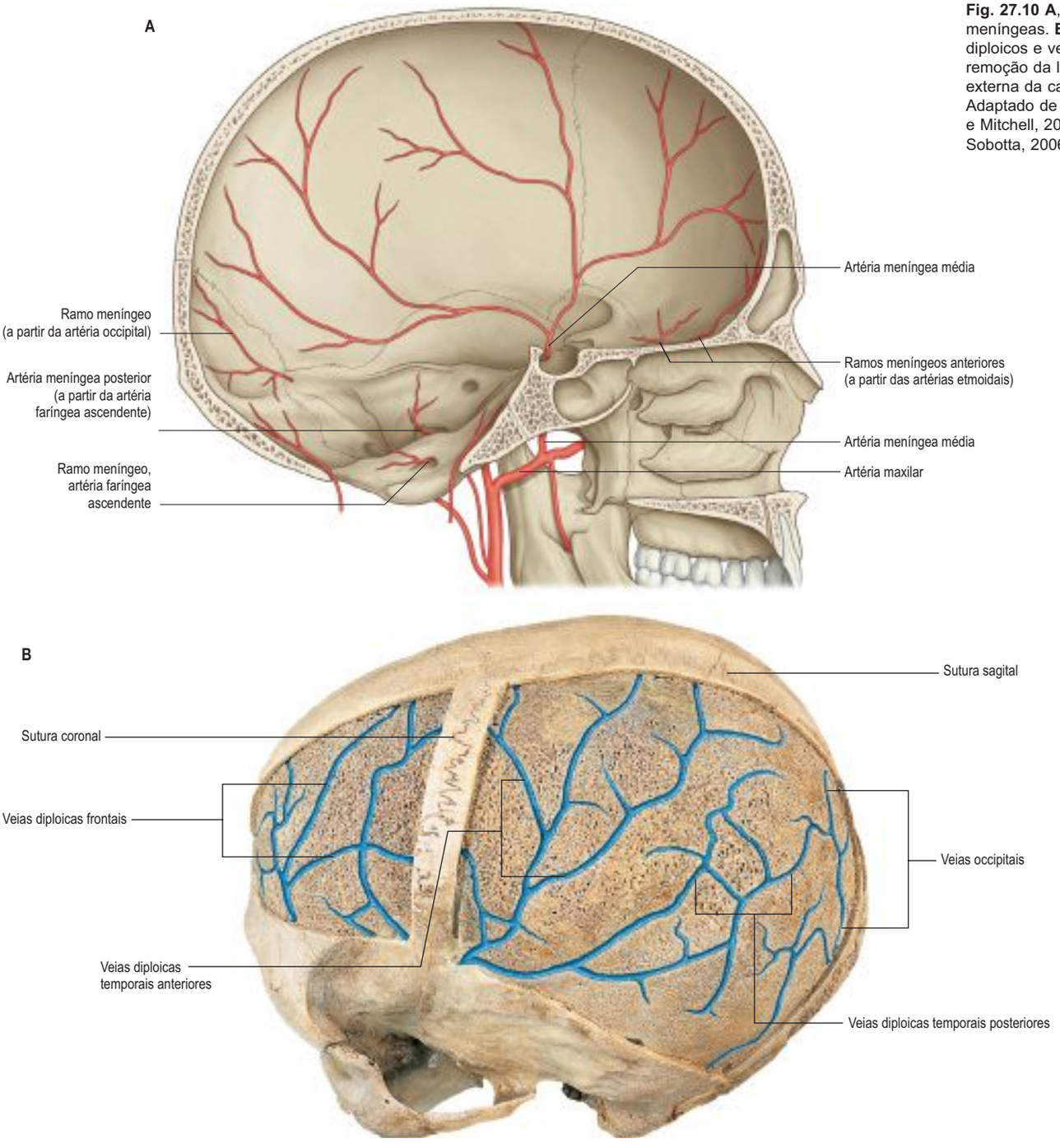


Fig. 27.10 A, Artérias meníngeas. **B**, Canais diploicos e veias após a remoção da lâmina externa da calvária. (A, Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005. B, De Sobotta, 2006.)

Veias emissárias

As veias emissárias atravessam as aberturas do crânio e fazem conexões entre os seios venosos intracranianos e as veias extracranianas. Algumas são relativamente constantes, outras podem estar ausentes. Essas conexões têm importância clínica na determinação da disseminação de infecção a partir de focos extracranianos para seios venosos, por exemplo, a disseminação da infecção a partir do processo mastoide até os seios venosos ou ou a partir dos seios paranasais para o seio cavernoso.

As seguintes veias emissárias foram reconhecidas. Uma veia emissária mastóidea no forame mastóideo liga o seio sigmóideo às veias auricular posterior ou occipital. Uma veia emissária parietal no forame parietal liga o seio sagital superior às veias do couro cabeludo (estas veias são geralmente minúsculas e não parecem conectar-se às veias do couro cabeludo em procedimentos de corrosão). O plexo venoso do canal do nervo hipoglosso, que ocasionalmente é uma única linha, conecta o seio sigmóideo e a veia jugular interna. Uma veia emissária condilar (posterior) liga o seio sigmóideo e veias no trígono suboccipital através do (posterior) canal condilar. Um plexo de veias emissárias (plexo venoso do forame oval) conecta o seio cavernoso ao plexo pterigóideo através do forame oval. Duas ou três veias pequenas atravessam o forame lacerado e ligam o seio cavernoso às veias faríngeas e ao plexo pterigóideo. A veia no forame venoso (de Vesalius) conecta o seio cavernoso com as veias faríngeas e o plexo pterigóideo. O plexo venoso da artéria carótida interna, que passa através do canal carótico, conecta o seio cavernoso e a veia jugular interna. O seio petroscamoso conecta o seio transverso à veia jugular externa. Uma veia pode atravessar o forame cego (que está patente em cerca de 1% dos crânios adultos) e ligar veias nasais ao seio sagital superior. Uma veia emissária occipital em geral liga a confluência dos seios à veia occipital através da protuberância occipital, e também recebe a veia diploica occipital. O seio occipital liga-se a veias de desenvolvimento variado ao redor do forame magno (os chamados seios marginais) e, portanto, aos plexos venosos vertebrais; esta via fornece uma drenagem venosa alternativa quando a veia jugular é bloqueada ou amarrada. As veias oftálmicas são potencialmente emissárias, porque ligam veias intracranianas a veias extracranianas.

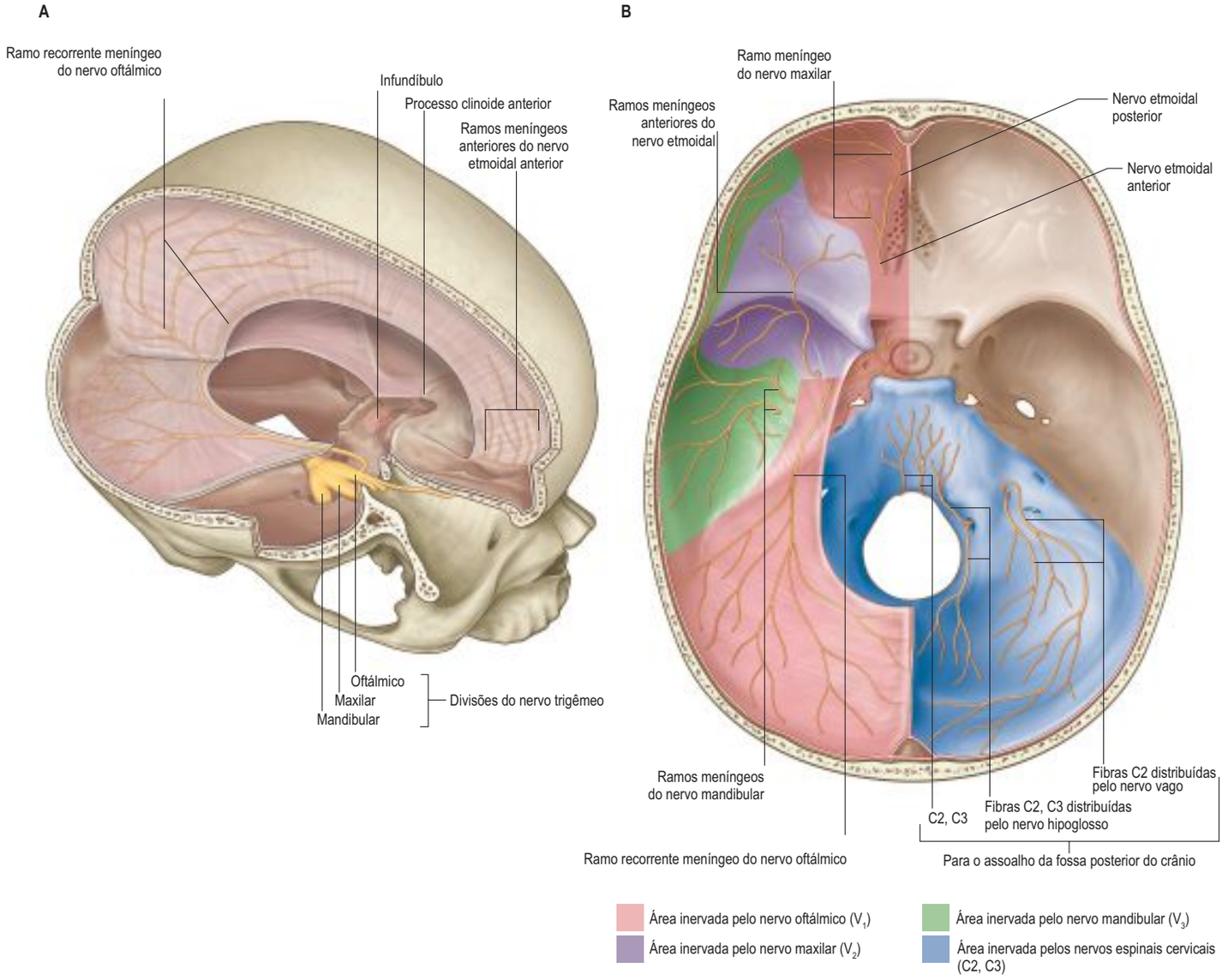


Fig. 27.11 Inervação das meninges cranianas.

Inervação da parte encefálica da dura-máter

A inervação da parte encefálica da dura-máter é obtida principalmente a partir das três divisões do nervo trigêmeo, o segundo e o terceiro nervos espinais cervicais e o tronco simpático cervical (Fig. 27.11). Os ramos meníngeos que não foram bem estabelecidos foram descritos como decorrentes dos nervos vago e hipoglosso e possivelmente a partir dos nervos facial e glossofaríngeo.

Na fossa anterior do crânio, a dura-máter é inervada por ramos meníngeos dos nervos etmoidais anterior e posterior e filamentos anteriores dos ramos meníngeos das divisões maxilar (nervo meníngeo médio) e mandibular (nervo espinhoso) do nervo trigêmeo. Os nervos meníngeo médio e espinhoso são, no entanto, amplamente distribuídos para a dura-máter da fossa média do crânio, que também recebe filamentos dos gânglios trigeminais. O nervo espinhoso entra novamente no crânio através do forame espinhoso com a artéria meníngea média e divide-se em ramos anterior e posterior, que acompanham as principais divisões da artéria e suprem a dura-máter na fossa média do crânio e, em menor medida, a fossa anterior e calvária. O ramo anterior comunica-se com o ramo meníngeo do nervo maxilar, o ramo posterior também supre o revestimento mucoso das células mastóideas. O nervo espinhoso contém fibras pós-ganglionares simpáticas do plexo meníngeo médio. O nervo do tentório, um ramo recorrente meníngeo da porção intracraniana da divisão oftálmica do trigêmeo supre a parte supratentorial da foice do cérebro e o tentório do cerebelo. A estimulação mecânica intraoperatória da foice pode desencadear o reflexo trigeminocardíaco (Bauer *et al.*, 2005). A dura-máter na fossa posterior do crânio é inervada por ramos meníngeos ascendentes dos nervos cervicais superiores que entram através da parte anterior do forame magno (segundo e terceiro nervos cervicais) e através do canal do nervo hipoglosso e forame jugular (primeiro e segundo nervos cervicais).

Os ramos meníngeos dos nervos vago e hipoglosso foram descritos. Aqueles decorrentes do vago aparentemente começam a partir dos gânglios vagais superiores e são distribuídos para a dura-máter na fossa posterior do crânio. Aqueles do nervo hipoglosso deixam o nervo em seu canal e suprem o díploe do osso occipital, as paredes durais dos seios petroso inferior e occipital, e grande parte do assoalho e parede anterior da fossa posterior do crânio. Estes ramos meníngeos podem não conter fibras vagais ou do hipoglosso mas fibras ascendentes, sensoriais e simpáticas mistas a partir dos nervos cervicais superiores e gânglios simpáticos cervicais superiores. Todos os nervos meníngeos contêm um componente simpático pós-ganglionar, seja decorrente do gânglio simpático cervical superior ou por comunicação com suas extensões intracranianas perivasculares. O papel do suprimento nervoso autonômico da parte encefálica da dura-mater é incerto.

As terminações nervosas sensoriais são restritas à dura-máter e aos vasos sanguíneos cerebrais, e não são encontradas nem no cérebro em si, nem na aracnoide-máter ou pia-máter. A estimulação dessas terminações nervosas causa dor e é a base de determinadas formas de cefaleia.

ARACNOIDE-MÁTER E PIA-MÁTER

A aracnoide-máter e a pia-máter juntas são, por vezes, chamadas de leptomeninges. Elas são separadas por um espaço subaracnóideo e unidas por trabéculas. São compostas de células que compartilham uma origem

embriológica comum do mesênquima que circunda o sistema nervoso em desenvolvimento. As células são achatadas ou cuboidais e cada uma tem um núcleo oval, geralmente com um único nucléolo pequeno, mas proeminente. A camada externa da aracnoide-máter, a interface dura-aracnoide, é formada de cinco ou seis camadas de células unidas por inúmeros desmossomos e junções firmes. Essa camada forma uma barreira que normalmente impede a permeação do LCS através da aracnoide-máter para o espaço subdural. A porção central da aracnoide-máter está intimamente adjunta à camada externa e é formada por células poligonais bem concentradas unidas por desmossomos e junções comunicantes (*gap junctions*). As células são mais frouxamente concentradas na camada interna da aracnoide-máter, onde se misturam com feixes de colágeno contínuo com as trabéculas que atravessam o espaço subaracnóideo. As células leptomeníngeas não são circundadas pela membrana basal, exceto onde estão em contato com colágeno nas camadas interiores da aracnoide-máter e sobre os aspectos profundos da pia-máter.

As relações anatômicas da aracnoide-máter e pia-máter diferem em certa medida nas regiões encefálica e espinal. A parte encefálica da aracnoide-máter recobre o encéfalo de maneira vaga. Ela não entra nos sulcos ou fissuras, à exceção da fissura longitudinal maior entre os hemisférios cerebrais, e reveste a face superior da fossa hipofisial. Ela é mais espessa sobre o aspecto basal do encéfalo e é também ligeiramente opaca onde se estende entre os lobos temporais e a região anterior da ponte e produz uma grande cisterna subaracnóidea entre a aracnoide-máter e pia-máter subjacente. A aracnoide-máter é facilmente separada da dura-máter sobre a superfície do cérebro, mas aderente à adventícia da carótida interna e artérias vertebrais onde estas entram no espaço subaracnóideo. É refletida sobre a superfície dos vasos sanguíneos no espaço subaracnóideo e é subsequentemente contínua com a pia-máter. Nos jovens, a aracnoide-máter sobre a face superior do encéfalo é transparente, mas com a idade pode tornar-se branca e opaca, especialmente perto da linha mediana.

Hematoma subdural

A separação da aracnoide-máter e dura-máter exige pouca força física, o que significa que lesões em pequenas veias de ligação no espaço podem resultar em hematoma subdural, até mesmo após um traumatismo craniano relativamente leve. As características de um hematoma subdural diferem do hematoma extradural descrito anteriormente. Clinicamente, o acúmulo é, frequentemente, de pressão relativamente baixa e raramente se apresenta como uma emergência médica, mesmo grandes acúmulos podem ser tolerados em uma base crônica com sintomas brandos ou ausentes. Em muitos casos, existe algum fator predisponente, como atrofia cerebral ou aumento do tamanho do espaço subaracnóideo subjacente. A distinção entre hematoma subdural e extradural em uma tomografia computadorizada depende de características anatômicas do espaço. Os acúmulos extradurais tendem a ter forma lentiforme que reflete a pressão necessária para separar a dura-máter e o periósteo. Eles passarão abaixo de qualquer seio venoso da dura-máter maior e não podem estender-se ao longo da foice do cérebro ou tentório do cerebelo. Em contrapartida, os hematomas subdurais tendem a ter forma bicôncava e ser mais extensos. Eles frequentemente acompanham a linha da dura-máter ao longo da foice do cérebro ou tentório do cerebelo e sempre situam-se superficialmente aos seios venosos da dura-máter mais profundos.

REFERÊNCIAS

Bauer DF, Youkilis A, Schenck C, Turner CR, Thompson BG 2005 The falcine trigeminocardiac reflex: case report and review of the literature. Surg Neurol 63: 143–8.

Browder J, Kaplan HA 1976 Cerebral Dural Sinuses and their Tributaries. Springfield, Illinois: Thomas.
Descreve variações na forma do seio sagital superior e de outros seios venosos.

Harris FS, Rhoton AL 1976 Anatomy of the cavernous sinus. A microsurgical study. J Neurosurg 45: 169–80.

Iaconetta G, Fusco M, Samii M 2003 The sphenopetroclival venous gulf: a microanatomical study. J Neurosurg 99: 366–75.

Kaplan HA, Browder J 1976 Neurosurgical consideration of some features of the cerebral dural sinuses and their tributaries. Clin Neurosurg 23: 155–69.

Kida S, Weller RO 1994 Morphology of CSF drainage pathways in man. In: Raimondi A (ed) Principles of Pediatric Neurosurgery, vol 4. Berlin: Springer.
Descreve a morfologia e as relações do espaço subaracnoide incluindo a estrutura das granulações aracnoides.

Klintworth GK 1967 The ontogeny and growth of the human tentorium cerebelli. Anat Rec 158: 433–42.

Krisht A, Barnett DW, Barrow DL, Bonner G 1994 The blood supply of the intracavernous cranial nerves: an anatomic study. Neurosurgery 34: 275–9.

Ozveren MF, Uchida K, Aiso S, Kawase T 2002 Meningovenous structures of the petroclival region: clinical importance for surgery and intravascular surgery. Neurosurgery 50: 829–36.

Reisch R, Vutskits L, Patonay L, Fries G 1996 The meningohypophyseal trunk and its blood supply to different intracranial structures. An anatomical study. Minim Invasive Neurosurg 39: 78–81.

Ruïz DSM, Fasel JHD, Rüfenacht DA, Gailloud P 2004 The sphenoparietal sinus of Breschet: Does it exist? An anatomic study. Am J Neuroradiol 25: 112–20.

Seoane E, Rhoton AL Jr, de Oliveira E 1998 Microsurgical anatomy of the dural collar (carotid collar) and rings around the clinoid segment of the internal carotid artery. Neurosurgery 42: 869–84.

Sheu M, Fauteux G, Chang H, Taylor W, Stopa E, Robinson-Bostom L 2002 Sinus pericranii: dermatologic considerations and literature review. J Am Acad Dermatol 46: 934–41.

Tekdemir I, Tuccar E, Aslan A et al. 1998 The jugular foramen. A comparative radioanatomic study. Surg Neurol 50: 557–62.

Tekdemir I, Tuccar E, Cubuk HE, Ersoy M, Elhan A, Deda H 1998 Branches of the intracavernous internal carotid artery and the blood supply of the intracavernous cranial nerves. Ann Anat 180: 343–8.

Umansky F, Valarezo A, Elidan J 1994 The superior wall of the cavernous sinus: a microanatomical study. J Neurosurg 81: 914–20.

Watanabe A, Nagaseki Y, Ohkubo S, Ohhashi Y, Horikoshi T, Nishigaya K, Nukui H 2003 Anatomical variations of the ten triangles around the cavernous sinus. Clin Anat 16: 9–14.

Williams JL 1994 Rowe and Williams' Maxillofacial Injuries. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Yasuda A, Campero A, Martins C, Rhoton AL Jr, Ribas GC 2004 The medial wall of the cavernous sinus: microsurgical anatomy. Neurosurgery 55: 179–89.

Zhang ET, Inman CBE, Weller RO 1990 Interrelationships of the pia mater and the perivascular (Virchow–Robin) spaces in the human cerebrum. J Anat 170: 111–23.

CAPÍTULO
28

Pescoço

O pescoço estende-se desde a base do crânio e da margem inferior da mandíbula até a abertura superior do tórax.

PELE

A pele no pescoço normalmente fica sob tensão. A direção na qual esta é maior varia regionalmente; na face viva, estas linhas frequentemente coincidem com as linhas de rugas. As linhas de maior tensão foram denominadas "linhas de tensão da pele relaxada" e diz-se que as incisões cirúrgicas feitas ao longo delas curam com formação mínima de cicatrizes no pós-operatório. Os indivíduos suscetíveis estão mais propensos à formação de queloides na cabeça e na região do pescoço.

Suprimento vascular cutâneo e drenagem linfática

Os vasos sanguíneos que suprem a pele do pescoço são derivados principalmente das artérias facial, occipital, auricular posterior e subclávia. Eles formam uma rica rede dentro do platisma e no plexo subdérmico, e são responsáveis pela viabilidade dos vários retalhos cutâneos levantados durante dissecação de bloqueio do pescoço, independentemente de incluírem o platisma: este último é geralmente elevado em incisões extensas.

A pele cervical anterior é suprida principalmente pela artéria tireóidea superior e pelo ramo cervical transverso da artéria subclávia. A pele posterior é suprida pelos ramos da artéria occipital e pelos ramos cervical profundo e cervical transverso da artéria subclávia. A pele superior é suprida pela artéria occipital e seu ramo esternocleidomastóideo superior e pelos ramos submandibular e submentual da artéria facial. Inferiormente, a pele é suprida pelos ramos cervical transverso e/ou supraescapular da artéria subclávia.

O padrão de drenagem venosa da pele do pescoço espelha o suprimento arterial: as veias drenam para as veias jugulares e faciais.

Muitos vasos linfáticos que drenam os tecidos cervicais superficiais passam pelas margens do esternocleidomastóideo atingindo os linfonodos cervicais profundos superiores ou inferiores. Alguns passam sobre o esternocleidomastóideo e sobre o trígono posterior, drenando para os linfonodos cervical e occipital superficiais (Fig. 28.15). A linfa da região superior do trígono anterior drena para os linfonodos submandibulares e submentuais. Os vasos da pele cervical anterior inferiores ao osso hioide passam para os linfonodos cervicais anteriores próximo das veias jugulares anteriores e os seus eferentes vão para os linfonodos cervicais profundos de ambos os lados, incluindo os grupos infra-hioide, pré-laríngeo e pré-traqueal. Um linfonodo cervical anterior frequentemente ocupa o espaço suprasternal.

Inervação cutânea

A pele cervical é inervada por ramos dos nervos espinhais cervicais via ramos dorsal e ventral (Fig. 43.6). Os ramos dorsais suprem a pele sobre a parte posterior do pescoço e do couro cabeludo, e os ramos ventrais suprem a pele que cobre as porções anterior e lateral do pescoço e o ângulo da mandíbula (Fig. 28.1). Os ramos dorsais do primeiro, sexto, sétimo e oitavo nervos cervicais não têm distribuição cutânea no pescoço. O nervo occipital maior supre principalmente o couro cabeludo; ele vem da ramificação medial do ramo dorsal do segundo nervo cervical. As ramificações mediais dos ramos dorsais do terceiro, quarto e quinto nervos cervicais perfuram o trapézio suprindo a pele sobre a parte posterior do pescoço sequencialmente. Os ramos ventrais do segundo, terceiro e quarto nervos cervicais suprem os chamados ramos cutâneos (os nervos occipital menor, auricular magno, cervical transverso e supraclavicular) através do plexo cervical (Fig. 28.1) (ver pág. 456 para obter detalhes sobre os ramos motores do plexo cervical).

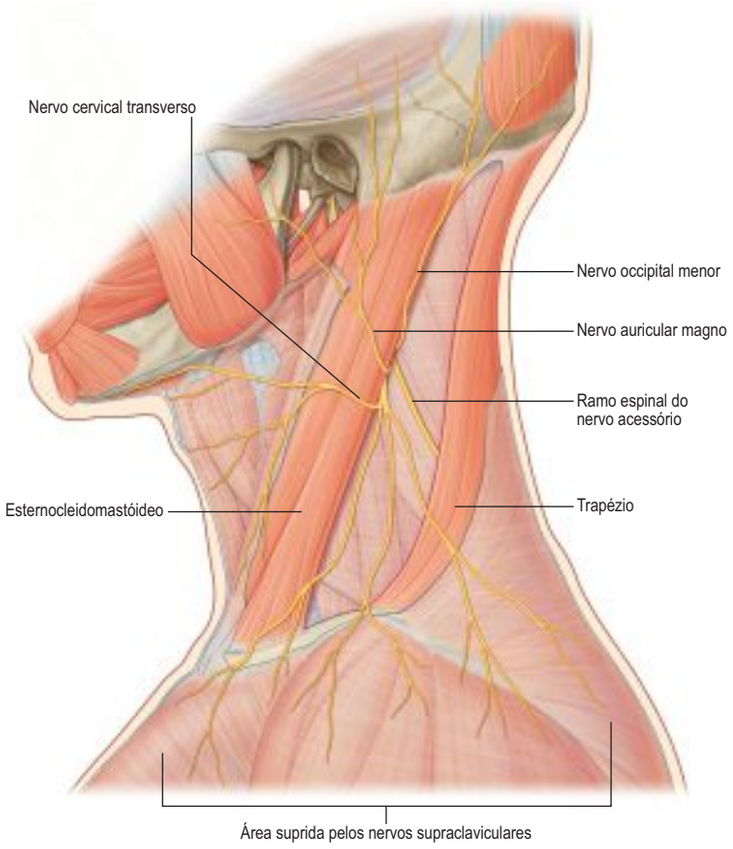


Fig. 28.1 Ramos cutâneos do plexo cervical. A raiz espinal do nervo acessório que supre o trapézio também é mostrada quando cruza o trígono posterior. Observar que o intervalo entre as inserções superiores do esternocleidomastóideo e o trapézio normalmente não é tão extenso como mostrado aqui. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Nervo occipital menor

O nervo occipital menor é derivado principalmente do segundo nervo cervical (embora fibras do terceiro nervo cervical possam contribuir). Primeiro, ele passa anterior ao plano da raiz espinal do nervo acessório antes de girar à sua volta e tornar-se anterior a ele. Em seguida, sobe ao longo da margem posterior do esternocleidomastóideo. Perto do crânio, perfura a fáscia profunda e passa superiormente sobre o couro cabeludo posterior à orelha, suprindo a pele e conectando-se com os nervos auricular magno e occipital maior e com o ramo auricular do nervo facial. O seu ramo auricular supre a pele sobre o terço superior da face medial da orelha e se conecta com o ramo posterior do nervo auricular magno. O ramo auricular é ocasionalmente derivado do nervo occipital maior. Tem sido sugerido que a compressão ou estiramento do nervo occipital menor contribui para a cefaleia cervicogênica.

Nervo auricular magno

O nervo auricular magno é o maior ramo ascendente do plexo cervical. Origina-se do segundo e terceiro ramos cervicais, circunda a margem posterior do esternocleidomastóideo, perfura a fáscia profunda e ascende sobre o músculo platisma com a veia jugular externa. Ao chegar à glândula parótida, divide-se em ramos anterior e posterior. O ramo anterior é distribuído para a pele facial sobre a glândula parótida e se conecta no interior da glândula com o nervo facial. Esta inervação cruzada entre o suprimento sensorial somático (auricular magno) e as fibras secretomo-

toras parassimpáticas em direção à parótida é considerada parte da base anatômica para o fenômeno da sudorese gustatória (Síndrome de Frey) observada após cirurgia da parótida, quando o nervo está em risco de lesão. O ramo posterior supre a pele sobre o processo mastoide e da parte posterior da orelha (exceto sua parte superior); um filamento penetra a orelha alcançando a superfície lateral, de onde é distribuído para o lóbulo e concha. O ramo posterior comunica-se com o nervo occipital menor, com o ramo auricular do vago e com o ramo auricular posterior do nervo facial.

Nervo cervical transverso

O nervo cervical transverso origina-se do segundo e terceiro ramos cervicais. Curva-se ao redor da margem posterior do esternocleidomastóideo próximo de seu ponto médio e corre obliquamente para a frente, abaixo da veia jugular externa, em direção à margem anterior do músculo. Perfura a fáscia cervical profunda e divide-se sob o platisma em ramos superiores e inferiores que são distribuídos para as áreas anterolaterais do pescoço. Os ramos superiores ascendem para a região submandibular, formando um plexo com o ramo cervical do nervo facial abaixo do platisma. Alguns ramos perfuram o plastisma e são distribuídos para a pele das áreas anterior e superior do pescoço. Os ramos descendentes perfuram o platisma e são distribuídos anterolateralmente para a pele do pescoço, inferiormente até o nível do esterno.

Nervos supraclaviculares

Os nervos supraclaviculares originam-se de um tronco comum formado a partir de ramos do terceiro e quarto nervos cervicais e emergem na margem posterior do esternocleidomastóideo. Descendente sob o platisma e a fáscia cervical profunda, o tronco divide-se em ramos medial, intermédio e lateral (posterior), que divergem para perfurar a fáscia profunda um pouco acima da clavícula. Os nervos supraclaviculares mediais correm inferomedialmente ao longo da veia jugular externa e cabeças clavicular e esternal do esternocleidomastóideo, suprindo a pele até a linha média e a segunda costela. Eles também suprem a articulação esternoclavicular. Os nervos supraclaviculares intermédios atravessam a clavícula para suprir a pele sobre o peitoral maior e deltoide até ao nível da segunda costela, próximo à área de suprimento do segundo nervo torácico. A sobreposição entre estes nervos é mínima. Os nervos supraclaviculares laterais descem superficialmente através do trapézio e do acrômio, suprindo a pele das partes superior e posterior do ombro.

OSSOS, ARTICULAÇÕES E CARTILAGENS

Os ossos e as cartilagens do pescoço são as vértebras cervicais, o osso hioide e as cartilagens do trato respiratório superior, incluindo a laringe. As vértebras cervicais, o osso occipital e as articulações atlanto-occipital e atlantoaxial são descritos no Capítulo 42, e as cartilagens laríngeas são descritas no Capítulo 34.

OSSO HIOIDE

O osso hioide em forma de U (Fig. 28.2) é suspenso a partir das extremidades do processo estiloide pelos ligamentos estilo-hióideos. Ele tem um corpo, dois cornos maiores e dois menores.

Corpo O corpo é irregular, alongado e quadrilátero. Sua superfície anterior é convexa, faz face anterossuperiormente e é atravessado por uma crista transversa com uma convexidade ligeiramente inferior. Uma crista média vertical frequentemente divide em duas a parte superior do corpo, mas raramente estende-se para a parte inferior. A superfície posterior é lisa, côncava, faz face posteroinferiormente e é separada da epiglote pela membrana tireo-hióidea e pelo tecido areolar frouxo. Existe uma bolsa entre o osso hioide e a membrana.

O genio-hióideo é fixado à maior parte da superfície anterior do corpo, acima e abaixo da crista transversa; a parte medial do hioglosso invade a área lateral do genio-hióideo. A superfície anterior inferior oferece fixação ao milo-hióideo e à linha de fixação que se situa acima do esterno-hióideo medialmente e do omo-hióideo lateralmente. As fibras mais inferiores do genioglosso, o ligamento hioepiglótico e (mais posteriormente) a membrana tireo-hióidea estão todos associados à margem superior arredondada. O esterno-hióideo é fixado à margem inferior medialmente e o omo-hióideo está fixado lateralmente. Ocasionalmente, as fibras médias do tireo-hióideo e, quando presente, do músculo levantador da glândula tireóidea são fixadas ao longo da margem inferior.

Cornos maiores No início da vida, os cornos maiores são conectados ao corpo por cartilagem; mas, após a meia-idade, eles em geral são unidos por osso.

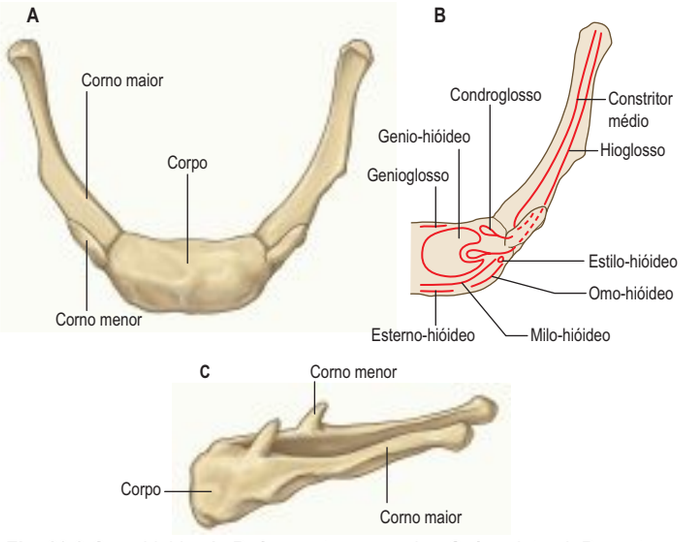


Fig. 28.2 Osso hioide: **A, B,** face anterossuperior; **C,** face lateral. **B** mostra as posições das inserções musculares.

Eles projetam posteriormente (curvando posterolateralmente) a partir das extremidades laterais do corpo. Eles são horizontalmente achatados, diminuem posteriormente, e cada um termina em um tubérculo. Quando se prende a garganta entre o dedo indicador e o polegar acima da cartilagem tireoide, os cornos maiores podem ser identificados e o osso pode ser movido de um lado para o outro.

O constritor médio da faringe e, mais lateralmente (ou seja, superficialmente), o hioglosso são fixados ao longo de todo o comprimento da parte superior de cada corno maior. O estilo-hióideo é fixado perto da junção do corno com o corpo. A alça fibrosa para o tendão digástrico é fixada lateral e um pouco posterior ao hioglosso. A membrana tireo-hióidea é fixada na margem medial e a tireo-hióidea é fixada à margem lateral. A superfície do oblíquo inferior está separada da membrana tireo-hióidea pelo tecido fibroareolar.

Cornos menores Os cornos menores são duas projeções cônicas pequenas nas junções do corpo com os cornos maiores. Na sua base, cada um está ligado ao corpo pelo tecido fibroso e, às vezes, ao corno maior por uma junção sinovial que ocasionalmente torna-se anquilosada.

Os constritores médios da faringe são fixados às faces posterior e lateral dos cornos menores. Os ligamentos estilo-hióideos são fixados aos seus ápices e frequentemente são parcialmente calcificados, e os condroglossos são fixados às faces mediais de suas bases.

Ossificação O osso hioide desenvolve-se a partir de cartilagens do segundo e terceiro arcos faríngeos; os cornos menores, a partir do segundo; os cornos maiores, a partir do terceiro; e o corpo, a partir das extremidades ventrais fundidas de ambos. A condrificação começa na quinta semana fetal nestes elementos e é concluída no terceiro e quarto meses. A ossificação prossegue a partir de seis centros, ou seja, um par para o corpo e um para cada corno. A ossificação começa nos cornos maiores ao final da vida intrauterina; no corpo, um pouco antes ou após o nascimento; e nos cornos menores, por volta da puberdade. Os ápices dos cornos maiores continuam cartilaginosos até a terceira década e as epífises podem ocorrer aqui. Eles se fundem com o corpo. As articulações sinoviais entre os cornos maiores e menores podem ser obliteradas por ossificação nas décadas posteriores.

ARTICULAÇÕES

As articulações atlanto-occipital e atlantoaxial são descritas nas páginas 733-734.

TRÍGONOS DO PESCOÇO

Anterolateralmente, o pescoço aparece como uma área mais ou menos quadrilátera, limitada superiormente pela base da mandíbula e uma linha continuada a partir do ângulo da mandíbula até o processo mastoide, inferiormente pela margem superior da clavícula, anteriormente pela linha média anterior, e posteriormente pela margem anterior do trapézio. Esta área quadrilátera pode ainda ser dividida em trígonos anterior e posterior pelo esternocleidomastóideo, que passa obliqua-

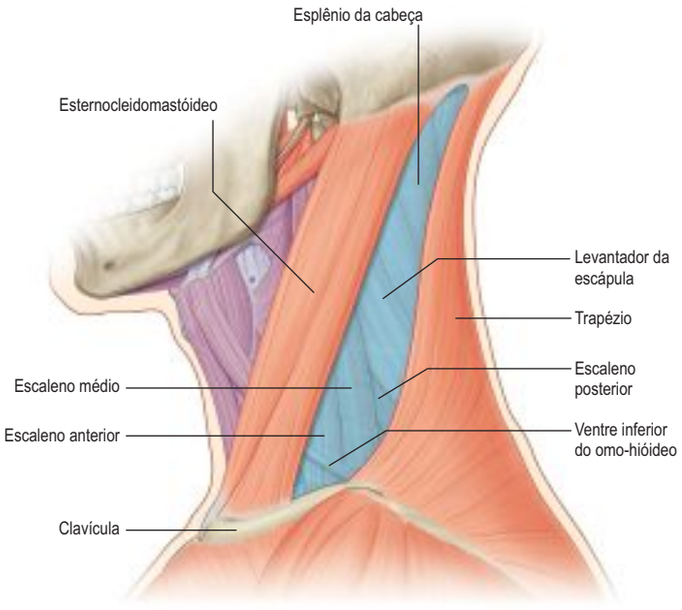


Fig. 28.3 Trígonos anterior e posterior do pescoço, face lateral esquerda. Ver nota da legenda da **Fig. 28.1.** (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

mente a partir do esterno e clavícula até o processo mastoide e osso occipital (Fig. 28.3). É verdade que estes trígonos e suas subdivisões são um pouco arbitrários, porque muitas estruturas maiores – artérias, veias, linfáticos, nervos e algumas vísceras – transgridem os seus limites, sem interrupção; contudo, têm um valor topográfico na descrição. Além disto, algumas das suas subdivisões são facilmente identificadas por inspeção e palpação e fornecem ajuda inestimável no exame clínico e da anatomia da superfície.

TRÍGONO CERVICAL ANTERIOR

O trígono anterior do pescoço é delimitado anteriormente pela linha média do pescoço e posteriormente pela margem anterior do esternocleidomastóideo. Sua base é a margem inferior da mandíbula, projeta-se para o processo mastoide, e seu ápice está no manúbrio esternal. Pode ser subdividido em áreas supra-hióidea e infra-hióidea acima e abaixo do osso hioide, e em trígonos submandibular, submentual, muscular e carótico pela passagem do digástrico e do omo-hióideo através do trígono anterior (Fig. 28.5).

Trígono submandibular

O trígono submandibular é delimitado superiormente pela base da mandíbula e sua projeção para o processo mastoide, posteroinferiormente pelo ventre posterior do digástrico e pelo estilo-hióideo, e anteroinferiormente pelo ventre anterior do digástrico. Está coberto pela pele, fáscia superficial, platisma e fáscia profunda, que contêm ramos dos nervos facial e cervical transverso. Seu assoalho é formado pelo milo-hióideo e hioglosso. A região anterior do trígono submandibular contém a glândula submandibular, que possui a veia facial, superficial a ela, e a artéria facial, abaixo dela. As artérias submentual e milo-hióidea e nervos situam-se no milo-hióideo. Os linfonodos submandibulares variavelmente estão relacionados com a glândula submandibular. A região posterior do trígono submandibular contém a parte inferior da glândula parótida. A artéria carótida externa, que passa profundamente ao estilo-hióideo, curva acima do músculo e sobrepõe sua face superficial à medida que ascende profunda à glândula parótida antes de entrar nela. A artéria carótida interna, a veia jugular interna e o nervo vago situam-se em local mais profundo e são separados da artéria carótida externa pelo estiloglosso, pelo estilofaríngeo e pelo nervo glossofaríngeo.

Trígono submentual

O trígono submentual único é demarcado pelos ventres anteriores de ambos os músculos digástricos. Seu ápice está no queixo (próximo à protuberância mentual), sua base é o corpo do osso hioide e seu assoalho é formado por ambos os músculos milo-hióideos. Contém linfonodos e pequenas veias que se unem para formar a veia jugular anterior. As estruturas no interior dos trígonos digástrico e submentual são descritas com mais detalhes com o assoalho oral (na pág. 501).

Trígono muscular

O trígono muscular é delimitado anteriormente pela linha média do pescoço a partir do osso hioide até o esterno, inferoposteriormente pela margem anterior do esternocleidomastóideo e posterossuperiormente pelo ventre superior do omo-hióideo. O trígono contém o omo-hióideo, o esterno-hióideo, o esternotireóideo e o tireo-hióideo.

Trígono carótico

O trígono carótico é limitado posteriormente pelo esternocleidomastóideo, anteroinferiormente pelo ventre superior do omo-hióideo e superiormente pelo estilo-hióideo e pelo ventre posterior do digástrico. Nos seres vivos (exceto os obesos), o trígono é geralmente uma pequena depressão triangular visível, por vezes melhor observada com a cabeça e a coluna vertebral cervical ligeiramente estendidas e a cabeça contralateralmente rodada. O trígono carótico é coberto pela pele, pela fáscia superficial, pelo platisma e pela fáscia profunda, contendo o ramo cervical do nervo facial (profundamente) e ramos do nervo cervical transverso (superficialmente). O osso hioide forma seu ângulo anterior e assoalho adjacente e pode ser localizado no exame simples, verificado pela palpação. Partes dos músculos tireo-hióideo, hioglosso e constritores inferior e médio da faringe formam seu assoalho. O trígono carótico contém a parte superior da artéria carótida comum e sua divisão em artérias carótidas interna e externa. Sobreposta pela margem anterior do esternocleidomastóideo, a artéria carótida externa é primeiro anteromedial e, em seguida, anterior à artéria carótida interna. Os ramos da artéria carótida externa são encontrados no trígono carótico. Assim, a artéria tireóidea superior corre anteroinferiormente; a artéria lingual, anteriormente com uma alça típica ascendente; a artéria facial, anterossuperiormente; a artéria occipital, posterossuperiormente; e a artéria faríngea ascendente medial, para a artéria carótida interna. A pulsação arterial recebe o dedo examinador. As veias tireóidea superior, lingual, facial, faríngea ascendente e algumas vezes a occipital correspondem aos ramos da artéria carótida externa e todas drenam para a veia jugular interna. O nervo hipoglosso cruza as artérias carótidas interna e externa. Curva-se ao redor da origem do ramo esternocleidomastóideo inferior da artéria occipital e, neste ponto, a raiz da alça cervical deixa-o descendo anteriormente na bainha carótida. O ramo interno do nervo laríngeo superior e, abaixo dele, o ramo externo do nervo laríngeo superior situam-se mediais à artéria carótida externa abaixo do osso hioide. Muitas estruturas nesta região, como a totalidade ou parte da veia jugular interna, associadas aos linfonodos cervicais profundos e ao nervo vago, podem ser variavelmente ocultadas pelo esternocleidomastóideo e estão, assim, "fora do trígono".

TRÍGONO CERVICAL POSTERIOR

O trígono posterior é delimitado anteriormente pela margem posterior do esternocleidomastóideo, posteriormente pela margem anterior do trapézio, e inferiormente pelo terço médio da clavícula (Fig. 28.3). Seu vértice fica entre as fixações do esternocleidomastóideo e trapézio ao occipício e é frequentemente moderado, de modo que o "trígono" torna-se quadrilátero. O teto do trígono posterior é formado pela camada de revestimento da fáscia cervical profunda. O assoalho do trígono é formado pela fáscia pré-vertebral sobrejacente aos músculos esplênio da cabeça, levantador da escápula e escalenos. É cruzado, aproximadamente, 2,5 cm acima da clavícula pelo ventre inferior do omo-hióideo, que o subdivide em trígonos occipital e omoclavicular (supraclavicular). O conteúdo do trígono posterior inclui gordura, linfonodos (nível V – ver adiante), ramo espinal do nervo acessório, ramos cutâneos do plexo cervical, ventre inferior do omo-hióideo, ramos do tronco tireocervical (artérias cervical transversa e supraescapular), a terceira parte da artéria subclávia e a veia jugular externa. Os grupos anterior e lateral dos músculos pré-vertebrais formam o assoalho do trígono posterior.

Trígono occipital

O trígono occipital constitui a parte maior e superior do trígono posterior, com o qual partilha as mesmas margens, exceto que inferiormente é limitado pelo ventre inferior do omo-hióideo. Seu assoalho, de cranial para caudal, é formado pelo esplênio da cabeça, pelo levantador da escápula e pelos escalenos médio e posterior; o semiespinal da cabeça ocasionalmente aparece no ápice. O trígono é coberto pela pele, pelas fáscias superficial e profunda e inferiormente pelo platisma. O ramo espinal do nervo acessório penetra o esternocleidomastóideo e cruza o

levantador da escápula oblíqua e, inferoposteriormente, atinge a superfície profunda do trapézio. A marcação superficial de seu curso está em uma linha que vai da junção do terço superior e dois terços inferiores do esternocleidomastóideo até a junção do terço inferior e dois terços superiores do trapézio. Os ramos cutâneo e muscular do plexo cervical emergem na margem posterior do esternocleidomastóideo. Inferiormente, os nervos supraclaviculares, os vasos cervicais transversos e a parte mais superior do plexo braquial cruzam o trígono. Os linfonodos situam-se ao longo da margem posterior do esternocleidomastóideo a partir do processo mastoide até a raiz do pescoço.

Trígono omoclavicular (supraclavicular)

O trígono omoclavicular é a divisão inferior e menor do trígono posterior, com o qual partilha os mesmos limites, exceto que superiormente ele é limitado pelo omo-hióideo. Conecta-se no pescoço vivo com a parte inferior de uma depressão notável e profunda, denominada fossa supraclavicular maior. Seu assoalho contém a primeira costela, o escaleno médio e o primeiro fascículo do serrátil anterior. Seu tamanho varia de acordo com a extensão das origens claviculares do esternocleidomastóideo e trapézio, e também com o nível do ventre inferior do omo-hióideo. O trígono é coberto pela pele, pelas fáscias superficial e profunda, pelo platisma e é cruzado pelos nervos supraclaviculares. Logo acima da clavícula, a terceira parte da artéria subclávia curva inferolateralmente a partir da margem lateral do escaleno anterior através da primeira costela até a axila. A veia subclávia está posterior à clavícula e em geral não está no trígono; mas pode subir tão alto quanto a artéria e até mesmo acompanhá-la posteriormente ao escaleno anterior. O plexo braquial é em parte superior e em parte posterior à artéria, e está sempre estreitamente relacionado com ela. Os troncos do plexo braquial podem ser facilmente palpados aqui se o pescoço for fletido contralateralmente e o dedo examinador fizer o traçado através dos troncos perpendicularmente ao seu comprimento. Com a musculatura relaxada, a pulsação da artéria subclávia pode ser sentida e o fluxo arterial pode ser controlado por compressão retroclavicular contra a primeira costela. Os vasos supraescapulares passam transversal e posteriormente à clavícula, e inferiormente à artéria e à veia cervical transversa. A veia jugular externa desce atrás da margem posterior do esternocleidomastóideo, terminando na veia subclávia. Ela recebe as veias cervical transversa e supraescapular, que formam um plexo à frente da terceira parte da artéria subclávia; ocasionalmente, é acompanhada de uma pequena veia que cruza a clavícula anteriormente a partir da veia cefálica. Outras estruturas no interior do trígono incluem o nervo para o músculo subclávio, que atravessa o trígono, e os linfonodos.

FÁSCIA CERVICAL

FÁSCIA CERVICAL SUPERFICIAL

A fáscia cervical superficial é geralmente uma lâmina fina que cobre o platisma e é dificilmente demonstrável como uma camada separada. Todavia, pode conter quantidades consideráveis de tecido adiposo, especialmente no sexo feminino. Como toda fáscia superficial, não é um estrato isolado, mas apenas uma zona de tecido conjuntivo frouxo entre a derme e a fáscia profunda, e é ligada a ambas. Na região cervical inferior, as fibras aponeuróticas do platisma gradualmente espalham-se na fáscia superficial: ou tornam-se ligamentos cutâneos ou continuam em direção à fáscia cobrindo o peitoral maior e o deltoide. Estas fibras aponeuróticas cobrem as regiões cervicais anterior e lateral e frequentemente mimetizam uma camada de revestimento da fáscia cervical profunda, formando uma barreira de tecido (Nash *et al.*, 2005).

FÁSCIA CERVICAL PROFUNDA

As descrições da organização da fáscia cervical profunda são amplamente baseadas no trabalho clássico de Grodinsky & Holyoke em 1938. Entretanto, estudos anatômicos recentes que usam técnicas como a plastinação laminar e a microscopia confocal indicaram que o arranjo da fáscia cervical profunda é mais complicado do que se pensava anteriormente (Zhang & Lee, 2002, Nash *et al.*, 2005) (Fig. 28.4).

A fáscia profunda no pescoço é convencionalmente dividida em uma lâmina superficial (de revestimento), uma lâmina pré-traqueal e uma lâmina pré-vertebral.

Lâmina superficial (de revestimento)

A lâmina superficial da fáscia cervical profunda é contínua posteriormente com a fáscia correspondente do lado oposto. Ela forma uma cobertura fina para o trapézio e reveste o esternocleidomastóideo. As porções entre trapézio e o esternocleidomastóideo e no trígono anterior do pescoço são constituídas por tecido areolar, indistinguível daqueles na fáscia cervical superficial e nos espaços potenciais de tecido profundos. Superiormente, a fáscia profunda funde-se com o periósteo ao longo da linha nucal superior do osso occipital, sobre o processo mastóide, e ao longo de toda a base da mandíbula. Entre o ângulo da mandíbula e a extremidade anterior do esternocleidomastóideo, é particularmente forte. Entre a mandíbula e o processo mastóide, está relacionada com a glândula parótida, estendendo-se abaixo dela para fixar-se ao arco zigomático.

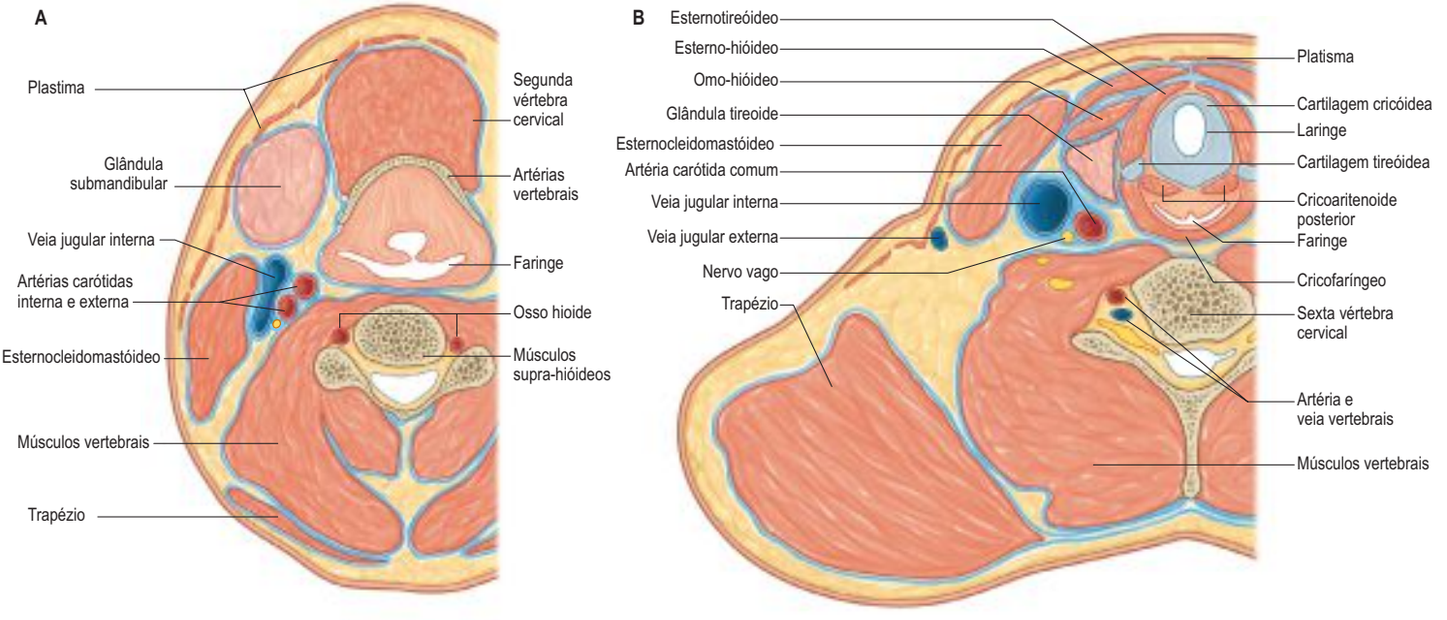


Fig. 28.4 Cortes transversais através do pescoço nos níveis da segunda (**A**) e sexta (**B**) vértebras cervicais, mostrando a disposição da fáscia cervical profunda, sendo que grande parte dela foi colorida de azul. Os diagramas são baseados em cortes plastinados: observar que muitos músculos não foram delineados individualmente. (Cortesia do Dr M Zhang e de Robbie McPhee.)

A partir desta região, o forte ligamento estilomandibular sobe em direção ao processo estiloide. Inferiormente, ao longo do trapézio e esternocleidomastóideo, a camada de revestimento da fáscia cervical profunda é fixada ao acrômio, à clavícula e ao manúbrio esternal, fundindo-se com seus periósteos. A uma distância curta acima do manúbrio, a camada de revestimento entrelaça-se com as fibras aponeuróticas do platisma e com a fáscia que recobre os músculos infra-hióideos. É organizada em camadas superficial e profunda, que são fixadas à margem anterior do manúbrio e à margem posterior e o ligamento interclavicular, respectivamente. Entre estas duas camadas, um intervalo semelhante a uma fenda, o espaço suprasternal, contém uma pequena quantidade de tecido areolar, as partes inferiores das veias jugulares anteriores e do arco da veia jugular, as cabeças esternais dos músculos esternocleidomastóideos e, algumas vezes, um linfonodo.

Lâmina pré-traqueal

A lâmina pré-traqueal da fáscia cervical profunda é muito fina. Ela fornece bainhas fasciais para a glândula tireoide, laringe, faringe, traqueia, esôfago e músculos infra-hióideos. Superiormente, é fixada ao osso hióide; inferiormente, continua em direção ao mediastino superior ao longo dos grandes vasos e funde-se com o pericárdio fibroso; lateralmente, funde-se com a camada de revestimento da fáscia cervical profunda e com a bainha carótica.

Lâmina pré-vertebral

A lâmina pré-vertebral da fáscia cervical profunda cobre os músculos vertebrais anteriores e estende-se lateralmente sobre o escaleno anterior, escaleno médio e levantador da escápula, formando um assoalho fascial para o trígono posterior do pescoço. Como a artéria subclávia e o plexo braquial emergem posteriormente ao escaleno anterior, eles transportam a fáscia pré-vertebral inferolateral e posteriormente à clavícula como a bainha axilar.

A lâmina pré-vertebral é bastante proeminente na parte anterior à coluna vertebral, onde pode haver duas camadas distintas da lâmina. O espaço criado pela divisão da lâmina pré-vertebral anterior, o espaço perigoso, é uma parte do espaço pré-vertebral. Traçada lateralmente, a lâmina pré-vertebral torna-se fina e areolar. Superiormente, está anexa à base do crânio. Inferiormente, desce anterior ao músculo longo do pescoço em direção ao mediastino superior, onde se mistura com o ligamento longitudinal anterior. Anteriormente, a lâmina pré-vertebral é separada da faringe e sua fáscia bucofaríngea de revestimento por uma zona areolar frouxa, o espaço retrofaríngeo. Lateralmente, esse tecido frouxo conecta a lâmina pré-vertebral à bainha carótica e à fáscia na superfície profunda do esternocleidomastóideo. Todos os ramos ventrais dos nervos cervicais ficam inicialmente posterior à lâmina pré-vertebral. Os nervos para os romboides e serrátil anterior e o nervo frênico mantêm esta posição durante todo o seu curso no pescoço, mas o nervo acessório situa-se superficial à lâmina pré-vertebral.

Bainha carótica

A bainha carótica é uma condensação da fáscia cervical profunda em torno das artérias carótidas comum e interna, da veia jugular interna, do nervo vago e dos componentes da alça cervical. É mais espessa ao redor das artérias do que a veia, um arranjo que possibilita que a veia expanda-se. Perifericamente, a bainha carótica está fixa às camadas fasciais adjacentes pelo tecido areolar frouxo.

Espaços teciduais e a propagação de infecção e injeções

As camadas fasciais do pescoço definem uma série de "espaços" teciduais potenciais acima e abaixo do osso hioide. Quando estamos com saúde, os tecidos no interior destes espaços estão intimamente aplicados uns aos outros, ou são preenchidos com tecido conjuntivo relativamente frouxo. No entanto, infecções que se originam superiormente, tais como as infecções dentárias, tonsilares, vertebrais ou relacionadas com o disco intervertebral, podem alterar estas relações. Os microrganismos responsáveis frequentemente são estreptococos beta-hemolíticos ou uma variedade de anaeróbios. Os estreptococos produzem enzimas proteolíticas que digerem o tecido conjuntivo frouxo e assim abrem os espaços teciduais. Como não há barreiras teciduais correndo horizontalmente no pescoço, as infecções que não são tratadas imediatamente podem disseminar rapidamente a partir da fossa infratemporal inferiormente em direção ao mediastino (Cap. 55), cruzam a linha média através dos espaços sublingual e mentual, e até mesmo percorrem trajeto para o interior da axila.

A compreensão da configuração das fáscias e dos espaços cervicais é essencial para a utilização de bloqueios anestésicos locais do plexo cervical no pescoço para facilitar cirurgias como tireoidectomia, paratireoidectomia e endarterectomia carotídea (Pandit *et al.*, 2000). Por exemplo, a injeção de anestésico local, quer no plano fascial superficial ou sob a fáscia de revestimento do trígono posterior, pode promover um bloqueio igualmente eficaz do plexo cervical (Pandit *et al.*, 2003), presumivelmente pelo fato de a lâmina superficial entre o esternocleidomastóideo e o trapézio não ser uma lâmina fascial bem definida e de ela ser indistinguível da tecido conjuntivo frouxo circundante (Zhang & Lee, 2002).

Os espaços teciduais acima do osso hioide são os espaços submandibular e submentual abaixo da margem inferior da mandíbula, os espaços faríngeos, e o espaço pré-vertebral próximo à base do crânio. Estes espaços são descritos nas páginas 524 e 568. Os espaços teciduais ao redor do laringe são descritos na página 584.

Os espaços teciduais inferiores ao osso hioide são os espaços teciduais pré-traqueais e retroviscerais no compartimento visceral do pescoço, o espaço pré-vertebral anterior à coluna vertebral, e um espaço associado à bainha carótica.

Espaço pré-traqueal O espaço tecidual pré-traqueal situa-se posteriormente à lâmina pré-traqueal e aos músculos infra-hióideos e à frente da parede anterior do esôfago e, portanto, circunda imediatamente a traqueia. É delimitado superiormente pela fixação dos músculos em fitas (infra-hióideos) à cartilagem tireóidea da laringe. Inferiormente, estende-se em direção à porção anterior do mediastino superior. As infecções geralmente disseminam para o espaço pré-traqueal, quer perfurando a parede anterior do esôfago ou a partir do espaço retrovisceral.

Radiologicamente, a porção do espaço pré-traqueal entre a fáscia do músculo infra-hióideo e a fáscia da glândula tireoide é chamada de espaço cervical anterior. A margem posterolateral do espaço é a bainha carótica ou a fáscia do esternocleidomastóideo. O espaço cervical anterior frequentemente fornece um ponto de referência simétrico na imagem transversal (Smoker & Harnsberger, 1991).

Espaço retrovisceral O espaço retrovisceral é contínuo superiormente com o espaço retrofaríngeo. Situa-se entre a parede posterior do esôfago e a lâmina pré-vertebral. Inferiormente, o espaço retrovisceral estende-se para o mediastino superior. Caso a lâmina pré-vertebral se funda com o tecido conjuntivo sobre a superfície posterior do esôfago – geralmente ao nível da quarta vértebra torácica –, o espaço retrovisceral então tem um limite inferior distinto.

Espaço pré-vertebral O espaço do tecido pré-vertebral tem sido variavelmente descrito como o espaço potencial situado entre a lâmina pré-vertebral e a coluna vertebral, e como o espaço entre as duas camadas da lâmina pré-vertebral, o chamado espaço perigoso. As infecções geralmente disseminam para este local através de suas paredes fasciais a partir da área retrovisceral, porque ela é fechada superior e lateralmente. Inferiormente, estende-se para o mediastino posterior. Clinicamente, porém, o espaço perigoso e o espaço retrofaríngeo ou retrovisceral frequentemente são considerados em conjunto, porque eles não podem ser diferenciados radiologicamente.

Espaço carótico A bainha carótica é uma camada de tecido conjuntivo frouxo demarcada por porções adjacentes da camada de revestimento da fáscia cervical profunda, da lâmina pré-traqueal e da lâmina pré-vertebral. Ela traça um espaço potencial para o qual as infecções dos espaços viscerais podem dirigir-se. As infecções ao redor da bainha carótica podem ser restritas porque superior (perto do osso hioide) e inferiormente (junto à raiz do pescoço) os tecidos conjuntivos aderem aos vasos.

Celulite no pescoço A principal causa de celulite do pescoço é a infecção decorrente da região dos dentes molares inferiores. Vários espaços fasciais são acessíveis a partir desta área e vários fatores anatômicos contribuem para a disseminação da infecção. Assim, os ápices do segundo e, sobretudo, do terceiro dentes molares mandibulares estão frequentemente próximos da superfície lingual da mandíbula. Os ápices das raízes dos terceiros molares mandibulares ficam geralmente, e os segundos molares ficam frequentemente, abaixo da inserção do milo-hióideo sobre a face interna da mandíbula e, portanto, drenam diretamente para o espaço do tecido submandibular. A margem posterior livre do milo-hióideo fica próxima dos suportes dos terceiros molares mandibulares e, neste ponto, o assoalho da boca consiste apenas em uma membrana mucosa que cobre parte da glândula salivar submandibular. Qualquer infecção periapical virulenta dos terceiros molares mandibulares pode, portanto, penetrar na placa lingual da mandíbula e ficar, então, na entrada dos espaços submandibulares e sublinguais anteriormente, e nos espaços parafaríngeo e pterigoide posteriormente. A infecção nesta área também pode disseminar a partir de uma pericoronite aguda,

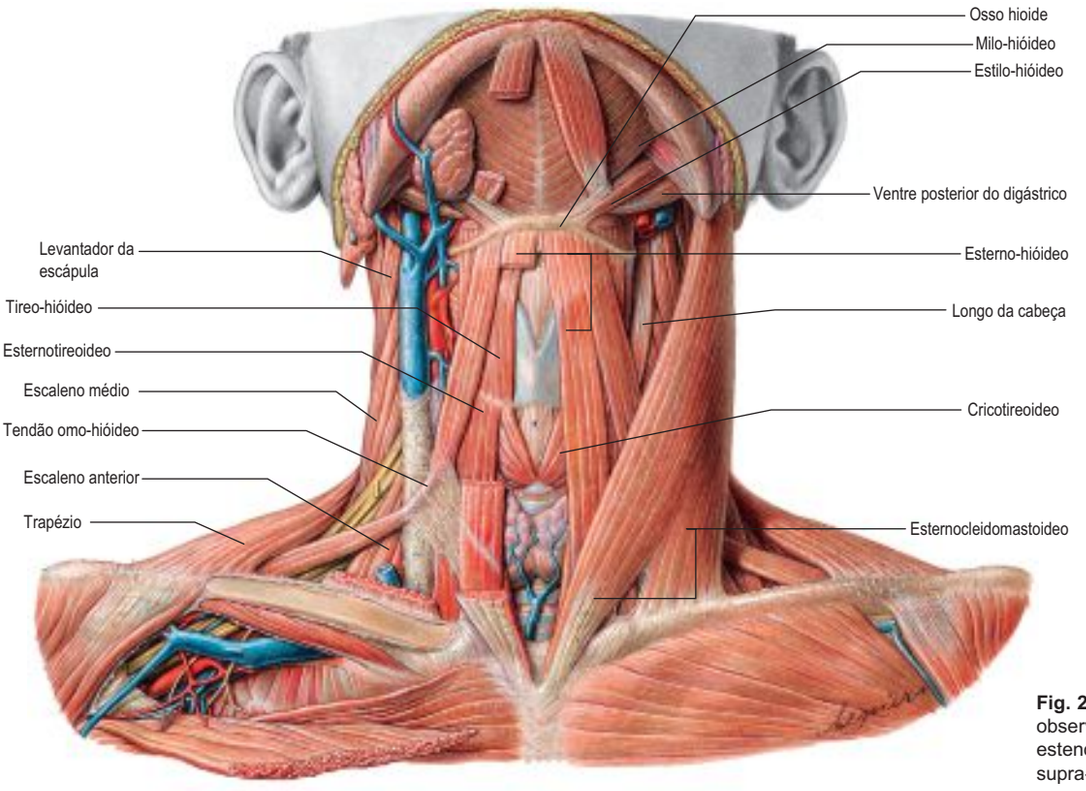


Fig. 28.5 Músculos do pescoço: observar que a cabeça está ligeiramente estendida a fim de expor os músculos supra-hióideos. (De Sobotta, 2006.)

particularmente quando os tecidos mais profundos são expostos à infecção pela extração do dente durante a fase aguda.

Em geral, a celulite em torno da mandíbula apenas apresenta propensão a desenvolver-se quando os tecidos são infectados por organismos virulentos e invasivos em um ponto onde há acesso aos espaços fasciais: as causas predisponentes nem sempre coincidem, e a celulite é, portanto, pouco comum. A celulite na região da maxila é ainda mais incomum, mas infecções do espaço fascial podem desenvolver-se em vários locais como resultado de uso de agulhas anestésicas locais infectadas. Como não há barreiras correndo horizontalmente em relação aos espaços teciduais no pescoço, a infecção que entra neste local pode disseminar-se rapidamente mais ou menos livre do pescoço inferiormente e pode entrar no mediastino (Cap. 55).

Todas as formas de celulites do pescoço ou infecções do espaço profundo do pescoço são potencialmente graves. O estreitamento das vias respiratórias superiores pode ocorrer como resultado de uma inflamação e edema, levando à dispneia ou obstrução das vias respiratórias superiores (com estridor) e à redução de oxigenação dos pulmões. Esta situação pode ser extremamente difícil de tratar por meio de técnicas convencionais. O aumento da rigidez e a redução da complacência dos tecidos significam que manobras como o impulso manual da mandíbula anterior ou laringoscopia podem falhar em reabrir as vias respiratórias. Técnicas especializadas, como, por exemplo, a intubação traqueal auxiliada por fibra óptica flexível ou a traqueostomia cirúrgica sob anestesia local, podem ser necessárias para promover anestesia geral para facilitar a drenagem cirúrgica e o tratamento da celulite ou abscesso do espaço profundo.

MÚSCULOS

Os músculos superficiais do pescoço são o platisma, que se situa no tecido subcutâneo do pescoço, o esternocleidomastóideo e o trapézio. O esternocleidomastóideo é um ponto de referência fundamental porque divide o pescoço em regiões anterior e lateral (trígonos anterior e lateral [posterior], respectivamente); a região anterior pode ser ainda subdividida em vários trígonos menores nomeados (ver anteriormente). Os músculos na região anterior estão organizados nos grupos supra e infra-hióideos e com uma exceção são todos fixados ao osso hioide. Os músculos supra-hióideos, que ligam o osso hioide com a mandíbula e a base do crânio, incluem milo-hióideo, gênio-hióideo, estilo-hióideo e digástrico. Os músculos infra-hióideos (em fitas), que ligam o osso hioide, esterno, clavícula e escápula, estão dispostos em dois planos: um plano superficial, que consiste em esterno-hióideo e omo-hióideo; e um plano profundo, que consiste em esternotireóideo e tireo-hióideo.

Os músculos que formam parte da coluna musculoesquelética no pescoço são descritos no Capítulo 42. Eles podem ser considerados em três grupos, anterior, lateral e posterior; muito em termos gerais, os músculos nestes grupos situam-se anterior, lateral ou posterior às vértebras cervicais. Os grupos anterior e lateral incluem o longo do pescoço e da cabeça, os retos da cabeça anterior e lateral, e os escalenos anterior, médio, posterior e mínimo (quando presentes). O grupo muscular posterior é composto pelos componentes cervicais da musculatura intrínseca do dorso, sobrepostos por alguns dos músculos extrínsecos "imigrantes" do dorso que correm entre os membros superiores e o esqueleto axial (trapézio, levantador da escápula, ver Cap. 42). Os músculos intrínsecos são dispostos em camadas superficial e profunda. A camada superficial contém o esplênio de cabeça e cervical. As camadas mais profundas incluem o grupo transversoespinal (semiespinal do pescoço e da cabeça, multífido e rotatores do pescoço), interespinais e intertransversários e o grupo suboccipital (retos posterior maior e menor da cabeça e oblíquos superior e inferior da cabeça).

Os músculos associados à faringe e laringe são descritos nos Capítulos 33 e 34, respectivamente.

Platisma

O platisma é uma lâmina de músculo de proeminência variada que se origina na fáscia, cobrindo as partes superiores do peitoral maior e do deltoide. Suas fibras cruzam a clavícula e ascendem medialmente na face lateral do pescoço. As fibras anteriores entrelaçam através da linha média com as fibras do músculo contralateral, inferoposteriormente à sínfise da mandíbula. Outras fibras fixam-se à margem inferior da mandíbula ou ao lábio inferior, ou cruzam a mandíbula fixando-se à pele e ao tecido subcutâneo da face inferior. A elevação cuidadosa de um retalho miocutâneo no plano subplatismal como parte de uma dissecção de pescoço irá incluir esse músculo e o seu suprimento sanguíneo associado, minimizando assim o risco de necrose da pele e abertura de ferida.

Suprimento vascular O platisma é suprido pelo ramo submentual da artéria facial e pela artéria supraescapular (a partir do tronco tireocervical da artéria subclávia).

Inervação O platisma é inervado pelo ramo cervical do nervo facial que desce sobre a superfície profunda do músculo próximo ao ângulo da mandíbula.

Ações A contração diminui a concavidade entre a mandíbula e o lado do pescoço e produz cristas tensas oblíquas na pele do pescoço. O platisma pode ajudar na depressão da mandíbula; e, através de seus anexos labial

e modiolar, pode levar o lábio inferior e ângulos da boca inferiormente a expressões de horror ou surpresa.

Esternocleidomastóideo

O esternocleidomastóideo (Fig. 28.5) desce obliquamente em toda a parte lateral do pescoço e forma um ponto de referência da superfície proeminente, especialmente quando contraído. É espesso e estreito centralmente, e mais largo e mais fino em cada extremidade. O músculo é fixado inferiormente por duas cabeças. A cabeça medial ou esternal é arredondada e tendínea, origina-se da parte superior da superfície anterior do manúbrio e sobe posterolateralmente. A cabeça lateral ou clavicular, que é variável em largura e contém elementos musculares e fibrosos, sobe quase verticalmente a partir da superfície superior do terço médio da clavícula. As duas cabeças são separadas na proximidade de suas fixações por um intervalo triangular que corresponde a uma depressão da superfície, a fossa supraclavicular menor. À medida que ascende, a cabeça clavicular se dispõe em espiral posterior à cabeça esternal e mistura-se com a sua superfície profunda abaixo da metade do pescoço, formando um ventre espesso, arredondado. O esternocleidomastóideo insere-se superiormente por um tendão forte na superfície lateral do processo mastoide a partir do seu ápice até sua margem superior e por uma aponeurose fina na metade lateral da linha nucal superior. As fibras claviculares são direcionadas principalmente para o processo mastoide; as fibras esternais são mais oblíquas e superficiais e estendem-se até o occipício. A direção da força das duas cabeças é, portanto, diferente, e o músculo pode ser classificado como "cruzado" e ligeiramente "espiralado".

Relações A face superficial do esternocleidomastóideo é coberta por pele e platisma, entre os quais se encontram a veia jugular externa, os nervos auricular magno e cervical transverso e a lâmina superficial da fáscia cervical profunda. Próximo à sua inserção, o músculo é sobreposto por uma parte pequena da glândula parótida. A superfície profunda do músculo próxima de sua origem está relacionada com a articulação esternoclavicular e com os músculos esterno-hióideo, esternotireóideo e omo-hióideo. A veia jugular anterior cruza abaixo dela, mas superficial aos músculos infra-hióideos, imediatamente acima da clavícula. A bainha carótica e a artéria subclávia ficam abaixo destes músculos. Entre o omo-hióideo e o ventre posterior do digástrico, a parte anterior do esternocleidomastóideo situa-se superficial às artérias carótidas comum, interna e externa, jugular interna, às veias facial e lingual, aos linfonodos cervicais profundos, ao nervo vago e ramos da alça cervical. O ramo do esternocleidomastóideo da artéria tireóidea superior cruza abaixo do músculo na margem superior do omo-hióideo. A parte posterior do esternocleidomastóideo está relacionada na sua superfície interna ao esplênio da cabeça, ao levantador da escápula e músculos escalenos, ao plexo cervical, parte superior do plexo braquial, nervo frênico e artérias cervical transversa e supraescapular. A artéria occipital cruza abaixo do músculo junto a, ou sob, a cobertura da margem inferior do ventre posterior do digástrico. Neste ponto, o nervo acessório passa abaixo do esternocleidomastóideo; em seguida, penetra e supre o músculo, antes de reaparecer logo acima da metade da margem posterior. Na sua inserção, o músculo situa-se superficial ao processo mastoide, esplênio da cabeça, longo da cabeça e ventre posterior do digástrico.

Suprimento vascular O esternocleidomastóideo recebe seu suprimento sanguíneo de ramos das artérias occipital e auricular posterior (parte superior do músculo), da artéria tireóidea superior (parte média do músculo) e da artéria supraescapular (parte inferior do músculo). Um retalho superiormente situado pode ser realizado no esternocleidomastóideo para incluir uma parte da pele suprida por vasos perfurantes. Este retalho tem sido usado para reconstruir os lábios, assoalho da boca e parte interna das bochechas; porém, seu uso tem sido substituído por transferência de retalhos microvasculares livres ou por retalhos miocutâneos convencionais, como o retalho peitoral maior.

Inervação O esternocleidomastóideo é suprido pelo ramo espinal do nervo acessório. Ramificações dos ramos ventrais do segundo, terceiro e, algumas vezes, quarto nervos espinhais cervicais também entram no músculo. Embora se acreditasse que estes ramos cervicais fossem apenas proprioceptivos, evidências clínicas sugerem que algumas destas fibras são motoras.

Ações Agindo isoladamente, cada esternocleidomastóideo irá inclinar a cabeça em direção ao ombro ipsilateral, girando simultaneamente a cabeça de modo a virar a face em direção ao lado oposto. Esse movimento ocorre com o olhar em um sentido ascendente para os lados. Um movimento visual mais comum é uma rotação equilibrada de um lado para o outro, e isso representa, provavelmente, o uso mais frequente dos esternocleidomastóideos. Atuando em conjunto a partir de suas origens, os músculos levam a cabeça para a frente e assim ajudam o longo da cabeça a flexionar a parte cervical da coluna vertebral, que é um movimento comum na alimentação. Os dois esternocleidomastóideos também são usados para levantar a cabeça quando o corpo está em posição supina e quando a cabeça está fixa; eles ajudam a elevar o tórax na inspiração forçada.

Cistos e fístulas branquiais Os cistos branquiais geralmente apresentam-se na parte superior do pescoço no início da idade adulta como edemas flutuantes na junção dos terços médio e superior da margem anterior do esternocleidomastóideo. O cisto normalmente passa posterior e superior através da bifurcação carótica e termina nos músculos constritores da faringe, um curso que o coloca em íntima associação com os nervos hipoglosso, glossofaríngeo e ramo espinal do acessório. Deve-se tomar grande cuidado para evitar danos a esses nervos durante a remoção cirúrgica de um cisto branquial.

As fístulas branquiais representam uma conexão persistente entre a segunda bolsa branquial e o seio cervical. A fístula geralmente se apresenta como uma pequena depressão adjacente à margem anterior do terço inferior do esternocleidomastóideo, que pode produzir saliva e tornar-se intermitentemente infectada. A excisão envolve seguir o trato da fístula até o pescoço – frequentemente através da bifurcação carótica – e em direção à fossa tonsilar onde se abre para a faringe.

Acredita-se que os cistos branquiais, seios e fístulas resultam de inclusões do tecido da glândula salivar nos linfonodos: elas também podem ocorrer ao redor da glândula parótida.

MÚSCULOS DO TRÍGONO ANTERIOR DO PESCOÇO

Além dos músculos superficiais do pescoço já descritos, o trígono anterior contém dois dos músculos supra-hióideos, ou seja, digástrico e estilo-hióideo, e os quatro músculos em fitas infra-hióideos (Fig. 28.5). Os outros músculos supra-hióideos, chamados de milo-hióideo e gênio-hióideo, são descritos com o assoalho da boca na página 502.

Digástrico

O digástrico tem dois ventres e situa-se abaixo da mandíbula, estendendo-se desde o processo mastoide até a base da mandíbula (Fig. 28.5). O ventre posterior, que é mais longo que o anterior, é fixado na incisura mastoide do osso temporal, e passa inferior e anteriormente. O ventre anterior é fixado à fossa digástrica na base da mandíbula, perto da linha média, e inclina inferior e posteriormente. Os dois ventres encontram-se em um tendão intermédio que perfura o estilo-hióideo e corre sobre uma faixa fibrosa fixada ao corpo e ao corno maior do osso hioide e que é por vezes revestido por uma bainha sinovial. Os dois ventres do digástrico marcam as margens do trígono submandibular.

Variações O digástrico pode não ter o tendão intermédio e, em seguida, é fixado no meio do caminho ao longo do corpo da mandíbula. O ventre posterior pode ser aumentado por um feixe a partir do processo estiloide ou surgir inteiramente a partir dele. O ventre anterior pode cruzar a linha média e não é incomum que ele se funda com o milo-hióideo.

Relações Superficiais ao digástrico estão o platisma, o esternocleidomastóideo, o esplênio da cabeça, longo da cabeça e estilo-hióideo, o processo mastoide, a veia retromandibular e as glândulas salivares parótida e submandibular. O milo-hióideo é medial ao ventre anterior, e o hioglosso, oblíquo superior e reto lateral da cabeça, processo transverso da vértebra atlas, nervo acessório, veia jugular interna, artéria occipital, nervo hipoglosso, carótidas interna e externa, artérias facial e lingual são todos mediais ao ventre posterior.

Suprimento vascular O ventre posterior é suprido pelas artérias auricular posterior e occipital. O ventre anterior do digástrico recebe o seu suprimento sanguíneo principalmente a partir do ramo submentual da artéria facial.

Inervação O ventre anterior do digástrico é suprido pelo ramo milo-hióideo do nervo alveolar inferior, e o ventre posterior é suprido pelo nervo facial. A inervação diferente das duas partes reflete as suas derivações separadas do mesênquima do primeiro e segundo arcos branquiais.

Ações O digástrico deprime a mandíbula e pode elevar o osso hioide. Os ventres posteriores são especialmente ativos durante a deglutição e a mastigação.

Estilo-hióideo

O estilo-hióideo origina-se por meio de um tendão pequeno a partir da superfície posterior do processo estiloide, perto de sua base. Passando inferoanteriormente, ele se insere no corpo do osso hioide, na sua junção com o corno maior (e logo acima da fixação do ventre superior do omo-hióideo). É perfurado próximo à sua inserção pelo tendão intermediário do digástrico (Fig. 28.5). O músculo pode estar ausente ou duplicado. Pode situar-se medial à artéria carótida externa e pode terminar nos músculos supra-hióideos ou infra-hióideos.

Suprimento vascular O estilo-hióideo recebe seu suprimento sanguíneo de ramos das artérias facial, auricular posterior e occipital.

Inervação O estilo-hióideo é inervado pelo ramo estilo-hióideo do nervo facial, que frequentemente surge com o ramo digástrico e entra na parte média do músculo.

Ações O estilo-hióideo eleva o osso hioide e traciona-o posteriormente, alongando o assoalho da boca.

Ligamento estilo-hióideo

O ligamento estilo-hióideo é um cordão fibroso que se estende desde a extremidade do processo estiloide até o corno menor do osso hioide. Fornece fixação para as fibras mais altas do constritor médio da faringe e está intimamente relacionado com a parede lateral da orofaringe. Abaixo, é sobreposto pelo hioglosso. O ligamento é derivado da cartilagem do segundo arco branquial, e pode ser parcialmente calcificado.

MÚSCULOS INFRA-HIÓIDEOS

Os músculos infra-hióideos são organizados de modo que o esterno-hióideo e o omo-hióideo situem-se superficialmente e o esterno-tireóideo e tireo-hióideo situem-se mais profundamente (Fig. 28.5). Os músculos estão envolvidos nos movimentos do osso hioide e da cartilagem tireóidea durante a vocalização, deglutição e mastigação e são inervados principalmente a partir da alça cervical.

Esterno-hióideo

O esterno-hióideo é um músculo em fita fino e estreito que se origina da superfície posterior da extremidade medial da clavícula, do ligamento esternoclavicular posterior e da face posterossuperior do manúbrio (Fig. 28.5). Ele sobe medialmente e se insere na margem inferior do corpo do osso hioide. Inferiormente, existe um intervalo considerável entre o músculo e seu contralateral, mas os dois em geral juntam-se na metade do seu curso e são contíguos acima deste. O esterno-hióideo pode estar ausente ou duplicado, aumentado por uma faixa clavicular (cleido-hióideo) ou interrompido por uma intersecção tendínea.

Suprimento vascular O esterno-hióideo é suprido pelos ramos da artéria tireóidea superior.

Inervação O esterno-hióideo é inervado por ramos da alça cervical (C1, 2, 3).

Ação O esterno-hióideo deprime o osso hioide após ter sido elevado.

Omo-hióideo

O omo-hióideo consiste em dois ventres unidos em um ângulo por um tendão intermediário (Fig. 28.5). O ventre inferior é uma faixa plana, estreita, que inclina anterior e ligeiramente na direção superior através da parte inferior do pescoço. Surge a partir da margem superior da escápula, perto da incisura escapular e, ocasionalmente, a partir do ligamento transverso superior da escápula. Em seguida, ele passa posteriormente ao esternocleidomastóideo e termina nesse ponto no tendão intermediário. O ventre superior começa no tendão intermediário, passa quase verticalmente na direção superior próximo à margem lateral do esterno-hióideo e é inserido à margem inferior do corpo do osso hioide lateral à inserção de esterno-hióideo. O comprimento e a forma do tendão intermediário variam, embora este geralmente se situe adjacente à veia jugular interna no nível do arco da cartilagem cricoide. O curso angulado do músculo é mantido por uma faixa de fáscia cervical profunda, fixada abaixo da clavícula e da primeira costela, que reveste o tendão. Uma quantidade variável de músculo esquelético pode estar presente na banda fascial; um ou outro ventre pode estar ausente ou duplicado; o ventre inferior pode ser fixado diretamente à clavícula, e o superior é, por vezes, fundido com o esterno-hióideo.

Suprimento vascular O omo-hióideo é suprido pelos ramos das artérias tireóidea superior e lingual.

Inervação O ventre superior do omo-hióideo é inervado por ramificações do ramo superior da alça cervical (C1). O ventre inferior é inervado a partir da alça cervical (C1, 2 e 3).

Ações O omo-hióideo deprime o osso hioide após ele ter sido elevado. Tem-se especulado que o músculo tensiona a parte inferior da fáscia cervical profunda nos esforços inspiratórios prolongados, reduzindo a tendência de partes moles serem sugadas para dentro.

Esternotireóideo

O esternotireóideo é mais curto e mais largo do que o esterno-hióideo e situa-se abaixo e parcialmente medial a ele (Fig. 28.5). Origina-se da superfície posterior do manúbrio esternal inferior à origem do esterno-hióideo e da extremidade posterior da cartilagem da primeira costela. É fixado acima da linha oblíqua da lâmina da cartilagem tireóidea, onde permite delinear a extensão ascendente da glândula tireoide. Na parte inferior do pescoço, o músculo está em contato com os seus contralaterais, mas os dois divergem quando eles ascendem.

Suprimento vascular O esternotireóideo é suprido pelas ramificações das artérias tireoide superior e lingual.

Inervação O esternotireóideo é inervado por ramos da alça cervical (C1, 2 e 3).

Ação O esterno-tireóideo traz a laringe inferiormente depois de ela ter sido elevada pela deglutição ou por movimentos vocais. Ao cantar notas em tons baixos, esta tração inferior seria exercida com o osso hioide relativamente fixo.

Tireo-hióideo

O tireo-hióideo é um músculo quadrilátero pequeno que pode ser considerado como uma continuação ascendente do esternotireóideo (Fig. 28.5). Surge a partir da linha oblíqua sobre a lâmina da cartilagem tireóidea e passa superiormente fixando-se à margem inferior do corno maior e parte adjacente do corpo do osso hioide.

Suprimento vascular O tireo-hióideo é suprido por ramificações das artérias tireóidea superior e lingual.

Inervação Ao contrário dos outros músculos infra-hióideos, o tireo-hióideo não é inervado pela alça cervical. Em comum com o gênio-hióideo, é suprido pelas fibras do primeiro nervo espinal cervical, que se destaca a partir do nervo hipoglosso além dos hipoglossos descendentes.

Ações O tireo-hióideo deprime o osso hioide. Com o osso hioide estabilizado, ele traciona a laringe superiormente, por exemplo, quando notas de tom elevado são cantadas.

MÚSCULOS VERTEBRAIS ANTERIORES

O grupo vertebral anterior de músculos são os longos da cabeça e do pescoço e os retos anterior e lateral da cabeça (Fig. 28.6), sendo que todos são flexores da cabeça e do pescoço em diferentes graus. Juntamente com os músculos vertebrais laterais, eles formam o grupo muscular pré-vertebral.

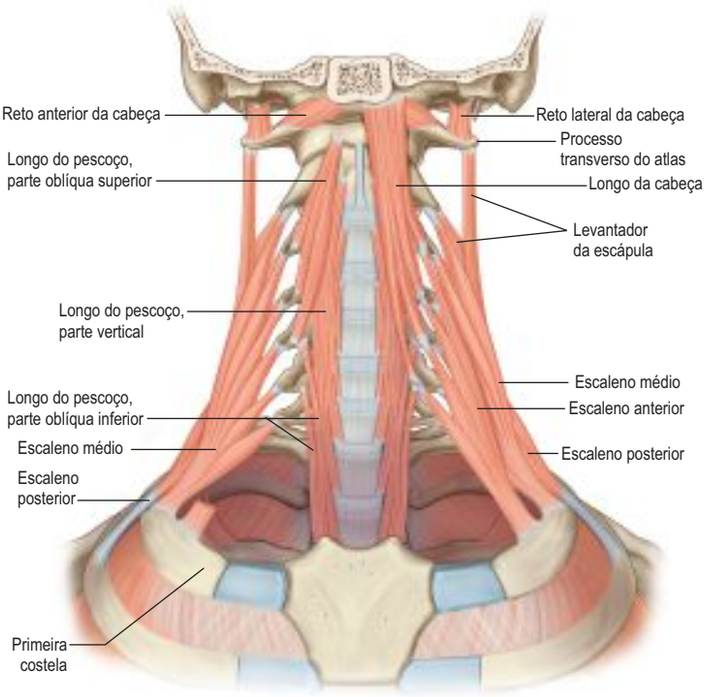


Fig. 28.6 Músculos vertebrais anterior e lateral. O escaleno anterior e o longo da cabeça foram removidos no lado direito.

Reto anterior da cabeça

O reto anterior da cabeça é um músculo plano e curto situado posteriormente à parte superior do longo da cabeça. Origina-se da superfície anterior da massa lateral do atlas e da raiz de seu processo transverso, e sobe quase verticalmente para a superfície inferior da parte basilar do osso occipital imediatamente anterior ao côndilo occipital.

Suprimento vascular O reto anterior da cabeça é suprido pelos ramos das artérias vertebrais e faríngea ascendente.

Inervação O reto anterior da cabeça é inervado por ramos da alça entre os ramos ventrais do primeiro e segundo nervos espinhais cervicais.

Ações O reto anterior da cabeça flexiona a cabeça nas articulações atlanto-occipitais.

Reto lateral da cabeça

O reto lateral da cabeça é um músculo plano, curto, que surge a partir da superfície superior do processo transverso do atlas e se insere na superfície inferior do processo jugular do osso occipital. Em virtude de suas inserções e sua relação com o ramo ventral do primeiro nervo espinal, o reto lateral da cabeça é considerado como homólogo aos músculos intertransversários posteriores.

Suprimento vascular O reto lateral da cabeça é suprido pelos ramos das artérias vertebral, occipital e faríngea ascendente.

Inervação O reto lateral da cabeça é inervado por ramos da alça entre os ramos ventrais do primeiro e segundo nervos espinhais cervicais.

Ações O reto lateral da cabeça flexiona lateralmente para o mesmo lado.

Longo da cabeça

O longo da cabeça (Fig. 28.6) tem origem estreita a partir de faixas tendíneas dos tubérculos anteriores dos processos transversos da terceira, quarta, quinta e sexta vértebras cervicais e se torna largo e espesso superiormente, onde é inserido na superfície inferior da parte basilar do osso occipital.

Suprimento vascular O longo da cabeça é suprido pela artéria faríngea ascendente, pelo ramo cervical ascendente da tireoide inferior e pelas artérias vertebrais.

Inervação O longo da cabeça é inervado por ramificações dos ramos ventrais do primeiro, segundo e terceiro nervos espinhais cervicais.

Ações O longo da cabeça flexiona a cabeça.

Longo do pescoço

O músculo longo do pescoço (Fig. 28.6) é aplicado à superfície anterior da coluna vertebral entre o atlas e a terceira vértebra torácica. Ele pode ser dividido em três partes que surgem por meio de faixas tendíneas. A parte oblíqua inferior é a menor, correndo superolateralmente a partir das faces anteriores dos corpos das primeiras duas ou três vértebras torácicas até os tubérculos anteriores dos processos transversos da quinta e sexta vértebras cervicais. A parte oblíqua superior passa superomedialmente a partir dos tubérculos anteriores dos processos transversos da terceira, quarta e quinta vértebras cervicais a serem fixas por um tendão estreito à superfície anterolateral do tubérculo sobre o arco anterior do atlas. A parte vertical intermediária sobe da face anterior dos corpos das três vértebras torácicas superiores e três vértebras cervicais inferiores até a face anterior dos corpos da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais.

Suprimento vascular O longo do pescoço é suprido pelos ramos das artérias vertebral, tireóidea inferior e faríngea ascendente.

Inervação O longo do pescoço é inervado pelas ramificações dos ramos ventrais dos segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto nervos espinhais cervicais.

Ações O longo do pescoço flexiona o pescoço anteriormente. Além disso, as partes oblíquas podem flexioná-lo lateralmente e a parte inferior oblíqua gira-o para o lado oposto. Seu principal antagonista é o longuíssimo do pescoço.

MÚSCULOS VERTEBRAIS LATERAIS

Os escalenos anterior, médio e posterior estendem-se obliquamente entre as duas costelas superiores e os processos transversos cervicais. O escaleno mínimo (pleuralis) está associado à membrana suprapleural e pleura cervical, e é descrito no Capítulo 57.

Escaleno anterior

O escaleno anterior situa-se na parte lateral e profunda do pescoço abaixo (posteromedial) do esternocleidomastóideo (Fig. 28.5; Fig. 28.18). Superiormente, é fixado por fascículos musculotendinosos aos tubérculos anteriores dos processos transversos da terceira, quarta, quinta e sexta vértebras cervicais. Estes convergem, misturam-se e descem quase verticalmente, sendo inseridos por um tendão plano e estreito ao tubérculo escaleno na margem interna da primeira costela e à crista sobre a superfície superior da costela anterior ao sulco para a artéria subclávia.

Relações O escaleno anterior constitui um ponto de referência importante na raiz do pescoço, pois o nervo frênico passa anterior a ele, a artéria subclávia posterior a ele e o plexo braquial situa-se na sua margem lateral. A clavícula, o músculo subclávio, esternocleidomastóideo e omo-hióideo, parte lateral da bainha carótica, artérias cervical transversa, supraescapular e cervical ascendente, veia subclávia, lâmina pré-vertebral e nervo frênico são todos anteriores ao escaleno anterior. Posteriormente, estão a membrana suprapleural, pleura, raízes do plexo braquial e a artéria subclávia: as duas últimas separam o escaleno anterior do escaleno médio. A proximidade entre o músculo e o plexo braquial, a artéria e a veia subclávias podem dar origem a síndromes de compressão. Abaixo de sua fixação à sexta vértebra cervical, a margem medial do músculo é separada do longo do pescoço por um intervalo angular no qual a artéria e a veia vertebral passam de e para o forame transversário da sexta vértebra cervical. A artéria tireóidea inferior cruza este intervalo desde a lateral até o lado medial próximo de seu ápice. O tronco simpático e seus gânglios cervicotorácicos estão estreitamente relacionados com o lado posteromedial desta parte da artéria vertebral. No lado esquerdo, o ducto torácico cruza o intervalo triangular no nível da sétima vértebra cervical e, geralmente, entra em contato com a margem medial do escaleno anterior. As inserções musculotendinosas do escaleno anterior aos tubérculos anteriores são separadas daquelas do longo da cabeça pelo ramo cervical ascendente da artéria tireóidea inferior.

Inervação O escaleno anterior é inervado pelas ramificações dos ramos ventrais do quarto, quinto e sexto nervos espinhais cervicais.

Ações Atuando a partir de sua porção inferior, o escaleno anterior flete a porção cervical da coluna vertebral anterior e lateralmente e gira-a em direção ao lado oposto. Atuando a partir da sua porção superior, o músculo ajuda a elevar a primeira costela.

Escaleno médio

O escaleno médio, o maior e mais longo dos escalenos, se insere acima do processo transverso do áxis e da parte anterior dos tubérculos posteriores dos processos transversos das cinco vértebras cervicais inferiores (Fig. 28.6). Frequentemente, estende-se superiormente até o processo transverso do atlas. Abaixo, está fixo à superfície superior da primeira costela entre o tubérculo da costela e o sulco para a artéria subclávia.

Relações A superfície anterolateral do músculo está relacionada com o esternocleidomastóideo (Fig. 28.5). É atravessada anteriormente pela clavícula e omo-hióideo, e é separada do escaleno anterior pela artéria subclávia e pelos ramos ventrais dos nervos espinhais cervicais. O levantador da escápula e o escaleno posterior situam-se posterolaterais a ela. As duas raízes superiores do nervo ao serrátil anterior e o nervo dorsal da escápula (aos romboides) perfuram o músculo e aparecem em sua superfície lateral.

Inervação O escaleno médio é suprido pelas ramificações a partir dos ramos ventrais do terceiro ao oitavo nervos espinhais cervicais.

Ações Atuando a partir da porção inferior, o escaleno médio flete a parte cervical da coluna vertebral para o mesmo lado. Atuando a partir da porção superior, ele ajuda a levantar a primeira costela. Os músculos escalenos, particularmente o escaleno médio, são ativos durante a inspiração, mesmo durante a respiração calma na postura ereta.

Escaleno posterior

O escaleno posterior é o menor e mais profundamente situado dos músculos escalenos (Fig. 28.6). Ele passa dos tubérculos posteriores dos processos transversos da quarta, quinta e sexta vértebras cervicais até a superfície externa da segunda costela, posteriormente ao tubérculo para o serrátil anterior, onde se insere por um fino tendão.

O escaleno posterior é ocasionalmente fundido ao escaleno médio. Os músculos escalenos variam um pouco no número de vértebras às quais eles são fixados, em seu grau de separação e em sua inervação segmentar.

Suprimento vascular Todos os músculos escalenos são supridos principalmente pelo ramo cervical ascendente da artéria tireóidea inferior. O escaleno posterior recebe um suprimento adicional da artéria cervical superficial.

Inervação O escaleno posterior é inervado pelas ramificações dos ramos ventrais dos três nervos espinhais cervicais inferiores.

Ações Quando a segunda costela é fixada, o escaleno posterior flete a extremidade inferior da parte cervical da coluna vertebral para o mesmo lado. Quando sua inserção superior é fixada, ajuda a elevar a segunda costela.

MÚSCULOS VERTEBRAIS POSTERIORES

O esplênio da cabeça e o esplênio do pescoço são descritos no Capítulo 42.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS DO PESCOÇO

As artérias carótida comum, carótida interna e carótida externa fornecem a principal fonte sanguínea para a cabeça e o pescoço (Figs. 28.7A e 28.8). As artérias adicionais surgem de ramos da artéria subclávia, especialmente a artéria vertebral.

As artérias carótidas comum, interna e externa e as veias e nervos acompanhantes, todos situam-se em uma fenda que é ligada posteriormente pelos processos transversos das vértebras cervicais e músculos inseridos, medialmente pela traqueia, esôfago, glândula tireoide, laringe e constritores faríngeos, e anterolateralmente pelo esternocleidomastóideo e, em diferentes níveis, pelos músculos omo-hióideo, esterno-hióideo, esternotireóideo, digástrico e estilo-hióideo. As artérias carótidas interna e comum situam-se dentro da bainha carótica, acompanhadas pela veia jugular interna e o nervo vago.

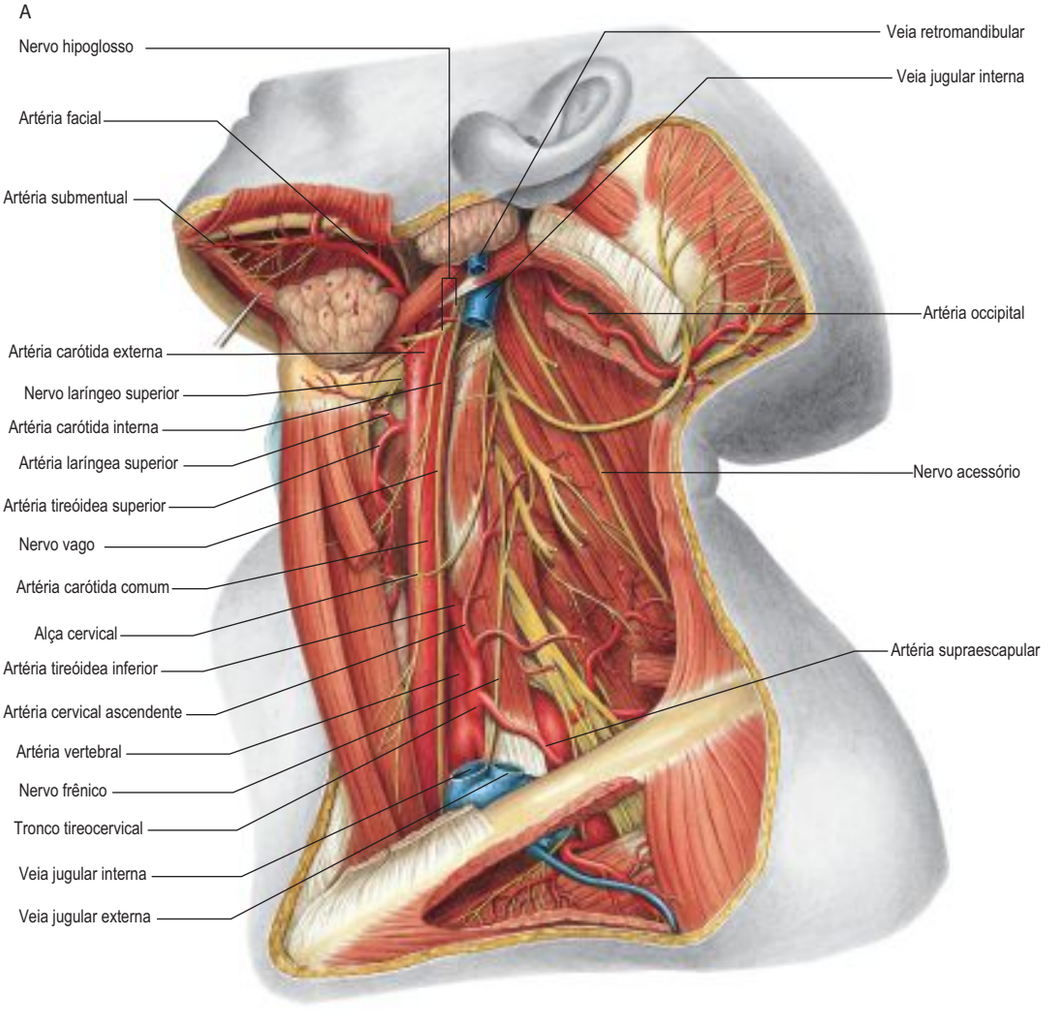


Fig. 28.7 A, Vasos e nervos do pescoço, visão lateral esquerda: o esternocleidomastóideo, a parte maior do omo-hióideo e a veia jugular interna foram removidos. Comparar com **Fig. 28.17,** que mostra um nível mais profundo de dissecação. (A, De Sobotta, 2006.) **B,** Variação nos níveis de bifurcação da artéria carótida comum, relacionada com as vértebras cervicais. (Redesenhado com permissão de Sobotta, 2006.)

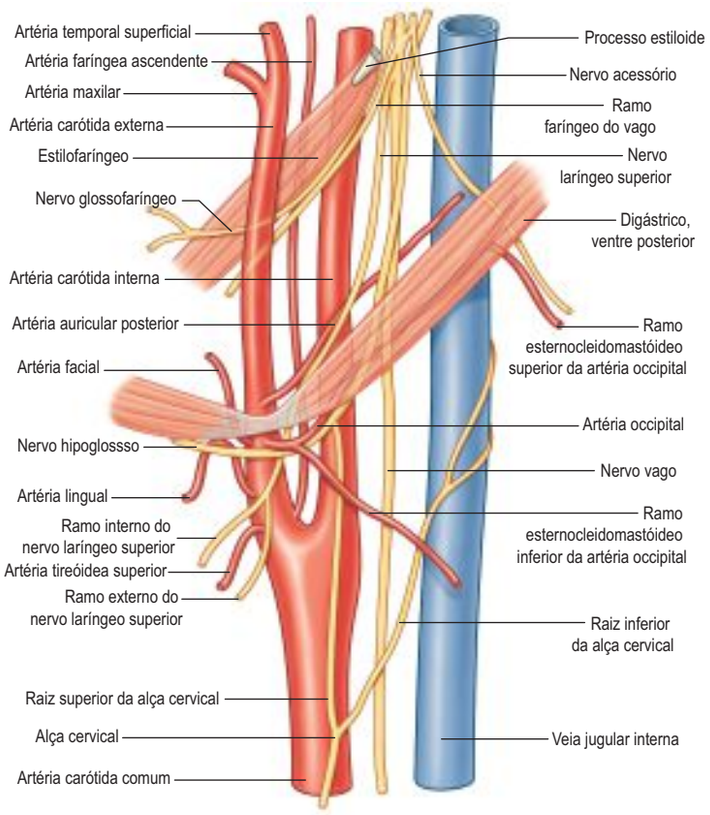


Fig. 28.8 Ramos da artéria carótida externa. Observar as estruturas que cruzam a veia jugular interna e as artérias carótidas ou passam entre as artérias carótidas externa e interna.

Artéria carótida comum

As artérias carótidas comuns diferem nos lados direito e esquerdo com relação às suas origens. À direita, a carótida comum origina-se da artéria braquiocefálica quando esta passa posteriormente à articulação esternoclavicular. À esquerda, a artéria carótida comum vem diretamente do arco da aorta no mediastino superior. A carótida comum direita tem, portanto, apenas uma parte cervical, enquanto a carótida comum esquerda tem partes cervical e torácica. Após um curso semelhante em ambos os lados, a artéria carótida comum sobe, divergindo lateralmente a partir da parte posterior da articulação esternoclavicular no nível da margem superior da cartilagem tireóidea da laringe (articulação C3-4), onde se divide em artérias carótidas interna e externa. Esta bifurcação pode ser, por vezes, em um nível superior. A artéria pode ser comprimida contra o processo transverso proeminente da sexta vértebra cervical (tubérculo de Chassaignac) e, acima deste nível, é superficial e sua pulsação pode ser facilmente perceptível.

Relações Na parte inferior do pescoço, as artérias carótidas comuns são separadas por um intervalo estreito que contém a traqueia. Acima deste, as artérias são separadas pela glândula tireoide, laringe e faringe. Cada artéria carótida é contida dentro da bainha carótica da fáscia cervical profunda, que também inclui a veia jugular interna e o nervo vago. A veia situa-se lateral à artéria, e o nervo situa-se entre elas e posterior a ambas.

A artéria é cruzada anterolateralmente, no nível da cartilagem cricoide, por meio do tendão intermediário – algumas vezes o ventre superior – do omo-hióideo. Abaixo do omo-hióideo, é localizada profundamente, coberta por pele, fáscia superficial, platisma, fáscia cervical profunda, e esternocleidomastóideo, esterno-hióideo e esternotireóideo. Acima do omo-hióideo, é mais superficial, coberta apenas por pele, fáscia superficial, platisma, fáscia cervical profunda e margem medial do esternocleidomastóideo, e é cruzada obliquamente do seu lado medial para o lateral pelo ramo esternocleidomastóideo da artéria tireóidea superior. A raiz superior da alça cervical, ligada por sua raiz inferior a partir do segundo e terceiro nervos espinhais cervicais, situa-se anterior a, ou incorporada no interior da bainha carótica quando ela atravessa-a obliquamente. A veia tireóidea superior geralmente cruza perto da margem superior da cartilagem tireóidea, e a veia tireóidea média cruza um pouco abaixo do nível da cartilagem cricoide. A veia jugular anterior cruza a artéria carótida comum acima da clavícula, separada dela pelo esterno-hióideo e pelo esternotireóideo. Posteriores à bainha carótica estão os processos transversos da quarta à sexta vértebras cervicais, aos quais estão inseridos o longo do pescoço, o longo da cabeça e as faixas tendíneas do escaleno anterior. O tronco simpático e o ramo cervical ascendente da artéria tireóidea inferior situam-se entre a artéria carótida comum e os músculos. Abaixo do nível da sexta vértebra cervical, a artéria está em um ângulo entre o escaleno anterior e o longo do pescoço, anterior aos vasos vertebrais, tireoide inferior e artérias subclávias, tronco simpático e, do lado esquerdo, o ducto torácico. O esôfago, traqueia, artéria tireóidea inferior e nervo laríngeo recorrente e, em um nível superior, a laringe e a faringe são mediais à bainha e seu conteúdo. A glândula tireoide sobrepõe-se a ela anteromedialmente. A veia jugular interna situa-se lateral e, na parte inferior do pescoço também anterior, à artéria, enquanto o nervo vago situa-se posterolateralmente no ângulo entre a artéria e a veia.

No lado direito, em posição inferior no pescoço, o nervo laríngeo recorrente cruza obliquamente posterior à artéria. A veia jugular interna direita diverge dela a partir da porção inferior, mas a veia esquerda aproxima-se e frequentemente sobrepõe sua artéria.

Em 12% dos casos, a artéria carótida comum direita origina-se acima do nível da articulação esternoclavicular, ou pode ser um ramo separado da aorta. A artéria carótida comum esquerda varia de origem mais do que a direita e pode originar-se com a artéria braquiocefálica. A divisão da carótida comum pode ocorrer mais acima, próximo do nível do osso hioide; ou, mais raramente, em um nível inferior ao lado da laringe. Muito raramente, ela sobe sem divisão, de forma que as artérias carótidas externa ou interna estão ausentes, ou elas podem ser substituídas pelas artérias carótidas internas e externas que se originam diretamente da aorta, de um lado, ou bilateralmente.

Embora a artéria carótida comum geralmente não tenha ramificações, ela pode, ocasionalmente, dar origem às artérias vertebral, tireóidea superior, laríngea superior, faríngea ascendente, tireóidea inferior ou occipital.

Artéria carótida externa

A artéria carótida externa (Figs. 28.7A e 28.8) começa lateral à margem superior da cartilagem tireóidea, ao nível do disco intervertebral entre a terceira e quarta vértebras cervicais. Um pouco curvada e com um suave espiral, ela primeiro ascende ligeiramente à frente e, em seguida, inclina para trás e um pouco lateralmente, passando a meia distância entre a extremidade do processo mastoide e o ângulo da mandíbula. Aqui, na substância da glândula parótida atrás do colo da mandíbula, divide-se em seus ramos terminais, as artérias temporal superficial e maxilar. À medida que sobe, dá origem a vários ramos grandes e diminui rapidamente de calibre. Em crianças, a carótida externa é menor do que a carótida interna, mas nos adultos as duas têm quase o mesmo tamanho. Na sua origem, está no trígono carotídeo e situa-se anteromedial à artéria carótida interna. Mais tarde, ela torna-se anterior; em seguida, lateral à carótida interna na medida em que sobe. Nos níveis mandibulares, o processo estiloide e suas estruturas anexas passam pelos vasos: a carótida interna é profunda, e a carótida externa superficial, ao processo estiloide. Uma ponta do dedo colocada no trígono carótico percebe uma pulsação arterial poderosa, que representa o término da carótida comum, as origens das carótidas interna e externa, e os troncos dos ramos iniciais da carótida externa.

Relações A pele e a fáscia superficial, a alça entre o ramo cervical do nervo facial e o nervo cervical transverso, a fáscia cervical profunda e a margem anterior do esternocleidomastóideo, todos situam-se superficiais à artéria carótida externa no trígono carótico. A artéria é cruzada pelo nervo hipoglosso e sua veia acompanhante e pelas veias lingual, facial e, por vezes, tireóidea superior. Saindo do trígono carótico, a artéria carótida externa é cruzada pelo ventre posterior do digástrico e pelo estilo-hióideo, e sobe entre estes e a superfície posteromedial da glândula parótida, na qual ela entra em seguida. Dentro da parótida, a artéria situa-se medial ao nervo facial e à junção das veias temporal superficial e maxilar. A parede faríngea, o nervo laríngeo superior e a artéria faríngea ascendente são as relações mediais iniciais da artéria. Em um nível superior, ela é separada da artéria carótida interna pelo processo estiloide, estiloglosso e estilofaríngeo, nervo glossofaríngeo, ramo faríngeo do nervo vago e parte da glândula parótida. A artéria apresenta uma probabilidade igual de situar-se medial à glândula parótida ou dentro dela.

A artéria carótida externa tem oito conhecidos ramos distribuídos na cabeça e pescoço. As artérias tireoide superior, lingual e facial originam-se da sua superfície anterior; as artérias occipital e auricular posterior surgem da sua superfície posterior; e a artéria faríngea ascendente, de sua superfície medial. As artérias maxilar e temporal superficial são os seus ramos terminais dentro da glândula parótida.

Artéria tireóidea superior

A artéria tireóidea superior é o primeiro ramo da artéria carótida externa e surge da superfície anterior da carótida externa logo abaixo do nível do corno maior do osso hioide (Figs. 28.7A e 28.8). Ela desce ao longo da margem lateral do tireo-hióideo, atingindo o ápice do lobo da glândula tireoide. Situados medialmente estão o músculo constritor inferior e o

ramo externo do nervo laríngeo superior: o nervo é frequentemente posteromedial e, portanto, em risco quando a artéria está sendo ligada. Ocasionalmente, pode ter origem diretamente da carótida comum.

Ramos

A artéria tireóidea superior supre a glândula tireoide e parte da pele adjacente. Os ramos glandulares são: um anterior, que corre ao longo do lado medial do polo superior do lobo lateral para suprir principalmente a superfície anterior; um ramo que cruza acima do istmo para anastomosar com o ramo contralateral; e um posterior, que desce sobre a margem posterior para suprir as superfícies medial e lateral e anastomosa com a artéria tireóidea inferior. Às vezes, um ramo lateral supre a superfície lateral. A artéria também tem os seguintes ramos conhecidos: infra-hióideo, laríngeo superior, esternocleidomastóideo e cricotireóideo.

Artéria infra-hióidea A artéria infra-hióidea é um pequeno ramo que corre ao longo da margem inferior do osso hioide abaixo do tireo-hióideo e anastomosa com o seu ramo contralateral para suprir os músculos infra-hióideos (em fita).

Artéria laríngea superior A artéria laríngea superior acompanha o ramo interno do nervo laríngeo superior. Abaixo do tireo-hióideo, ela perfura a parte inferior da membrana tireo-hióidea para suprir os tecidos da parte superior da laringe. Anastomosa com o seu ramo contralateral e com o ramo laríngeo inferior da artéria tireóidea inferior.

Artéria esternocleidomastóidea A artéria esternocleidomastóidea desce lateralmente através da bainha carótica e supre a região média do esternocleidomastóideo. Tal como a própria artéria de origem, ela pode originar-se diretamente da artéria carótida externa.

Artéria cricotireóidea A artéria cricotireóidea cruza no alto do ligamento cricotireóideo anterior, anastomosa com o seu ramo contralateral e supre o cricotireóideo.

Artéria faríngea ascendente

A artéria faríngea ascendente é o menor ramo da carótida externa. É um vaso longo, delgado, que surge da superfície média (profunda) da artéria carótida externa perto da origem dessa artéria. Ela sobe entre a artéria carótida interna e a faringe até a base do crânio. A artéria faríngea ascendente é cruzada pelo estiloglosso e pelo estilofaríngeo, e o longo da cabeça situa-se posterior a ela. Dá origem a numerosos ramos pequenos para suprir o longo da cabeça e o longo do pescoço, o tronco simpático, os nervos hipoglosso, glossofaríngeo e vago, e alguns dos linfonodos cervicais. Anastomosa com o ramo palatino ascendente da artéria facial e com o ramo cervical ascendente da artéria vertebral. Seus ramos conhecidos são as artérias faríngea, timpânica inferior e meníngeas.

Artéria faríngea A artéria faríngea dá origem a três ou quatro ramos para suprir os músculos constritores da faringe e estilofaríngeo. Um ramo variável supre o palato, e pode substituir o ramo palatino ascendente da artéria facial. A artéria desce anteriormente entre a margem superior do constritor superior e o levantador do véu palatino até o palato mole, e também supre um ramo até a tonsila palatina e o tubo faringotimpânico.

Artéria timpânica inferior A artéria timpânica inferior é um pequeno ramo que atravessa o canalículo temporal com o ramo timpânico do nervo glossofaríngeo e supre a parede medial da cavidade timpânica.

Ramos meníngeos Os ramos meníngeos são vasos pequenos que suprem os nervos que atravessam o forame lácero, forame jugular e canal do hipoglosso, e a dura-máter associada e osso adjacente. Um ramo, a artéria meníngea posterior, atinge a fossa cerebelar através do forame jugular, e geralmente é considerado como o ramo terminal da artéria faríngea ascendente.

Artéria lingual

A artéria lingual fornece o principal suprimento sanguíneo para a língua e o assoalho da boca (Fig. 28.8; Cap. 30). Surge anteromedialmente da artéria carótida externa no lado oposto à extremidade do corno maior do osso hioide, entre a tireoide superior e as artérias faciais. Frequentemente, surge com a artéria facial ou, menos frequentemente, com a artéria tireóidea superior. Ela pode ser substituída por um ramo da artéria maxilar. Ascendendo medialmente, em primeiro lugar, ela faz uma alça inferior e anterior, passa medial à margem posterior do hioglosso e depois corre horizontalmente para a frente abaixo dele. A artéria lingual, em seguida, sobe de novo quase verticalmente, e cursa sinuosamente para a frente na superfície inferior da língua até o seu ápice. Um curso adicional da artéria lingual é descrito na página 505.

Relações Sua relação com o hioglosso naturalmente divide a artéria lingual em "terços" descritivos. Na sua primeira parte, a artéria lingual está no trígono carótico. Pele, fáscia e platisma são superficiais a ela, enquanto o músculo constritor médio da faringe é medial. A artéria sobe um pouco medialmente, e depois desce até o nível do osso hioide, e a alça assim formada é cruzada externamente pelo nervo hipoglosso. A segunda parte passa ao longo da margem superior do osso hioide, abaixo do hioglosso, os tendões do digástrico e estilo-hióideo, a parte inferior da glândula submandibular e a parte posterior do milo-hióideo. O hioglosso separa-a do nervo hipoglosso e sua veia acompanhante. Aqui a sua face medial junta-se ao músculo constritor médio e atravessa o ligamento estilo-hióideo acompanhada pelas veias linguais. A terceira parte é a artéria profunda da língua, que desvia superiormente perto da margem anterior do hioglosso e, em seguida, passa anterior próximo da superfície lingual inferior perto do frênulo, acompanhada pelo nervo lingual. O genioglosso é uma relação medial e o músculo longitudinal inferior da língua situa-se lateral a ele abaixo da membrana mucosa lingual. Perto do ápice da língua, a artéria lingual anastomosa com a artéria contralateral. Seus ramos conhecidos são as artérias supra-hióidea, dorsal da língua e sublingual.

Artéria supra-hióidea

A artéria supra-hióidea é um ramo pequeno que corre ao longo da margem superior do osso hioide para anastomosar com a artéria contralateral. Ela supre as estruturas adjacentes.

Artérias dorsais da língua

As artérias dorsais da língua são descritas na página 505.

Artéria sublingual

A artéria sublingual é descrita na página 505.

Artéria facial

A artéria facial (Figs. 28.7 e 28.8; Figs. 29.13 e 29.18) origina-se anteriormente da carótida externa no trígono carótico, acima da artéria lingual e imediatamente acima do corno maior do osso hioide. No pescoço, de onde se origina, é coberta somente pela pele, platisma, fáscias e frequentemente pelo nervo hipoglosso. Corre superior e anteriormente abaixo do digástrico e estilo-hióideo. Primeiramente no constritor médio da faringe, pode atingir a superfície lateral do estiloglosso, separada, neste local, da tonsila palatina apenas por esse músculo e pelas fibras linguais do constritor superior. Medial ao ramo mandibular, ela arqueia superiormente e sulca a parte posterior da glândula submandibular. Em seguida, desvia inferiormente e desce até a margem inferior da mandíbula em um sulco lateral sobre a glândula submandibular, entre a glândula e o pterigóideo medial. Ao atingir a superfície da mandíbula, a artéria facial curva ao redor de sua margem inferior, anterior ao músculo masseter, entrando na face: o seu curso adiante é descrito na página 490. A artéria é muito sinuosa em toda sua extensão. No pescoço, esta característica é tão acentuada que a artéria é capaz de se adaptar aos movimentos da faringe durante a deglutição; e de maneira semelhante na face, de modo que a artéria pode adaptar-se aos movimentos da mandíbula, lábios e bochechas. A pulsação da artéria facial é mais palpável onde a artéria cruza a base da mandíbula, e também perto do ângulo da boca. Suas ramificações no pescoço são as artérias palatina ascendente, tonsilar, submentual e glandular.

Artéria palatina ascendente A artéria palatina ascendente inicia-se próximo à origem da artéria facial. Ela passa superiormente entre o estiloglosso e o estilofaríngeo para atingir o lado da faringe, ao longo da qual sobe entre o constritor superior da faringe e o pterigóideo medial em direção à base do crânio. Ela bifurca perto do levantador do véu palatino. Um ramo acompanha este músculo curvando-se sobre a margem superior do constritor superior da faringe para suprir o palato mole e anastomosando com seu ramo contralateral e com o ramo palatino maior da artéria maxilar. O outro ramo penetra o músculo constritor superior para suprir a tonsila e o tubo faringotimpânico e anastomosando com as artérias tonsilar e faríngea ascendente.

Artéria tonsilar A artéria tonsilar promove o suprimento sanguíneo principal para as tonsilas palatinas. Ela sobe entre o pterigóideo medial e o estiloglosso, penetra o constritor superior da faringe na margem superior do estiloglosso e entra no polo inferior da tonsila. Seus ramos ramificam na tonsila e na musculatura da parte posterior da língua. A artéria tonsilar pode algumas vezes originar-se na artéria palatina ascendente.

Artéria submentual A artéria submentual é o maior ramo cervical da artéria facial (Fig. 28.7). Surge quando a artéria facial afasta-se da glândula submandibular e volta-se anteriormente no milo-hióideo abaixo da mandíbula. Supre a pele e músculos sobrejacentes e anastomosa com o ramo sublingual do ramo lingual e milo-hióideo da artéria alveolar inferior. Na região mentual, ascende sobre a mandíbula e divide-se em ramos

superficial e profundo, que anastomosam com as artérias labial inferior e mentual para suprir a região mentual e lábio inferior.

Ramos glandulares Três ou quatro vasos grandes suprem a glândula salivar submandibular e linfonodos associados, músculos e pele adjacente.

Artéria occipital

A artéria occipital origina-se posteriormente da artéria carótida externa, a aproximadamente 2 cm de sua origem (Figs. 28.7A e 28.8). Na sua origem, a artéria é cruzada superficialmente pelo nervo hipoglosso, que a circunda a partir da parte posterior. Em seguida, a artéria passa posterior, superior e inferiormente do ventre posterior do digástrico, e cruza a artéria carótida interna, veia jugular interna, hipoglosso, e nervos vago e acessório. Entre o processo transverso do atlas e do processo mastoide, a artéria occipital atinge a margem lateral do reto lateral da cabeça. Ela então corre no sulco occipital do osso temporal, medial ao processo mastoide e à inserção do esternocleidomastóideo, esplênio da cabeça, longo da cabeça e digástrico, e situa-se sucessivamente no reto lateral da cabeça, oblíquo superior e semiespinal da cabeça. Finalmente, acompanhada do nervo occipital maior, ela tem trajeto superior perfurando a camada de revestimento da fáscia cervical profunda e ligando as inserções cranianas do trapézio e do esternocleidomastóideo, e sobe tortuosamente na fáscia superficial densa do couro cabeludo, onde se divide em muitos ramos.

A artéria occipital tem dois ramos principais (superior e inferior) em direção à parte superior do esternocleidomastóideo no pescoço. O ramo menor nasce próximo à origem da artéria occipital e pode, por vezes, surgir diretamente da artéria carótida externa. Ele desce posteriormente sobre o nervo do hipoglosso e veia jugular interna, entra no esternocleidomastóideo e anastomosa com o ramo esternocleidomastóideo da artéria tireóidea superior. O ramo superior surge à medida que a artéria occipital cruza o nervo acessório, e corre inferior e posteriormente superficial à veia jugular interna. Ele entra na superfície profunda do esternocleidomastóideo com o nervo acessório.

Artéria auricular posterior

A artéria auricular posterior é um pequeno vaso que tem origem posteriormente a partir da carótida externa pouco acima do digástrico e do estilo-hióideo. Ela sobe entre a glândula parótida e o processo estiloide até o sulco entre a cartilagem auricular e o processo mastoide, e divide-se em ramos auricular e occipital, que são descritos juntamente com a face na página 491. No pescoço, fornece os ramos para suprir o digástrico, estilo-hióideo, esternocleidomastóideo e a glândula parótida. Além disso, dá origem à artéria estilomastóidea – descrita como um ramo indireto da artéria auricular posterior em cerca de um terço dos indivíduos – que entra no forame estilomastóideo para suprir o nervo facial, cavidade timpânica, células aeríferas do antromastóideo e canais semicirculares. Nos jovens, o seu ramo timpânico posterior forma uma anastomose circular com o ramo timpânico anterior da artéria maxilar.

Artéria carótida interna

A artéria carótida interna supre a maior parte do hemisfério cerebral ipsilateral, olhos e órgãos acessórios, fronte e, em parte, o nariz. A partir de sua origem na bifurcação carótica (Fig. 28.8), onde, geralmente, tem um seio carotídeo, ela sobe anterior aos processos transversos das três vértebras cervicais superiores à abertura inferior do canal carótico na parte petrosa do osso temporal. Aqui, entra na cavidade craniana e curva-se anteriormente através do seio cavernoso no sulco carótico na parte lateral do corpo do osso esfenoide. Ela termina abaixo da substância perfurada anterior pela divisão em artérias cerebral anterior e média. Pode ser convenientemente dividida em partes cervical, petrosa, cavernosa e cerebral.

Relações A artéria carótida interna é inicialmente superficial no trígono carótico; em seguida, passa mais profundamente, medial ao ventre posterior do digástrico. Salvo próximo ao crânio, a veia jugular interna e o nervo vago são laterais a ela no interior da bainha carótica. A artéria carótida externa é primeiro anteromedial, mas em seguida curva-se de volta situando-se superficialmente. Posteriormente, a carótida interna junta-se ao longo da cabeça e o gânglio simpático cervical superior situa-se entre eles. O nervo laríngeo superior cruza obliquamente posteriormente a ela. A parede faríngea situa-se medial à artéria, que é separada por gordura e veias faríngeas a partir da artéria faríngea ascendente e do nervo laríngeo superior. Anterolateralmente, a artéria carótida interna é coberta pelo esternocleidomastóideo. Abaixo do ventre posterior do digástrico, o nervo hipoglosso, a raiz superior da alça cervical, e as veias lingual e facial são superficiais à artéria. Ao nível do digástrico, a carótida interna é cruzada pelo estilo-hióideo e pelas artérias occipital e auricular posterior. Acima do digástrico, é separada da artéria carótida externa pelo processo estiloide, pelo estiloglosso e estilofaríngeo, pelo nervo glossofaríngeo e o ramo faríngeo do vago, e pela parte mais profunda da glândula parótida. Na base do crânio, os nervos glossofaríngeo, vago, acessório e hipoglosso situam-se entre a artéria carótida interna e a veia jugular interna, que aqui se tornou posterior. O comprimento da artéria varia com o comprimento do pescoço e o ponto da bifurcação carótica. Ela pode surgir a partir do arco aórtico, caso em que reside medial à carótida externa até a laringe, onde cruza posterior a ela. A porção cervical é normalmente reta, mas pode ser muito tortuosa quando fica mais próximo à faringe do que o habitual, muito perto da tonsila. A artéria carótida interna entra no crânio sem dar origem a nenhum ramo. Ocasionalmente, ela pode estar ausente.

A doença aterosclerótica oclusiva dentro da carótida interna ou carótida comum pode causar AVC ou ataques isquêmicos transitórios (AIT), caracterizados por fraqueza do lado contralateral. Ela também pode resultar em distúrbios visuais classicamente caracterizados como uma "cortina" caindo sobre o campo visual (amaurose fugaz). Estes fenômenos serão experimentados no olho ipsilateral.

Seio carótico e glomo carótico

A artéria carótida comum apresenta dois órgãos especializados nas proximidades de sua bifurcação, o seio carótico e o glomo carótico. Eles retransmitem as informações relativas à pressão e à composição química do sangue arterial, respectivamente, e são inervados principalmente pelo(s) ramo(s) carótico(s) do nervo glossofaríngeo, com pequenas contribuições do tronco simpático cervical e do nervo vago.

O seio carótico geralmente aparece como uma dilatação da extremidade inferior da carótida interna e funciona como um barorreceptor.

O glomo carótico é uma estrutura oval, castanho-avermelhada, de 5-7 mm de altura e 2,5-4 mm de largura. Encontra-se posterior à bifurcação carotídea ou entre seus ramos, e é fixada a, ou, por vezes, parcialmente incorporada, à sua adventícia. Ocasionalmente, assume a forma de um grupo de nódulos separados. Corpos caróticos aberrantes em miniatura, microestruturalmente semelhantes, mas com diâmetros de 600 µm ou menos, podem aparecer na adventícia e no tecido adiposo perto do seio carótico.

O glomo carótico é envolvido por uma cápsula fibrosa a partir da qual septos dividem o tecido encapsulado em lóbulos. Cada lóbulo contém células glômicas (tipo I) que são separadas de uma extensa rede de sinusoides fenestrados por células sustentaculares (tipo II) (Fig. 28.9). As células glômicas armazenam um número de peptídeos, particularmente encefalinas, bombesina e neurotensina e aminas que incluem dopamina, serotonina, adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), e são portanto consideradas paraneurônios. Os axônios desmielinizados situam-se em uma matriz colagenosa entre as células sustentaculares e o endotélio sinusoidal e muitos sofrem sinapse nas células glômicas. Eles são aferentes viscerais que trafegam no seio carótico juntando-se ao nervo glossofaríngeo. Os axônios simpáticos pré-ganglionares e as fibras do seio carótico sofrem sinapse nas células ganglionares simpáticas e parassimpáticas, que se encontram, quer de forma isolada ou em grupos pequenos, perto da superfície de cada glomo carótico. Os axônios pós-ganglionares trafegam para vasos sanguíneos locais: as fibras eferentes parassimpáticas são provavelmente vasodilatadoras e as simpáticas são vasoconstritoras.

O glomo carótico recebe um rico suprimento sanguíneo de ramos da artéria carótida externa adjacente, o que é compatível com o seu papel de quimiorreceptor arterial. Quando estimulado pela hipóxia, hipercapnia ou pelo aumento da concentração de íons hidrogênio (pH baixo) no sangue que flui através dele, desencadeia aumentos reflexos da taxa e volume de ventilação por meio de ligações com os centros respiratórios do tronco cerebral. Os glomus são mais proeminentes em crianças e normalmente involuem em idade avançada, quando eles estão infiltrados por linfócitos e tecido fibroso. Os indivíduos com hipóxia crônica, ou os que vivem em grandes altitudes ou sofrem de doença pulmonar, podem ter glomus caróticos aumentados como resultado de hiperplasia.

Outros pequenos corpos semelhantes aos glomus caróticos, e também considerados quimiorreceptores, ocorrem próximo às artérias do quarto e sexto arcos faríngeos e, por conseguinte, encontram-se perto do arco aórtico, do ligamento arterioso e da artéria subclávia direita e são supridos pelo nervo vago.

Artéria subclávia

A artéria subclávia direita surge a partir do tronco braquiocefálico e à esquerda do arco aórtico (Figs. 28.14 e 28.18). Para descrição, cada uma está dividida em uma primeira parte, a partir da sua origem até a margem medial do escaleno anterior, uma segunda parte, posteriormente a este músculo, e uma terceira parte, a partir da margem lateral do escaleno anterior até a margem externa da primeira costela, onde a artéria se torna a artéria axilar. Cada artéria subclávia curva-se em forma de arco sobre a pleura cervical e sobre o ápice pulmonar. As suas primeiras partes diferem, enquanto que a segunda e a terceira partes são quase idênticas.

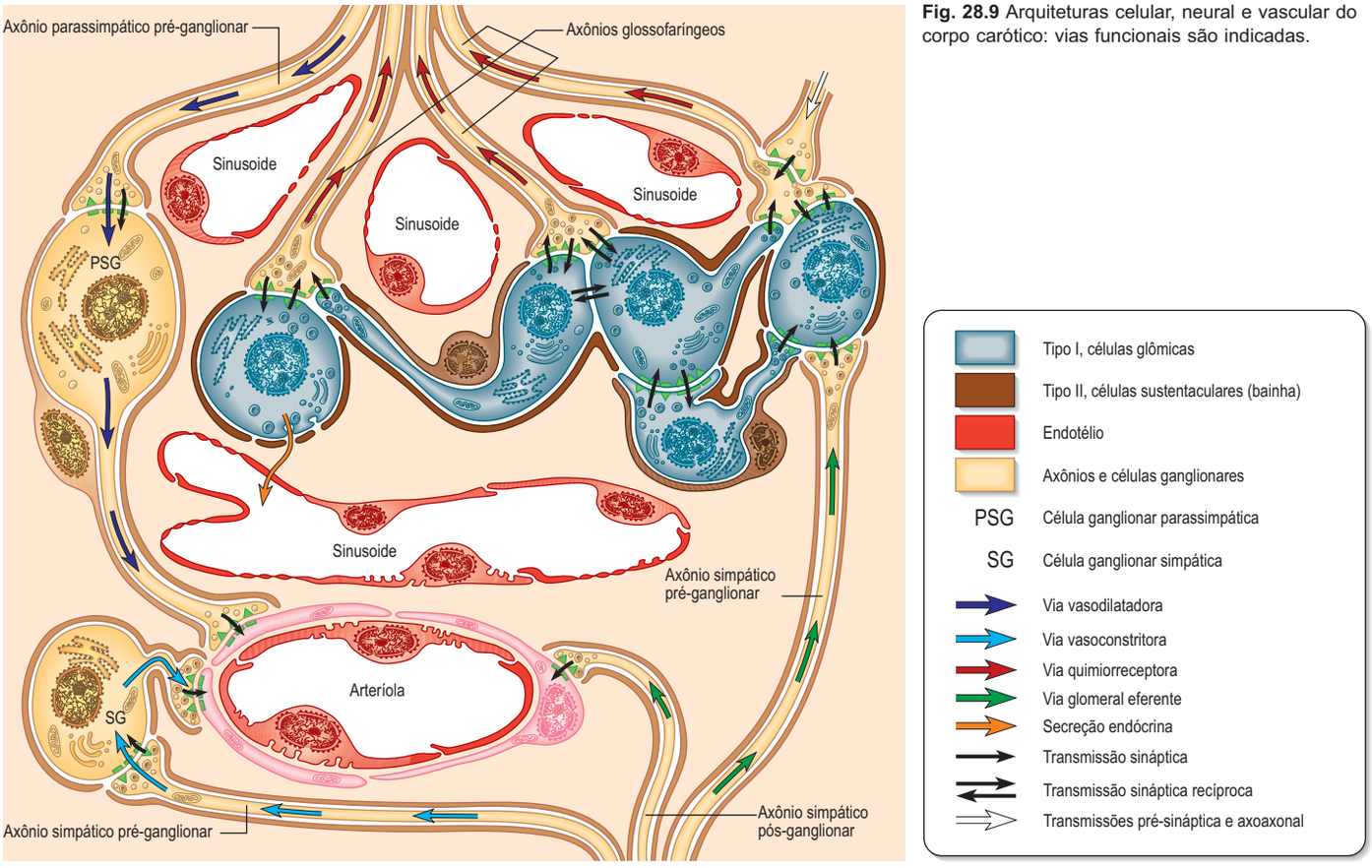


Fig. 28.9 Arquiteturas celular, neural e vascular do corpo carótico: vias funcionais são indicadas.

Partes das artérias subclávias

Primeira parte da artéria subclávia direita

A artéria subclávia direita ramifica a partir do tronco braquiocefálico posteriormente à margem superior da articulação esternoclavicular direita e passa superolateralmente à margem medial do escaleno anterior. Ela geralmente sobe 2 cm acima da clavícula, mas isso varia.

Relações A artéria fica abaixo da pele, fáscia superficial, platisma, nervos supraclaviculares, fáscia profunda, inserção clavicular do esternocleidomastóideo, esterno-hioide e esternotireóideo. Começa posteriormente à origem da artéria carótida comum direita; mais lateralmente, é cruzada pelo nervo vago, ramos cardíacos do vago e cadeia simpática, e pela veia jugular interna e veias vertebrais; a alça subclávia simpática circunda-a. A veia jugular anterior diverge lateralmente à frente dela, separada pelo esterno-hióideo e esternotireóideo. Abaixo e posteriormente à artéria, estão a pleura e o ápice pulmonar: estes são separados da artéria pela membrana suprapleural, pela alça subclávia, por uma veia vertebral acessória pequena e pelo nervo laríngeo recorrente que circunda as partes inferior e posterior do vaso.

Primeira parte da artéria subclávia esquerda

A primeira parte da artéria subclávia esquerda tem origem no arco aórtico, posteriormente à carótida comum esquerda, ao nível do disco entre a terceira e a quarta vértebras torácicas. Ela sobe para o pescoço e, em seguida, arqueia lateralmente à margem medial do escaleno anterior.

Relações No pescoço, próximo à margem medial do escaleno anterior, a artéria é cruzada anteriormente pelo nervo frênico esquerdo e pela terminação do ducto torácico. Em outros aspectos, as relações anteriores são as mesmas que as da primeira parte da artéria subclávia direita. Posterior e inferiormente, as relações de ambos os vasos são idênticas, mas o nervo laríngeo recorrente esquerdo, medial à artéria subclávia esquerda no tórax, não está diretamente relacionado com a sua parte cervical.

Segunda parte da artéria subclávia

A segunda parte da artéria subclávia fica posteriormente ao escaleno anterior; é curta e é a parte mais alta do vaso (Fig. 28.18).

Relações A pele, fáscia superficial, platisma, fáscia cervical profunda, esternocleidomastóideo e escaleno anterior são anteriores. O nervo frênico direito é frequentemente descrito como sendo separado da segunda parte da artéria subclávia pelo escaleno anterior enquanto ele atravessa a primeira parte da artéria subclávia esquerda. No entanto, ambos os nervos podem algumas vezes situar-se anteriores ao músculo. A membrana suprapleural, a pleura, o pulmão e o tronco inferior do plexo braquial são posteroinferiores; os troncos superior e médio do plexo são superiores; a veia subclávia é anteroinferior, separada pelo escaleno anterior.

Terceira parte da artéria subclávia

A terceira parte da artéria subclávia desce lateralmente a partir da margem lateral do escaleno anterior até a margem externa da primeira costela, onde ela torna-se a artéria axilar. É a parte mais superficial da artéria e situa-se em parte no trígono supraclavicular, onde as suas pulsações podem ser sentidas e ela pode ser comprimida. A terceira parte da artéria subclávia é o segmento mais acessível da artéria. Como a linha da margem posterior do esternocleidomastóideo aproxima-se da margem lateral (mais profunda) do escaleno anterior, a artéria pode ser sentida no ângulo anteroinferior do trígono posterior. Ela só pode ser eficazmente comprimida contra a primeira costela: com o ombro deprimido, exerce-se pressão inferior, posterior e medialmente no ângulo entre o esternocleidomastóideo e a clavícula. Os troncos palpáveis do plexo braquial podem ser injetados com anestesia local, possibilitando a realização de procedimentos cirúrgicos de grande porte no braço.

Relações A pele, fáscia superficial, platisma, nervos supraclaviculares e fáscia cervical profunda são anteriores. A veia jugular externa cruza sua extremidade medial e aqui recebe as veias supraescapular, cervical transversa e jugular anterior, que coletivamente formam muitas vezes um plexo venoso. O nervo da subclávia desce entre as veias e a artéria; esta última fica terminalmente posterior à clavícula e à subclávia, onde é cruzada pelos vasos supraescapulares. A veia subclávia é anteroinferior e o tronco inferior do plexo braquial é posteroinferior entre a artéria subclávia e o escaleno médio (e sobre a primeira costela). Os troncos superior e médio do plexo braquial (que são palpáveis aqui) e o tronco inferior do omo-hióideo são superolaterais. A primeira costela é inferior.

A artéria subclávia direita pode originar-se superior ou inferiormente do nível esternoclavicular; pode ser um ramo aórtico separado e ser o primeiro ou último ramo do arco. Quando é o primeiro ramo, encontra-se na posição de um tronco braquiocefálico. Quando é o último ramo, origina-se da extremidade esquerda do arco, e sobe obliquamente para a direita posterior à traqueia, esôfago e carótida comum direita até a primeira costela. Quando isto ocorre, o nervo laríngeo recorrente direito forma um arco ao redor da artéria carótida comum. Às vezes, quando a

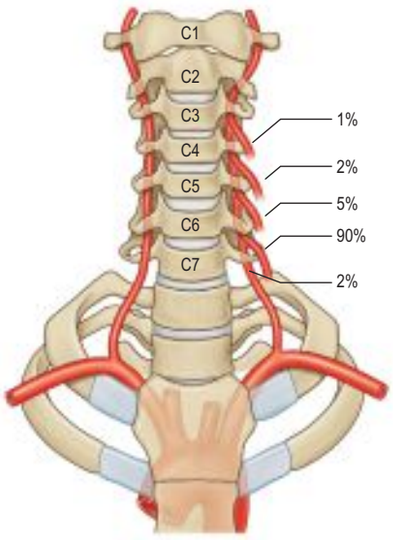


Fig. 28.10. Nível de entrada da artéria vertebral nos forames transversários das vértebras cervicais. Observar que 90% entram no nível da sexta vértebra cervical. (Redesenhado com permissão de Sobotta 2006.)

artéria subclávia direita é o último ramo da aorta, passa entre a traqueia e o esôfago e pode causar disfagia, uma condição conhecida como disfagia lusória. Ela pode perfurar o escaleno anterior, e muito raramente pode passar anterior a ele. Outras vezes, a veia subclávia acompanha a artéria posteriormente ao escaleno anterior. A artéria pode subir até 4 cm acima da clavícula ou pode atingir apenas a sua margem superior. A artéria subclávia esquerda está ocasionalmente junta em sua origem com a artéria carótida comum esquerda.

Artéria vertebral

A artéria vertebral origina-se da face posterossuperior da primeira parte da artéria subclávia. Passa pelo forame transversário de todas as vértebras cervicais, exceto a sétima, curva-se medial e posteriormente à massa lateral do atlas, e entra no crânio através do forame magno (Fig. 28.11). Na margem pontina inferior, junta-se ao seu ramo contralateral formando a artéria basilar. Ocasionalmente, pode entrar na coluna vertebral cervical através da quarta, quinta ou sétima vértebra cervical (Fig. 28.10).

Relações A primeira parte passa posterossuperiormente entre o longo do pescoço e o escaleno anterior, posterior à artéria carótida comum e à veia vertebral. É cruzada pela artéria tireóidea inferior e pelo ducto torácico à esquerda e pelo ducto linfático direito no lado direito. O sétimo processo transverso cervical, o gânglio cervical inferior e os ramos ventrais do sétimo e oitavo nervos espinhais cervicais situam-se posteriores à artéria. A segunda parte sobe através dos forames transversários das vértebras cervicais restantes, acompanhada por um ramo grande a partir do gânglio cervical inferior e por um plexo de veias que formam a veia vertebral inferiormente no pescoço. Situa-se anterior aos ramos ventrais dos nervos espinais cervicais (C.2-C.6) e sobe quase verticalmente passando pelo processo transverso do áxis, quando se curva lateralmente ganhando acesso ao forame transversário do atlas (Fig. 28.11). A terceira parte surge medial ao reto lateral da cabeça e curva posterior e medialmente atrás da massa lateral do atlas, sendo que o primeiro ramo espinal cervical ventral situa-se sobre o seu lado medial. Nesta posição, situa-se em um sulco na superfície superior do arco posterior do atlas, e entra no canal vertebral abaixo da margem inferior da membrana atlanto-occipital posterior. Esta parte da artéria, coberta pelo semiespinal da cabeça, situa-se no trígono suboccipital. O primeiro ramo espinal cervical dorsal separa a artéria do arco posterior. A quarta parte penetra a dura-máter e a aracnoide e sobe anteriormente às raízes do hipoglosso. Inclina anterior à medula oblonga e une-se com seu ramo contralateral, formando a artéria basilar na linha média na margem inferior da ponte.

Ramos cervicais da artéria vertebral

Ramos espinhais Os ramos espinhais entram no canal vertebral através dos forames intervertebrais e suprem a medula espinal e suas membranas. Eles bifurcam em ramos ascendente e descendente, que se unem com aqueles acima e abaixo, formando duas cadeias anastomóticas laterais sobre as superfícies posteriores dos corpos vertebrais próximo da fixação de seus pedículos. Os ramos destas cadeias suprem o periósteo e os corpos vertebrais e outros comunicam-se com ramos similares através da linha média; a partir dessas conexões, pequenos ramos juntam-se aos ramos semelhantes localizados acima e abaixo, formando uma cadeia anastomótica mediana nas superfícies posteriores dos corpos vertebrais.

Ramos musculares Os ramos musculares provêm da artéria vertebral à medida que ela curva ao redor da massa lateral do atlas. Eles suprem os músculos profundos da região suboccipital e anastomosam com as artérias occipital, cervical ascendente e profunda.

Artéria torácica interna

A artéria torácica interna origina-se inferiormente da primeira parte da artéria subclávia, 2 cm acima da extremidade esternal da clavícula, no lado oposto à raiz do tronco tireocervical.

Tronco tireocervical

O tronco tireocervical é uma artéria larga e curta que se origina anterior à primeira parte da artéria subclávia próximo à margem medial do escaleno anterior, e divide-se quase de uma só vez nas artérias tireóidea inferior, supraescapular e cervical ascendente.

Artéria tireóidea inferior

A artéria tireóidea inferior faz uma alça superior anterior à margem medial do escaleno anterior, gira medialmente logo abaixo do sexto processo transverso cervical e, em seguida, desce sobre o longo do pescoço até a margem inferior da glândula tireoide (Figs. 28.7A e 28.17). Ela passa anterior aos vasos vertebrais e posterior à bainha carótica e seu conteúdo (e, em geral, ao tronco simpático, cujo gânglio cervical médio frequentemente junta-se ao vaso). À esquerda, perto da sua origem, a artéria é cruzada anteriormente pelo ducto torácico à medida que este último curva inferolateralmente até seu término. As relações entre os ramos terminais da artéria e o nervo laríngeo recorrente são muito variáveis e de considerável importância cirúrgica. Na maioria das vezes, a artéria passa posteriormente ao nervo à medida que ele aproxima-se da glândula. Entretanto, muito próximo à glândula, o nervo direito apresenta igual probabilidade de estar em posição anterior, posterior ou entre os ramos da artéria, e o nervo à esquerda em geral é posterior. A artéria não é acompanhada pela veia tireóidea inferior.

Ramos musculares Esses ramos suprem os músculos infra-hióideos, longo do pescoço, escaleno anterior e constritor inferior da faringe.

Artéria cervical ascendente A artéria cervical ascendente é um pequeno ramo que surge à medida que a tireoide inferior vira medialmente atrás da bainha carótica e sobe nos tubérculos anteriores dos processos transversos cervicais entre o escaleno anterior e o longo da cabeça. Ela supre os músculos adjacentes e dá origem a um ou dois ramos espinhais que entram no canal vertebral através dos forames intervertebrais para suprir a medula espinal e as membranas e os corpos vertebrais e, assim, complementar os ramos espinhais da artéria vertebral. A artéria cervical ascendente anastomosa com as artérias vertebral, faríngea ascendente, occipital e cervical profunda.

Laríngea inferior A artéria laríngea inferior ascende na traqueia com o nervo laríngeo recorrente, entra na laringe na margem inferior do constritor inferior e supre os músculos da laringe e da mucosa. Anastomosa com o seu ramo contralateral e com o ramo laríngeo superior da artéria tireóidea superior.

Ramos faríngeos Estes ramos suprem a parte inferior da faringe. Os ramos traqueais suprem a traqueia e anastomosam com as artérias bronquiais; os ramos esofágicos suprem o esôfago e anastomosam com os ramos esofágicos da aorta torácica; os ramos glandulares inferiores e ascendentes suprem as regiões posterior e inferior da glândula tireoide e anastomosam com as artérias tireóideas contralateral inferior e ipsilateral superior. O ramo ascendente também supre as glândulas paratireoides.

Artéria supraescapular

A artéria supraescapular desce lateralmente através do escaleno anterior e do nervo frênico, posterior à veia jugular interna e ao esternocleidomastóideo (Fig. 28.7A). Em seguida, cruza anterior a artéria subclávia e o plexo braquial, posterior e paralelo à clavícula, subclávia e ventre inferior do omo-hióideo, atingindo a margem escapular superior.

Artéria cervical ascendente

A artéria cervical ascendente é originada em um nível superior ao da artéria supraescapular. Cruza anterior ao nervo frênico, escaleno anterior e plexo braquial, e é coberta pela veia jugular interna, esternocleidomastóideo e platisma. Cruza também o assoalho do trígono posterior alcançando a margem anterior do levantador da escápula, e sobe inferiormente à parte anterior do trapézio, que ela supre, juntamente com os músculos adjacentes e os linfonodos cervicais. Anastomosa com o ramo superficial do

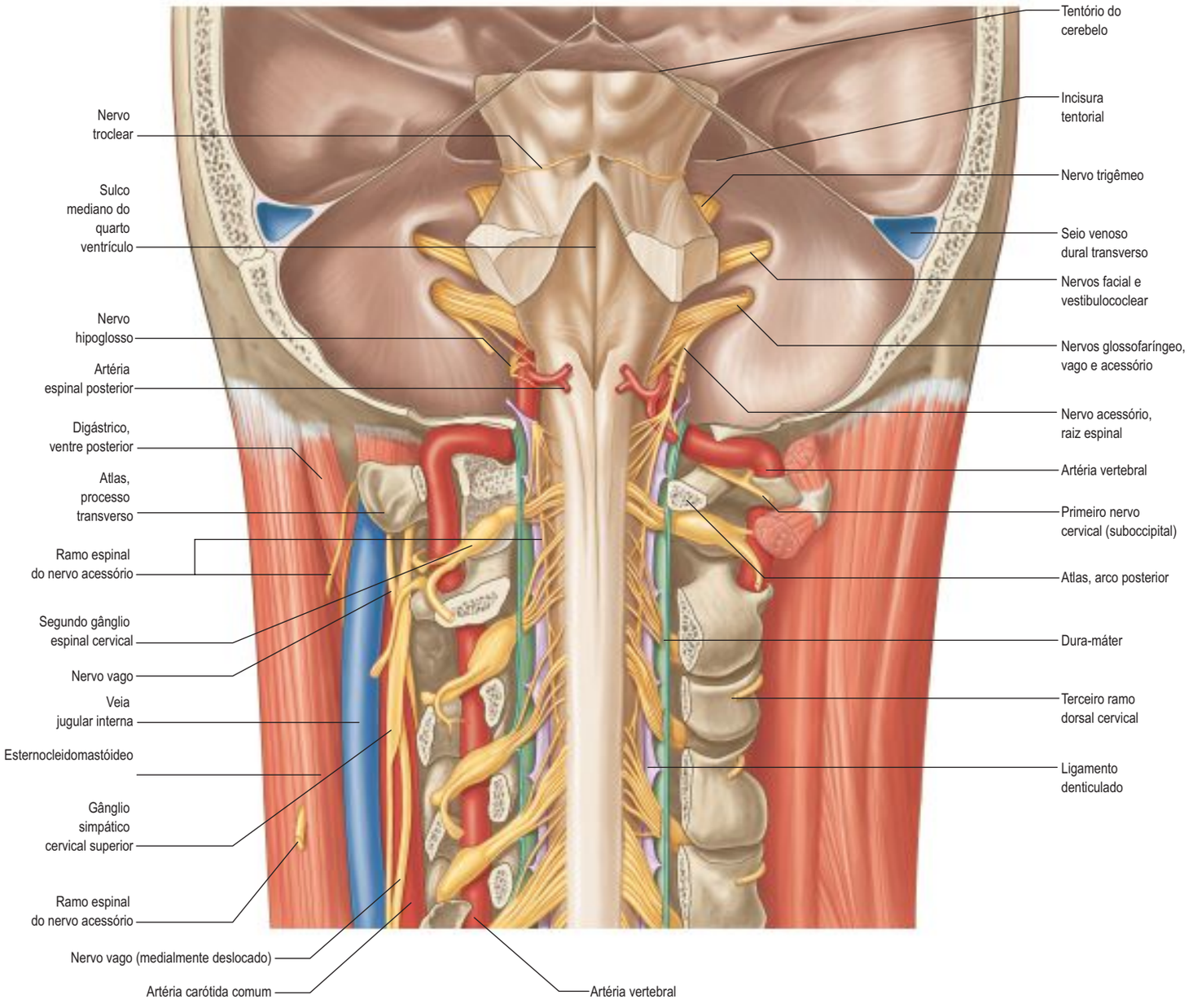


Fig. 28.11. Dissecação do tronco cerebral e parte superior da medula espinal após remoção de porções grandes dos ossos occipital e parietal, cerebelo e teto do quarto ventrículo. À esquerda, os forames transversários do atlas e a terceira, quarta e quinta vértebras cervicais foram abertos para expor a artéria vertebral. Do lado direito, o arco posterior do atlas e as lâminas das vértebras cervicais seguintes foram divididos e removidos juntamente com as espinhas vertebrais e as lâminas contralaterais. O tentório do cerebelo e os seios transversos foram divididos e suas porções posteriores, removidas.

ramo descendente da artéria occipital. Cerca de um terço das artérias cervical ascendente e dorsal da escápula surge em comum a partir do tronco tireocervical, com um ramo superficial (artéria cervical ascendente) e um profundo (artéria dorsal da escápula) (Figs. 25.1, 25.2 e 46.26). Este último passa lateralmente anterior ao plexo braquial e, em seguida, posterior ao levantador da escápula.

Tronco costocervical

À direita, este vaso curto surge posteriormente a partir da segunda parte da artéria subclávia e, do lado esquerdo, a partir de sua primeira parte. Forma um arco acima da pleura cervical até o colo da primeira costela, onde se divide em ramos intercostal superior e cervical profundo.

Artéria cervical profunda

A artéria cervical profunda geralmente surge do tronco costocervical (Fig. 25.1). É análoga em seu primeiro segmento ao ramo posterior de uma artéria intercostal posterior e, ocasionalmente, é um ramo separado da artéria subclávia. Ela passa posterior acima do oitavo nervo espinal cervical entre o processo transverso da sétima vértebra cervical e o colo da primeira costela (por vezes entre os processos transversos das sexta e sétima vértebras cervicais). Em seguida, sobe entre o semiespinal da cabeça e do pescoço até o nível da segunda vértebra cervical. Supre os músculos adja-

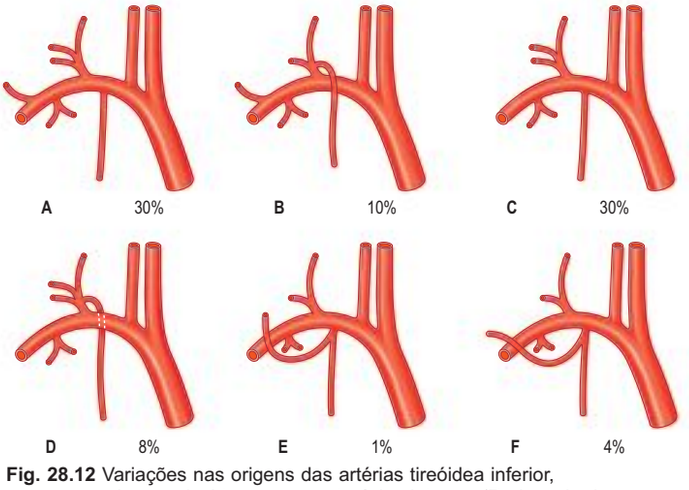


Fig. 28.12 Variações nas origens das artérias tireóidea inferior, supraescapular, cervical transversa e torácica interna. (Redesenhado com permissão de Sobotta, 2006.)

centes e anastomosa com o ramo profundo do ramo descendente da artéria occipital e com os ramos da artéria vertebral. Um ramo espinal penetra no canal vertebral entre a sétima vértebra cervical e a primeira vértebra torácica.

Artéria dorsal da escápula

A artéria dorsal da escápula surge a partir da terceira ou, menos frequentemente, da segunda parte da artéria subclávia. Ela dá origem a um ramo pequeno (que algumas vezes surge diretamente da artéria subclávia) até o escaleno anterior. Ela passa lateralmente através do plexo braquial anteriormente ao escaleno médio e, em seguida, abaixo do levantador da escápula até o ângulo superior da escápula.

VEIAS DO PESCOÇO

As veias do pescoço apresentam variação considerável. Elas são superficiais ou profundas à fáscia profunda, mas não são sistemas inteiramente distintos. As veias superficiais são tributárias, algumas com nomes específicos, dados adiante, das veias jugular anterior, externa e posterior (Figs. 28.13 e 28.14). Elas drenam um volume muito menor de tecido do que as veias profundas. Estas últimas drenam todas as estruturas, exceto as subcutâneas, principalmente em direção à veia jugular interna e também à veia subclávia.

Veia jugular externa

A veia jugular externa drena principalmente o couro cabeludo e a face, embora também drene algumas partes mais profundas. A veia é formada pela união da divisão posterior da veia retromandibular com a veia auricular posterior e começa perto do ângulo da mandíbula logo abaixo ou na glândula parótida (Fig. 25.3). Ela desce do ângulo até a clavícula média, correndo obliquamente, superficial ao esternocleidomastóideo, até a raiz do pescoço. Aqui ela atravessa a fáscia profunda e termina na veia subclávia, lateral ou anterior ao escaleno anterior. Há válvulas em sua desembocadura na subclávia, mas elas não impedem a regurgitação. Sua parede é aderente à extremidade da abertura fascial. Está coberta pelo platisma, fáscia superficial e pele, e é separada do esternocleidomastóideo pela fáscia cervical profunda. A veia cruza o nervo cervical transverso e situa-se paralela ao nervo auricular magno, posterior à sua metade superior. Em tamanho, a veia jugular externa é inversamente proporcional a outras veias do pescoço, e pode ser dupla. Entre a desembocadura da veia subclávia e um ponto aproximadamente 4 cm acima da clavícula, a veia frequentemente é dilatada, produzindo o que se chama de seio.

Tributárias Além das tributárias formativas, a jugular externa recebe a jugular externa posterior e, próximo de sua extremidade, as veias cervical transversa, supraescapular e jugular anterior. Na glândula parótida, é frequentemente unida por um ramo da jugular interna. A veia occipital ocasionalmente junta-se a ela.

Veia jugular externa posterior

A veia jugular externa posterior começa no couro cabeludo occipital e drena a pele e os músculos superficiais que se situam posterossuperiores no pescoço. Ela geralmente se une à parte média da veia jugular externa.

Veia jugular anterior

A veia jugular anterior surge próximo ao osso hioide a partir da confluência das veias submandibulares superficiais. Ela desce entre a linha média e a margem anterior do esternocleidomastóideo. Curvando-se lateralmente na região inferior do pescoço, abaixo do esternocleidomastóideo mas superficial aos músculos em fita infra-hióideos, une-se à extremidade da veia jugular externa ou pode entrar na veia subclávia diretamente. Em tamanho, normalmente é inversa à veia jugular externa. Comunica-se com a veia jugular interna e recebe as veias da laringe e, por vezes, uma pequena veia tireóidea. Em geral, existem duas veias jugulares anteriores, unidas logo acima do manúbrio por um arco jugular transverso grande, recebendo as tributárias tireóideas inferiores. Elas não têm válvulas e podem ser substituídas por um tronco na linha média.

Veia jugular interna

A veia jugular interna recolhe sangue do crânio, cérebro, partes superficiais da face e grande parte do pescoço. Ela começa na base do crânio no compartimento posterior do forame jugular, onde é contínua com o seio sigmoide. Na sua origem, é dilatada como o bulbo superior, que se situa abaixo da parte posterior do assoalho timpânico. A veia jugular interna desce na bainha carótica e une-se com a veia subclávia, posterior à extremidade esternal da clavícula, formando a veia braquiocefálica (Fig. 28.14). Próximo ao seu término, a veia dilata em direção ao bulbo inferior, acima do qual está um par de válvulas.

Relações Superiormente, o reto lateral da cabeça, o processo transverso do atlas, o levantador da escápula, o escaleno médio, o escaleno anterior, o plexo cervical, o nervo frênico, o tronco tireocervical, a veia vertebral e a primeira parte da artéria subclávia situam-se posteriores à veia. À esquerda, a jugular interna cruza anterior ao ducto torácico. As artérias carótida interna e comum e o nervo vago são mediais à veia: o nervo situa-se entre veia e artérias, mas posterior a elas. Superficialmente, a veia jugular interna é sobreposta acima e, em seguida, coberta abaixo pelo esternocleidomastóideo e é cruzada pelo ventre posterior do digástrico e pelo ventre superior do omo-hióideo. Superiores ao digástrico, a glândula parótida, o processo estiloide, o nervo acessório e as artérias auricular posterior e occipital cruzam a veia. Entre o digástrico e o omo-hióideo, as artérias do esternocleidomastóideo e a raiz inferior da alça cervical cruzam-na, embora o nervo frequentemente passe entre a veia e a artéria carótida comum. Abaixo do omo-hióideo, a veia é coberta pelos músculos infra-hióideos e pelo esternocleidomastóideo, e é cruzada pela veia jugular anterior. Linfonodos cervicais profundos situam-se ao longo da jugular interna, principalmente em sua face superficial. Na raiz do pescoço, a veia jugular interna direita é separada da artéria carótida comum, mas a esquerda em geral sobrepõe sua artéria. Na base do crânio, a artéria carótida interna é anterior à veia, separada dela pelos nono a 12º nervos cranianos.

Tributárias O seio petroso inferior, as veias facial, lingual, faríngea, tireóidea superior e média e, ocasionalmente, a veia occipital são todos tributários da veia jugular interna. A veia jugular interna pode comunicar-se com a veia jugular externa. O ducto torácico abre próximo à união das veias subclávia esquerda e jugular interna, bem como o ducto linfático direito abre no mesmo local à direita.

Seio petroso inferior

O seio petroso inferior deixa o crânio através da parte anterior do forame jugular, cruza lateral ou medial do nono ao 11º nervos cranianos e junta-se ao bulbo jugular superior.

Veia facial

A parte inicial da veia facial quando ela situa-se na face é descrita na página 492. A partir da face, passa sobre a superfície do masseter, cruza o corpo da mandíbula e entra no pescoço onde corre obliquamente de volta sob o platisma. Aqui situa-se superficial à glândula submandibular, ao digástrico e ao estilo-hióideo (Fig. 28.14). Imediatamente anteroinferior ao ângulo mandibular, une-se pela divisão anterior da veia retromandibular e então desce superficial à alça da artéria lingual, o nervo hipoglosso e as artérias carótidas internas e externa, entrando na jugular interna próximo do corno maior do osso hioide, isto é, no ângulo superior do trígono carótico. Próximo de sua extremidade, um ramo grande frequentemente desce ao longo da margem anterior do esternocleidomastóideo até a veia jugular anterior. Seu segmento mais alto, acima de sua junção com a veia labial superior, é muitas vezes denominado veia angular.

Tributárias As veias submentual, tonsilar, palatina externa (paratonsilar), submandibular, veia acompanhante do nervo hipoglosso (algumas vezes), faríngea e tireóidea superior são todas tributárias da porção da veia facial que se situa abaixo da mandíbula.

Veia lingual

As veias linguais seguem dois caminhos. As veias linguais dorsais drenam o dorso e os lados da língua, unem-se às veias linguais que acompanham a artéria lingual entre o hioglosso e o genioglosso e entram na jugular interna próximo do corno maior do osso hioide. A veia lingual profunda começa próximo ao ápice da língua e segue de volta, situando-se perto da membrana mucosa sobre a superfície inferior da língua. Perto da margem anterior do hioglosso, une-se a uma veia sublingual, a partir da glândula salivar sublingual, formando a veia acompanhante do nervo hipoglosso, que segue de volta entre o milo-hióideo e o hioglosso com o nervo hipoglosso juntando-se à veia facial, à veia jugular interna ou à lingual.

Veias faríngeas

As veias faríngeas começam em um plexo faríngeo externo à faringe. Elas recebem veias meníngeas e uma veia do canal pterigóideo, e geralmente terminam na veia jugular interna, mas podem, por vezes, terminar na veia facial, lingual ou tireóidea superior.

Veia tireóidea superior

A veia tireóidea superior é formada por tributárias profundas e superficiais correspondentes aos ramos arteriais na parte superior da glândula tireoide (Figs. 28.13 e 28.14). Acompanha a artéria tireóidea superior, recebe as veias laríngea superior e cricotireóidea, e termina na veia jugular interna ou facial.

Veia tireóidea média

A veia tireóidea média drena a parte inferior da glândula e também recebe veias da laringe e da traqueia. Cruza anterior à artéria carótida comum,

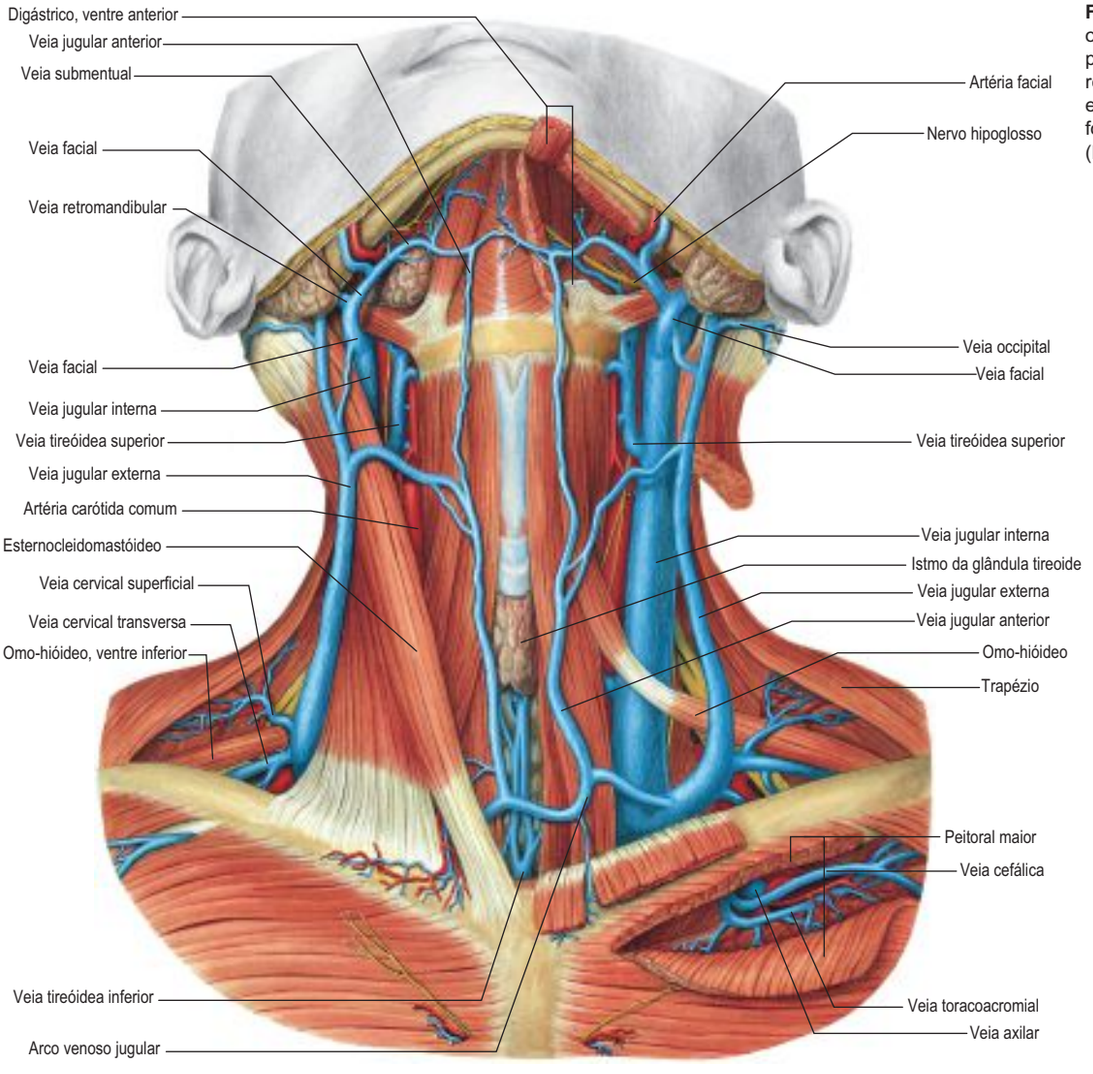


Fig. 28.13 Veias do pescoço, observadas anteriormente. A maior parte do esternocleidomastóideo foi removida no lado esquerdo e as extremidades inferiores cortadas foram refletidas sobre a clavícula. (De Sobotta, 2006.)

juntando-se à veia jugular interna posteriormente ao ventre superior do omo-hióideo.

Corpo timpânico

O corpo timpânico (glomo jugular) é ovoide, com 0,5 mm de comprimento e 0,25 mm de largura, e encontra-se na adventícia da parte superior do bulbo superior da veia jugular interna. É semelhante em estrutura ao glomo carótico, e se presume que tenha uma função semelhante. O tipo de célula predominante tem semelhanças morfológicas com as células cromafins das suprarrenais e é derivado da crista neural. As células obtidas a partir de paragangliomas do glomo jugular apresentam supercrescimento de neurite espontânea em cultura e têm atividade semelhante ao peptídeo intestinal vasoativo (VIP). O corpo timpânico pode estar presente como duas ou mais partes próximas do ramo timpânico do nervo glossofaríngeo ou do ramo auricular do vago quando se situam dentro de seus canais na parte petrosa do osso temporal. Tumores de corpos timpânicos podem envolver os nervos cranianos adjacentes e a orelha média.

Veia subclávia

A veia subclávia é uma continuação da veia axilar e estende-se desde a margem externa da primeira costela até a margem medial do escaleno anterior, onde se junta à veia jugular interna para formar a veia braquiocefálica (Fig. 28.14). A clavícula e o músculo subclávio situam-se anterior a ela; a artéria subclávia é posterossuperior, separada pelo escaleno anterior e o nervo frênico; e a primeira costela e a pleura são inferiores. A veia geralmente tem um par de válvulas a 2 cm de sua extremidade. Suas tributárias são a veia jugular externa, a escapular dorsal e, por vezes, a veia jugular anterior. Na sua junção com a veia jugular interna, a veia subclávia esquerda recebe o ducto torácico e a veia subclávia direita recebe o ducto linfático direito.

Veia vertebral

Numerosas tributárias pequenas dos plexos vertebrais internos deixam o canal vertebral acima do arco posterior do atlas e juntam-se a pequenas veias dos músculos profundos locais no trígono suboccipital. Sua união produz um vaso que entra no forame do processo transverso do atlas e forma um plexo em torno da artéria vertebral. Ela desce através de forames transversários sucessivos e termina como a veia vertebral. A veia surge a partir do sexto forame transversário cervical, de onde desce, em um primeiro momento, anterior e, em seguida, anterolateral à artéria vertebral, se abrindo superoposteriormente em direção à veia braquiocefálica: a abertura tem uma válvula pareada. À medida que desce, passa posteriormente à veia jugular interna e anteriormente à primeira parte da artéria subclávia. Uma pequena veia vertebral acessória em geral desce do plexo vertebral, atravessa o sétimo forame transversário cervical e curva-se para a frente entre a artéria subclávia e a pleura cervical, juntando-se à veia braquiocefálica.

Tributárias A veia vertebral une-se com o seio sigmoide por um vaso no canal condilar posterior, quando este existe. Também recebe ramos da veia occipital, dos músculos pré-vertebrais, e dos plexos vertebrais interno e externo. A ela juntam-se as veias vertebral anterior e cervical profunda (ver adiante) e, por vezes perto de sua extremidade, a primeira veia intercostal.

Veia vertebral anterior

A veia vertebral anterior começa em um plexo ao redor dos processos transversários cervicais anteriores, desce próximo à artéria cervical ascendente entre as origens do escaleno anterior e o longo da cabeça, e abre em direção à extremidade da veia vertebral.

Veia cervical profunda

A veia cervical profunda acompanha sua artéria entre os músculos semiespinhais da cabeça e do pescoço. É formada na região suboccipital pela união de ramos comunicantes da veia occipital, das veias dos músculos suboccipitais e das veias dos plexos ao redor da coluna cervical. Ela

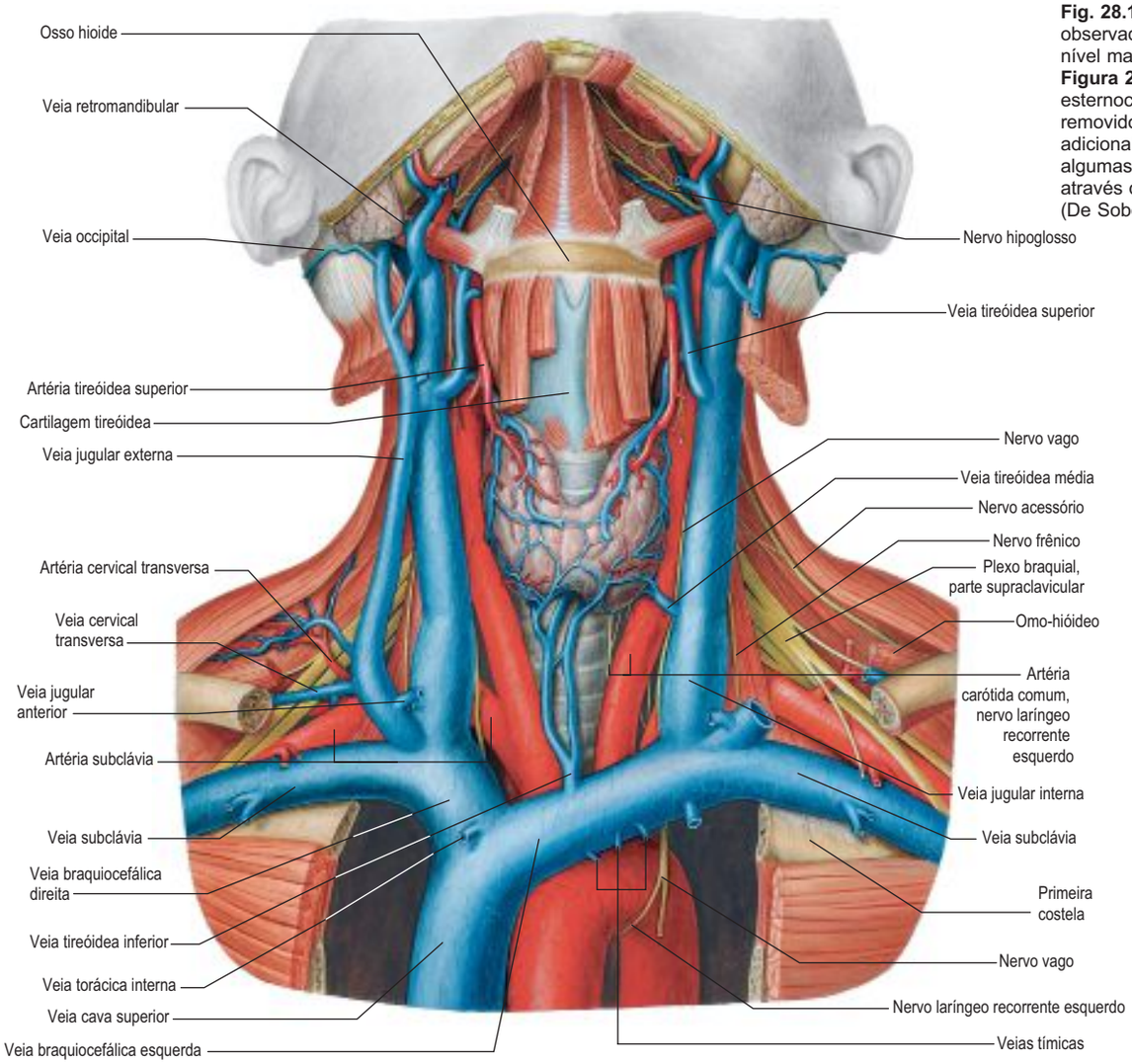


Fig. 28.14 Veias do pescoço, observadas anteriormente e em um nível mais profundo do que na **Figura 28.13**. Ambos os esternocleidomastóideos foram removidos e uma dissecação adicional expôs a glândula tireoide e algumas das estruturas que passam através da abertura torácica superior. (De Sobotta, 2006.)

passa anteriormente entre o sétimo processo transversário cervical e o colo da primeira costela, terminando na parte inferior da veia vertebral.

Acesso venoso central

A canulação venosa central permite o monitoramento da pressão venosa central e da administração de medicamentos diretamente na circulação central.

Canulação da veia jugular interna

O paciente é colocado em posição supina com a cabeça ligeiramente voltada para o lado contralateral. Os principais pontos de referência anatômicos são as duas cabeças inferiores do esternocleidomastóideo, que formam dois lados de um triângulo com a clavícula como sua base. A veia jugular interna situa-se entre as duas cabeças do músculo, ligeiramente lateral e anterior à artéria carótida comum. Após a pele ter sido preparada, injeta-se anestésico local em torno do vértice do triângulo. Com uma mão palpando a artéria carótida, o médico insere uma agulha no vértice do triângulo e a ponta é direcionada lateral ao ponto médio do triângulo, com uma angulação descendente de 30°. A partir de uma abordagem jugular interna alta, insere-se uma agulha no ponto médio da margem medial do esternocleidomastóideo e direciona-se para o mamilo ipsilateral com uma angulação descendente de 30-45°. Quando a veia jugular interna esquerda é canulada, devem-se tomar cuidados adicionais para evitar o ducto torácico e a cúpula pleural, que é mais alta do que o lado direito, uma disposição que aumenta o risco de pneumotórax acidental. A veia jugular interna esquerda frequentemente tem diâmetro menor do que a direita.

Canulação da veia subclávia

A canulação da veia subclávia é realizada com o paciente em posição supina, a cabeça ligeiramente virada para o lado oposto e os braços colocados de lado. O leito é inclinado inferiormente em 10° e uma pequena almofada de rolo pode ser colocada entre as escápulas, a fim de assegurar que a área infraclavicular esteja mais proeminente. Limpa-se a pele e injeta-se anestésico local na pele 3 cm lateralmente ao ponto médio da clavícula. A agulha venosa central é então inserida a partir da extremidade inferior da clavícula em direção à incisura supraesternal. A agulha é direcionada de maneira a passar logo abaixo da margem posterior da clavícula; deve-se tomar cuidado para evitar o direcionamento da agulha inferiormente, o que pode causar um pneumotórax. A aspiração suave da seringa é realizada enquanto a agulha está sendo avançada até que a veia subclávia seja puncionada.

GRUPOS DE LINFONODOS CERVICAIS

Os linfonodos da cabeça e pescoço são distribuídos em grupos terminais e periféricos (Fig. 28.15; Fig. 25.5). O grupo terminal está relacionado com a bainha carótica e os linfonodos que ela contém são os linfonodos cervicais profundos. Todos os vasos linfáticos da cabeça e do pescoço drenam para este grupo, seja diretamente a partir de tecidos, ou indiretamente através de linfonodos nos grupos periféricos. Os vasos linfáticos eferentes dos linfonodos cervicais profundos formam o tronco jugular. O tronco jugular direito drena linfa do membro superior direito e metade direita do tórax e parte direita da cabeça e pescoço e pode terminar na junção jugulossubclávia ou ducto linfático direito. O tronco jugular esquerdo em geral termina no ducto torácico, mas pode juntar-se à veia jugular interna ou subclávia.

Drenagem linfática do pescoço

Muitos vasos que drenam os tecidos cervicais superficiais margeiam as bordas do esternocleidomastóideo atingindo os linfonodos cervicais profundos superiores ou inferiores. Outros passam para os linfonodos cervicais e occipitais superficiais. A linfa da região superior do trígono anterior drena para os linfonodos submandibulares e submentuais. Os vasos da pele cervical anterior, inferiores ao osso hioide, passam para os linfonodos

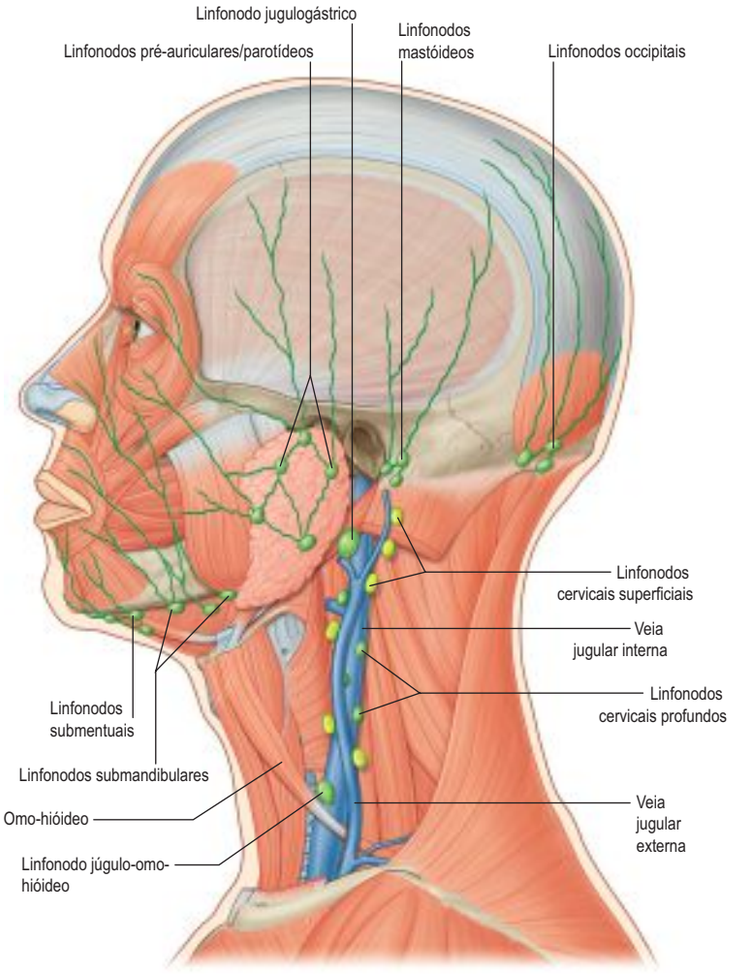


Fig. 28.15 Sistema linfático superficial na região da cabeça e pescoço: os linfonodos são organizados em um grupo superficial em torno da cabeça, linfonodos cervicais superficiais ao longo da veia jugular externa e linfonodos cervicais profundos ao longo da veia jugular interna. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

cervicais anteriores próximos às veias jugulares anteriores. Seus eferentes vão para os linfonodos cervicais profundos de ambos os lados, incluindo os grupos infra-hióideo, pré-laríngeo e pré-traqueal. Um linfonodo cervical anterior frequentemente ocupa o espaço supraesternal. A linfa de tecidos da cabeça e pescoço interna à fáscia profunda drena para os linfonodos cervicais profundos diretamente ou através de grupos periféricos, que incluem os grupos retrofaríngeo, paratraqueal, lingual, infra-hióideo, pré-laríngeo e pré-traqueal. A drenagem linfática associada à região nasal, laringe e cavidade oral é descrita nas respectivas regiões. Os linfonodos linfáticos cervicais profundos situam-se ao longo da bainha carótica e formam grupos superiores e inferiores.

Linfonodos cervicais profundos superiores Os linfonodos cervicais profundos superiores juntam-se à parte superior da veia jugular interna. A maioria fica abaixo do esternocleidomastóideo, mas alguns estendem além dele. Um subgrupo, que consiste em um linfonodo grande e vários linfonodos pequenos, fica em uma região triangular delimitada pelo ventre posterior do digástrico e as veias facial e jugular interna, e é conhecido como o grupo jugulodigástrico. Está relacionado especialmente com a drenagem da língua. Os eferentes a partir dos linfonodos cervicais profundos superiores drenam para o grupo menor ou diretamente para o tronco jugular.

Linfonodos cervicais profundos inferiores Os linfonodos cervicais profundos inferiores ficam parcialmente abaixo do esternocleidomastóideo, e estão particularmente relacionados com a parte inferior da veia jugular interna. Alguns estão estreitamente relacionados com o plexo braquial e com os vasos subclávios. O linfonodo júgulo-omo-hióideo situa-se no, ou pouco acima, do tendão intermediário do omo-hióideo, e está relacionado sobretudo com a drenagem linfática da língua. Os eferentes deste grupo inferior juntam-se ao tronco linfático jugular.

Linfonodos retrofaríngeos Os linfonodos retrofaríngeos situam-se entre as fáscias faríngea e pré-vertebral e formam um grupo médio e dois laterais, sendo estes últimos anteriores às massas laterais do atlas ao longo das margens laterais do longo da cabeça. Os linfonodos recebem aferentes da nasofaringe, do tubo faringotimpânico e das articulações atlanto-occipital e atlantoaxial, e drenam para os linfonodos cervicais profundos superiores.

Linfonodos paratraqueais Os linfonodos paratraqueais ladeiam tanto a traqueia como o esôfago ao longo dos nervos laríngeos recorrentes. Os eferentes passam para os linfonodos cervicais profundos correspondentes.

Linfonodos infra-hióideos, pré-laríngeos e pré-traqueais Os linfonodos infra-hióideos, pré-laríngeos e pré-traqueais situam-se abaixo da fáscia cervical profunda. Eles drenam aferentes dos linfonodos cervicais anteriores e os seus eferentes juntam-se aos linfonodos cervicais profundos. Os linfonodos infra-hióideos são anteriores à membrana tireo-hióidea, os linfonodos pré-laríngeos situam-se na membrana cricovocal, e os linfonodos pré-traqueais situam-se anteriormente à traqueia próximos das veias tireóideas inferiores.

Linfonodos linguais Os linfonodos linguais são pequenos e inconstantes e estão situados na superfície externa do hioglosso e também entre os genioglossos. Eles drenam para os linfonodos cervicais profundos superiores.

Disseminação de doença maligna no pescoço

Os cânceres que surgem na cabeça e no pescoço a partir de regiões como a glândula tireoide, laringe, cavidade oral e orofaringe, nasofaringe e seios paranasais têm padrões previsíveis de propagação através das cadeias de linfonodos no pescoço. Quando se opera uma doença maligna nesta região, é de importância vital compreender estes padrões de disseminação de modo que, para qualquer câncer isolado, realize-se a cirurgia adequada. A experiência clínica tem mostrado que os linfonodos no pescoço podem ser classificados em cinco grupos distintos (Fig. 25.5). Os linfonodos de nível I situam-se no trígono submandibular delimitados pelos ventres anterior e posterior do digástrico e pela margem inferior da mandíbula acima. Os linfonodos de nível II (jugular superior) situam-se em torno da porção superior da veia jugular interna e da parte superior do ramo espinal do nervo acessório. Estendem-se a partir da base do crânio à bifurcação da artéria carótida comum ou do osso hioide. Os linfonodos de nível III (jugular médio) situam-se ao redor do terço médio da veia jugular interna a partir da margem inferior do nível II até o ventre superior da membrana omo-hióidea ou cricotireóidea. Os linfonodos do nível IV (jugular inferior) situam-se ao redor do terço inferior da veia jugular interna a partir da margem inferior do nível III até a clavícula. As margens anterior e posterior para os níveis II, III e IV são a margem lateral do esterno-hióideo e a margem posterior do esternocleidomastóideo, respectivamente. Os linfonodos de nível V (trígono posterior) situam-se ao redor da parte inferior do ramo espinal do nervo acessório e dos vasos cervicais transversos.

Conhecer que níveis de linfonodos são susceptíveis de estarem envolvidos na disseminação metastática de um determinado câncer que surge na cabeça e no pescoço significa que se pode realizar uma depuração adequada dos linfonodos. A dissecação radical clássica do pescoço, primeiramente descrita por Crile em 1906, envolve uma depuração profunda dos níveis I a V, incluindo o sacrifício do esternocleidomastóideo, da veia jugular interna e do ramo espinal do nervo acessório. Dissecações radicais modificadas do pescoço (as chamadas dissecações funcionais do pescoço) ainda removem os linfonodos de nível I a V, mas poupam um ou todos os esternocleidomastóideos, a veia jugular interna e o ramo espinal do nervo acessório. As dissecações de pescoço seletivas removem grupos selecionados de linfonodos: a dissecação supraomo-hióideo do pescoço remove os linfonodos de nível I a III, a dissecação lateral do pescoço remove os linfonodos de nível II a IV, e a dissecação posterolateral do pescoço remove os linfonodos de nível II a V.

Portais linfovenosos cervicais

A linfa é devolvida para a circulação venosa sistêmica por meio dos portais linfovenosos direito e esquerdo localizados nas ou próximos das junções das veias subclávia e jugular interna (Fig. 28.16). A disposição destas terminações é variável. Em geral, três pequenos troncos linfáticos convergem em direção às suas junções venosas em um ou outro lado do corpo e são unidas, no lado esquerdo apenas, pelo ducto torácico maior.

No lado direito, os três troncos são o jugular direito, subclávio direito e broncomediastinal direito. O tronco jugular direito estende-se desde os linfonodos cervicais profundos inferiores ao longo da vista ventrolateral da veia jugular interna, e transmite toda a linfa da metade direita da cabeça e do pescoço. O tronco subclávio direito drena do grupo axilar apical terminal. Ele estende-se ao longo das veias subclávia e axilar, e transmite

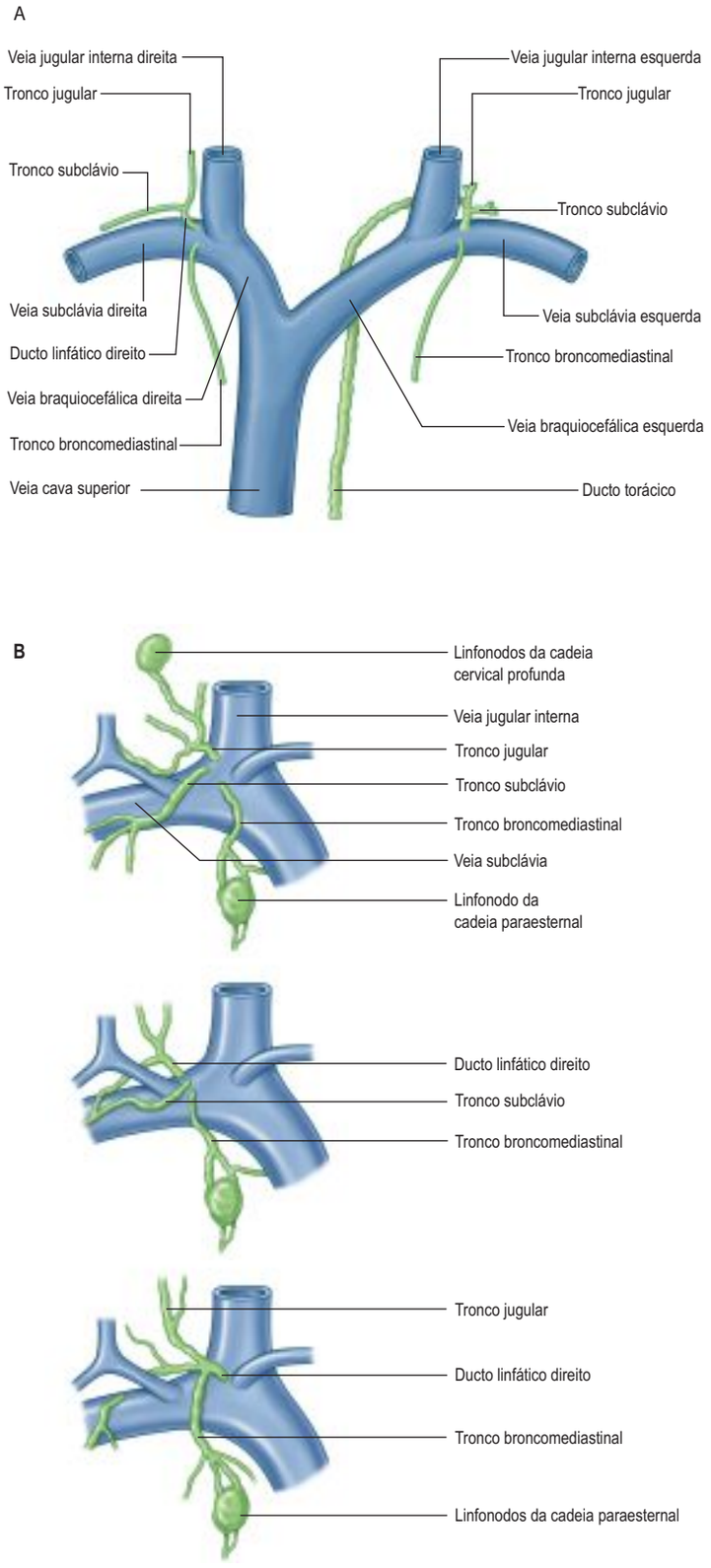


Fig. 28.16 A, Terminação do tronco linfático direito e do ducto torácico. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.) **B**, Variações nos linfonodos dos troncos linfáticos terminais do lado direito.

linfa do membro superior direito e dos tecidos superficiais da metade direita da parede toracoabdominal até o umbigo, anteriormente, e à crista ilíaca, posteriormente (e inclui grande parte da mama). O tronco broncomediastinal direito sobe ao longo da traqueia em direção ao portal linfovenoso e transmite linfa das paredes torácicas, da cúpula direita do diafragma e do fígado subjacente, do pulmão direito, brônquios e traqueia, da maior parte do "coração direito" – em termos de terminologia clínica, e não a metade direita geométrica – e uma drenagem proporcionalmente pequena do esôfago torácico.

Os três troncos linfáticos direitos em geral abrem independentemente (Fig. 28.16B). Seus orifícios estão agrupados, seja no aspecto ventral da junção júgulo/subclávia, seja na parede próxima de uma das grandes veias. Às vezes, um ou mais dos troncos podem bifurcar (ou mesmo trirramificar) pré-terminalmente e, em seguida, terminar através de múltiplos orifícios. Raramente, os três troncos fundem-se formando um ducto linfático direito único, curto (cerca de 1 cm de comprimento), que inclina em toda a margem medial do escaleno anterior na raiz do pescoço para alcançar o aspecto ventral da junção venosa, onde seu orifício está protegido por uma válvula bicúspide semilunar. Um ducto linfático direito incompleto pode estar presente se os troncos da subclávia e jugular, ou qualquer combinação dos seus terminais, forem fundidos. Quando isto ocorre, o tronco broncomediastinal quase invariavelmente abre separadamente.

À esquerda, os quatro troncos que convergem no portal linfovenoso esquerdo são os troncos jugular esquerdo e subclávio esquerdo, que têm uma disposição correspondente ao dos seus homólogos à direita; o tronco broncomediastinal esquerdo, que possui uma drenagem semelhante ao tronco direito, mas que drena mais do coração – o coração "esquerdo" e parte do "direito", na linguagem clínica – e mais do esôfago; e o ducto torácico, que drena todo o resto do corpo (Fig. 28.16A).

INERVAÇÃO

A pele, as articulações, as vísceras e os músculos do pescoço são inervados por ramos dos nervos glossofaríngeo, vago, ramo espinal do nervo acessório, espinais cervicais e pelo tronco simpático cervical.

O primeiro e o segundo gânglios da raiz dorsal cervical situam-se sobre os arcos vertebrais do atlas e do áxis, respectivamente. O primeiro gânglio cervical pode estar ausente. Gânglios aberrantes menores algumas vezes ocorrem nas raízes dorsais cervicais superiores entre os gânglios e a medula. As quatro raízes cervicais superiores são pequenas, as quatro inferiores são grandes. Em geral, as raízes dorsais cervicais têm uma proporção de espessura em relação às raízes ventrais de três para um, o que é maior do que o observado em outras regiões. A primeira raiz dorsal é uma exceção, sendo menor do que a ventral, e em 8% dos casos está ausente. A primeira e a segunda raízes cervicais são curtas, e correm quase horizontalmente em direção à sua saída do canal vertebral. A partir da terceira até a oitava cervical, inclinam-se obliquamente para baixo. A obliquidade e o comprimento aumentam sucessivamente, embora a distância entre a conexão espinal e a saída vertebral nunca ultrapasse a altura de uma vértebra.

RAMOS CERVICAIS VENTRAIS

Os ramos cervicais ventrais, com exceção do primeiro, aparecem entre os músculos intertransversários anterior e posterior. Os quatro superiores formam o plexo cervical e os quatro inferiores, juntamente com a maior parte do primeiro ramo ventral torácico, formam o plexo braquial. Cada um recebe pelo menos um ramo comunicante cinzento: os quatro superiores recebem dos gânglios simpáticos cervicais superiores; o quinto e o sexto, dos gânglios médios; e o sétimo e o oitavo, dos gânglios cervicotorácicos.

O primeiro ramo cervical ventral, o nervo suboccipital, emerge acima do arco posterior do atlas, passa anterior e lateralmente à sua massa lateral, e medialmente à artéria vertebral. Supre o reto lateral da cabeça, surge medial a ele, desce anterior ao processo transverso do atlas e posterior à veia jugular interna, e junta-se ao ramo ascendente do segundo ramo cervical ventral.

O segundo ramo cervical ventral é emitido entre os arcos vertebrais do atlas e do áxis. Sobe entre seus processos transversos, passa anterior ao primeiro músculo intertransversário posterior e emerge lateral à artéria vertebral, geralmente entre o longo da cabeça e o levantador da escápula. O ramo divide-se em uma porção ascendente, que se junta ao primeiro nervo cervical, e uma porção descendente, que se junta ao ramo ascendente do terceiro ramo cervical ventral.

O terceiro ramo cervical ventral aparece entre o longo da cabeça e o escaleno médio. Os ramos ventrais restantes emergem entre o escaleno anterior e o escaleno médio.

Plexo cervical

O plexo cervical é formado pelos ramos ventrais dos quatro nervos cervicais superiores e supre alguns músculos do pescoço e do diafragma e áreas da pele na cabeça, pescoço e tórax (Fig. 28.1). Situa-se no pescoço oposto à linha traçada inferiormente na face lateral do pescoço a partir da base da orelha até o nível da margem superior da cartilagem tireóidea. Encontra-se abaixo da veia jugular interna, da fáscia profunda e do esternocleidomastoide, e anterior ao escaleno médio e ao levantador da escápula. Cada ramo, com exceção do primeiro, divide-se em partes ascendente e descendente, que se unem em alças comunicantes. A partir da primeira alça (C2 e 3), ramos superficiais suprem a cabeça e o pescoço; os nervos cutâneos

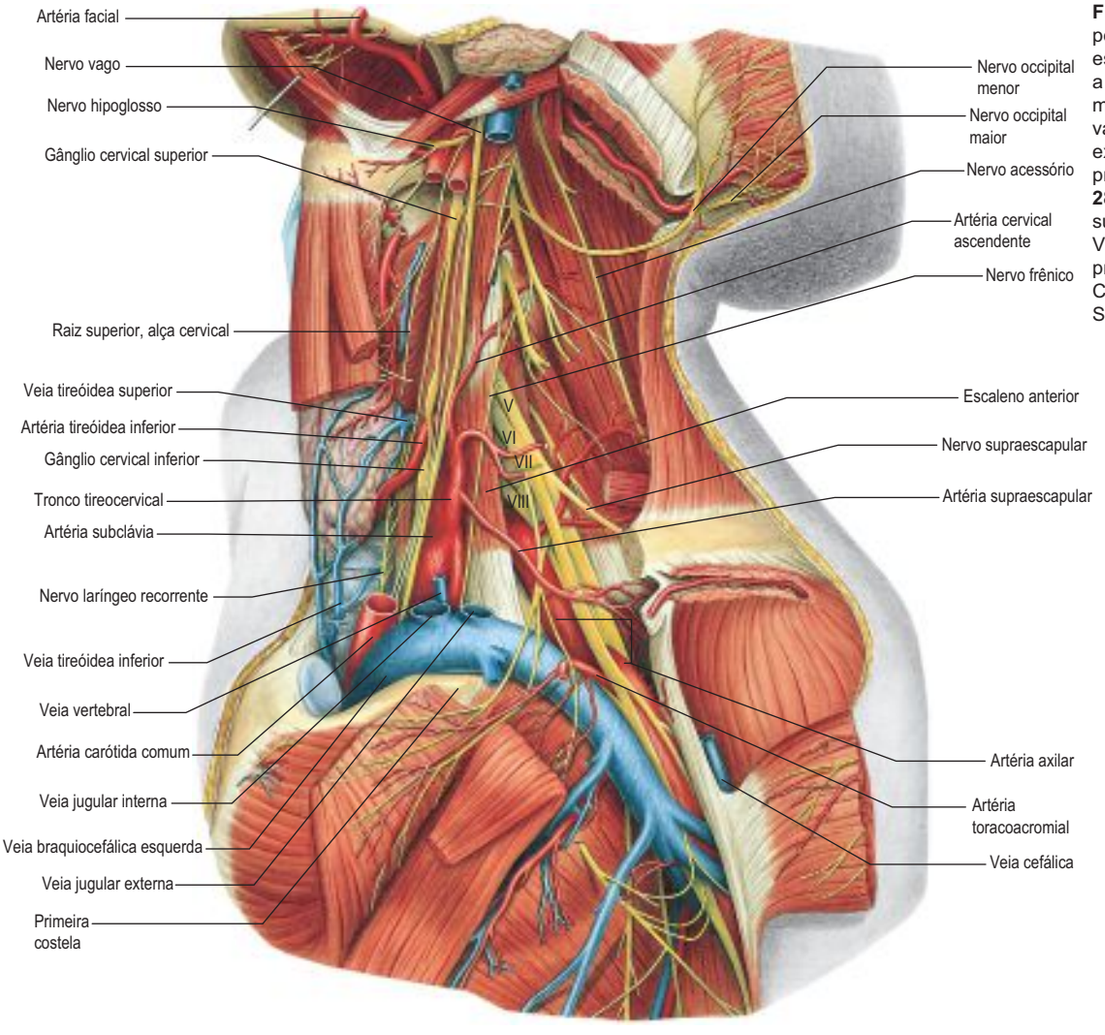


Fig. 28.17 Vasos e nervos do pescoço, vista lateral esquerda. O esternocleidomastóideo esquerdo, a maior parte do grupo de músculos infra-hióideos e muitos vasos foram removidos, a fim de expor as estruturas mais profundas. Comparar com **Fig. 28.7A**, que revela um nível mais superficial da dissecação. V, VI, VII, VIII referem-se aos ramos primários anteriores de C5, C6, C7 e C8, respectivamente. (De Sobotta, 2006.)

do ombro e do tórax surgem da segunda alça (C3 e 4). Os ramos musculares e comunicantes surgem a partir dos mesmos nervos. Os ramos são superficiais ou profundos. Os ramos superficiais perfuram a fáscia cervical suprindo a pele, enquanto os ramos profundos em geral suprem os músculos. Os ramos superficiais são ascendentes (o occipital menor, auricular magno e o nervo cervical transverso) ou descendentes (nervos supraclaviculares). Esses nervos são descritos em detalhes neste capítulo na página 435. Os ramos profundos formam os grupos medial e lateral.

Ramos profundos – grupo medial

Ramos comunicantes Os ramos comunicantes passam da alça entre o primeiro e o segundo ramos cervicais até os nervos vago e hipoglosso e ao tronco simpático. O ramo do hipoglosso adiante deixa o nervo hipoglosso como uma série de ramos, a saber, os meníngeos, a raiz superior da alça cervical, e os nervos para os músculos tireo-hióideo e gênio-hióideo. Um ramo também conecta o quarto e o quinto ramos cervicais. Os quatro primeiros ramos cervicais ventrais recebem, cada um, um ramo comunicante cinzento do gânglio simpático cervical superior.

A raiz superior da alça cervical (descendente do hipoglosso) (Figs. 28.7A e 28.8) deixa o nervo hipoglosso, onde curva ao redor da artéria occipital, e então desce anterior a ou na bainha carótica. Ela contém apenas fibras do primeiro nervo espinal cervical. Depois de dar origem a um ramo para o ventre superior do omo-hióideo, é acompanhada pela raiz inferior da alça a partir do segundo e do terceiro nervos espinais cervicais. As duas raízes formam a alça cervical (alça do hipoglosso), a partir da qual os ramos suprem o esterno-hióideo, esternotireóideo e o ventre inferior do omo-hióideo. Outro ramo é dito que desce anterior aos vasos em direção ao tórax, juntando-se aos nervos cardíaco e frênico.

Ramos musculares Os ramos musculares suprem o reto lateral da cabeça (C1), reto anterior da cabeça (C1, 2), longo da cabeça (C1-3) e longo do pescoço (C2-4). A raiz inferior da alça cervical e do nervo frênico são ramos musculares adicionais.

A raiz inferior da alça cervical (nervo cervical descendente) (Figs. 28.7A e 28.8) é formada pela união de um ramo do segundo com outro do terceiro ramo cervical. Ela desce pela lateral da veia jugular interna, cruza-a um pouco abaixo da metade do pescoço, e continua à frente para juntar-se à raiz superior, anterior à artéria carótida comum, formando a alça cervical (alça do hipoglosso), a partir da qual os músculos infra-hióideos, exceto o tireo-hióideo, são supridos. A raiz inferior vem do segundo e do terceiro ramos cervicais ventrais em 75% dos casos, do segundo ao quarto em 15%, e do terceiro isoladamente em 5%. Ocasionalmente, pode ser derivada do segundo isoladamente ou do primeiro ao terceiro.

Nervo frênico O nervo frênico surge principalmente do quarto ramo cervical ventral, mas tem também as contribuições do terceiro e quinto. É formado na parte superior da margem lateral do escaleno anterior e desce quase verticalmente em toda a sua superfície anterior posterior à fáscia pré-vertebral (Figs. 28.7A, 28.17 e 28.18). Ele desce posterior ao esternocleidomastóideo, ao ventre inferior do omo-hióideo (perto do seu tendão intermediário), à veia jugular interna, às artérias cervical transversa e supraescapulares e, à esquerda, do ducto torácico. Na raiz do pescoço, corre anterior à segunda parte da artéria subclávia, a partir da qual é separado pelo escaleno anterior (alguns relatos afirmam que, no lado esquerdo, o nervo passa anterior à primeira parte da artéria subclávia), e posterior à veia subclávia. O nervo frênico entra no tórax cruzando medialmente anterior à artéria torácica interna.

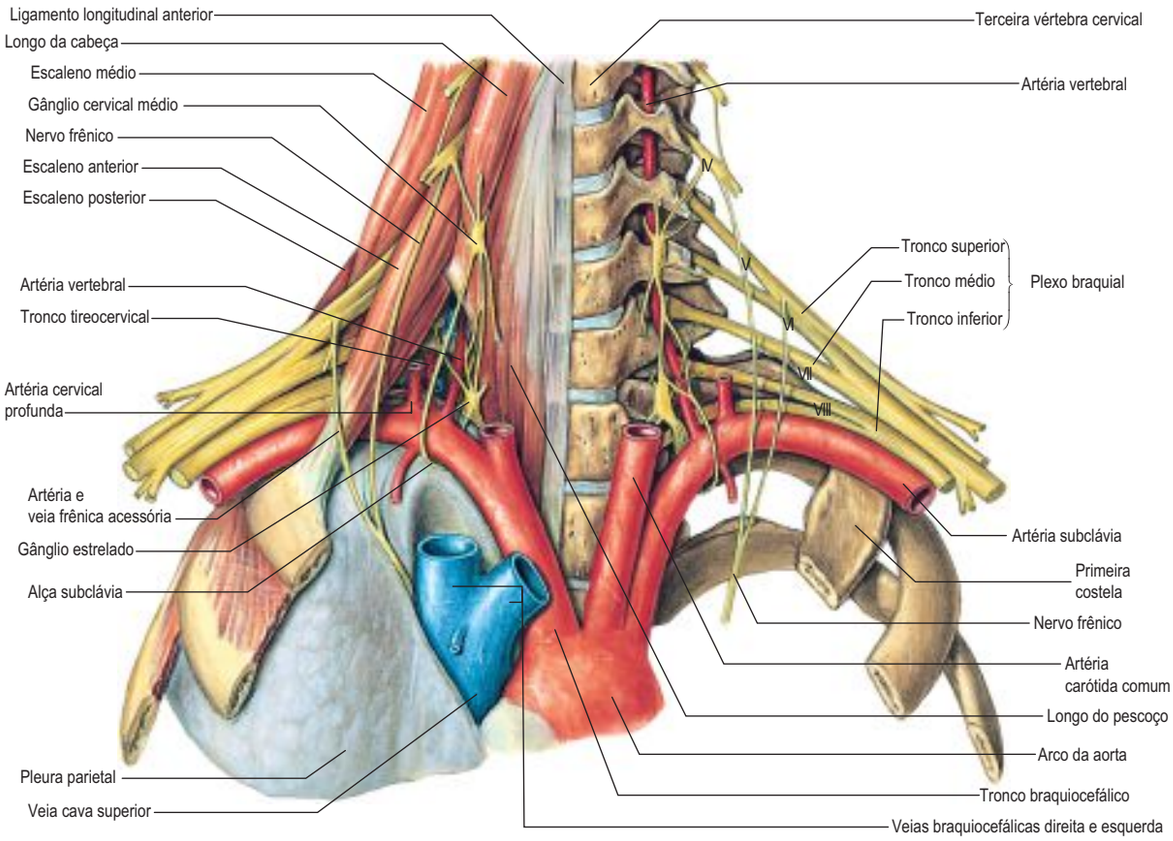


Fig. 28.18 Raiz do pescoço. Observar a cadeia simpática, os gânglios simpáticos cervicais médio e inferior, os troncos do plexo braquial, o nervo frênico e a artéria vertebral. (De Sobotta, 2006.)

No pescoço, cada nervo recebe filamentos variáveis do gânglio simpático cervical ou de seus ramos e também pode conectar-se com os plexos simpáticos torácicos internos.

Nervo frênico acessório O nervo frênico acessório é composto de fibras a partir do quinto ramo ventral cervical que segue em um ramo do nervo para o subclávio. Este situa-se lateral ao nervo frênico e desce posterior (ocasionalmente anterior) à veia subclávia. O nervo frênico acessório, em geral, junta-se ao nervo frênico próximo à primeira costela, mas isto pode não ocorrer até próximo ao hilo pulmonar ou além dele. O nervo frênico acessório pode ser derivado do quarto ao sexto ramos cervicais ventrais ou da alça cervical.

Ramos profundos – grupo lateral

Ramos comunicantes Os ramos profundos laterais do plexo cervical (C2, 3, 4) podem conectar-se com o ramo espinal do nervo acessório no interior do esternocleidomastóideo, do trígono posterior, ou inferiormente ao trapézio.

Ramos musculares Os ramos musculares são distribuídos para o esternocleidomastóideo (C2, 3, 4), trapézio (C2 e, possivelmente, C3), levantador da escápula (C3, 4) e escaleno médio (C3, 4). Os ramos para o trapézio cruzam o trígono posterior obliquamente abaixo do ramo espinal do nervo acessório.

Plexo braquial

O plexo braquial é formado pela união dos ramos ventrais dos quatro nervos cervicais inferiores e pela maior parte do ramo ventral do primeiro nervo torácico. Também pode receber contribuições do quarto nervo cervical e do segundo nervo espinal torácico. Como o próprio nome sugere, seus ramos suprem os músculos, articulações e a pele do membro superior. As relações e a distribuição do plexo braquial são descritas em detalhes na seção 6. No entanto, também são mencionadas aqui porque, na sua origem, o plexo braquial situa-se no trígono posterior do pescoço, no ângulo entre a clavícula e a margem posteroinferior do esternocleidomastóideo. Emerge entre os escalenos anterior e médio, superior à terceira parte da artéria subclávia, e é coberto pelo platisma, fáscia profunda e pele, por meio dos quais é palpável (Fig. 28.17). É cruzado pelos nervos supraclaviculares, pelo nervo para o subclávio, pelo ventre inferior do omo-hióideo, pela veia jugular externa e pelo ramo superficial da artéria cervical transversa. O plexo passa posterior aos dois terços mediais da clavícula, da subclávia e dos vasos supraescapulares, e situa-se sobre a primeira digitação do serrátil anterior e sobre o subescapular.

RAMOS CERVICAIS DORSAIS

Cada ramo espinal cervical dorsal, exceto o primeiro, divide-se em ramos medial e lateral, e todos inervam músculos. Em geral, apenas os ramos mediais do segundo ao quarto e, geralmente, o quinto suprem a pele. Exceto para o primeiro (por vezes chamado de nervo suboccipital) e o segundo, cada ramo dorsal passa posteriormente medial ao músculo intertransversário posterior, curvando-se ao redor do processo articular em direção ao intervalo entre o semiespinal da cabeça e o semiespinal do pescoço. Os ramos cervicais dorsais são descritos em detalhes nas páginas 755-756.

NERVOS CRANIANOS

Nervo glossofaríngeo

O nervo glossofaríngeo (Figs. 28.8, 28.11 e 28.19) supre as fibras motoras para o estilofaríngeo, as fibras parassimpáticas secretomotoras para a glândula parótida (derivadas do núcleo salivar inferior), as fibras sensoriais para a cavidade timpânica, tubo faringotimpânico, fauces, tonsilas, nasofaringe, úvula e terço posterior (pós-sulcal) da língua, e as fibras gustatórias para a parte pós-sulcal da língua.

O nervo deixa o crânio através da parte anteromedial do forame jugular, anterior aos nervos vago e acessório, e em uma bainha dural separada. No forame, aloja-se em um sulco profundo conduzido da depressão coclear aquedutal, e é separado pelo seio petroso inferior dos nervos vago e acessório. O sulco é ligado por tecido fibroso, que é calcificado em 25% dos crânios.

Depois de deixar o forame, o nervo passa anteriormente entre a veia jugular interna e a artéria carótida interna e, em seguida, desce anterior a esta, abaixo do processo estiloide e seus músculos anexos, atingindo a margem posterior do estilofaríngeo. Ele curva anteriormente no estilofaríngeo e penetra as fibras inferiores do constritor superior da faringe, ou passa entre ele e o constritor médio para ser distribuído para a tonsila,

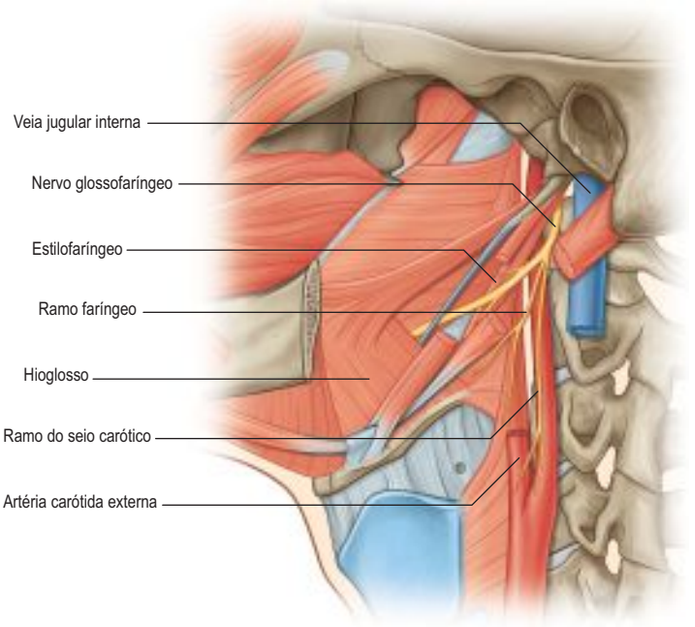


Fig. 28.19 Nervo glossofaríngeo no trígono anterior do pescoço. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

para a mucosa da faringe e a parte pós-sulcal da língua, para as papilas valadas e para as glândulas mucosas orais.

Dois gânglios, superior e inferior, estão situados no nervo glossofaríngeo quando ele atravessa o forame jugular. O gânglio superior está na parte superior do sulco ocupado pelo nervo no forame jugular. É pequeno, não tem ramos, e geralmente é considerado como uma parte separada do gânglio inferior. O gânglio inferior é maior e situa-se em uma incisura na margem inferior da parte petrosa do osso temporal. Suas células são neurônios unipolares típicos, cujos ramos periféricos transmitem sinais gustatórios e táteis, a partir da mucosa da língua (terço posterior, incluindo o sulco terminal e as papilas valadas), e sensibilidade geral, a partir da orofaringe, onde é responsável por dar início ao reflexo do vômito.

Ramos comunicantes

O nervo glossofaríngeo comunica-se com o tronco simpático e com os nervos vago e facial. Seu gânglio inferior está conectado ao gânglio simpático cervical superior. Dois filamentos a partir do gânglio inferior passam para o vago, um para o seu ramo auricular e o outro para o seu gânglio superior. Um ramo para o nervo facial surge do nervo glossofaríngeo abaixo do gânglio inferior e perfura o ventre posterior do digástrico, juntando-se ao nervo facial próximo ao forame estilomastóideo.

Ramos de distribuição

O nervo glossofaríngeo tem ramos timpânico, para o seio carótico, faríngeo, muscular, tonsilar e lingual.

Nervo timpânico O nervo timpânico deixa o gânglio inferior, ascende à cavidade timpânica através do canalículo timpânico inferior e divide-se em ramos que contribuem para o plexo timpânico. O nervo petroso menor é proveniente do plexo timpânico.

Ramo para o seio carótico O ramo para o seio carótico frequentemente é duplo. Surge logo abaixo do forame jugular e desce sobre a artéria carótida interna até a parede do seio carótico e do glomo carótico. O nervo contém fibras aferentes primárias dos quimiorreceptores no glomo carótico e dos barorreceptores situados na parede do seio carótico. Pode comunicar-se com o gânglio inferior do vago, ou com um de seus ramos, e com um ramo simpático do gânglio cervical superior.

Ramos faríngeos Os ramos faríngeos são três ou quatro filamentos que se unem com o ramo faríngeo do vago e com os ramos laringofaríngeos do tronco simpático para formar o plexo faríngeo próximo do constritor médio da faringe. Eles constituem a via pela qual o nervo glossofaríngeo supre as fibras sensoriais para a mucosa da faringe.

Ramo muscular O ramo muscular supre o estilofaríngeo.

Ramos tonsilar, lingual e petroso menor Os ramos tonsilar, lingual e petroso menor são descritos nas páginas 565, 506 e 543, respectivamente.

Lesões do nervo glossofaríngeo

Raramente ocorre lesão do nervo glossofaríngeo sem envolvimento de outros nervos cranianos inferiores. A hipertensão transitória ou contínua pode ocorrer após secção cirúrgica do nervo, e indica envolvimento do ramo carótico. Lesões isoladas do nervo glossofaríngeo levam à perda da sensibilidade sobre o palato mole ipsilateral, fauces, faringe e terço posterior da língua, embora isto seja difícil de avaliar clinicamente e a confirmação requeira estimulação galvânica. Os reflexos palatal e faríngeo (do vômito) são reduzidos ou ausentes e a secreção salivar da glândula parótida também pode ser reduzida. A fraqueza do estilofaríngeo não pode ser testada individualmente. A neuralgia do glossofaríngeo consiste em dor episódica breve mas intensa, frequentemente ativada por deglutição, e sentida na garganta, posteriormente ao ângulo da mandíbula e na orelha. As tromboses bulbares jugulares superiores (por exemplo, na otite média) e a síndrome do forame jugular (associada a carcinoma nasofaríngeo ou tumor glômico) podem causar lesões dos nervos glossofaríngeo adjacente, vago e acessório, com fraqueza associada nos músculos supridos na faringe e laringe.

Nervo vago

O vago é um grande nervo misto. Tem um curso e uma distribuição mais extensos do que qualquer outro nervo craniano e corre através do pescoço, tórax e abdome. Suas conexões centrais estão descritas no Capítulo 19.

O vago sai do crânio através do forame jugular acompanhado do nervo acessório, com o qual partilha uma bainha aracnoide e uma dural. Ambos os nervos situam-se anteriores a um septo fibroso que os separa do nervo glossofaríngeo. O nervo vago desce verticalmente no pescoço na bainha carótica, entre a veia jugular interna e a artéria carótida interna, até a margem superior da cartilagem tireoide e, em seguida, passa entre a veia jugular interna e a artéria carótida comum para a raiz do pescoço. Suas relações nesta parte do seu curso são, portanto, semelhantes às descritas para estas estruturas (Figs. 28.7A, 28.8 e 28.17). Seu curso adicional difere nos dois lados. O vago direito desce posterior à veia jugular interna atravessando a primeira parte da artéria subclávia e entra no tórax. O vago esquerdo entra no tórax entre as artérias carótida comum esquerda e subclávia e posteriormente à veia braquiocefálica esquerda.

Após emergir do forame jugular, o vago apresenta duas dilatações acentuadas, um gânglio superior arredondado pequeno e um gânglio inferior maior.

Gânglio superior (jugular)

O gânglio superior é acinzentado, esférico e tem aproximadamente 4 mm de diâmetro. Está conectado à raiz craniana do nervo acessório, ao gânglio inferior do glossofaríngeo e ao tronco simpático, sendo que este último por um filamento a partir do gânglio cervical superior. A importância destas conexões não está totalmente clara, mas a primeira provavelmente contém fibras motoras aberrantes do núcleo ambíguo emitidas no nervo acessório, sendo distribuídas para a musculatura palatina, faríngea, laríngea e esofágica superior por meio do vago.

Gânglio inferior (nodoso)

O gânglio inferior ou nodoso é maior do que o gânglio superior, e tem forma alongada e cilíndrica, com um comprimento de 25 mm e uma largura máxima de 5 mm. Ele está conectado ao nervo hipoglosso, à alça entre o primeiro e o segundo nervos espinais cervicais e ao gânglio simpático cervical superior. Logo acima do gânglio, o ramo craniano do nervo acessório mistura-se ao nervo vago, sendo que suas fibras são distribuídas principalmente aos ramos vagais faríngeo e laríngeo recorrente. A maioria das fibras aferentes viscerais tem seus corpos celulares no gânglio nodoso.

Ambos os gânglios vagais são exclusivamente sensoriais e contêm neurônios aferentes somáticos, viscerais especiais e viscerais gerais. O gânglio superior é principalmente somático, e a maioria dos seus neurônios entra na composição do nervo auricular, enquanto os neurônios no gânglio inferior estão relacionados com a sensação visceral a partir do coração, da laringe, dos pulmões e do trato alimentar, desde a faringe até o cólon transverso. Algumas fibras transmitem impulsos a partir das terminações gustatórias na valécula e no epiglote. As grandes fibras aferentes são derivadas dos fusos musculares nos músculos da laringe. Os neurônios sensoriais vagais no gânglio nodoso podem apresentar alguma organização somatotópica. Ambos os gânglios são atravessados por fibras parassimpáticas e, talvez, por algumas fibras simpáticas, mas não há evidências de que os componentes parassimpáticos vagais são transmitidos ao gânglio inferior. As fibras motoras pré-ganglionares do núcleo dorsal do vago e os eferentes viscerais especiais do núcleo ambíguo, que descem para o gânglio vagal inferior, comumente formam uma faixa visível, que margeia o gânglio em alguns mamíferos. Estas fibras maiores provavelmente fornecem inervação motora para a laringe no nervo laríngeo recorrente, juntamente com alguma contribuição para o nervo laríngeo superior que supre o cricotireóideo.

Ramos no pescoço

Os ramos do vago no pescoço são os nervos meníngeos, auricular, faríngeo, do corpo carótico, laríngeos superior e recorrente, e os ramos cardíacos.

Ramo(s) meníngeo(s) Os ramos meníngeos parecem iniciar a partir do gânglio vagal superior e passam através do forame jugular, sendo distribuídos para a dura-máter na fossa posterior do crânio.

Ramo auricular O ramo auricular surge a partir do gânglio vagal superior e junta-se a um ramo do gânglio inferior do nervo glossofaríngeo. Ele passa posteriormente à veia jugular interna e entra no canalículo mastóideo sobre a parede lateral da fossa jugular. Atravessando o osso temporal, cruza o canal facial aproximadamente 4 mm acima do forame estilomastóideo, e aqui supre um ramo ascendente para o nervo facial. As fibras do nervo intermédio podem passar para o ramo auricular, neste ponto, o que explicaria a vesiculação cutânea na orelha que às vezes acompanha o herpes geniculado. O ramo auricular, em seguida, percorre a fissura timpanomastóidea, e divide-se em dois ramos. Um ramo une-se ao nervo auricular posterior e o outro é distribuído para a pele de uma parte da orelha e para o meato acústico externo.

Ramo faríngeo O ramo faríngeo do vago é o principal nervo motor da faringe. Emerge da parte superior do gânglio vagal inferior e consiste principalmente em filamentos do nervo craniano acessório. Ele passa entre as artérias carótidas interna e externa para a margem superior do constritor médio da faringe e divide-se em numerosos filamentos que se juntam aos ramos do tronco simpático e do nervo glossofaríngeo, formando um plexo faríngeo. Um filamento minúsculo, o ramo lingual do vago, junta-se ao nervo hipoglosso à medida que se curva ao redor da artéria occipital.

Ramificações para o corpo carótico Os ramos para o corpo carótico são variáveis em número. Eles podem surgir a partir do gânglio inferior ou trafegar no ramo faríngeo, e por vezes no nervo laríngeo superior. Eles formam um plexo com os ramos glossofaríngeos e com os ramos do tronco simpático cervical.

Nervo laríngeo superior O nervo laríngeo superior é maior que o ramo faríngeo e surge a partir da metade do gânglio vagal inferior. Ele recebe um ramo do gânglio simpático cervical superior e desce ao longo da faringe, primeiro posterior, depois medial, até a artéria carótida interna, e divide-se em ramos interno e externo.

O ramo interno é sensorial à mucosa da laringe até o nível das pregas vocais. Também carrega fibras aferentes a partir dos fusos neuromusculares laríngeos e outros receptores de alongamento. Ele desce até a membrana tireo-hióidea, penetra-a acima da artéria laríngea superior e divide-se em um ramo superior e inferior. O ramo superior é horizontal e supre a mucosa da faringe, a epiglote, valécula e o vestíbulo laríngeo. O ramo inferior desce na parede medial do recesso piriforme, supre a prega aripiglótica, a mucosa na parte posterior da cartilagem aritenóidea e um ou dois ramos para o aritenóideo transverso (este último une-se com os pequenos ramos do laríngeo recorrente para suprir o mesmo músculo). O ramo interno do nervo laríngeo superior acaba por perfurar o constritor inferior da faringe unindo-se a um ramo ascendente do nervo laríngeo recorrente. À medida que sobe no pescoço, supre ramos, mais numerosos à esquerda, até a mucosa e túnica muscular do esôfago e traqueia e ao constritor inferior da faringe.

O ramo externo do laríngeo superior, menor do que o interno, desce posterior ao esterno-hióideo com a artéria tireóidea superior, mas em um plano mais profundo. Situa-se primeiramente no constritor inferior da faringe; em seguida, penetra-o curvando-se ao redor do tubérculo tireóideo inferior e atinge o cricotireóideo, que ele supre. O nervo também dá origem a ramos para o plexo faríngeo e para o constritor inferior. Por trás da artéria carótida comum, o ramo externo comunica-se com o nervo cardíaco superior e com o gânglio simpático cervical superior.

Nervo laríngeo recorrente O nervo laríngeo recorrente difere, na origem e no curso, nos dois lados. À direita, surge a partir do vago, anterior até a primeira parte da artéria subclávia, contornando de volta inferiormente; e, em seguida, subindo por trás dele oblíqua e lateralmente à traqueia e posterior à artéria carótida comum. Perto do polo inferior do lobo direito da glândula tireoide está estreitamente ligado à artéria tireóidea inferior e cruza anterior e posteriormente, ou pelo meio, os seus ramos. No antímero esquerdo, o nervo surge do vago à esquerda do arco aórtico, curva-se abaixo dele, imediatamente posterior à inserção do ligamento arterioso até a concavidade do arco aórtico e sobe lateralmente à traqueia. À medida que o nervo laríngeo recorrente curva-se ao redor da artéria subclávia, ou do arco aórtico, dá origem a filamentos cardíacos para o plexo cardíaco profundo. Em ambos os lados, o nervo laríngeo recorrente sobe em ou perto de um sulco entre a traqueia e o esôfago. Está intimamente relacionado com a superfície medial da glândula tireoide, antes de passar sob a margem inferior do constritor inferior da faringe, e entra na laringe posteriormente à articulação do corno inferior da tireoide com a cartilagem cricóidea. O nervo laríngeo recorrente supre todos os músculos da laringe, com exceção do cricotireóideo, e comunica-se com o ramo interno do nervo laríngeo superior, suprindo os filamentos sensoriais para a mucosa da laringe abaixo das pregas vocais. Também carrega fibras aferentes dos receptores laríngeos de alongamento. O nervo laríngeo recorrente é descrito com mais detalhes juntamente com a laringe na página 589.

Nervo acessório

O nervo acessório (Figs. 28.7A, 28.11 e 28.17) é convencionalmente descrito como uma entidade única, embora seus dois componentes, que se juntam em uma parte relativamente curta de seu curso, são de origem bastante distinta.

Raiz craniana

A raiz craniana do nervo acessório é menor do que a raiz espinal. Ela sai do crânio através do forame jugular e une-se por uma curta distância a uma raiz espinal. É também ligada ao gânglio superior do vago. Após atravessar o forame, a raiz craniana separa-se da parte espinal e liga-se imediatamente ao nervo vago, superior ao gânglio inferior do vago. Aquelas de suas fibras que são distribuídas nos ramos faríngeos do vago são derivadas do núcleo ambíguo e, provavelmente, inervam músculos faríngeos e palatinos, exceto o tensor do véu palatino. Outras fibras entram no nervo laríngeo recorrente para suprir os músculos adutores das pregas vocais, do tireoaritenóideo e cricoaritenóideo lateral.

O estado da raiz craniana do nervo acessório continua a promover discussão. Estudos de dissecção cadavérica têm revelado grande variação nos padrões de junção entre os ramos intracranianos dos quatro nervos cranianos inferiores (glossofaríngeo, vago, acessório e hipoglosso) na fossa craniana posterior: uma raiz craniana do acessório nem sempre pode ser demonstrada.

Raiz espinal

A raiz espinal surge de um núcleo alongado de células motoras situadas na face lateral do corno ventral que se estende a partir da junção da medula espinal até o sexto segmento cervical (Fig. 28.11). Algumas radículas emergem diretamente, outras curvam-se cranialmente antes de sair. Sua linha de saída é irregular e não linear, e a raiz espinal geralmente passa pelo primeiro gânglio da raiz dorsal cervical. As radículas formam um tronco que sobe entre o ligamento denticulado e as raízes dorsais dos nervos espinhais e entra no crânio por meio do forame magno, posterior à artéria vertebral. Este tronco então curva-se superiormente e passa lateralmente atingindo o forame jugular, que ele percorre em uma bainha dural comum com o vago, mas separada daquele nervo por uma prega de aracnoide-máter. Quando a raiz espinal sai do forame jugular, ela corre posterolateralmente e passa medial ou lateral à veia jugular interna. Ocasionalmente, passa através da veia. O nervo então cruza o processo transverso do atlas e ele próprio é atravessado pela artéria occipital. Ele desce obliquamente, medial ao processo estiloide, ao estilo-hióideo e ao ventre posterior do digástrico. Correndo com o ramo esternocleidomastóideo superior da artéria occipital, ele atinge a parte superior do esternocleidomastóideo e entra em sua superfície profunda, formando uma anastomose com fibras de C2 isoladas, C3 isoladas, ou C2 e C3, a alça de Maubrac. Pode também comunicar-se com a raiz anterior do primeiro nervo cervical (ramo de McKenzie).

O nervo acessório ocasionalmente termina no esternocleidomastóideo. Mais comumente, emerge um pouco acima do ponto médio da margem posterior do esternocleidomastóideo, geralmente acima da emergência do nervo auricular magno (normalmente em uma faixa de 2 cm dele) e entre 4-6 cm da extremidade do processo mastoide. No entanto, o ponto de emergência é muito variável. O nervo então cruza o trígono posterior sobre o levantador da escápula (Fig. 28.7A), separado dele pela lâmina pré-vertebral da fáscia cervical profunda e por tecido adiposo. Aqui, o nervo é relativamente superficial e relacionado com os linfonodos cervicais superficiais. Cerca de 3-5 cm acima da clavícula, ele passa por trás da margem anterior do trapézio, muitas vezes se dividindo para formar um plexo em sua superfície profunda, que recebe contribuições de C3 e C4, ou de C4 isoladamente. Em seguida, entra na superfície profunda do músculo.

O curso cervical do nervo segue uma linha a partir da parte anteroinferior do trago em direção à extremidade do processo transverso do atlas e, em seguida, através do esternocleidomastóideo e do trígono posterior até um ponto sobre a margem anterior do trapézio, 3-5 cm acima da clavícula.

Convencionalmente, acredita-se que a raiz espinal fornece o único suprimento motor para o esternocleidomastóideo, e que o segundo e o terceiro nervos cervicais transportam fibras proprioceptivas a partir dele.

O trajeto supranuclear das fibras destinadas ao esternocleidomastóideo não é simples: as fibras podem sofrer uma dupla decussação no tronco encefálico e/ou pode haver uma projeção bilateral para o músculo a partir de cada hemisfério. O suprimento motor para as porções superior e média do trapézio vem principalmente do ramo espinal do nervo acessório. No entanto, os dois terços inferiores do músculo, em 75% dos indivíduos, recebem uma inervação do plexo cervical. Com base na desnervação incompleta do músculo, que às vezes ocorre após o sacrifício tanto do nervo acessório como do plexo cervical, sugeriu-se que o trapézio receba um suprimento motor parcial de outras fontes, possivelmente por meio de raízes torácicas. Além de sua contribuição motora, C3 e 4 transportam fibras proprioceptivas do trapézio. Em 25% dos indivíduos, o ramo espinal do nervo acessório não recebe fibras nervosas do plexo cervical. (Para uma análise detalhada da anatomia cirúrgica aplicada do plexo do ramo espinal do nervo acessório, ver Brown, 2002.)

Os gânglios sensitivos foram descritos ao longo do curso da raiz espinal.

Lesões que afetam o nervo acessório

As lesões do nervo acessório podem ocorrer centralmente, na sua saída do crânio ou no pescoço. As fibras supranucleares que influenciam os neurônios motores que inervam o esternocleidomastóideo decussam duas vezes; portanto, uma lesão do sistema piramidal acima da ponte produz fraqueza do esternocleidomastóideo ipsilateral e do trapézio contralateral. A contração episódica do esternocleidomastóideo e do trapézio, frequentemente acompanhada pela contração de outros grupos musculares, por exemplo, esplênio da cabeça, ocorre em torcicolo espasmódico, uma distonia focal. Na síndrome do forame jugular, causada por patologias que incluem carcinoma nasofaríngeo ou um tumor glômico, coexistem lesões dos nervos glossofaríngeo, vago e acessório. O nervo acessório pode ser lesionado mais distalmente no pescoço por traumatismo ou por exploração cirúrgica no trígono posterior. Se o nervo acessório for sacrificado como parte de uma dissecação radical do pescoço, e a inervação de trapézio for perdida, o paciente desenvolve neuralgia intratável devido à tração sobre o plexo braquial causada pelo peso não suportado do ombro e do braço.

Nervo hipoglosso

O nervo hipoglosso é motor para todos os músculos da língua, exceto o palatoglosso. As radículas do hipoglosso correm lateral e posteriormente à artéria vertebral, coletadas em dois feixes que perfuram a dura-máter separadamente opostos ao canal do hipoglosso no osso occipital e que se unem após atravessá-lo. O canal é, por vezes, dividido por uma espícula óssea. O nervo emerge do canal em um plano medial à veia jugular interna, artéria carótida interna, nono, décimo e décimo primeiro nervos cranianos, e passa inferolateral e posteriormente à artéria carótida interna e aos nervos glossofaríngeo e vago para o intervalo entre a artéria e a veia jugular interna (Fig. 28.8). Aqui ele faz uma meia espiral ao redor do gânglio inferior do nervo vago e é unido a ele por tecido conjuntivo. Ele então desce quase verticalmente entre os vasos e anterior ao vago até um ponto ao nível do ângulo da mandíbula, tornando-se superficial abaixo do ventre posterior do digástrico e surgindo entre a veia jugular interna e a artéria carótida interna. Ele dá volta a redor do ramo esternocleidomastóideo inferior da artéria occipital, cruza lateral a ambas as artérias carótidas interna e externa e à alça da artéria lingual um pouco acima da extremidade do corno maior do osso hioide, e ele próprio é cruzado pela veia facial (Figs. 28.7A, 28.8 e 28.17). Seu curso é descrito em mais detalhes na página 506.

Comunicações

O nervo hipoglosso comunica-se com o tronco simpático, com o vago, com o primeiro e o segundo nervos cervicais e com o nervo lingual. Perto do atlas, é acompanhado por ramos do gânglio simpático cervical superior e por um filamento da alça entre o primeiro e o segundo nervos cervicais que deixa o hipoglosso como raiz superior da alça cervical. As conexões vagais ocorrem perto do crânio e numerosos filamentos passam entre o nervo hipoglosso e o gânglio inferior do nervo vago no tecido conjuntivo, unindo-os. Quando o nervo hipoglosso se curva ao redor da artéria occipital, ele recebe o ramo lingual do vago a partir do plexo faríngeo. Perto da margem anterior do hioglosso, ele é conectado ao nervo lingual por muitos filamentos que sobem no músculo.

Ramos de distribuição

Os ramos de distribuição do nervo hipoglosso são os nervos meníngeos, descendente, tireo-hioide e muscular.

Ramos meníngeos Os ramos meníngeos deixam o nervo no canal do hipoglosso e retornam através dele suprindo a díploe do osso occipital, as paredes durais do occipital e seio petroso inferior e grande parte do assoalho da parede anterior da fossa craniana posterior, provavelmente através de outras vias que não a do nervo hipoglosso, por exemplo, os nervos espinais cervicais superiores.

Ramo descendente O ramo descendente (hipoglosso descendente) contém fibras do primeiro nervo espinal cervical. Ele deixa o nervo hipoglosso quando se curva em torno da artéria occipital e se estende inferiormente na bainha carótica. Ele fornece um ramo para o ventre superior do omo-hióideo antes de juntar-se ao cervical descendente para formar a alça cervical (Figs. 28.7A e 28.8).

Nervos para o tireo-hióideo e gênio-hióideo Os nervos para o tireo-hióideo e genio-hióideo surgem próximos da margem posterior do hioglosso. Eles representam as fibras remanescentes dos primeiros nervos espinais cervicais.

Lesões do nervo hipoglosso

O nervo hipoglosso pode ser lesionado durante a dissecação do pescoço. A divisão completa do hipoglosso provoca paralisia lingual unilateral e subsequente hemiatrofia; a língua projetada desvia para o lado paralisado e, em retração, o lado perdido e paralisado eleva-se mais que o lado não afetado. A laringe pode desviar-se em direção ao lado ativo na deglutição devido à paralisia unilateral dos depressores hióideos associados à perda do primeiro nervo espinal cervical que faz o trajeto com o nervo hipoglosso. Se a paralisia for bilateral, a língua fica imóvel. O paladar e a sensibilidade tátil não são afetados, mas a articulação é lenta e a deglutição é muito difícil.

TRONCO SIMPÁTICO CERVICAL

O tronco simpático cervical situa-se sobre a lâmina pré-vertebral posterior à bainha carótica e contém três gânglios interligados, superior, médio e inferior (estrelado ou cervicotorácico) (Figs. 28.17 e 28.18). Entretanto, pode haver ocasionalmente dois ou quatro gânglios. Os gânglios simpáticos cervicais enviam ramos comunicantes cinzentos para todos os nervos espinais cervicais, mas não recebem nenhum ramo comunicante branco deles. Suas fibras espinais pré-ganglionares emergem nos ramos comunicantes brancos dos cinco nervos espinhais torácicos superiores (principalmente os três superiores) e sobem no tronco simpático para sofrer sinapse nos gânglios cervicais. Em seu curso, os ramos comunicantes cinzentos podem penetrar o longo da cabeça ou o escaleno anterior.

Gânglio cervical superior

O gânglio cervical superior é o maior dos três gânglios (Fig. 28.17). Ele situa-se nos processos transversos das segunda e terceira vértebras cervicais e provavelmente é formado a partir de quatro gânglios fundidos à jugular por seus ramos cinzentos para C1-4. A artéria carótida interna no interior da bainha carótica é anterior e o longo da cabeça é posterior. A extremidade inferior do gânglio está unida por um ramo interganglionar com o gânglio cervical médio. Os ramos pós-ganglionares são distribuídos no nervo carótico interno, que sobe com a artéria carótida interna em direção ao canal carótico, entrando na cavidade craniana e nos ramos lateral, medial e anterior. Eles suprem os nervos vasoconstritor e sudomotor para a face e o pescoço, dilatador da pupila e músculo liso nas pálpebras e orbitais.

Ramos laterais Os ramos laterais são ramos comunicantes cinzentos para os quatro nervos espinais cervicais superiores e para alguns dos nervos cranianos. Os ramos passam ao gânglio inferior do vago, nervo hipoglosso, bulbo jugular superior e glomo ou glomera jugular associados e para as meninges na fossa posterior do crânio. Outro ramo, o nervo jugular, sobe para a base do crânio e divide-se em dois: uma parte junta-se ao gânglio inferior do glossofaríngeo, e a outra junta-se ao gânglio superior do vago.

Ramos mediais Os ramos mediais do gânglio cervical superior são o laringofaríngeo e o cardíaco. Os ramos laringofaríngeos suprem o corpo carótico e passam lateralmente à faringe, juntando-se aos ramos glossofaríngeo e vagal para formar o plexo faríngeo. Um ramo cardíaco surge por dois ou mais filamentos a partir da parte inferior do gânglio cervical superior e ocasionalmente recebe um ramo do tronco entre os gânglios cervicais superior e médio. Acredita-se que contenha apenas fibras eferentes, sendo que o fluxo pré-ganglionar origina-se dos segmentos torácicos superiores da medula espinal e é desprovido de fibras de dor no coração. Ele desce posterior à artéria carótida comum, anterior ao longo do pescoço, e cruza anterior à artéria tireóidea inferior e ao nervo laríngeo recorrente. Os cursos sobre os dois lados então diferem. O ramo cardíaco direito geralmente passa posteriormente, mas às vezes anteriormente, à artéria subclávia e corre posterolateral ao tronco braquiocefálico, juntando-se à parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco posterior ao arco

aórtico. Ele tem outras conexões simpáticas. Próximo à metade do pescoço, ele recebe filamentos do ramo externo do nervo laríngeo superior. Inferiormente, um ou dois ramos cardíacos vagais juntam-se a ele. Ao entrar no tórax, é acompanhado por um filamento do nervo laríngeo recorrente. Os filamentos do nervo também comunicam-se com os ramos da tireoide do gânglio cervical médio. O ramo cardíaco esquerdo, no tórax, é anterior à artéria carótida comum esquerda e cruza anterior ao lado esquerdo do arco aórtico, atingindo a parte superficial (ventral) do plexo cardíaco. Às vezes, desce à direita da aorta, terminando na parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco. Comunica-se com os ramos cardíacos dos gânglios simpáticos cervicais inferiores e, por vezes, com os ramos cardíacos cervicais inferiores do vago esquerdo, e os ramos destes nervos associados formam um plexo sobre a aorta ascendente.

Ramos anteriores Os ramos anteriores do gânglio cervical superior ramificam-se sobre as artérias carótidas comum e externa e sobre os ramos da carótida externa, formando um plexo delicado ao redor de cada um nos quais gânglios pequenos são ocasionalmente encontrados. O plexo em torno da artéria facial supre um filamento para o gânglio submandibular; o plexo sobre a artéria meníngea média envia um ramo para o gânglio ótico; e um outro, o nervo petroso externo, para o gânglio facial. Muitas das fibras que cursam ao longo da carótida externa e seus ramos, em última instância, deixam-nos trafegar para as glândulas sudoríparas faciais por meio dos ramos do nervo trigêmeo.

Gânglio cervical médio

O gânglio cervical médio é o menor dos três e é ocasionalmente ausente, caso em que ele pode ser substituído por gânglios minúsculos no tronco simpático ou podem ser fundidos com o gânglio superior. É normalmente encontrado ao nível da sexta vértebra cervical, anterior ou imediatamente superior à artéria tireóidea inferior, ou pode juntar-se ao gânglio cervical inferior. Provavelmente representa uma união dos gânglios do quinto e do sexto segmentos cervicais, a julgar pelos seus ramos pós-ganglionares, que se juntam ao quinto e ao sexto nervos espinais cervicais (mas às vezes também ao quarto e ao sétimo). É ligado ao gânglio cervical inferior por dois ou mais cordões muito variáveis. O cordão posterior geralmente divide-se envolvendo a artéria vertebral, enquanto o cordão anterior faz um alça inferior, anterior a e, em seguida, abaixo da, primeira parte da artéria subclávia, medial à origem do seu ramo torácico interno e supre ramos para ela. Esta alça é a alça subclávia, que na maioria das vezes é múltipla, situa-se intimamente em contato com a pleura cervical, e tipicamente conecta-se com o nervo frênico e, por vezes, com o vago (Fig. 28.18).

O gânglio cervical médio dá origem aos ramos da tireoide e aos cardíacos. Os ramos tireóideos acompanham a artéria tireóidea inferior até a glândula tireoide. Eles comunicam-se com os nervos cardíacos superior, com o ramo externo do laríngeo superior e laríngeos recorrentes e enviam ramos para as glândulas paratireoides. As fibras para ambas as glândulas são amplamente vasomotoras mas algumas atingem as células secretoras. O ramo cardíaco, o maior nervo cardíaco simpático, surge do gânglio em si ou, com mais frequência, a partir do tronco simpático craniano ou caudal a ele. No lado direito, desce posterior à artéria carótida comum, anterior ou posteriormente à artéria subclávia, até a traqueia, onde ele recebe um pequeno número de filamentos do nervo laríngeo recorrente antes de juntar-se à metade direita da parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco. No pescoço, ele conecta-se com os nervos cardíaco superior e laríngeo recorrente. No lado esquerdo, o nervo cardíaco entra no tórax entre as artérias carótida comum esquerda e a subclávia, juntando-se à metade esquerda da parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco. Finos ramos do gânglio cervical médio também passam para a traqueia e o esôfago.

Gânglio inferior (ou cervicotorácico/estrelado)

O gânglio cervical inferior (cervicotorácico/estrelado) é de forma irregular e muito maior do que o gânglio cervical médio (Fig. 28.18). É provavelmente formado por uma fusão dos dois gânglios cervicais inferiores com o primeiro segmentar torácico, por vezes incluindo o segundo e até o terceiro e o quarto gânglios torácicos. O primeiro gânglio torácico pode ser separado, deixando um gânglio cervical inferior acima dele. O tronco simpático curva-se para trás na junção entre o pescoço e o tórax e, portanto, o eixo longo do gânglio cervicotorácico torna-se quase anteroposterior. O gânglio situa-se sobre a margem lateral do longo do pescoço ou imediatamente lateral a ela, entre a base do sétimo processo transverso da sétima cervical e o colo da primeira costela (que são ambos posteriores a ele). Os vasos vertebrais são anteriores e o gânglio é separado da vista posterior da pleura cervical inferiormente pela membrana suprapleural. O tronco costocervical da artéria subclávia ramifica próximo do polo inferior do gânglio, e a artéria intercostal superior é lateral.

Um pequeno gânglio vertebral pode estar presente no tronco simpático anterior ou anteromedial à origem da artéria vertebral e diretamente acima da artéria subclávia. Quando presente, pode produzir a alça subclávia e é também acompanhado, em direção ao gânglio cervical inferior, pelas fibras que envolvem a artéria vertebral. É geralmente considerado como uma parte separada do gânglio cervical médio ou cervical inferior. Tal como o gânglio cervical médio, ele pode suprir ramos comunicantes cinzentos para o quarto e o quinto nervos espinais cervicais. O gânglio cervical inferior envia ramos comunicantes cinzentos para os sétimo e oitavo nervos cervicais e primeiro espinal torácico e dá origem a um ramo cardíaco, a ramos para os vasos próximos e, por vezes, a um ramo para o nervo vago.

Os ramos comunicantes cinzentos para o sétimo nervo espinal cervical variam de um a cinco (sendo dois o número habitual). Um terceiro frequentemente sobe medial à artéria vertebral anterior ao sétimo processo transverso cervical. Ele conecta-se com o sétimo nervo cervical e envia um filamento superior através do sexto forame transverso cervical juntamente com os vasos vertebrais, agregando-se ao sexto nervo espinal cervical à medida que emerge do forame intervertebral. Um ramo inconstante pode cruzar o sétimo forame transversário cervical. O número de ramos cinzentos para o oitavo nervo espinal cervical varia de três a seis.

O ramo cardíaco desce posteriormente à artéria subclávia e ao longo da região anterior da traqueia até o plexo cardíaco profundo. Posterior à artéria, ele liga-se ao nervo laríngeo recorrente e ao ramo cardíaco do gânglio cervical médio (este último é frequentemente substituído por ramos finos do gânglio cervical inferior e da alça subclávia).

Os ramos para os vasos sanguíneos formam plexos sobre a artéria subclávia e seus ramos. O suprimento da subclávia é proveniente do gânglio cervical inferior e da alça subclávia e, tipicamente, estende-se até a primeira parte da artéria axilar, embora algumas fibras possam estender-se ainda mais. Uma extensão do plexo subclávio para a artéria torácica interna pode ser acompanhada de um ramo do nervo frênico.

Dentro dos forames transversários e espaços intertransversários, os ramos comunicantes cinzentos cervicais formam arcadas intersegmentares à medida que se comunicam uns com os outros e com os ramos ventrais dos quatro ou seis nervos espinais cervicais superiores. Estas arcadas acompanham a segunda parte da artéria vertebral e criam a aparência de um nervo longo conhecido como nervo vertebral. Os filamentos finos deste nervo e os ramos comunicantes cinzentos formam o plexo vertebral na superfície da artéria vertebral. Este plexo contém não apenas fibras eferentes simpáticas, mas também fibras sensoriais somáticas a partir da adventícia da artéria, cujos corpos celulares estão localizados nos gânglios da raiz dorsal cervical. O nervo vertebral envia filamentos para os ângulos posterolaterais dos discos intervertebrais cervicais (Bogduk *et al.* 1988) e dá origem aos ramos meníngeos (nervos sinuvertebrais) em cada segmento cervical. O plexo vertebral, que contém alguns corpos celulares neuronais, continua em direção ao crânio ao longo das artérias vertebrais e basilar e seus ramos até a artéria cerebral posterior, onde se encontra com um plexo da artéria carótida interna. O plexo sobre a artéria tireóidea inferior atinge a glândula tireoide e conecta-se com os nervos laríngeos recorrentes e ramo externo do nervo laríngeo superior, com o ramo cardíaco do gânglio cervical superior, bem como o plexo carótico.

Síndrome de Horner

Qualquer distúrbio ou lesão que destrói o tronco simpático ascendendo a partir do tórax através do pescoço em direção à face resulta na síndrome de Horner, caracterizada por queda da pálpebra (ptose), afundamento do globo (enoftalmia), fissura palpebral estreita, contração da pupila (miose), vasodilatação e falta de sudorese térmica (anidrose) sobre o lado afetado. Isto ocorre classicamente quando um carcinoma brônquico invade o tronco simpático. Também ocorre como uma complicação de simpatectomia cervical ou uma dissecação radical de pescoço. A extração do primeiro nervo torácico da medula espinal pode ser diagnosticada por meio do desenvolvimento da síndrome após lesão por tração fechada do plexo braquial supraclavicular.

VÍSCERAS

As principais vísceras cervicais são as glândulas salivares submandibulares, as glândulas tireoide e paratireoides, e as porções cervicais da traqueia e do esôfago.

GLÂNDULA SALIVAR SUBMANDIBULAR

Cada glândula salivar submandibular está situada posteroinferiormente ao ramo da mandíbula, na região do trígono submandibular, entre os ventres anterior e posterior do digástrico (Fig. 28.7A). A glândula é descrita em detalhes na página 520.

GLÂNDULA TIREOIDE

A glândula tireoide, marrom-avermelhada e altamente vascular, situa-se anteriormente na região inferior do pescoço, ao nível da quinta vértebra cervical até a primeira torácica (Figs. 28.4 e 28.17). É embainhada pela camada pré-traqueal da fáscia cervical profunda e consiste em lobos direito e esquerdo unidos por um istmo estreito, mediano. Em geral, pesa 25 g, mas isso varia. A glândula é ligeiramente mais pesada nas mulheres e aumenta durante a menstruação e a gravidez. A estimativa do tamanho da glândula tireoide é clinicamente importante na avaliação e no tratamento dos distúrbios da tireoide e pode ser alcançada de maneira não invasiva por meio de ultrassonografia diagnóstica. Não tem sido observada nenhuma diferença significativa no volume da glândula tireoide entre homens e mulheres de 8 meses a 15 anos.

Os lobos da glândula tireoide são aproximadamente cônicos. Seus ápices ascendentes divergem lateralmente até o nível das linhas oblíquas sobre as lâminas da cartilagem tireóidea, e suas bases estão ao nível da quarta ou quinta cartilagens traqueais. Cada lobo geralmente tem 5 cm de comprimento, sendo que suas maiores extensões transversais e anteroposteriores são de 3 cm e 2 cm, respectivamente. As faces posteromediais dos lobos são anexadas ao lado da cartilagem cricoide por um ligamento lateral da tireoide.

O istmo liga as partes inferiores dos dois lobos, embora ocasionalmente possa estar ausente. Ele mede 1,25 cm transversal e verticalmente, e em geral é anterior à segunda e à terceira cartilagens traqueais, em muitos casos superiores ou algumas vezes inferiores porque o seu local e o seu tamanho variam muito.

Um lobo piramidal cônico frequentemente sobe em direção ao osso hioide a partir do istmo ou parte adjacente de qualquer lobo (com mais frequência à esquerda). É ocasionalmente separado em duas ou mais partes. Uma banda fibrosa ou fibromuscular, o levantador da glândula tireoide, o músculo que levanta a glândula tireoide, às vezes desce a partir do corpo do hioide até o istmo ou lobo piramidal. Pequenas massas separadas de tecido tireóideo podem ocorrer acima dos lobos ou do istmo como glândulas tireóideas acessórias. Vestígios do ducto tireoglosso podem persistir entre o istmo e o forame ceco da língua, por vezes como nódulos acessórios ou cistos de tecido tireóideo próximos da linha média ou até mesmo na língua.

Superfícies e relações

A superfície convexa lateral (superficial) é coberta pelo esternotireóideo, cuja ligação com a linha oblíqua da tireoide impede que o polo superior da glândula estenda sobre o tireo-hióideo. Mais anteriormente, situa-se o esterno-hióideo e o ventre superior do omo-hióideo, sobreposto inferiormente pela margem anterior do esternocleidomastóideo. A superfície medial da glândula está adaptada à laringe e à traqueia; seu polo superior entra em contato com o constritor inferior da faringe e parte posterior do cricotireóideo, que separam-no da parte posterior da lâmina da tireoide e do lado da cartilagem cricoide. O ramo externo do nervo laríngeo superior é medial a esta parte da glândula à medida que passa suprindo o cricotireóideo. Inferiormente, a traqueia e, mais posteriormente, o nervo laríngeo recorrente e o esôfago (que está mais próximo do lado esquerdo) são relações mediais. A superfície posterolateral da glândula tireoide está próxima da bainha carótica e sobrepõe a artéria carótida comum.

A margem anterior da glândula é fina, e perto do ramo anterior da artéria tireóidea superior ela inclina-se para baixo medialmente. A margem posterior é arredondada e relacionada inferiormente à artéria tireóidea inferior e sua anastomose com o ramo posterior da artéria tireóidea superior. No lado esquerdo, a extremidade inferior da margem posterior fica próxima do ducto torácico. As glândulas paratireoides são geralmente relacionadas com a margem posterior.

O istmo é coberto pelo esterno-hióideo, a partir do qual é separado pela lâmina pré-traqueal. Mais superficialmente, é coberto pelo esterno-hióideo, veias jugulares anteriores, fáscia e pele. As artérias tireóideas superiores anastomosam ao longo de sua margem superior e as veias tireóideas inferiores saem da glândula em sua margem inferior.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

A glândula tireoide é suprida pelas artérias tireóideas superior e inferior e, por vezes, por uma artéria tireóidea ima proveniente do tronco braquiocefálico ou do arco aórtico (Figs. 28.14 e 28.17). As artérias são grandes e seus ramos anastomosam frequentemente tanto sobre a glândula como em seu interior, ipsilateral e contralateralmente. A artéria tireóidea superior, que está intimamente relacionada com o ramo externo do nervo laríngeo superior, penetra a fáscia tireóidea e, em seguida, divide-se em ramos anterior e posterior. O ramo anterior supre a superfície anterior da glândula e o ramo posterior supre as superfícies lateral e medial. A artéria tireóidea inferior aproxima-se da base da glândula tireoide e divide-se em ramos tireóideos superior (ascendente) e inferior para suprir as superfícies inferior e posterior da glândula. O ramo superior também supre as glândulas paratireoides. A relação entre a artéria tireóidea inferior e o nervo laríngeo recorrente é altamente variável e de grande importância clínica: a lesão iatrogênica dos nervos que suprem a laringe representa uma das principais complicações da cirurgia da tireoide (Yalcxin, 2006). O nervo laríngeo recorrente geralmente está relacionado com o ramo posterior da artéria tireóidea inferior, que pode ser substituído por uma rede vascular (Moreau *et al.*, 1998).

Veias

A drenagem venosa da glândula tireoide geralmente é através das veias tireóideas superior, média e inferior (Figs. 28.13 e 28.14). A veia tireóidea superior emerge da parte superior da glândula e corre com a artéria tireóidea superior em direção à bainha carótica: ela drena para a veia jugular interna. A veia tireóidea média recolhe sangue da parte inferior da glândula: ela emerge da superfície lateral da glândula e drena para a veia jugular interna. As veias tireóideas inferiores surgem em um plexo venoso glandular, que também se conecta com as veias tireóideas média e superior. Estas veias formam um plexo pré-traqueal, a partir do qual a veia inferior esquerda desce juntando-se à veia braquiocefálica esquerda e a direita desce obliquamente através do tronco braquiocefálico juntando-se à veia braquiocefálica direita na sua junção com a veia cava superior. As veias tireóideas inferiores frequentemente abrem através de um tronco comum para a veia cava superior ou para a veia braquiocefálica esquerda. Elas drenam as veias esofágica, traqueal e laríngea inferior e têm válvulas em sua terminação.

Linfáticos

Os vasos linfáticos tireóideos comunicam-se com o plexo traqueal e passam para os linfonodos pré-laríngeos, logo acima do istmo da tireoide, e para os linfonodos pré-traqueal e paratraqueal. Alguns também podem drenar para os linfonodos braquiocefálicos relacionados com o timo no mediastino superior. Lateralmente, a glândula é drenada pelos vasos situados ao longo das veias tireóideas superiores até os gânglios cervicais profundos. Os linfáticos tireóideos podem drenar diretamente, sem linfonodo interveniente, para o ducto torácico.

Inervação

A glândula tireoide recebe sua inervação dos gânglios simpáticos cervicais superior, médio e inferior. As fibras pós-ganglionares provenientes do gânglio cervical inferior formam um plexo sobre a artéria tireóidea inferior, que acompanha a artéria até a glândula tireoide e se comunica com os nervos laríngeo recorrente e ramo externo do nervo laríngeo superior, com o nervo cardíaco superior e com o plexo sobre a artéria carótida comum.

Imagens

A natureza folicular da glândula tireoide não é determinada pelas técnicas atuais de imagem e, portanto, apresenta uma textura homogênea na imagem com secção transversal (US, TC, RM). A sua localização superficial torna a tireoide um órgão ideal para o exame sonográfico (Fig. 28.20). A glândula tireoide é altamente vascular e demonstra realce intenso com contraste e aumento do sinal na RM ponderada em T2 (Fig. 28.21). A imagem da tireoide com radionuclídeo pode ser feita com pertecnetato de tecnécio (Tc^{99m}). Este radionuclídeo prontamente disponível é preso pela tireoide da mesma maneira que o iodo, mas não é organificado. Ele produz informação morfológica e revelará a presença de tecido tireóideo ectópico. Dados funcionais podem ser obtidos com o uso de $iodo^{131}$ que é aprisionado e organificado.

Microestrutura

A glândula tireoide tem uma fina cápsula de tecido conjuntivo, que se estende para o parênquima glandular e divide cada lobo em lóbulos de forma e tamanho irregulares. As unidades funcionais da tireoide são folículos, que são esféricos e semelhantes a cistos, entre 0,02 e 0,9 mm de diâmetro. Os folículos consistem em núcleo coloide central circundado por um epitélio de única camada situado na lâmina basal (Fig. 28.22). O coloide consiste quase exclusivamente em uma glicoproteína iodada, iodotireoglobulina, que é a forma inativa, armazenada de hormônios tireóideos, tri-iodotironina (T_3) e tetraiodotironina ou tiroxina (T_4), e é produzida pelas células epiteliais foliculares. Uma quantidade suficiente de iodotireoglobulina é armazenada extracelularmente no interior dos folículos para regular a atividade metabólica do corpo por até três meses. Os folículos são circundados por um estroma de tecido conjuntivo delicado, contendo plexos densos de capilares fenestrados, redes

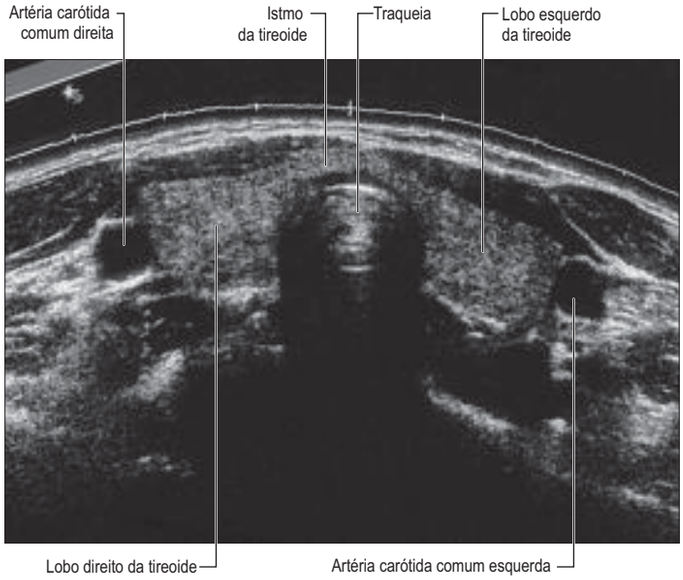


Fig. 28.20 Sonograma da tireoide.

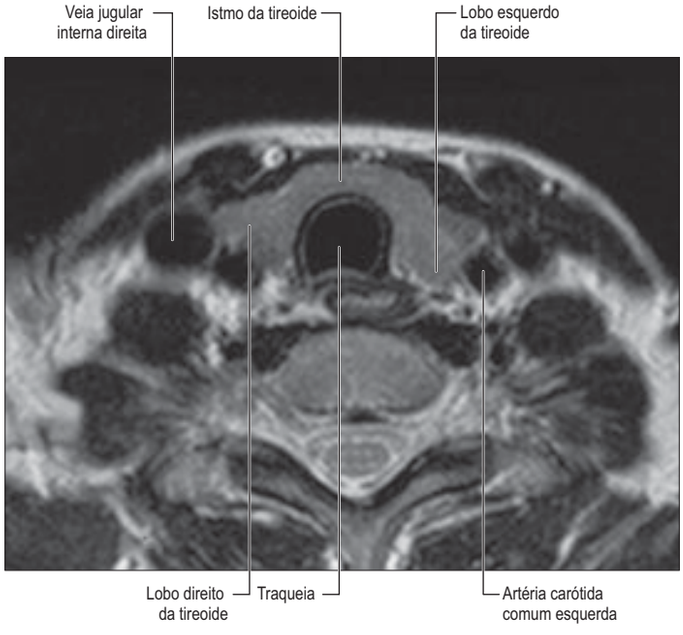


Fig. 28.21 RM ponderada em T2 no nível do istmo da tireoide: comparar com **Figura 28.20**.

linfáticas extensas e fibras nervosas simpáticas que suprem as arteríolas e os capilares. Algumas fibras nervosas terminam junto às células epiteliais foliculares.

Células foliculares As células foliculares variam de escamosas ou cuboidais baixas até colunares, dependendo do seu nível de atividade, que é controlada principalmente pelo hormônio estimulante da tireoide (TSH, tireotropina). Os folículos restantes são grandes e revestidos por epitélio escamoso ou cuboidal baixo com coloide luminal abundante. As microvilosidades apicais são curtas nas células em repouso, mas alongam e frequentemente ramificam sob estimulação por TSH. Os folículos que apresentam níveis diferentes de atividade podem coexistir.

As células foliculares ativas são altamente polarizadas funcionalmente. A secreção de TSH leva a endocitose de gotículas coloidais no epitélio luminal (Fig. 28.22). O hormônio provoca as células para estenderem os processos citoplasmáticos para o coloide luminal e sequestram gotículas de coloide. A tireoglobulina iodada nas gotículas de coloide intracelular é então degradada pelos lisossomos da célula folicular, liberando T_3 e T_4, que passam para a base da célula, onde são liberadas. Elas são exportadas da tireoide principalmente através dos capilares sanguíneos e linfáticos. Níveis elevados prolongados de TSH circulante induzem à hipertrofia de célula folicular, reabsorção progressiva de coloide e aumento da vascularização estromal.

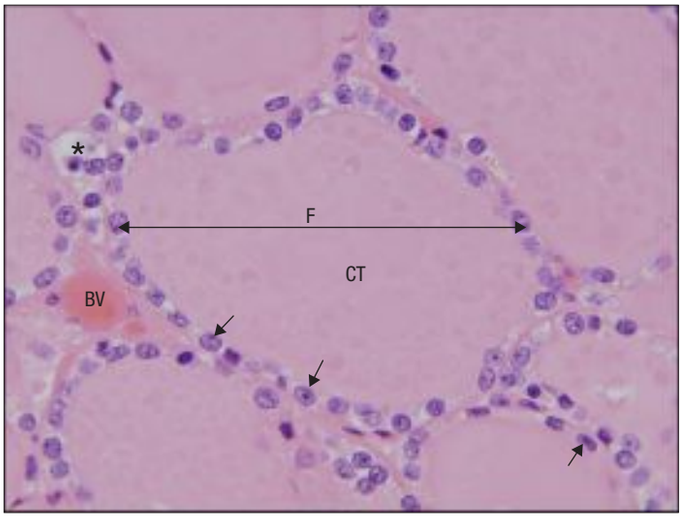


Fig. 28.22 Corte através de partes de vários folículos da tireoide humana, sendo que um deles é marcado (F), mostrando o epitélio folicular (flechas) delimitando a luz preenchida com tireoglobulina coloidal (TC). Células C secretoras de calcitonina não são facilmente identificáveis nas preparações de rotina de tecidos humanos, onde aparecem como células mal coradas (claras) dentro dos folículos; um exemplo é indicado pelo asterisco. Uma rede de vasos sanguíneos (VS) dentro dos septos de tecido conjuntivo circunda os folículos. (Cortesia de Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

Células C O parênquima da tireoide também contém células C (claras), assim chamadas porque têm citoplasma de coloração pálida, o que é mais acentuado em alguns espécimes do que na tireoide humana. As células C são membros da captação do sistema precursor de amina e decarboxilação (APUD) das células neuroendócrinas dispersas. Elas produzem o hormônio peptídico calcitonina (tireocalcitonina), que reduz o cálcio sanguíneo por meio da inibição da reabsorção óssea e recuperação de cálcio de infiltrados do túbulo renal. As células C povoam o terço médio de cada lobo lateral da tireoide e são tipicamente encontradas espalhadas dentro dos folículos da tireoide, situadas no interior da lâmina basal, mas não atingindo a luz folicular. Ocasionalmente, ocorrem em aglomerados interfoliculares no estroma, razão pela qual são também chamadas de células parafoliculares.

Tireoidectomia

Além do aumento variável durante a menstruação e a gravidez, qualquer inchaço da tireoide é um bócio, que pode pressionar estruturas relacionadas. Os sintomas são, mais comumente, consequência da pressão exercida sobre a traqueia ou sobre os nervos laríngeos recorrentes e pode haver também engurgitamento venoso. Durante a tireoidectomia, deve-se tomar cuidado quando se prende as artérias tireóideas superior e inferior para evitar lesões dos nervos adjacentes. O ramo externo do nervo laríngeo superior corre próximo da artéria tireóidea superior e o nervo laríngeo recorrente corre próximo da artéria tireóidea inferior. A tireoidectomia parcial é frequentemente necessária no tratamento de hipertireoidismo e aumento da tireoide: as partes posteriores de ambos os lobos são deixadas intactas para preservar as glândulas paratireoides.

GLÂNDULAS PARATIREOIDES

As glândulas paratireoides são estruturas pequenas, marrom-amareladas, ovoides ou lentiformes, geralmente situadas entre as margens lobar posterior da glândula tireoide e sua cápsula. Elas comumente têm 6 mm de comprimento, 3-4 mm de diâmetro e 1-2 mm posteroanterior, sendo que cada uma pesa cerca de 50 mg. Tipicamente, há duas de cada lado, superior e inferior, mas pode haver mais ou apenas três, ou muitas ilhas de paratireoides minúsculas dispersas no tecido conjuntivo próximo aos locais habituais. Muito ocasionalmente, uma glândula oculta pode acompanhar um vaso sanguíneo em direção a um sulco na superfície da tireoide. Normalmente, as paratireoides inferiores migram apenas para os polos tireóideos inferiores, mas podem descer com o timo em direção ao tórax ou podem ser sésseis e permanecer acima do seu nível normal próximo da bifurcação carótica. A ligação anastomótica às artérias tireóideas superior e inferior que ocorre ao longo da margem posterior da glândula tireoide em geral passa muito perto da paratireoide e é uma ajuda útil para sua identificação.

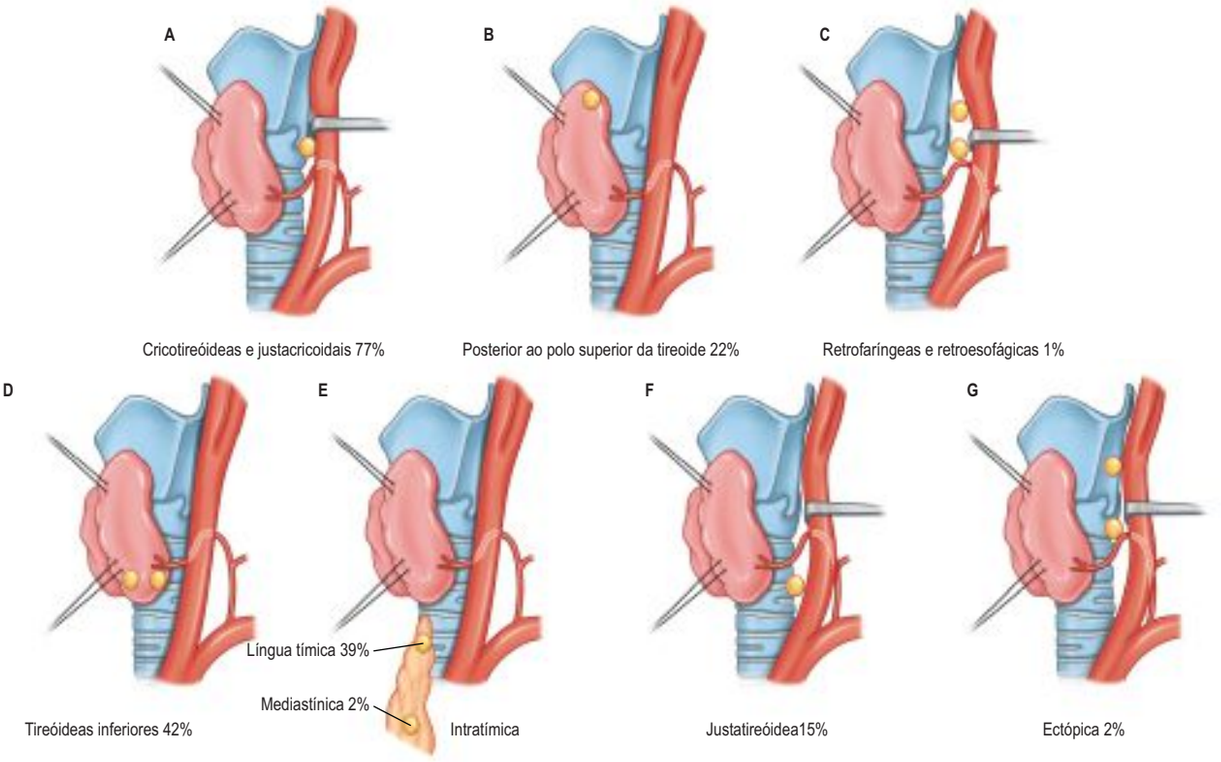


Fig. 28.23 Distribuição de glândulas paratireoides superiores (**A-C**) e inferiores (**D-G**). **A,** Cricotireóideas e justatireóideas; **B**, Posterior ao polo superior da tireoide; **C**, Retrofaríngeas e retroesofágicas; **D**, Tireóidea inferior; **E**, Intratímicas; **F**, Justatireóideas; **G**, Ectópicas.

As glândulas paratireoides superiores são mais constantes no local do que as inferiores e podem ser normalmente encontradas no meio do trajeto ao longo das margens posteriores da glândula tireoide, embora possam ser mais elevadas. O par inferior tem localização mais variável (relacionada com o seu desenvolvimento embriológico) e pode estar dentro da bainha tireóidea fascial, abaixo das artérias tireóideas inferiores e próximo dos polos lobares inferiores; ou fora da bainha, imediatamente acima de uma artéria tireóidea inferior; ou na glândula tireoide nas proximidades de seu polo inferior. Essas variações são cirurgicamente importantes (Fig. 28.23). Um tumor da paratireoide inferior situado dentro da bainha tireóidea fascial pode descer ao longo das veias tireóideas inferiores anteriormente à traqueia em direção ao mediastino superior, enquanto que, se ela estiver fora da bainha, poderá estender-se posteroinferiormente atrás do esôfago em direção ao mediastino posterior. As paratireoides superiores, em geral, são dorsais e as paratireoides inferiores ventrais, até os nervos laríngeos recorrentes.

As glândulas paratireoides são muito achatadas em corte transversal e normalmente não são visíveis pelos métodos atuais de imagem, incluindo cintilografia.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Ambas as glândulas paratireoides superiores e inferiores são em geral supridas pelas artérias tireóideas inferiores; a tireoide superior pode ser suprida pela artéria tireóidea superior ou a partir de anastomoses entre as artérias tireóidea superior e inferior em 10-15% dos casos. As glândulas drenam para o plexo de veias na superfície anterior da tireoide. Os vasos linfáticos são numerosos e associados às glândulas tireoide e timo.

Inervação

O suprimento nervoso é simpático, quer diretamente a partir do gânglio cervical superior ou médio, ou através de um plexo na fáscia sobre as faces lobares posteriores. A atividade paratireóidea é controlada pelas variações no nível sanguíneo de cálcio: é inibida por um aumento e estimulada por uma queda. Acredita-se que os nervos são vasomotores, mas não secretomotores.

Microestrutura

Cada glândula paratireoide tem uma fina cápsula de tecido conjuntivo com septos intraglandulares, mas carece de lóbulos distintos. As paratireoides sintetizam e secretam hormônio paratireoide (PTH, paratormônio), um polipeptídeo de cadeia única de resíduos de 84 aminoácidos relacionada com o controle do nível e da distribuição de cálcio e fósforo. Na infância, a glândula consiste em colunas interconectantes, irregulares e largas de células principais separadas por um plexo denso de capilares sinusoidais fenestrados. Após a puberdade, o tecido adiposo acumula-se no estroma e tipicamente é responsável por cerca de um terço da massa tecidual do adulto, que aumenta ainda mais com a idade.

As células principais diferem ultraestruturalmente de acordo com seu nível de atividade: células principais ativas têm complexos de Golgi grandes com numerosas vesículas e grânulos pequenos ligados à membrana. Os grânulos de glicogênio são mais abundantes nas células inativas, que têm poucas características citoplasmáticas de atividade sintética ou secretora e aparecem histologicamente como células de "limpeza". Em glândulas paratireoides humanas normais, as células principais inativas superam as células ativas em uma proporção de 3-5: 1 (Fig. 28.24). Em contraste com a tireoide, onde as atividades das células foliculares adjacentes são coordenadas, as células principais isoladas das glândulas paratireoides passam por ciclos de atividade secretória e repouso independentemente, de acordo com os níveis séricos de cálcio.

Um segundo tipo de célula, a célula oxifílica (eosinófilo), aparece imediatamente antes da puberdade e aumenta em número com a idade. As células oxifílicas são maiores do que as células principais e contêm mais citoplasma, que cora profundamente com eosina. Seus núcleos são menores e mais escuramente corados do que aqueles das células principais, e seu citoplasma é incomumente rico em mitocôndrias. A importância funcional das células oxifílicas e sua relação com as células principais é incerta.

RAIZ DO PESCOÇO

A raiz do pescoço é uma zona de transição entre quatro espaços anatômicos distintos: o pescoço, o tórax e ambos os membros superiores (Fig. 28.18). Contém os vasos subclávios, a artéria carótida comum, os troncos do plexo braquial, o tronco simpático, os nervos frênico, vago e laríngeo recorrente (todos bilateralmente), a porção terminal do ducto torácico (no lado esquerdo apenas), a porção terminal do ducto linfático direito (do lado direito, apenas), e a traqueia e o esôfago (na linha média). As veias braquiocefálicas são formadas pela união das veias subclávia e jugular interna na junção do pescoço com o tórax, posteriormente à extremidade externa da clavícula.

O ponto de referência anatômico essencial na orientação e compreensão da raiz do pescoço é o escaleno anterior, que é coberto pela camada pré-vertebral da fáscia cervical profunda. Anteriormente, situam-se o ester-

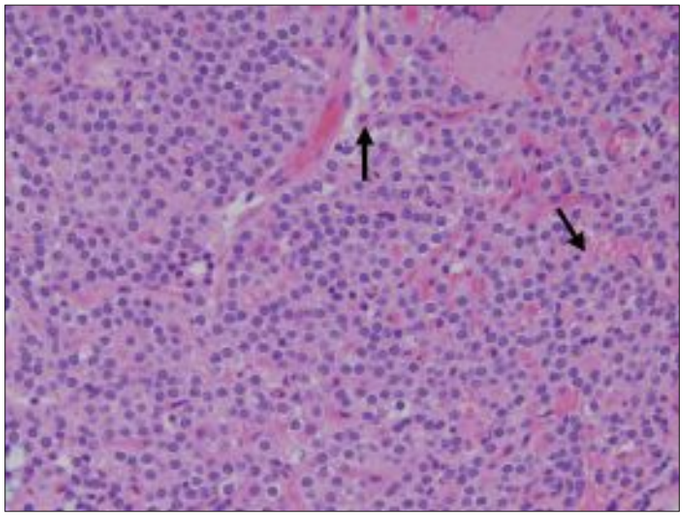


Fig. 28.24 Glândula paratireoide, mostrando agrupamentos e cordões de células principais pequenas firmemente concentradas circundados por sinusoides vasculares. As células oxifílicas dispersas (indicadas com flechas) geralmente são maiores e mais eosinofílicas. (Cortesia de Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

nocleidomastóideo e a subclávia, o tendão intermediário do omo-hióideo, a veia subclávia, ramos do tronco tireocervical da primeira parte da artéria subclávia (artérias cervical transversa, supraescapular e cervical ascendente) e o nervo frênico. O nervo situa-se sobre a superfície do escaleno anterior na raiz do pescoço, antes de passar entre ele e a veia subclávia para entrar no mediastino superior, e é a chave anatômica para a identificação do músculo intraoperatoriamente. Posteriormente, as raízes do plexo braquial e a segunda parte da artéria subclávia separam o escaleno anterior do escaleno médio. As patologias que causam um choque sobre o plexo braquial ou sobre a artéria subclávia podem apresentar-se clinicamente como uma síndrome de compressão do membro superior. A membrana suprapleural e a pleura são relações posteriores íntimas do escaleno anterior. De cada lado, a pleura apical (cervical) e o ápice do pulmão sofrem abaulamento em direção à raiz do pescoço. A altura até a qual a pleura apical sobe – com referência ao primeiro par de costelas e cartilagens costais – varia em diferentes indivíduos, de acordo com a obliquidade da abertura superior do tórax. Posteriormente, a pleura apical tipicamente atinge o nível do colo da primeira costela; ela forma um teto em cúpula sobre cada um dos lados da cavidade torácica que é reforçado pela membrana suprapleural. O escaleno anterior cobre a parte anterolateral da cúpula pleural e separa-a da veia subclávia. A artéria subclávia atravessa a cúpula abaixo do seu ápice, imediatamente acima da veia. O tronco costocervical arqueia para trás a partir da artéria subclávia e cruza o ápice da cúpula: seu ramo intercostal superior desce posteriormente à cúpula, entre o primeiro nervo intercostal lateralmente e o primeiro gânglio simpático torácico medialmente.

As relações mediais do escaleno anterior são o longo do pescoço e a artéria tireóidea inferior. Os dois músculos são separados por um intervalo angular através do qual a artéria vertebral e a veia passam para obter acesso ao forame transversário da sexta vértebra cervical, e mais anteriormente a artéria tireóidea inferior arqueia de lateral para medial em seu caminho para a glândula tireoide. A cadeia simpática cervical e o gânglio cervical inferior situam-se próximos da face posteromedial da artéria vertebral aqui. A artéria torácica interna desce a partir da primeira parte da artéria subclávia: ela passa posterior à veia braquiocefálica e, no lado direito, é atravessada pelo nervo frênico. O vago desce anterior à primeira parte da artéria subclávia; do lado direito, apenas o seu ramo laríngeo recorrente geralmente contorna a margem inferior da artéria. As porções terminais do ducto torácico e do ducto linfático direito, nos lados esquerdo e direito, respectivamente, atravessam o intervalo triangular no nível da sétima vértebra cervical, que entra em contato com a extremidade medial do escaleno anterior.

A bainha axilar, uma extensão da lâmina pré-vertebral que acompanha a artéria axilar e troncos do plexo braquial, situa-se lateral ao escaleno anterior.

Costela cervical

Uma pequena costela adicional (costela cervical) pode desenvolver-se na raiz do pescoço, em associação com a sétima vértebra cervical. É, frequentemente, de natureza fibrosa, embora em alguns casos possa ter sofrido ossificação. Uma costela cervical pode causar compressão da artéria subclávia e das raízes inferiores do plexo braquial. Caso isso ocorra, os indivíduos acometidos irão queixar-se de dor, parestesia e até mesmo palidez do membro superior acometido, um distúrbio conhecido como síndrome do desfiladeiro torácico.

ESÔFAGO – PORÇÃO CERVICAL

O esôfago é um tubo muscular de aproximadamente 25 cm de comprimento que liga a faringe até o estômago. Ele começa no pescoço, nivelado com a margem inferior da cartilagem cricóidea e com a sexta vértebra cervical. Ele desce, em grande parte anterior à coluna vertebral, para o mediastino superior. Geralmente vertical e mediano, inclina para a esquerda até a raiz do pescoço e também curva em um plano anteroposterior cervical acompanhando a curvatura cervical da coluna vertebral.

Relações A traqueia situa-se anterior ao esôfago, conectada a ele por tecido conjuntivo frouxo. A coluna vertebral, o longo do pescoço e a lâmina pré-vertebral da fáscia cervical profunda são posteriores, e a artéria carótida comum e a parte posterior da glândula tireoide são laterais. Na parte inferior do pescoço, onde o esôfago desvia para a esquerda, ele fica mais próximo da bainha carótica esquerda e da glândula tireoide do que à direita. O ducto torácico sobe por uma curta distância ao longo do seu lado esquerdo. Os nervos laríngeos recorrentes sobem de cada lado ou próximos do sulco entre a traqueia e o esôfago.

Suprimento vascular e drenagem linfática cervical A parte cervical do esôfago é suprida principalmente por ramos das artérias tireóideas inferiores. As veias esofágicas drenam para as veias braquiocefálicas, e vasos linfáticos passam para os linfonodos cervicais retrofaríngeos, paratraqueais ou cervicais profundos.

Inervação A parte cervical do esôfago é inervada pelos nervos laríngeos recorrentes e pelo plexo simpático em torno da artéria tireóidea inferior.

TRAQUEIA – PORÇÃO CERVICAL

A traqueia é um tubo de 10-11 cm de comprimento formado por cartilagens e pela membrana fibromuscular. Ela desce da laringe e estende-se desde o nível da sexta vértebra cervical para a margem superior da quinta vértebra torácica (Figs. 28.14 e 28.17). Situa-se aproximadamente no plano sagital, mas o seu ponto de bifurcação é geralmente um pouco para a direita. A traqueia é flexível e pode alterar-se rapidamente em comprimento. É achatada posteriormente de maneira que, em corte transversal, tem a forma, com alguma variação individual, de uma letra D. O seu diâmetro externo transversal é de 2 cm em adultos do sexo masculino e 1,5 cm em adultos do sexo feminino. A luz nos adultos vivos tem 1,2 cm de diâmetro transversal. Em crianças, a traqueia é menor, mais profundamente situada e mais móvel. O diâmetro traqueal não é superior a 3 mm no primeiro ano após o nascimento: durante a infância tardia, seu diâmetro em milímetros é aproximadamente igual ao da idade em anos.

Relações As relações da traqueia com outras estruturas cervicais é de importância clínica: a traqueostomia não é um procedimento clínico incomum (ver adiante). Anteriormente, a parte cervical da traqueia é cruzada pela pele e pelas fáscias superficial e profunda. Também é cruzada pelo arco jugular e sobreposta pelo esterno-hióideo e pelo esternotireóideo. A segunda e a quarta cartilagens traqueais são cruzadas pelo istmo da glândula tireoide, acima do qual uma artéria anastomótica conecta-se às artérias tireóideas superiores bilaterais. Inferior e anteriormente, estão a lâmina pré-traqueal, as veias tireóideas inferiores, os remanescentes tímicos e a artéria tireóidea ima (quando existir). Em crianças, a artéria braquiocefálica atravessa obliquamente anterior à traqueia na margem superior do manúbrio ou um pouco acima. A veia braquiocefálica esquerda também pode subir um pouco acima deste nível. O esôfago situa-se posterior à traqueia, e separa-a da coluna vertebral. Os lobos pareados da glândula tireoide, que descem para a quinta ou para a sexta cartilagens traqueais, bem como a carótida comum e as artérias tireóideas inferiores, todos situam-se laterais à traqueia. Os nervos laríngeos recorrentes sobem em cada lado nos sulcos ou próximo deles nas faces laterais da traqueia e do esôfago.

Suprimento vascular e drenagem linfática A parte cervical da traqueia é suprida principalmente por ramos das artérias tireóideas inferiores. As veias da traqueia drenam para as veias braquiocefálicas por meio do plexo tireóideo inferior, e os vasos linfáticos drenam para os linfonodos pré-traqueal e paratraqueal.

Inervação A traqueia é inervada por ramos dos nervos vagos e laríngeos recorrentes e pelos troncos simpáticos.

Via respiratória cirúrgica A traqueia pode ser acessada diretamente no pescoço por meio de cricotireoidotomia ou traqueostomia. Existem numerosas indicações para a realização de uma traqueostomia eletiva. Elas incluem: a necessidade de fornecer intubação prolongada, gerir obstrução aguda das vias respiratórias a partir de patologias supraglótica ou glótica, ou de traumatismo (por exemplo, fraturas da face média, mandibulares ou laríngeas).

Para descrições detalhadas dos procedimentos cirúrgicos, devem-se consultar textos adequados sobre cirurgia. Entretanto, vale ressaltar aqui a importância de compreender a anatomia regional relevante. Ao criar uma via respiratória cirúrgica, os potenciais perigos podem ser evitados dissecando-se na linha mediana. As dissecações que desviam lateralmente, que são um verdadeiro risco em pacientes pediátricos ou naqueles que são obesos, podem resultar em pneumotórax, pneumomediastino e lesão das estruturas paratraqueais (bainha carótica e seu conteúdo, nervos laríngeos recorrentes e veias tireóideas inferiores situadas no sulco traqueoesofágico). Na linha média, o istmo da glândula tireoide, que reveste o segundo e o terceiro anéis traqueais, deve ser dividido. Hemostasia cuidadosa dos cotos divididos e transfixação segura da artéria tireóidea ima e da veia tireóidea inferior minimizam o risco de sangramento pós-operatório catastrófico. Uma bifurcação elevada do tronco braquiocefálico, ou veias jugulares aberrantes anteriores (que geralmente se encontram entre a linha média e a margem anterior do esternocleidomastóideo), é outra complicação anatômica.

A cricotireoidotomia põe em risco a artéria cricotireóidea (um ramo da artéria tireóidea superior), que em geral é encontrada próxima à linha mediana e que atinge o ligamento cricotireóideo médio perto da cartilagem tireóidea.

REFERÊNCIAS

Berkovitz BKB, Kirsch C, Moxham BJ, Alusi G, Cheeseman T 2002 Interactive Head and Neck. London: Primal Pictures.

Bogduk N, Windsor M, Inglis A 1988 The innervation of the cervical intervertebral discs. Spine 13: 2–8.

Brown H 2002 Anatomy of the spinal accessory nerve plexus: relevance to head and neck cancer and atherosclerosis. Exp Biol Med 227: 570–8.

Cady B, Rossi RL (eds) 1991 Surgery of the Thyroid and Parathyroid Glands. Philadelphia: Saunders.

Crile G 1906 Excision of cancer of the head and neck with special reference to the plan of dissection based on one hundred and thirty two operations. J Am Med Assoc 47: 1780–6.
Trabalho clássico que considera a anatomia cirúrgica da dissecção cervical radical.

Froes LB, De Tolosa EMC, Camargo RDC, Pompeu E, Liberti EA 1999 Blood supply to the human sternocleidomastoid muscle by the sternocleidomastoid branch of the occipital artery. Clin Anat 12: 412–6.

Ger R, Evans JT 1993 Tracheostomy: an anatomico-clinical review. Clin Anat 6: 337–41.

Jarvis JF 1966 Displaced brachiocephalic artery: a potential hazard in tracheostomy. S Afr Med J 40: 396–7.

Kapandji IA 1975 The Physiology of Joints. Ediburgh: Churchill Livingstone.

Lingeman RE 1998 Surgical anatomy. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology, Head and Neck Surgery, vol. 2, 3rd edn. St Louis: Mosby: 1673–85.

Lucas GDA, Laudanna A, Chopard RP, Raffaelli E Jr 1994 Anatomy of the lesser occipital nerve in relation to cervicogenic headache. Clin Anat 7: 90–6.

Matthers LH Jr, Smith DW, Frankel L 1992 Anatomical considerations in placement of central venous catheters. Clin Anat 5: 89–106.

Moreau S, de Rugy MG, Babin E, Salame E , Delmas P, Valdazo A 1998 The recurrent laryngeal nerve: related vascular anatomy. Laryngoscope 108: 1351–5.

Nash L, Nicholson HD, Zhang M 2005 Does the investing layer of the deep cervical fascia exist? Anesthesiology 103: 962–8.

Pandit JJ, Dutta D, Morris JF 2003 Spread of injectate with superficial cervical plexus block in humans: an anatomical study. Br J Anaesth 91: 733–5.

Racic G, Matulic J, Roje Z, Dogas Z, Vilovic K 2005 Abnormally high bifurcation of the brachiocephalic trunk as a potential operative hazard: case report. Otolaryngol Head Neck Surg 133: 811–3.

Robbins KT 1998 Neck dissection. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology, Head and Neck Surgery, vol. 2, 3rd edn. St Louis: Mosby: 1787–819.

Shah JP, Patel SJ 2003 Cervical lymph nodes. In: Head and Neck Surgery and Oncology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby: 353–94.

Smoker WRK, Harnsberger HR 1991 Differential diagnosis of head and neck lesions based on their space of origin. 2. The infrahyoid portion of the neck. Am J Roentgenol 157: 155–9.

Wilson-Pauwels L, Akesson EJ, Stewart PA 1998 Cranial Nerves: Anatomy and Clinical Comments. Toronto: Decker.

Yalcxin B 2006 Anatomic configurations of the recurrent laryngeal nerve and inferior thyroid artery. Surgery 139: 181–7.

Zhang M, Lee ASJ 2002 The investing layer of the deep cervical fascia does not exist between the sternocleidomastoid and trapezius muscles. Otolaryngol Head Neck Surg 127: 452–7.

CAPÍTULO 29

Face e couro cabeludo

PELE

O couro cabeludo e os tecidos bucolabiais são descritos neste capítulo. A estrutura das pálpebras é descrita no Capítulo 39.

COURO CABELUDO

O couro cabeludo estende-se desde o topo da testa, na frente, até a linha nucal superior, atrás. Lateralmente, projeta-se para baixo em direção ao arco zigomático e meato acústico externo. É constituído por cinco camadas: pele, tecido subcutâneo, músculo occipitofrontal (epicrânio) e sua aponeurose, tecido areolar frouxo subaponeurótico e periósteo do crânio (pericrânio).

A pele do couro cabeludo é rica em glândulas sebáceas: é o local mais comum para cistos sebáceos. O tecido conjuntivo subcutâneo denso tem o suprimento sanguíneo cutâneo mais rico do corpo. Os ventres musculares anterior e posterior do occipitofrontal são ligados por uma aponeurose epicraniana fibrosa, firme; esta camada é, portanto, frequentemente chamada de camada aponeurótica (gálea aponeurótica). Estas três camadas superiores do couro cabeludo podem deslizar com facilidade sobre a camada subjacente de tecido conjuntivo frouxo. Um retalho de couro cabeludo pode ser elevado no plano entre a gálea e o pericrânio sem comprometer o suprimento sanguíneo ou nervoso do couro cabeludo, porque todas estas estruturas encontram-se na camada subcutânea (fáscia superficial). Retalhos do couro cabeludo subgaleais situados anteriormente (bicoronais) proporcionam acesso excelente para o esqueleto craniofacial para correção de deformidade congênita, como craniosinostose; tratamento de fraturas craniofaciais envolvendo o osso frontal, complexo nasoetmóideo, órbita ou arco zigomático; cirurgia da base do crânio ou craniotomias. Os retalhos pericranianos podem ser usados para separar o assoalho do seio frontal da cavidade nasal no tratamento de fraturas da parede posterior do seio frontal (cranialização do seio frontal). A avulsão traumática do couro cabeludo pode ocorrer se os cabelos ficarem presos em uma máquina em movimento ou uma força de cisalhamento for aplicada no plano subgaleal durante um acidente automobilístico ou uma lesão por queda.

O suprimento sanguíneo arterial para o couro cabeludo é particularmente rico e existem anastomoses livres entre os ramos dos vasos occipital e temporal superficial. As lacerações do couro cabeludo continuam a sangrar profusamente porque as fibras elásticas da gálea aponeurótica subjacente evitam a retração inicial do vaso. Seu reparo requer uma técnica de fechamento de duas camadas para aproximar a gálea aponeurótica e as camadas da pele. A camada do pericrânio, caso esteja envolvida, geralmente não pode ser fechada porque se retrai.

SOBRANCELHAS

As sobrancelhas são duas eminências arqueadas de pele que encimam as órbitas. Inúmeros pelos grossos e curtos são fixados obliquamente nelas. As fibras dos músculos orbicular do olho, corrugador e parte frontal do occipitofrontal são inseridas na derme das sobrancelhas.

TECIDO BUCOLABIAL

Bochechas

As bochechas são contínuas na frente com os lábios. A junção externa é indicada pelo sulco nasolabial e mais lateralmente pela prega nasolabial, que desce a partir da lateral do nariz até o ângulo da boca. A bochecha é coberta na superfície externa por pele e na superfície interna por mucosa. Cada bochecha contém o músculo bucinador e uma quantidade variável, e em geral considerável, de tecido adiposo, que frequentemente é encapsulado, formando uma massa bicôncava, o corpo adiposo da bochecha (de Bichat), particularmente evidente em lactentes. As paredes da bochecha também contêm tecido conjuntivo fibroso, vasos, nervos e inúmeras pequenas glândulas mucosas bucais (salivares). O coxim gorduroso bucal pode ser usado para reconstruir defeitos intraorais pequenos do palato, regiões bucal e retromolar após cirurgia.

Lábios

Os lábios são pregas carnudas que circundam o orifício oral. O centro de cada lábio contém uma faixa fibrosa espessa, composta de feixes paralelos de fibras do músculo esquelético orbicular da boca e suas inserções na pele, mucosa ou em outras fibras musculares. A superfície externa livre de cada lábio é coberta por uma fina epiderme ceratinizada e é contínua com a mucosa na zona do vermelhão do lábio. A derme é bem vascularizada e contém inúmeros folículos pilosos (muitos deles grandes no sexo masculino), glândulas sebáceas (manchas de Fordyce) e glândulas sudoríparas. O tecido adiposo subcutâneo é escasso. As superfícies mucosas internas são revestidas com um epitélio escamoso estratificado não ceratinizado espesso. A submucosa é bem vascularizada e contém inúmeras glândulas salivares menores, que podem ser colhidas para a confirmação de doença de Sjögren do tecido conjuntivo.

Entre a pele e a mucosa, a zona do vermelhão é coberta com epitélio escamoso estratificado ceratinizado especializado, que é fino perto da pele, aumenta ligeiramente de espessura à medida que se aproxima da mucosa e, em seguida, engrossa abruptamente quando chega à verdadeira mucosa. O epitélio é coberto com células escamosas transparentes e sua superfície profunda é convoluta, entrelaçando-se com papilas dérmicas longas abundantes. Estas últimas transportam um rico plexo capilar que confere uma cor vermelho-escura. Estas superfícies são desprovidas de pelos, sua derme carece de glândulas sebáceas, sudoríparas ou mucosas e é umedecida com saliva pela ponta da língua. A inervação densa dos lábios é refletida na sua sensibilidade aguda à sensação tátil leve, atribuível principalmente ao aumento da densidade de corpúsculos de Meissner na papila dérmica.

O tamanho e a curvatura das superfícies vermelhas do lábio expostas estão sujeitos a uma considerável variação individual de sexo e etnia. A linha de contato entre os lábios, a fissura oral, situa-se imediatamente acima das extremidades incisais dos dentes maxilares anteriores. De cada lado, uma comissura labial forma o ângulo (canto) da boca, geralmente perto do primeiro dente pré-molar. O epitélio labial e os tecidos internos irradiam ao longo dos limites da comissura, tornando-se contínuos com os da bochecha. Com a idade, os sulcos bucolabiais (labiomarginais) aparecem nos cantos da boca. De cada lado, o lábio superior é separado da bochecha lateralmente pelo sulco nasolabial e é contínuo acima da asa nasal com o sulco. O lábio inferior está separado do queixo pelo sulco mentolabial.

Externamente, a região central do lábio superior apresenta um sulco vertical raso, o filtro, que é limitado acima por sua inserção à columela do nariz, e termina abaixo em um ligeiro tubérculo limitado pelas cristas laterais. O lábio inferior apresenta uma depressão pequena na linha média que corresponde ao tubérculo. A junção entre a superfície externa, a pele sustentadora dos pelos e a superfície vermelha, sem pelos, do lábio superior, quase invariavelmente toma a forma de um arco duplamente curvado. A partir do centro, ele eleva-se rapidamente em cada lado até um ápice que corresponde à extremidade inferior de cada crista do filtro e, em seguida, inclina-se suavemente para baixo em direção ao ângulo da boca. A linha de contato entre as superfícies vermelhas do lábio é, tipicamente, quase horizontal. O arco de Cupido é interrompido nas anomalias de fendas labiais.

No lábio superior, uma faixa estreita de tecido liso relacionada à maxila subnasal marca o ponto no qual a mucosa labial se torna contínua com a mucosa gengival. O reflexo correspondente no lábio inferior coincide

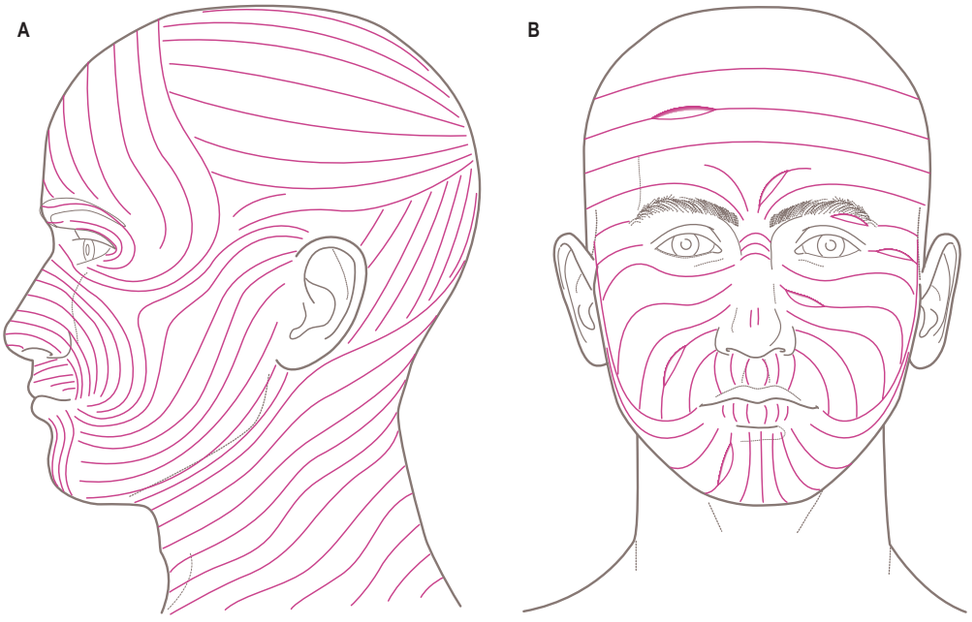


Fig. 29.1 A, Distribuição das linhas de tensão normal na pele (linhas de Kraissl) em vista lateral. **B,** Vista anterior.

aproximadamente com o sulco mentolabial, e aqui o lábio é contínuo com os tecidos mentuais. Os lábios superior e inferior diferem em um perfil transversal, pois nenhum dos dois é uma prega simples de espessura uniforme. O lábio superior possui um perfil assimétrico bulboso: a pele e o lábio vermelho têm uma ligeira convexidade externa e o lábio vermelho e a mucosa adjacentes têm uma convexidade interna acentuada, criando uma crista de mucosa que pode ser acondicionada em torno das extremidades incisais dos dentes separados. O lábio inferior fica em um plano mais posterior do que o lábio superior. Na posição de contato labial neutro, a superfície externa do lábio inferior é côncava, e há pouca ou nenhuma elevação da superfície interna da mucosa. O perfil dos lábios pode ser modificado por atividade muscular.

LINHAS NORMAIS DE TENSÃO DA PELE E RETALHOS CUTÂNEOS NA FACE

A direção na qual a tensão cutânea facial é maior varia regionalmente. As linhas de tensão da pele que seguem os sulcos formados quando a pele está relaxada são conhecidas como "linhas de tensão da pele" (Borges & Alexander, 1962). Na face viva, estas linhas frequentemente (mas nem sempre) coincidem com as linhas das rugas (Fig. 29.1) e, portanto, podem atuar como um guia para planejamento de incisões eletivas.

Quando lesões na face, como cicatrizes, lesões pigmentadas e cânceres de pele, são retiradas, suas dimensões frequentemente exigem excisão como uma elipse, de modo que o defeito resultante possa ser fechado como uma linha reta. Se a cicatriz resultante tiver de ser esteticamente aceitável, é importante fazer o eixo longo da elipse paralelamente às linhas de tensão da pele relaxadas ao natural, de modo que a cicatriz pareça uma ruga cutânea natural. Se a linha de excisão correr ao contrário das linhas de tensão da pele, a cicatriz pode ser mais visível e apresentará uma tendência a esticar transversalmente como resultado de movimentos faciais expressivos naturais.

Quando as lesões maiores são excisadas, pode ser necessário avançar ou girar o tecido mole adjacente para preencher o defeito. A capacidade de levantar estes retalhos cutâneos é totalmente dependente do suprimento sanguíneo regional e tanto os retalhos cutâneos de padrão aleatório como os de padrão axial são utilizados cirurgicamente. Devido à riqueza do plexo subdérmico na face, os retalhos de padrão aleatório podem ser levantados com uma razão de comprimento: largura maior do que em qualquer outra área do corpo.

Seguem exemplos de retalhos de padrão axial que podem ser usados para reconstruir defeitos na face e no couro cabeludo. As artérias supratroclear/supraorbital sustentam os retalhos da testa que são úteis para reconstrução nasal: geralmente há lassidão suficiente da pele para possibilitar que a maior parte do local do doador seja diretamente fechada. O ramo frontal da artéria temporal superficial anastomosa na linha média com o seu antímero oposto e, consequentemente, toda a pele da testa pode ser elevada em um pedículo estreito baseado em apenas uma das artérias temporais superficiais. Estes retalhos podem ser usados para reparar muitos defeitos faciais e também defeitos intraorais, mas o local de defeito do doador não pode ser fechado diretamente e deve ser coberto por um enxerto cutâneo. O ramo parietal da artéria temporal superficial e da artéria occipital pode apoiar retalhos sustentadores de pelos do couro cabeludo que são úteis na reconstrução de defeitos que envolvem o couro cabeludo. O retalho nasolabial utiliza a pele frouxa imediatamente lateral ao sulco nasolabial. Não é suprido por uma única artéria axial nomeada, mas seu suprimento sanguíneo é dado por muitos ramos pequenos da artéria facial subjacente. Estes ramos correm perpendiculares à superfície da pele. Os retalhos nasolabiais podem ter base superior ou inferior.

TECIDO MOLE

CAMADAS FASCIAIS

Fáscia do couro cabeludo

A fáscia superficial do couro cabeludo é firme, densa e fibroadiposa, e adere estreitamente tanto à pele como ao epicrânio subjacente e sua aponeurose. Posteriormente, é contínua com a fáscia superficial da parte de trás do pescoço e, lateralmente, é prolongada em direção à região temporal, onde tem textura mais frouxa.

Camadas fasciais e planos teciduais na face

Com base na dissecação macroscópica e em estudos histológicos complementares, quatro planos teciduais distintos são reconhecidos na face superficial ao plano do nervo facial e seus ramos. A partir da superficial até a profunda, estas camadas são pele, uma camada subcutânea de tecido fibroadiposo, o sistema musculoaponeurótico superficial (SMAS) e a fáscia parotídeo-massetérica.

Tecido fibroadiposo subcutâneo

Esta camada homogênea está presente em toda a face, embora o grau de adiposidade varie em diferentes partes do rosto e com a idade. Anteriormente, ele atravessa a prega nasolabial até o lábio e superiormente cruza o arco zigomático. Em ambos os locais a camada é mais fascial do que gordurosa. O teor de gordura do tecido subcutâneo na bochecha é responsável pela espessura da bochecha: parte do tecido adiposo subcutâneo é o coxim gorduroso malar, uma agregação mais ou menos esparsa de tecido adiposo inferolateral à margem orbitária.

Sistema musculoaponeurótico superficial (SMAS)

Este sistema é descrito como um único plano de tecido na face. Em algumas áreas é composto por fibras musculares, e em outros locais é composto por tecido fibroso ou fibroaponeurótico: ele não está diretamente ligado ao osso. Quando rastreado abaixo do nível da margem inferior da mandíbula, torna-se contínuo com o platisma no pescoço. A microdissecação revelou que o SMAS torna-se indistinto no aspecto lateral da face, cerca de 1 cm abaixo do nível do arco zigomático. Anteromedialmente, a camada do SMAS torna-se contínua com alguns dos músculos

mímicos, como o zigomático maior, frontal e as fibras periorbitárias do orbicular do olho.

Na maioria das áreas da face, um plano distinto de sub-SMAS pode ser definido abaixo do SMAS. É contínuo com o plano entre o platisma e a camada de revestimento subjacente da fáscia cervical profunda no pescoço. No entanto, onde ele recobre a glândula parótida, o SMAS está firmemente misturado com a camada superficial da fáscia parotídea, o que significa que é difícil, senão impossível, definir um plano claro de sub-SMAS na região da parótida.

Fáscia parotídea-massetérica

Esta é uma camada areolar transparente que recobre os ramos filamentosos do nervo facial e do ducto parotídeo quando estas estruturas situam-se na superfície do masseter. Ainda mais anteriormente, a fáscia parotídea-massetérica recobre o corpo adiposo da bochecha que se situa superficialmente ao bucinador. Tendo cruzado a superfície do coxim gorduroso bucal, a fáscia mistura-se com o epimísio na superfície do bucinador. Abaixo da margem inferior da mandíbula, é contínua com a camada de revestimento da fáscia cervical profunda.

Fáscia parotídea

A glândula parótida é cercada por uma cápsula fibrosa chamada de fáscia ou cápsula parotídea. Tradicionalmente ela tem sido descrita como uma continuação para cima da camada de revestimento da fáscia cervical profunda no pescoço, que divide encerrando a glândula dentro de uma camada superficial e uma profunda. A camada superficial é anexada acima do processo zigomático do osso temporal, da parte cartilaginosa do meato acústico externo e do processo mastoide. A camada profunda é anexada à mandíbula e à lâmina timpânica, aos processos mastoide e estiloide do osso temporal. A visão predominante é a de que a camada profunda da glândula parótida é derivada da fáscia cervical profunda. No entanto, a camada superficial da cápsula parotídea parece ser contínua com a fáscia associada ao platisma e é atualmente considerada como um componente do SMAS (Mitz & Peyronie, 1976; Wassef, 1987; Gosain *et al.*, 1993). Ela varia de espessura, indo de uma camada fibrosa espessa anteriormente até uma membrana translúcida posteriormente. Pode ser rastreada em frente como uma camada separada que passa sobre a fáscia massetérica (ela própria derivada da fáscia cervical profunda), separada dela por uma camada celular que contém ramos do nervo facial e do ducto parotídeo. Histologicamente, a fáscia parotídea é atípica na medida em que contém fibras musculares que são paralelas às do platisma, especialmente na parte inferior da cápsula parotídea. Embora os septos fibrosos finos possam ser observados na camada subcutânea no nível histológico, macroscopicamente há poucos indícios de uma camada distinta de fáscia superficial.

A fáscia profunda que cobre os músculos que formam o leito parotídeo (grupos de músculos digástrico e estiloide) contém os ligamentos estilomandibular e trato angular. O ligamento estilomandibular passa a partir do processo estiloide até o ângulo da mandíbula. O trato angular passa entre o ângulo da mandíbula e o ligamento estilo-hióideo para diferentes distâncias, geralmente atingindo o osso hioide. A fáscia é espessa, mas em seguida afina anteriormente na região do ângulo da mandíbula. Existe alguma controvérsia sobre se o trato angular faz parte da fáscia cervical profunda (Ziarah & Atkinson, 1981) ou situa-se abaixo dela (Shimada & Gasser, 1988). Os ligamentos estilomandibular e trato angular separam a região da glândula parótida da parte superficial da glândula submandibular e, portanto, são pontos de referência de interesse cirúrgico.

Fáscia temporoparietal e temporal

Acima do nível do arco zigomático, na face lateral da cabeça, a fáscia temporoparietal (fáscia temporal superficial) constitui uma camada fascial que se situa no mesmo plano que, mas não é contínua com, o SMAS. Ela é bastante distinta e superficial à fáscia temporal (fáscia temporal profunda). Mais superiormente, ela é adjacente à gálea aponeurótica. O plano entre a fáscia temporoparietal e a fáscia temporal profunda subjacente contém tecido areolar frouxo e uma pequena quantidade de gordura. Esse plano tissular, o coxim gorduroso temporoparietal, é contínuo superiormente com o plano subgaleal do tecido areolar frouxo no couro cabeludo. Prosseguindo superiormente na fáscia temporoparietal ou logo abaixo estão os vasos temporais superficiais, o nervo auriculotemporal e seus ramos, e os ramos temporais do nervo facial. Ao levantar um retalho bicoronal, a identificação do coxim gorduroso temporoparietal ajuda a separar estas duas camadas fasciais; a dissecação subsequente em um plano abaixo da fáscia temporoparietal protege o ramo temporal do nervo facial. A fáscia temporal é uma camada aponeurótica densa que se situa abaixo do coxim gorduroso temporoparietal e cobre o temporal: a superfície profunda da fáscia oferece fixação para as fibras superficiais do temporal. Acima, é uma camada única fixada ao longo do comprimento da linha temporal superior, que se mistura com o periósteo. Abaixo, aproximadamente no nível da margem orbitária superior, ela divide-se em lâminas superficiais e profundas que se deslocam para baixo fixando-se, respectivamente, nas margens lateral e medial da superfície superior do arco zigomático. Estes anexos fasciais têm uma aplicação clínica na redução de fraturas do complexo zigomático através de uma abordagem de Gillies: um instrumento é inserido abaixo da lâmina profunda da fáscia temporal através de uma incisão no couro cabeludo e é usado para elevar as fraturas do complexo zigomático deprimido. A gordura encerrada entre estas duas camadas é denominada coxim gorduroso temporal superficial; ele contém o ramo zigomático-orbital da artéria temporal superficial e um nervo cutâneo, o ramo zigomático-temporal do nervo maxilar. A fáscia temporal é sobreposta por auriculares anteriores e superiores, a aponeurose epicraniana e parte do orbicular do olho, e os vasos temporais superficiais e nervo auriculotemporal sobem sobre ela.

Fáscia bucofaríngea

O bucinador é coberto por uma camada fina de fáscia, a fáscia bucofaríngea, que também cobre o constritor superior da faringe.

Ligamentos de retenção da face

Estes ligamentos são faixas fasciais em locais específicos que servem para ancorar a pele ao osso subjacente. A frouxidão cutânea geral que acompanha o processo de envelhecimento deixa a pele facial sujeita à força gravitacional. No entanto, em locais onde os ligamentos de retenção estão presentes, há resistência ao efeito da força gravitacional. Quando se realizam procedimentos de *facelift*, esses ligamentos devem ser cirurgicamente divididos, a fim de facilitar o reguarnecimento da pele facial. Exemplos de ligamentos de retenção na face são o ligamento zigomático (também conhecido como placa de McGregor) e o ligamento mandibular.

Espaços fasciais

Dois espaços de tecido na face podem estar envolvidos na disseminação da infecção odontogênica. Eles são o espaço de tecido bucal, situado entre a pele e a superfície do bucinador, e o espaço de tecido infraorbital, situado entre as inserções ósseas do levantador do lábio superior e do levantador do ângulo da boca.

OSSOS DO ESQUELETO FACIAL E ABÓBADA CRANIANA

O crânio consiste no esqueleto facial e abóbada craniana (calvária) ligados à sua base. A abóbada craniana encerra e protege o cérebro. O esqueleto facial é a parte anterior do crânio e inclui a mandíbula. Os ossos dos complexos nasoetmoidal e zigomático-maxilar são descritos aqui. A mandíbula é descrita no Capítulo 30.

OSSO PARIETAL

Os dois ossos parietais formam a maior parte do teto craniano e os lados do crânio. Cada um deles é irregularmente quadrilátero e tem duas superfícies, quatro margens e quatro ângulos (Fig. 29.2).

A superfície externa é convexa e lisa, com uma tuberosidade parietal central. As linhas temporais superiores e inferiores curvadas cruzam-no e formam arcos posterossuperiores. A fáscia temporal é anexada à linha ou arco superior e o temporal é anexado à linha ou arco inferior. A aponeurose epicraniana situa-se acima destas linhas, e parte da fossa temporal situa-se abaixo. Posteriormente, perto da margem sagital (superior), um forame parietal inconstante conduz uma veia a partir do seio sagital superior e, algumas vezes, um ramo da artéria occipital.

A superfície interna é côncava e marcada por impressões do giro cerebral e por sulcos para os vasos meníngeos médios. O último sobe, inclinado para trás, a partir do ângulo esfenoidal (anteroinferior) e metade (ou mais) posterior de sua borda inferior. Um sulco para o seio sagital superior situa-se ao longo da margem sagital e é completado pelo sulco no osso parietal oposto. A foice cerebral é anexada às extremidades do sulco. Fovéolas granulares para granulações aracnoides ladeiam o sulco sagital e são mais pronunciadas na velhice.

A margem sagital dentada, mais longa e mais espessa, articula-se com o osso parietal oposto na sutura sagital. A parte anterior da margem escamosa (inferior) é curta, fina e truncada, biselada externamente e sobreposta pela asa maior do esfenoide. A parte média da margem inferior é arqueada, biselada externamente e sobreposta pela parte escamosa do osso temporal. A parte posterior da margem inferior é curta, espessa e serrilhada para a articulação com a parte mastoide.

A margem frontal é profundamente serrilhada, biselada externamente acima, internamente abaixo, e articula-se com o osso frontal formando uma metade da sutura coronal. A margem occipital, profundamente dentada, articula-se com o osso occipital, formando metade da sutura lambdoide.

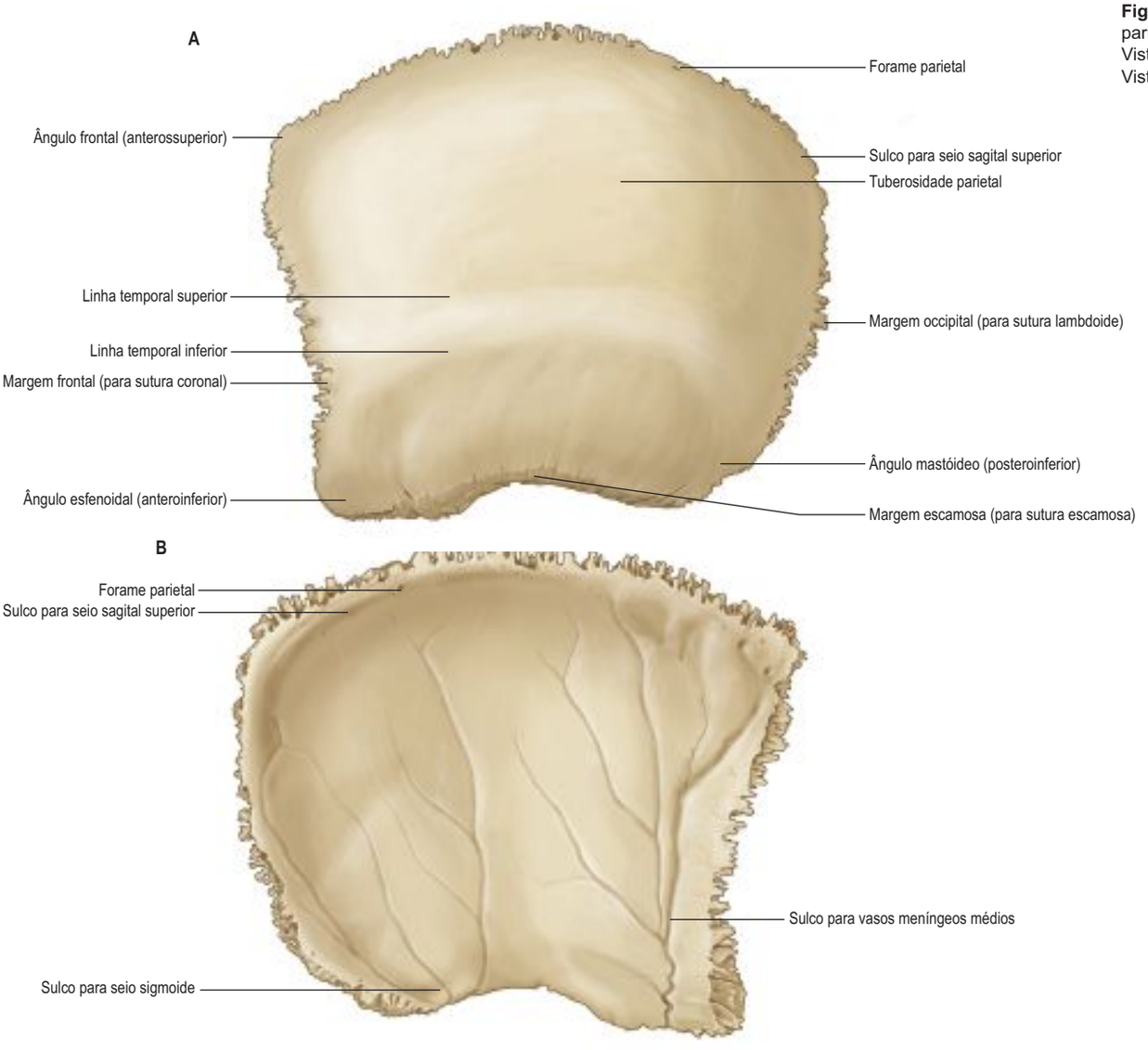


Fig. 29.2 Osso parietal esquerdo. **A,** Vista externa. **B,** Vista interna.

O ângulo frontal (anterossuperior), que é de aproximadamente 90°, situa-se no bregma, onde as suturas sagital e coronal encontram-se, e marca o local da fontanela anterior no período neonatal do crânio. O ângulo esfenoidal (anteroinferior) situa-se entre o osso frontal e a asa maior do esfenoide. Sua superfície interna é marcada por um sulco profundo ou canal que transporta os ramos frontais dos vasos meníngeos médios. Os ossos frontal, parietal, esfenoide e temporal geralmente encontram-se no ptério, que marca o local da fontanela esfenoidal no crânio embrionário. O osso frontal algumas vezes encontra a parte escamosa do osso temporal, caso em que o osso parietal não consegue atingir a asa maior do osso esfenoide. O ângulo occipital arredondado (posterossuperior) fica no lambda, o encontro das suturas sagital e lambdoide, que marca o local da fontanela posterior no período neonatal do crânio. O ângulo mastóideo obtuso (posteroinferior) articula-se com o osso occipital e a porção mastóidea do osso temporal no astério. Internamente, sustenta um sulco amplo e raso para a junção dos seios transverso e sigmoide.

Ossificação

Cada osso parietal é ossificado a partir de dois centros que aparecem no mesênquima denso próximo da tuberosidade, um acima do outro, por volta da sétima semana *in utero*. Estes dois centros unem-se precocemente e a ossificação subsequentemente irradia a partir deles em direção às margens. Os ângulos são, portanto, as últimas partes a serem ossificadas e as fontanelas ocorrem nesses locais. Ao nascimento, as linhas temporais são baixas e só atingem a sua posição final após a erupção dos dentes molares. Ocasionalmente, o osso parietal é dividido por uma sutura anteroposterior.

OSSO FRONTAL

O osso frontal é como uma meia tampa rasa, irregular, que forma a testa ou fronte (Fig. 29.3). Possui três partes e contém duas cavidades, os seios frontais.

Parte escamosa

A parte escamosa forma a maior porção do osso frontal. Sua superfície externa tem uma tuberosidade frontal arredondada aproximadamente 3 cm acima do ponto médio de cada margem supraorbital. Estas tuberosidades variam, mas são particularmente proeminentes em crânios jovens e mais ainda em adultos do sexo feminino do que do sexo masculino. Abaixo delas e separados por um sulco raso estão dois arcos superciliares curvados, medialmente proeminentes e unidos por uma glabela elevada mediana lisa. Os arcos são mais proeminentes nos homens; a proeminência depende em parte do tamanho dos seios frontais, mas está ocasionalmente associada a seios pequenos. As margens supraorbitais curvadas das aberturas orbitárias situam-se em posição inferior aos arcos superciliares. O dois terços laterais de cada margem são nítidos, o terço médio arredondado; a incisura supraorbital ou forame, que conduz os vasos e nervos supraorbitários, situa-se na junção entre eles. Uma pequena incisura frontal ou forame situa-se medialmente à incisura supraorbital em 50%

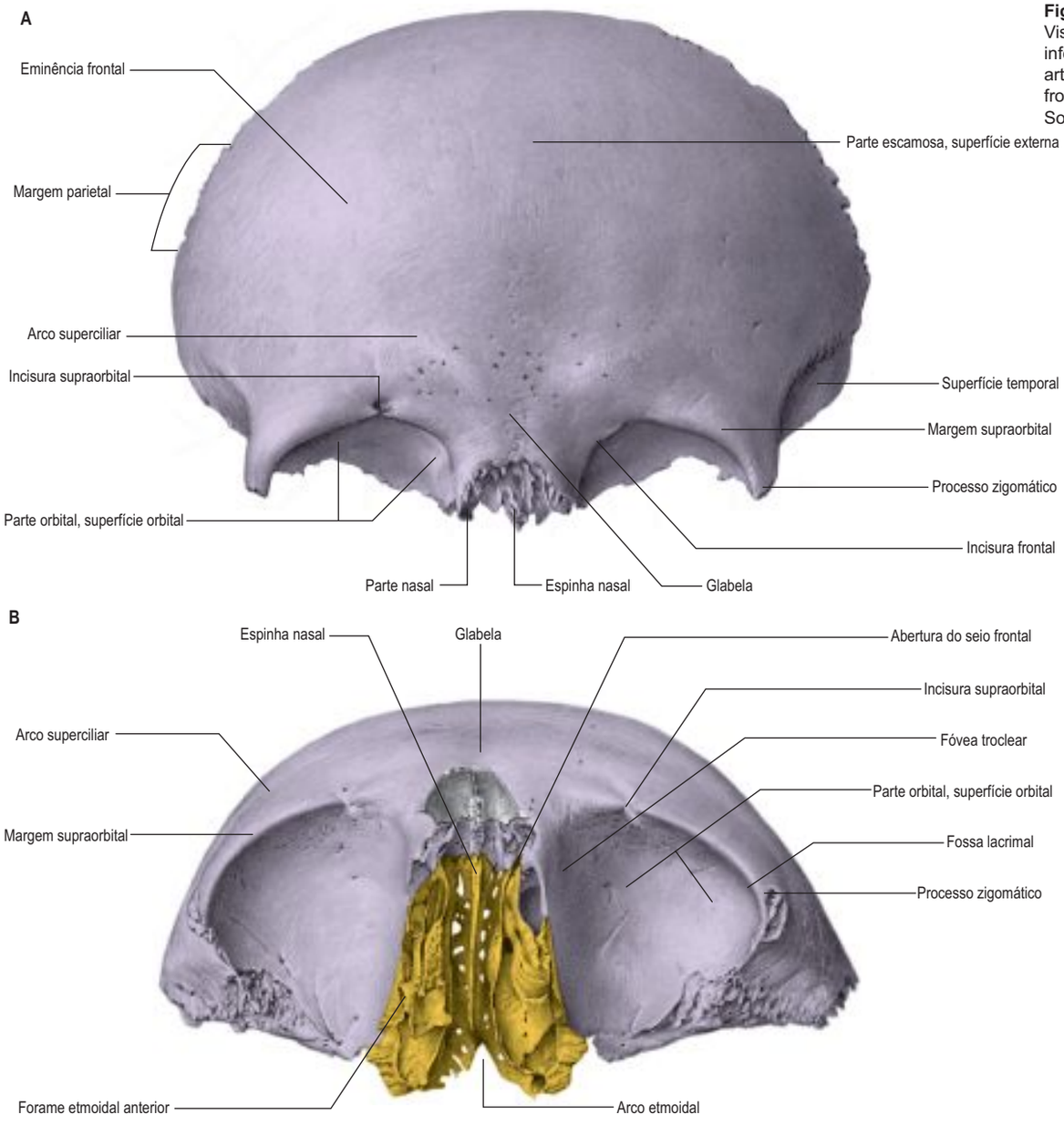


Fig. 29.3 Osso frontal. **A,** Vista anterior. **B,** Vista inferior, incluindo as articulações entre os ossos frontal, etmoide e nasal. (De Sobotta, 2006.)

dos crânios. Ambas as características mostram dimorfismo sexual. A margem supraorbital termina lateralmente em um processo zigomático forte, proeminente, que se articula com o osso zigomático. Uma linha curva-se posterossuperiormente a partir do processo e divide-se em linhas temporais superior e inferior, que continuam na parte escamosa do osso temporal. A área do osso frontal abaixo e atrás da linha temporal é conhecida como a superfície temporal e forma a parte anterior da fossa temporal. A margem parietal (posterior) é espessa, profundamente serrilhada, e biselada internamente acima e externamente abaixo. Inferiormente, torna-se uma superfície triangular áspera que se articula com a asa maior do esfenoide.

A superfície interna do osso frontal é côncava. Sua parte superior, mediana, apresenta um sulco vertical cujas extremidades se unem abaixo como crista frontal. O sulco contém a parte anterior do seio sagital superior. A crista termina em uma pequena incisura que é completada pelo osso etmoide, formando um forame cego. A porção anterior da foice cerebral é anexada às margens do sulco e à crista frontal. A superfície interna mostra impressões do giro cerebral, pequenos sulcos para vasos meníngeos e fovéolas granulares para granulações aracnoides perto do sulco sagital.

Parte nasal

A parte nasal do osso frontal situa-se entre as margens supraorbitais. Uma incisura nasal serrilhada articula-se com os ossos nasais inferiormente e com os processos frontais das maxilas e os ossos lacrimais lateralmente. A partir do centro da incisura posteriormente, o osso projeta-se anteroinferiormente atrás dos ossos nasais e dos processos frontais das maxilas e sustenta a ponte nasal. A região termina em uma espinha nasal aguda, em cada lado da qual uma pequena superfície sulcada parcialmente cobre a cavidade nasal ipsilateral. A espinha nasal dá uma pequena contribuição ao septo nasal: ela articula-se anteriormente com a crista dos ossos nasais e posteriormente com a lâmina perpendicular do osso etmoide.

Partes orbitais

A maior parte do osso frontal é espessa e constituída por tecido trabecular situado entre duas lâminas compactas. Em contrapartida, as lâminas orbitais consistem inteiramente em osso compacto e são finas e com frequência translúcidas posteriormente; na verdade, podem ser em parte absorvidas na velhice.

As lâminas orbitais formam a maior parte dos tetos orbitais e são duas lâminas finas, curvadas e triangulares separadas por uma incisura etmoidal grande. A superfície orbital de cada lâmina é lisa e côncava e ostenta uma fossa anterolateral rasa para a glândula lacrimal. A fóvea troclear (ou coluna), para fixação de uma tróclea fibrocartilaginosa através da qual o tendão do oblíquo superior atua, situa-se abaixo e atrás da extremidade medial da margem supraorbital, a meio caminho entre a incisura supraorbital e a sutura frontolacrimal. A superfície cerebral convexa é marcada pelo giro frontal e sulcos leves para vasos meníngeos.

A incisura etmoidal do quadrilátero é ocupada pela lâmina cribriforme do osso etmoide. Inferior a suas margens laterais, o osso articula-se com o labirinto do osso etmoide e podem-se observar impressões das células de ar etmoidais nesta superfície. Dois sulcos transversos através de cada margem são convertidos em canais etmoidais anterior e posterior pela articulação com o osso etmoide: estes canais abrem-se na parede orbital

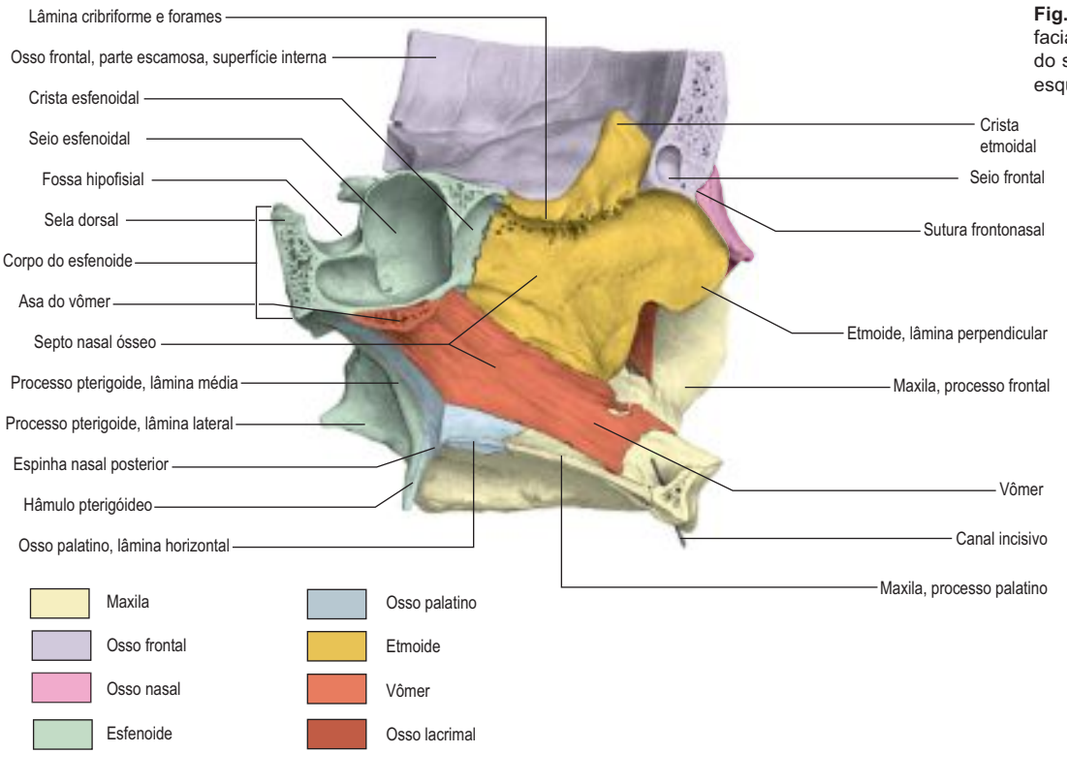


Fig. 29.4 Vista sagital do esqueleto facial, observado a partir do lado direito do septo nasal, olhando para a esquerda. (De Sobotta, 2006.)

medial e conduzem os nervos e vasos etmoidais anterior e posterior. As margens posteriores das lâminas orbitárias são finas e serrilhadas e articulam-se com as asas menores do esfenoide; suas partes laterais geralmente aparecem na fossa craniana média entre as asas maior e menor do esfenoide.

Os seios frontais são duas cavidades irregulares que sobem posterolateralmente por uma distância variável entre as lâminas frontais. Eles são separados por um septo fino e em geral desviados do plano médio, o que significa que raramente são simétricos. Os seios são de tamanho variável e, geralmente, maiores no sexo masculino. As suas aberturas situam-se anteriormente à incisura etmoidal e lateralmente à espinha nasal, e cada uma comunica-se com o meato médio na cavidade nasal ipsilateral por um canal frontonasal.

Os seios frontais são rudimentares ao nascimento e mal podem ser distinguidos. Eles apresentam uma expansão primária com erupção dos primeiros molares decíduos em cerca de 18 meses, e novamente quando os molares permanentes começam a aparecer no sexto ano. O crescimento é lento nos primeiros anos, mas podem ser detectados radiograficamente aos seis anos. Eles atingem seu tamanho completo após a puberdade, embora com o avanço da idade a absorção óssea possa levar a um aumento ainda maior. O seu grau de desenvolvimento parece estar relacionado com a proeminência dos arcos superciliares, que é considerada uma resposta ao estresse mastigatório. Os seios frontais são descritos no Capítulo 32.

Ossificação

O osso frontal é ossificado no mesênquima fibroso a partir de dois centros primários que aparecem na oitava semana *in utero*, cada um próximo de uma tuberosidade frontal. A ossificação estende-se superiormente formando metade da parte principal do osso, posteriormente formando a parte orbital e inferiormente formando as partes nasais. Dois centros secundários para a espinha nasal aparecem por volta do décimo ano. Ao nascimento, o osso consiste em duas metades. A sutura mediana em geral desaparece por volta dos oito anos, mas pode persistir como sutura metópica. O metopismo foi avaliado em 0-7,4% de indivíduos em diferentes grupos étnicos.

OSSO ETMOIDE

O osso etmoide é cuboidal e frágil (Figs. 29.3B, 29.4, 29.5, 29.6). Situa-se anteriormente na base do crânio e contribui para as paredes mediais da órbita, do septo nasal e do teto e paredes laterais da cavidade nasal. Tem uma lâmina cribriforme horizontal perfurada, uma lâmina perpendicular mediana e dois labirintos laterais que contêm as células de ar etmoidais.

Lâmina cribriforme e crista etmoidal

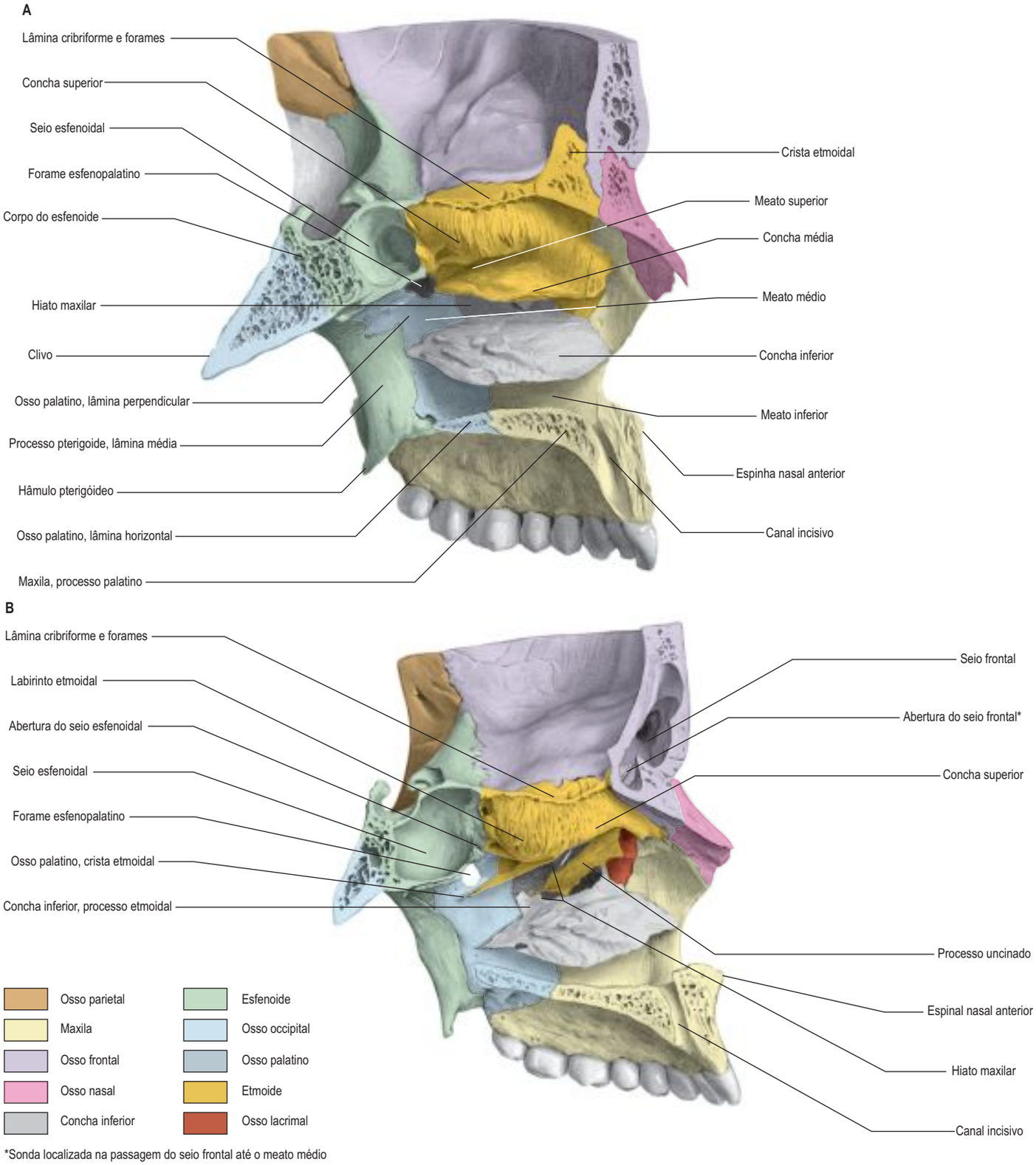
A lâmina cribriforme preenche a incisura etmoidal do osso frontal e forma uma parte grande do teto nasal. Seu nome deriva do fato de ser penetrada por inúmeros forames que conduzem os ramos de nervos olfatórios e suas meninges associadas. Um processo mediano, triangular, liso e espesso, a crista etmoidal, projeta-se para cima a partir do centro da lâmina cribriforme. A foice cerebral é fixada à sua margem posterior curvada e fina, enquanto sua margem anterior espessa, mais curta, articula-se com o osso frontal por meio de duas alas pequenas, completando assim o forame cego. Seus lados geralmente são lisos, mas podem apresentar ligeiros intumescimentos que estão relacionados com as células aéreas etmoidais subjacentes. Em ambos os lados da crista etmoidal, a lâmina cribriforme é estreita e deprimida e está relacionada com o giro reto e o bulbo olfatório, que se encontram acima dela. Em cada lado da crista anteriormente, há uma pequena fenda ocupada por dura-máter. Imediatamente anterolateral à fenda, há um forame que conduz o nervo e os vasos etmoidais anteriores para a cavidade nasal. Um sulco corre para a frente até o forame cego a partir do canal etmoidal anterior.

Lâmina perpendicular

A lâmina perpendicular é fina, plana, quadrilátera e mediana. Ela desce a partir da lâmina cribriforme formando a parte superior do septo nasal, geralmente desviando ligeiramente a partir da linha média. Sua margem anterior articula-se com a espinha nasal do osso frontal e as cristas dos ossos nasais, e sua margem posterior articula-se com a crista do corpo do osso esfenoide acima e do vômer abaixo. A margem inferior espessa é fixada à cartilagem do septo nasal. As suas superfícies são lisas, exceto acima, onde inúmeros sulcos e canais que conduzem filamentos dos nervos olfatórios conduzem aos forames mediais na lâmina cribriforme.

Labirintos etmoidais

O labirinto etmoidal consiste em células de ar etmoidais de parede fina entre duas lâminas verticais. A superfície lateral (lâmina orbital) do labirinto faz parte da parede orbital medial. As células de ar são dispostas em grupos anteriores, médios e posteriores. Em média, existem 11 células de ar etmoidais anteriores, três médias e seis posteriores. No osso desarticulado, muitas células aéreas estão abertas, mas em vida, e no crânio articulado, elas são fechadas pela proximidade com os ossos adjacentes, salvo onde são abertas para a cavidade nasal. A superfície superior é cruzada por dois sulcos que são convertidos nos canais etmoidais anterior e posterior pelo osso frontal; ela apresenta células aéreas abertas que são cobertas pelas margens da incisura etmoidal do osso frontal. Na superfície posterior, células aéreas são cobertas pela concha esfenoidal e o processo orbital do osso palatino. As células aéreas etmoidais médias e posteriores



*Sonda localizada na passagem do seio frontal até o meato médio

Fig. 29.5 A, B Vista sagital do esqueleto facial, mostrando o assoalho da fossa craniana anterior, parede lateral da cavidade nasal, palato duro e seio aéreo esfenoidal. Em B, a concha média na parede lateral da cavidade nasal foi removida, revelando o processo uncinado. (De Sobotta, 2006.)

são cobertas por uma lâmina orbital fina, lisa e oblonga que se articula superiormente com a lâmina orbitária do osso frontal, inferiormente com a maxila e o processo orbital do osso palatino, anteriormente com o osso lacrimal e posteriormente com o osso esfenoide. As paredes das células aéreas situadas anteriormente à lâmina orbitária são concluídas pelo osso lacrimal e o processo frontal da maxila.

Um processo uncinado fino, curvado e de tamanho variável projeta-se posteroinferiormente a partir do labirinto. A margem superior deste processo é um limite medial do hiato semilunar no meato médio. O processo uncinado aparece na parede medial do seio maxilar, à medida que atravessa o óstio do seio maxilar, juntando-se ao processo etmoidal da concha nasal inferior.

A superfície medial do labirinto forma parte da parede nasal lateral. Afigura-se como uma fina lamela que desce a partir da superfície inferior da lâmina cribriforme e termina como a concha nasal média convoluta. Superiormente a superfície contém inúmeros sulcos verticais que conduzem feixes de nervos olfatórios. Posteriormente, é dividida pelo meato superior estreito oblíquo, delimitada acima pela concha nasal superior fina curvada. As células aéreas etmoidais posteriores abrem-se para o meato superior. A superfície convexa da concha nasal média estende-se ao longo de toda a superfície medial do labirinto, anteroinferiormente ao meato superior. Sua margem inferior é espessa e sua superfície lateral é côncava e forma parte do meato médio. As células aéreas etmoidais médias produzem um inchaço, a bolha etmoidal, sobre a parede lateral do meato

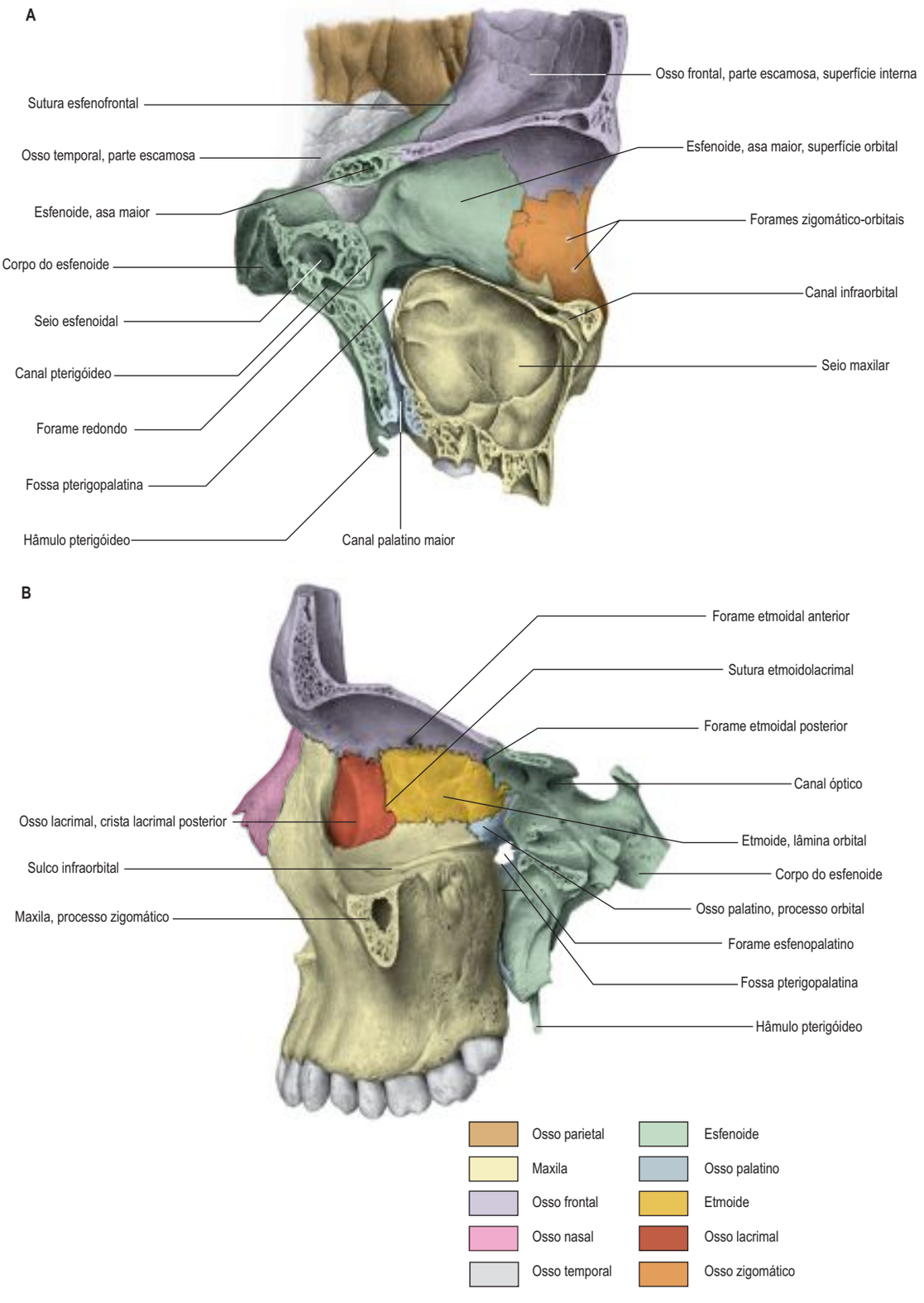


Fig. 29.6 A, Vista sagital do esqueleto facial, mostrando os ossos que formam a parede lateral da órbita esquerda e os seios aéreos maxilares. **B,** Ossos que formam a parede medial e o assoalho da órbita esquerda. (De Sobotta, 2006.)

médio e abrem-se para o meato, seja sobre a bolha ou acima dela. Um infundíbulo curvado estende-se para cima e para a frente a partir do meato médio e comunica-se com os seios etmoidais anteriores. Em mais de 50% dos crânios, ele continua para cima como o ducto frontonasal, incluindo o ponto de drenagem do seio frontal. (As células aéreas etmoidais são descritas ainda no Capítulo 32.)

Ossificação

O osso etmoide ossifica-se na cápsula nasal cartilaginosa a partir de três centros: um na lâmina perpendicular e um em cada labirinto. Estes dois últimos aparecem nas lâminas orbitais entre o quarto e o quinto mês *in utero* e estendem-se para a concha etmoide. Ao nascimento, os labirintos, embora mal-desenvolvidos, estão parcialmente ossificados, com o restante cartilaginoso. A lâmina perpendicular começa a ossificar a partir do centro mediano durante o primeiro ano e funde-se com os labirintos no início do segundo ano. A lâmina cribriforme é ossificada, em parte, a partir da lâmina perpendicular, e em parte a partir dos labirintos. A crista etmoidal ossifica-se durante o segundo ano. As partes do osso etmoide unem-se para formar um único osso aproximadamente aos três anos de idade. As células aéreas etmoidais começam a se desenvolver aproximadamente aos três meses *in utero* e estão, portanto, presentes ao nascimento, no entanto são difíceis de se visualizar radiograficamente até o final do primeiro ano. Elas crescem lentamente e quase já atingiram o tamanho adulto por volta dos 12 anos de idade.

CONCHA NASAL INFERIOR

As conchas nasais inferiores são lâminas horizontais curvadas nas paredes nasais laterais (Fig. 29.5) (Cap. 32). Cada uma tem duas superfícies (medial e lateral), duas margens (superior e inferior) e duas extremidades (anterior e posterior). A superfície medial é convexa, muito perfurada e longitudinalmente sulcada pelos vasos. A superfície lateral é côncava e parte do meato inferior. A margem superior, fina e irregular, pode ser dividida em três regiões: uma região anterior que se articula com a crista conchal da maxila, uma região posterior que se articula com a crista conchal do osso palatino e uma região média com três processos, que são variáveis em tamanho e forma. O processo lacrimal é pequeno e pontiagudo e situa-se voltado para a frente. Ele articula-se apicalmente com o processo descendente a partir do osso lacrimal e, nas suas margens, com as margens do sulco nasolacrimal na superfície medial da maxila, contribuindo assim para a conclusão do canal nasolacrimal. Mais posteriormente, um processo etmoidal fino sobe, encontrando o processo uncinado do osso etmoide. Um processo maxilar fino curva inferolateralmente para se articular com a superfície medial da maxila, na abertura do seio maxilar. A margem inferior é espessa e esponjosa, especialmente na sua parte média. As duas extremidades, anterior e posterior, da concha nasal inferior são mais ou menos cônicas, sendo a posterior mais do que a anterior.

Ossificação

A ossificação ocorre a partir de um centro que surge aproximadamente no quinto mês *in utero* na margem inferior não curvada da parede lateral cartilaginosa da cápsula nasal. A concha inferior perde a continuidade com a cápsula nasal durante a ossificação.

OSSO LACRIMAL

Os ossos lacrimais são os menores e mais frágeis ossos cranianos e situam-se anteriormente na parede medial da órbita (Fig. 29.5B). Cada um tem duas superfícies (medial e lateral) e quatro margens (anterior, posterior, superior e inferior). A superfície lateral (orbital) é dividida por uma crista lacrimal posterior vertical. Anterior à crista há um sulco vertical cuja margem anterior encontra a parte posterior do processo frontal da maxila, completando a fossa que abriga o saco lacrimal. A parede medial do sulco é prolongada por um processo descendente que contribui para a formação do canal nasolacrimal juntando os lábios do sulco nasolacrimal da maxila e o processo lacrimal da concha nasal inferior. Uma parte lisa da parede orbital medial situa-se atrás da crista lacrimal posterior: a parte lacrimal do orbicular do olho está fixada a esta superfície e à crista. A superfície termina abaixo no hâmulo lacrimal que, juntamente com a maxila, completa a abertura superior do canal nasolacrimal. O hâmulo pode aparecer como um osso lacrimal menor separado. A região anteroinferior da superfície medial (nasal) é parte do meato médio. Sua parte posterossuperior encontra o etmoide, completando algumas das células aéreas etmoidais anteriores. A margem anterior do osso lacrimal articula-se com o processo frontal da maxila, a margem posterior com a lâmina orbital do osso etmoide, a margem superior com o osso frontal e a margem inferior com a superfície orbital da maxila.

Ossificação

A ossificação ocorre a partir de um centro que aparece por volta da 12ª semana *in utero* no mesênquima em torno da cápsula nasal. Mais tarde na vida, o osso lacrimal está sujeito à erosão irregular.

OSSO NASAL

Os ossos nasais são pequenos, oblongos, de tamanho e forma variáveis e situam-se lado a lado entre os processos frontais das maxilas (Figs. 29.4, 29.5, 29.6B). Juntos, formam a ponte nasal. Cada osso nasal possui duas superfícies (interna e externa) e quatro margens (superior, inferior, lateral e mesial). A superfície externa tem um perfil descendente côncavo e convexo e é transversalmente convexa. É coberta pelos músculos prócero e nasal e perfurada centralmente por um pequeno forame que conduz uma veia. A superfície interna, côncava transversalmente, tem um sulco longitudinal que abriga o nervo etmoidal anterior. A margem superior, espessa e serrilhada, articula-se com a parte nasal do osso frontal. A margem inferior, fina e entalhada, é contínua com a cartilagem nasal lateral. A margem lateral articula-se com o processo frontal da maxila. A margem medial, mais espessa acima, articula-se com seu antímero e projeta-se atrás como uma crista vertical, assim formando uma pequena parte do septo nasal. Ela articula-se a partir de cima com a espinha nasal do osso frontal, a lâmina perpendicular do osso etmoide e a cartilagem do septo nasal.

Ossificação

A ossificação ocorre a partir de um centro que aparece no início do terceiro mês *in utero* no mesênquima sobrejacente à parte anterior cartilaginosa da cápsula nasal.

VÔMER

O vômer é fino, plano e quase trapezoide (Fig. 29.4). Forma a parte posteroinferior do septo nasal e apresenta duas superfícies e quatro margens. Ambas as superfícies são marcadas por sulcos para nervos e vasos. Um sulco proeminente para o nervo e vasos nasopalatinos situa-se obliquamente em um plano anteroinferior. A margem superior é mais espessa e possui um sulco profundo entre as asas de projeção que ajusta o rostro do corpo do osso esfenoide. As asas articulam-se com as conchas esfenoidais, os processos vaginais das lâminas pterigóideas mediais do osso esfenoide e os processos esfenoidais do osso palatino. Onde cada asa se situa entre o corpo do esfenoide e o processo vaginal, a sua superfície inferior contribui para formar o canal vomerovaginal. A margem inferior articula-se com as cristas nasais medianas da maxila e ossos palatinos. A margem anterior é a mais longa e articula-se em sua metade superior com a lâmina perpendicular do osso etmoide. A sua metade inferior é fendida para receber a margem inferior da cartilagem do septo nasal (Cap. 32). A margem côncava posterior é espessa e bífida acima e fina abaixo: separa as aberturas nasais posteriores. A extremidade anterior do vômer articula-se com a margem posterior da crista do incisivo maxilar e desce entre os canais incisivos.

Ossificação

O septo nasal é, primeiramente, uma lâmina de cartilagem, parte da qual é ossificada acima, formando a lâmina perpendicular do etmoide. Sua região anteroinferior persiste como cartilagem septal. O vômer é ossificado em uma camada de tecido conjuntivo que cobre a cartilagem posteroinferiormente em cada aspecto. Aproximadamente na oitava semana *in utero*, dois centros aparecem ladeando a linha média e, na décima segunda semana, eles unem-se abaixo da cartilagem, formando um sulco profundo para a cartilagem do septo nasal. A união das lamelas ósseas progride anterossuperiormente enquanto a cartilagem interveniente é absorvida. Por volta da puberdade, as lamelas são quase unidas, mas evidências da sua origem bilaminar permanecem nas asas evertidas e sulco marginal anterior.

OSSO ZIGOMÁTICO

Cada osso zigomático forma a proeminência de uma bochecha, contribui para o assoalho e parede lateral da órbita e paredes das fossas temporal e infratemporal, e completa o arco zigomático. Cada um é aproximadamente quadrangular e descrito como tendo três superfícies, cinco margens e dois processos (Fig. 29.7).

A superfície lateral (facial) é convexa e perfurada nas proximidades de sua margem orbital pelo forame zigomaticofacial, que é frequentemente duplo e ocasionalmente ausente, e conduz o nervo e vasos zigomaticofaciais. Esta superfície fixa o músculo zigomático maior posteriormente e o músculo zigomático menor anteriormente. A superfície posteromedial (temporal) tem uma área anterior áspera para a articulação com o processo zigomático da maxila e uma área posterior côncava lisa que se estende posteriormente sobre o seu processo frontal como a face anterior da fossa temporal. Ela também se estende para trás sobre a face medial do processo temporal como uma parede lateral incompleta para a fossa infratemporal. O forame zigomaticotemporal penetra esta superfície perto da base do processo frontal. A superfície orbital lisa e côncava forma a parte anterolateral do assoalho e a parede lateral adjacente da órbita, e estende-se para cima sobre a face medial de seu processo frontal. Ela geralmente sustenta os forames zigomático-orbitais que representam as aberturas de canais que levam aos forames zigomaticofacial e zigomaticotemporal.

A margem anterossuperior suavemente côncava (orbital) forma a circunferência inferolateral da abertura orbitária e separa as superfícies orbitais e laterais do osso. A margem anteroinferior (maxilar) articula-se com a maxila. Sua extremidade medial afunila até um ponto acima do forame infraorbital. Uma parte do levantador do lábio superior está anexada a esta superfície. A margem posterossuperior (temporal) é sinuosa, convexa acima e côncava abaixo, e contínua com a margem posterior do processo

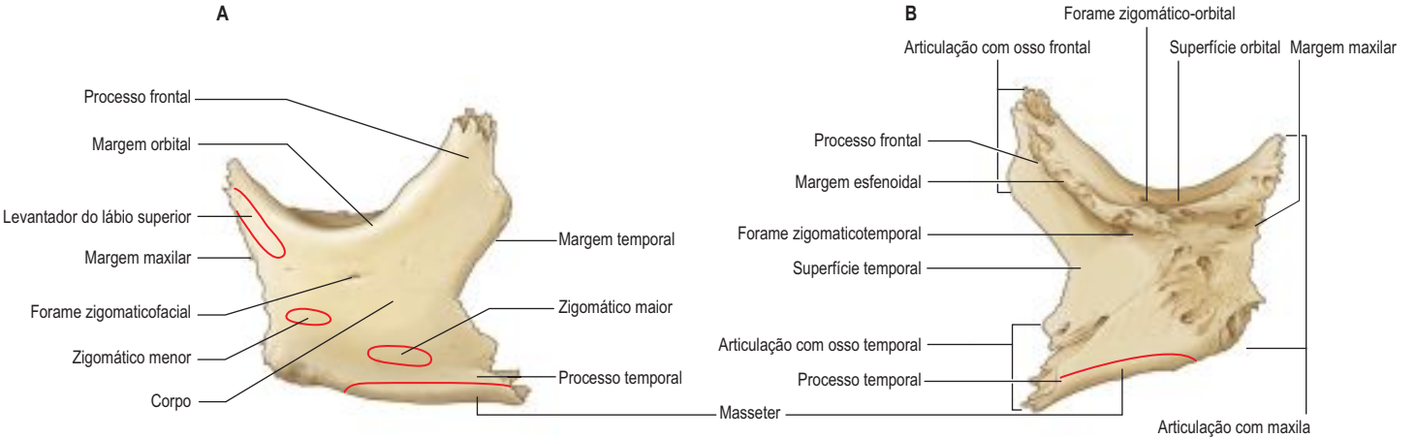


Fig. 29.7 Osso zigomático. **A,** Face anterolateral. **B,** Face posterolateral. Inserções musculares mostradas em A.

frontal e a margem superior do arco zigomático. A fáscia temporal é anexada a esta margem. Muitas vezes existe um tubérculo pequeno, facilmente palpável, marginal abaixo da sutura frontozigomática. A margem posteroinferior é áspera para a fixação do masseter. A margem posteromedial serrilhada articula-se com a asa maior do osso esfenoide acima, bem como a superfície orbital da maxila abaixo. Entre estas regiões serrilhadas, uma parte curta, côncava, não articular, geralmente forma a extremidade lateral da fissura orbital inferior. Ocasionalmente ausente, a fissura é então completada pela articulação da maxila e esfenoide (ou com um pequeno osso sutural entre eles).

O processo frontal, espesso e serrilhado, articula-se acima com o processo zigomático do osso frontal e atrás com a asa maior do osso esfenoide. Um tubérculo de tamanho e forma variáveis, o tubérculo de Whitnall, em geral está presente na sua face orbital, dentro da abertura orbital e cerca de 1 cm abaixo da sutura frontozigomática. Este tubérculo promove a fixação para o ligamento palpebral lateral, o ligamento suspensório do olho, e uma parte da aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior. O processo temporal, direcionado para trás, tem uma extremidade oblíqua serrilhada que se articula com o processo zigomático do osso temporal para completar o arco zigomático.

Ossificação

A ossificação ocorre a partir de um centro, que aparece no tecido fibroso sobre a oitava semana *in utero*. O osso é, por vezes, dividido por uma sutura horizontal em uma parte superior maior e uma inferior menor.

MAXILA

As maxilas são os maiores ossos da face, com exceção da mandíbula, e, conjuntamente, formam o conjunto da mandíbula superior. Cada osso forma a maior parte do assoalho e parede lateral da cavidade nasal, e do assoalho da órbita, contribui para as fossas infratemporal e pterigopalatina e liga as fissuras orbital inferior e pterigomaxilar. Cada maxila possui um corpo e quatro processos, a saber, processos zigomático, frontal, alveolar e palatino (Figs. 29.6, 29.8).

Corpo

O corpo da maxila é aproximadamente piramidal e tem superfícies anterior, infratemporal (posterior), orbital e nasal que delimitam o seio maxilar.

Superfície anterior

Esta superfície faz face anterolateralmente e apresenta elevações inferiores sobrejacentes às raízes dos dentes. Existe uma fossa incisiva rasa acima dos incisivos à qual o septo do músculo abaixador é fixado. Um deslizamento do músculo orbicular da boca é anexado à margem alveolar abaixo desta fossa, e o nasal é anexado superolateral a ela. Lateral à fossa do incisivo está uma fossa canina maior, mais profunda: o músculo levantador do canto da boca está fixado ao osso desta fossa. As fossas dos incisivos e caninos são separadas pela eminência canina, que se encontra sobrejacente ao alvéolo do dente canino. O forame infraorbital situa-se acima da fossa e conduz os vasos e o nervo infraorbitais. Acima do forame uma margem nítida separa as superfícies anterior e orbital do osso e contribui para a margem infraorbital. O músculo levantador do lábio superior é anexado aqui acima do forame infraorbital e músculo levantador do ângulo da boca abaixo dele. Medialmente, a superfície anterior termina em uma incisura nasal côncava profunda, terminando em um processo pontiagudo que, com seu companheiro contralateral, forma a espinal nasal anterior. Os músculos nasal e depressor do septo são fixados à superfície anterior próximo à incisura.

Superfície infratemporal

Esta superfície é côncava e faz face posterolateralmente, formando a parede anterior da fossa infratemporal. Ela é separada da superfície anterior pelo processo zigomático e uma crista (crista jugal), que sobe até ela a partir do alvéolo do primeiro molar. Perto de seu centro estão as aberturas de dois ou três canais alveolares que conduzem vasos e nervos alveolares posteriores superiores. Posteroinferiormente, encontra-se a tuberosidade maxilar áspera superomedialmente, onde se articula com o processo piramidal do osso palatino. Algumas fibras do músculo pterigóideo medial são fixadas aqui. Acima da tuberosidade, a margem anterior lisa da fossa pterigopalatina é sulcada pelo nervo maxilar à medida que passa lateral e ligeiramente para cima em direção ao sulco infraorbital sobre a superfície orbital.

Superfície orbital

Esta superfície é lisa e triangular e forma a maior parte do assoalho da órbita. Anteriormente, a sua margem medial ostenta uma incisura lacrimal, atrás da qual se articula com o osso lacrimal, a lâmina orbital do etmoide e, posteriormente, com o processo orbital do osso palatino. A sua margem posterior é suavemente arredondada e forma a maior parte da extremidade anterior da fissura orbitária inferior. O sulco infraorbital situa-se centralmente. A margem anterior é parte da margem orbital e é contínua medialmente com a crista lacrimal do processo frontal da maxila. O sulco infraorbital conduz vasos e nervos infraorbitais e começa a meia distância sobre a margem posterior, onde é contínuo com um sulco na superfície posterior. Ele passa adiante em direção ao canal infraorbital, que se abre sobre a superfície anterior abaixo da margem infraorbital. Perto de seu ponto médio, o canal infraorbital dá origem a um pequeno ramo lateral, o canal sinuoso, que conduz o nervo e vasos alveolares anterossuperiores. O canal sinuoso desce no assoalho orbital lateral ao canal infraorbital, curva medialmente na parede anterior do seio maxilar e, em seguida, passa abaixo do forame infraorbital à margem da abertura nasal anterior em frente à extremidade anterior da concha inferior. Segue a margem inferior da abertura e abre perto do septo nasal em frente ao canal incisivo. O local de fixação do oblíquo inferior pode ser indicado por uma pequena depressão no osso, no canto anteromedial da superfície do músculo orbital, lateral ao sulco lacrimal.

Superfície nasal

Esta superfície apresenta, posterossuperiormente, um hiato maxilar irregular grande que leva ao seio maxilar. Partes dos seios aéreos que são completados pela articulação com os ossos etmoide e lacrimal estão situadas na margem superior do hiato. A superfície côncava lisa abaixo do hiato é parte do meato inferior. Posteriormente, a superfície é áspera, onde se articula com a lâmina perpendicular do osso palatino. Esta superfície é atravessada por um sulco que desce em frente a partir da margem posterior média e é convertida em um canal palatino pela lâmina perpendicular. Anterior ao hiato, um sulco nasolacrimal profundo, contínuo acima com o sulco lacrimal, compõe cerca de dois terços da circunferência do canal nasolacrimal. O restante é contribuição da parte descendente do osso lacrimal e processo lacrimal da concha nasal inferior. Este canal conduz o ducto nasolacrimal ao meato inferior. Mais anteriormente, uma crista oblíqua conchal articula-se com a concha nasal inferior. A concavidade abaixo dela é parte do meato inferior, enquanto a superfície acima é parte do átrio do meato médio.

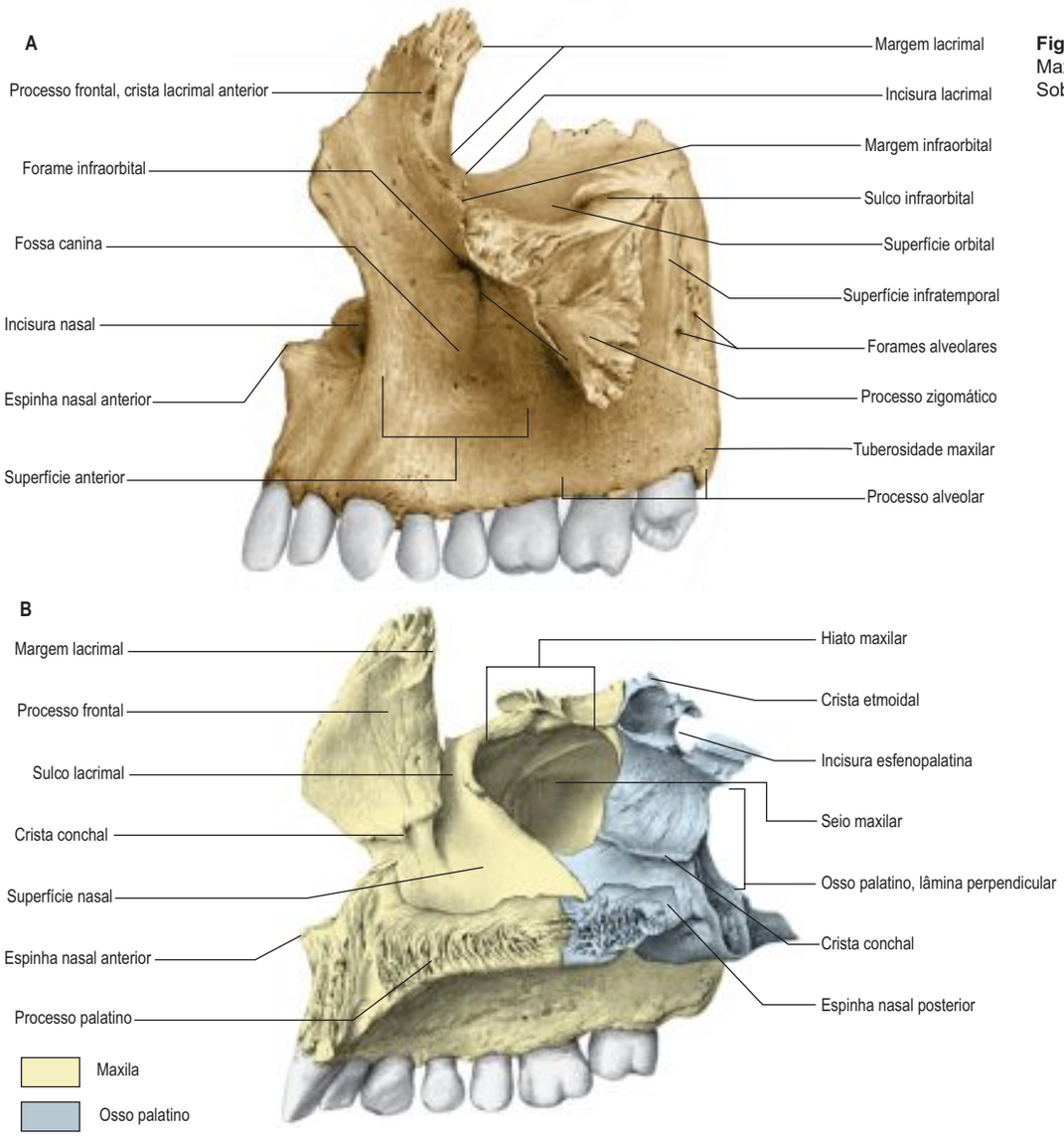


Fig. 29.8 Maxila e osso palatino. **A,** Maxila. **B,** Maxila e osso palatino. (De Sobotta, 2006.)

Processo zigomático

As superfícies anterior, infratemporal e orbital da maxila convergem em uma projeção piramidal, o processo zigomático. Anteriormente, o processo funde-se na superfície facial do corpo da maxila. Posteriormente, é côncava e contínua com a superfície infratemporal. Superiormente, é um pouco serrilhada para a articulação com o osso zigomático. Inferiormente, uma crista arqueada óssea, a crista zigomático-alveolar, ou crista jugal, separa as superfícies facial (anterior) e infratemporal.

Processo frontal

O processo frontal projeta-se posterossuperiormente entre os ossos nasal e lacrimal. A sua superfície lateral é dividida por uma crista lacrimal anterior vertical que dá fixação ao ligamento medial da pálpebra e é contínua abaixo com a margem infraorbital. Um tubérculo pequeno palpável na junção da crista e superfície orbitária é um guia para o saco lacrimal. A área lisa anterior à crista lacrimal funde-se abaixo com a superfície anterior do corpo da maxila. Partes do orbicular do olho e levantador do lábio superior e da asa do nariz estão fixadas aqui. Atrás da crista, um sulco vertical combina com um sulco sobre o osso lacrimal para completar a fossa lacrimal. A superfície medial é parte da parede nasal lateral. A área subapical áspera articula-se com o etmoide e fecha as células aéreas anteriores. Abaixo dela, uma crista etmoidal oblíqua articula-se posteriormente com a concha nasal média, e anteriormente está subjacente à eminência nasal, uma crista anterior à concha sobre a parede nasal lateral. A crista etmoidal forma o limite superior do átrio do meato médio. O processo frontal articula-se acima com a parte nasal do osso frontal. Sua margem anterior articula-se com o osso nasal e a sua margem posterior articula-se com o osso lacrimal.

Processo alveolar

O processo alveolar é espesso e arqueado, largo atrás e com alvéolos para as raízes dos dentes superiores. Os oito alvéolos de cada lado variam de acordo com o tipo de dente. O alvéolo para o canino é mais profundo, os alvéolos para os molares são mais amplos e subdivididos em três por septos, aqueles para os incisivos e segundos pré-molares são individuais, e aqueles para o primeiro pré-molar, geralmente duplos. O bucinador é fixado à face alveolar externa, até o primeiro molar. Nas maxilas articuladas, os processos formam o arco alveolar. Ocasionalmente, um tórus maxilar variavelmente proeminente está presente na linha média do palato.

Processo palatino

O processo palatino, espesso e horizontal, projeta-se medialmente a partir da parte inferior da face medial da maxila. Forma uma grande parte do assoalho nasal e palato duro e é mais espesso na frente. Sua superfície inferior é côncava e desigual, e forma, com seus antímeros contralaterais, os três quartos anteriores do palato ósseo (duro). O processo palatino apresenta inúmeros forames vasculares e depressões para glândulas palatinas e, posterolateralmente, dois sulcos que conduzem os vasos e nervos palatinos maiores. A fossa incisiva infundibular situa-se entre as duas maxilas, atrás dos dentes incisivos. A sutura palatina intermaxilar mediana corre posterior à fossa e, embora um pouco irregular, geralmente é relativamente plana em sua face oral. Suas margens ósseas são algumas vezes elevadas em direção a um tórus palatino longitudinal proeminente. Dois canais incisivos laterais, cada um ascendente em direção à sua metade da cavidade nasal, abrem-se na fossa incisiva: eles conduzem as terminações da artéria palatina maior e nervo nasopalatino. Duas aberturas adicionais medianas, forames anteriores e posteriores incisivos, estão ocasionalmente presentes: eles conduzem os nervos nasopalatinos, o esquerdo em geral passando através do anterior, e o direito através do forame posterior. Sobre a superfície palatina inferior um sulco fino, algumas vezes chamado de sutura incisiva, e proeminente em crânios jovens pode ser observado em adultos. Estende-se anterolateralmente a partir da fossa incisiva até o intervalo entre o incisivo lateral e os dentes caninos. A superfície superior

do processo palatino é lisa, côncava transversalmente, e forma a maior parte do assoalho nasal. O canal incisivo situa-se anteriormente, nas proximidades de sua margem mediana. A margem lateral é contínua com o corpo da maxila. A margem medial, mais espessa na frente, é elevada em direção à crista nasal que, com sua semelhante contralateral, forma um sulco para o vômer. A frente desta crista eleva-se mais alto como uma crista incisiva, prolongada para a frente em um processo acentuado que, juntamente com seu semelhante, forma uma espinha nasal anterior. A margem posterior é serrilhada para a articulação com a lâmina horizontal do osso palatino.

Seio maxilar

O seio maxilar é o maior dos seios paranasais e situa-se no corpo da maxila. É descrito em pormenores no Capítulo 32.

Ossificação

A maxila ossifica-se a partir de um único centro, em uma lâmina de mesênquima que aparece acima da fossa canina aproximadamente na sexta semana *in utero* e dissemina-se para o restante da maxila e dos seus processos. O padrão de disseminação da ossificação pode inicialmente deixar uma zona não mineralizada que quase corresponde a um local onde pode ocorrer uma sutura pré-maxilar. No entanto, esta deficiência é logo ossificada; não há evidências de um centro de ossificação separado para a porção de suporte do incisivo da maxila (*i.e.*, pré-maxila).

O seio maxilar apresenta-se como um sulco raso na face nasal em torno do quarto mês *in utero*. Embora pequeno ao nascimento, o seio é identificável radiologicamente. Após o nascimento, ele aumenta com a maxila em crescimento, embora esteja completamente desenvolvido após a erupção da dentição permanente. Os vasos e nervo infraorbitais ficam por um tempo em um sulco aberto no assoalho orbital; a parte anterior do sulco é posteriormente convertida em um canal por uma lâmina que cresce a partir da face lateral.

Ao nascimento, as dimensões maxilares transversa e sagital são maiores do que a vertical. O processo frontal é proeminente, mas o corpo é pouco mais do que um processo alveolar, porque os alvéolos atingem quase o assoalho orbital. Nos adultos, a dimensão vertical é a maior, o que reflete o desenvolvimento do processo alveolar e aumento dos seios. Quando se perdem os dentes, o osso reverte em direção à sua forma infantil: a sua altura diminui, o processo alveolar é absorvido e as partes inferiores do osso contraem-se e tornam-se reduzidas em espessura, à custa da parede labial.

OSSO PALATINO

Os ossos palatinos estão situados posteriormente na cavidade nasal, entre as maxilas e os processos pterigoides dos ossos esfenoides. Contribuem para o assoalho e paredes laterais do nariz, para o assoalho da órbita e o palato duro, para as fossas pterigopalatina e pterigóidea, e para as fissuras orbitais inferiores. Cada um tem duas lâminas (horizontal e perpendicular) dispostas em forma de L e três processos (piramidal, orbital e esfenoidal) (Fig. 29.9).

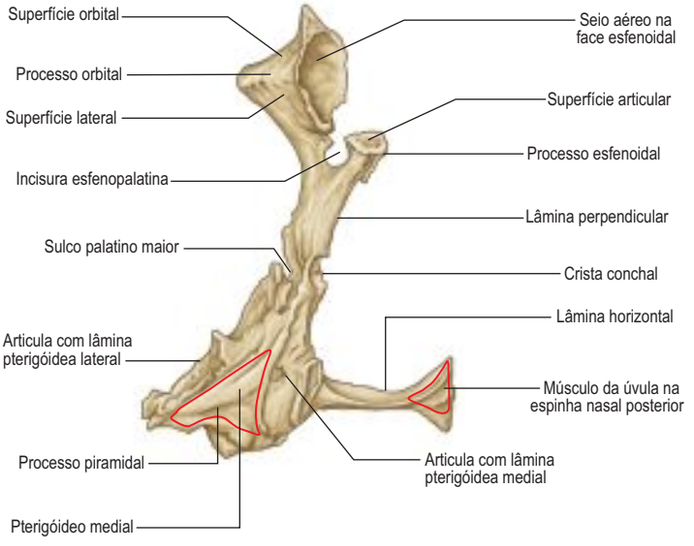


Fig. 29.9 Osso palatino, vista posterior.

Lâmina horizontal

A lâmina horizontal é quadrilateral, com duas superfícies (nasal e palatina) e quatro margens (anterior, posterior, lateral e medial). A superfície nasal, transversalmente côncava, forma o assoalho nasal posterior. A superfície palatina forma o quarto posterior do palato ósseo com seu semelhante contralateral. Muitas vezes existe uma crista palatina curvada próxima de sua margem posterior. A margem posterior é fina e côncava: o tendão expandido do músculo tensor do véu palatino é ligado à sua superfície adjacente por trás da crista palatina. Medialmente, com o seu semelhante contralateral, a parte posterior forma uma espinha nasal posterior mediana à qual o músculo da úvula é fixado. A margem anterior é serrilhada e articula-se com o processo palatino da maxila. A margem lateral é contínua com a lâmina perpendicular do osso palatino e é marcada por um sulco palatino maior. A margem medial é espessa e serrilhada e articula-se com seu antímero contralateral na linha média, formando a parte posterior da crista nasal que se articula com a parte posterior da extremidade inferior do vômer.

Lâmina perpendicular

A lâmina perpendicular é fina e oblonga, e tem duas superfícies (nasal e maxilar) e quatro margens (anterior, posterior, superior e inferior). A superfície nasal ostenta duas cristas (conchal e etmoidal) e apresenta áreas que contribuem para os meatos inferior, médio e superior. Inferiormente, a superfície nasal é côncava onde contribui para parte do meato inferior. Acima, ela é uma crista conchal horizontal que se articula com a concha inferior. Acima da crista conchal, a superfície apresenta uma depressão rasa que faz parte do meato médio; é limitada acima por uma crista etmoidal para a concha nasal média, acima da qual um sulco estreito e horizontal forma parte do meato superior.

A superfície maxilar é amplamente áspera e irregular e articula-se com a superfície nasal da maxila. Posterossuperiormente, forma uma parede medial lisa à fossa pterigopalatina. Sua área anterior, também lisa, sobrepõe-se ao hiato maxilar a partir da parte de trás, formando uma parte posterior da parede medial do seio maxilar. Um sulco palatino maior obliquamente descendente (convertido em um canal pela maxila) situa-se posteriormente sobre esta superfície maxilar: ele conduz os vasos e o nervo palatino maior.

A margem anterior é fina e irregular. Nivelada com a crista conchal, uma lâmina pontiaguda projeta-se abaixo e atrás do processo maxilar da concha inferior: ela articula-se com ele e, portanto, aparece na parede medial do seio maxilar. A margem posterior articula-se através de uma sutura serrilhada com a lâmina pterigóidea medial. É contínua, acima, com o processo esfenoidal do osso palatino e expande-se abaixo, em direção ao seu processo piramidal. Os processos orbital e esfenoidal projetam-se a partir da margem superior e são separados pela incisura esfenopalatina, que é convertida em um forame em articulação com o corpo do esfenoide. Este forame liga a fossa pterigopalatina à parte posterior do meato superior e conduz vasos esfenopalatinos e os nervos nasais superiores posteriores. A margem inferior é contínua com a margem lateral da lâmina horizontal e ostenta a extremidade inferior do sulco palatino maior na frente do processo piramidal.

Processo piramidal

O processo piramidal desliza posterolateralmente para baixo a partir da junção das lâminas palatinas horizontal e perpendicular em direção ao ângulo entre as lâminas pterigóideas do osso esfenoide. Em sua superfície, uma área triangular sulcada, lisa, delimitada, em cada lado, por sulcos articulares ásperos que articulam com as lâminas pterigóideas, completa a parte inferior da fossa pterigóidea. Anteriormente, a superfície lateral articula-se com a tuberosidade maxilar. Esta área dá fixação às fibras da cabeça superficial do músculo pterigóideo medial. Posteriormente, uma área triangular lisa surge baixa na fossa infratemporal entre a tuberosidade e a lâmina pterigóidea lateral. A superfície inferior, perto de sua união com a lâmina horizontal, sustenta os forames palatinos menores que conduzem os nervos e vasos palatinos menores.

Processo orbital

O processo orbital é orientado superolateralmente a partir da frente da lâmina perpendicular e tem um colo contraído. Ele encerra um seio aéreo e apresenta três superfícies articulares e duas não articulares. Das superfícies articulares, a superfície anterior oblonga (maxilar) direciona-se para baixo e anterolateralmente, e articula-se com a maxila. A superfície posterior (esfenoidal) é direcionada para cima e posteromedialmente, e suporta a abertura de um seio aéreo. Ela geralmente comunica-se com o seio esfenoi-

dal e é completada por uma concha esfenoidal. A superfície medial (etmoidal) direciona-se anteromedialmente e articula-se com o labirinto do osso etmoide. O seio do processo orbital por vezes abre-se sobre a superfície e comunica-se com as células aéreas etmoidais posteriores. Mais raramente, abre-se em ambas as superfícies etmoidal e esfenoidal e comunica-se tanto com as células aéreas etmoidais posteriores quanto com o seio esfenoidal.

Das superfícies não articulares, a superfície superior (orbital) triangular é orientada superolateralmente para a parte posterior do assoalho orbital. A superfície lateral é oblonga, direciona-se para a fossa pterigopalatina e é separada da superfície da órbita por uma margem arredondada que forma uma parte medial da margem inferior da fissura orbitária inferior. Esta superfície pode apresentar um sulco, direcionado superolateralmente, para o nervo maxilar, e é contínua com o sulco na superfície posterior superior da maxila. A margem entre as superfícies lateral e posterior desce anteriormente à incisura esfenopalatina.

Processo esfenoidal

O processo esfenoidal é uma lâmina fina, menor e mais baixa do que o processo orbital, e orientada superomedialmente. Sua superfície superior articula-se com a concha esfenoidal e, acima dela, com a raiz da lâmina pterigóidea medial. Ela carrega um sulco que contribui para a formação do canal palatovaginal. A superfície inferomedial côncava forma parte do telhado e parede lateral do nariz. Posteriormente, a superfície lateral articula-se com a lâmina pterigóidea medial, enquanto sua região anterior lisa forma parte da parede medial da fossa pterigopalatina. A margem posterior articula-se com o processo vaginal da lâmina pterigóidea medial. A margem anterior é a extremidade posterior da incisura esfenopalatina. A margem medial articula-se com a asa do vômer. A incisura esfenopalatina, entre os dois processos, é convertida em um forame pela articulação com o corpo do osso esfenoide.

Ossificação

A ossificação está no mesênquima a partir de um centro na lâmina perpendicular que aparece durante a oitava semana *in utero*. A partir deste centro, a ossificação dissemina-se para todas as partes. Ao nascimento, a altura da lâmina perpendicular é igual à largura da lâmina horizontal, mas em adultos é quase duas vezes maior, uma mudança de proporções que está em conformidade com aquelas que ocorrem na maxila.

FRATURAS DO ESQUELETO FACIAL

As fraturas que afetam os ossos faciais são comuns. Elas ocorrem em acidentes automobilísticos, lesões esportivas, acidentes de trabalho e, cada vez mais, como consequência da violência entre as pessoas, muitas vezes relacionada ao álcool. Como a maioria das pessoas é destra, as fraturas decorrentes de agressões ocorrem mais comumente na lateral esquerda do esqueleto facial. As fraturas de crânio tendem a adotar padrões bem reconhecidos que refletem a forma e a estrutura dos ossos faciais, fatores anatômicos locais e pontos de estresse que constituem locais de fraqueza.

Frequentemente, essas fraturas não ocorrem como fraturas simétricas bilaterais, mas em diversas combinações, como as duas em conjunto, do mesmo lado e envolvendo os dois lados. Tipicamente, essas fraturas surgem a partir de força aplicada anteriormente por uma vasta área. Estas lesões são observadas em acidentes automobilísticos onde, por exemplo, um condutor ou passageiro é jogado para a frente, em direção ao volante ou painel. A direção da força aplicada determina o deslocamento destas fraturas. Com a possível exceção dos músculos pterigóideos laterais relativamente fracos, sua tração desempenha um papel relativamente pequeno. Como as fraturas geralmente são deslocadas para trás, devido à angulação da forte base do crânio, existe também um componente descendente, que resulta clinicamente em um alongamento da face e uma aparência arredondada. Pode haver obstrução das vias respiratórias, caso este deslocamento para baixo e para trás seja grave.

Embora as fraturas que ocorrem em lesões graves sejam frequentemente complexas, é conveniente descrevê-las como originárias nos terços superior, médio e inferior da face, embora possam envolver uma ou mais destas áreas. As fraturas do terço superior envolvem os ossos frontais. As fraturas do terço médio envolvem o complexo nasoetmoidal, órbita, complexo zigomático e maxila. As fraturas do terço inferior correspondem a fraturas da mandíbula.

Terço superior da face

Fraturas no terço superior da face são quase invariavelmente divididas em várias partes e frequentemente estão associadas a fraturas do terço médio da face. As fraturas do osso frontal podem envolver o seio frontal e/ou teto orbitário. Se o ducto frontonasal sofrer traumatismo, sua drenagem pode ser prejudicada, o que o predispõe à infecção ascendente intracraniana e desenvolvimento de mucocele dentro dos seios frontais. Este risco pode ser minimizado com *stents* frontonasais ou ducto frontonasal e obliteração do seio frontal com enxerto ósseo autógeno (Cap. 32). As fraturas que envolvem tanto as paredes anteriores como posteriores do seio frontal também carregam um risco de infecção intracraniana precoce e tardia, e frequentemente é necessário obliterar os seios frontais ou cranializar os seios frontais, a fim de evitar essa complicação. A cranialização dos seios frontais envolve a remoção da parede posterior e toda a mucosa do seio frontal, tipicamente através de uma abordagem frontal de craniotomia. Fraturas da parede posterior do seio frontal podem estar associadas a lacerações durais (e rinorreia cerebrospinal), que devem ser reparadas ao mesmo tempo. As fraturas que envolvem o teto orbitário podem estar associadas ao deslocamento do globo ocular, diplopia e lesão do nervo supraorbital.

Terço médio da face

O terço médio da face é definido como a área delimitada acima por uma linha transversal que liga as duas suturas zigomaticofrontais, passando pelas suturas frontomaxilar e frontonasal, e delimitada abaixo pelo plano oclusal dos dentes maxilares. Posteriormente, a região é delimitada pela junção esfenoetmoidal, mas inclui as margens livres das lâminas pterigóideas inferiormente. As fraturas do terço médio do esqueleto facial podem envolver as maxilas, ossos palatinos, ossos zigomáticos, processos zigomáticos dos ossos temporais, ossos nasais, vômer, osso etmoide, juntamente com suas conchas nasais, e o corpo e asas maiores e menores do osso esfenoide. Elas são subdivididas em fraturas que envolvem o bloco central e fraturas que envolvem os terços médios laterais.

Terço médio central da face

A maior parte do esqueleto do terço médio central é composta de lâminas finas em camadas de osso cortical com reforços fortes, ou seja, o palato e processo alveolar; a margem lateral da abertura piriforme estende-se para cima (através da fossa canina) até a margem orbital medial e, finalmente, à glabela; o pilar zigomático e suas conexões com as margens orbitárias inferior e lateral e o arco zigomático; as margens orbitais e as lâminas pterigóideas. A força está na superfície facial do esqueleto que, embora fina na maioria das áreas, é em treliça. O desenho é idealmente adequado para conduzir forças oclusais verticalmente à base do crânio.

As fraturas do terço médio central podem envolver o complexo nasoetmoidal isoladamente ou como parte de um padrão Le Fort mais complexo de lesão. As fraturas Le Fort I, II ou III inevitavelmente envolvem a fossa infratemporal. Os ossos da face média conduzem as forças de impacto diretamente para o crânio. O suporte mais importante relacionado com as fossas infratemporal e pterigopalatina é o suporte pterigomaxilar. As fraturas que envolvem este suporte podem estender-se para outros locais envolvendo a base do crânio e órbita. A lesão de tecidos moles associada que acompanha essas fraturas pode danificar os nervos, vasos sanguíneos e músculos. As lesões para a segunda ou terceira divisões do nervo trigêmeo ou do nervo corda do tímpano resultam em sensação alterada para a cavidade oral, face e mandíbulas, incluindo prejuízo do paladar; fraturas que se estendem para a órbita podem resultar em redução da acuidade visual e oftalmoplegia e lesão neural aos nervos motores, ou lesão direta aos músculos pode resultar em problemas com mastigação, deglutição, fala, função da orelha média e movimentos oculares; lesões envolvendo o gânglio pterigopalatino ou os gânglios óticos interferem no lacrimejamento, nas secreções nasais e na salivação.

Complexo nasoetmoidal As fraturas podem envolver a estrutura osteocartilaginosa do nariz isoladamente ou como parte de lesões complexas que também envolvem os seios paranasais e/ou as órbitas.

As fraturas simples envolvem os ossos nasais e/ou o processo frontal da maxila. Somente há necessidade de redução fechada da fratura caso haja deslocamento dos ossos. O ramo terminal do nervo etmoidal anterior e seus vasos acompanhantes estão em risco quando as lesões envolvem o dorso do nariz.

As lesões do complexo nasal podem incluir disjunção da sutura nasofrontal, lesão do ducto nasolacrimal e frontonasal, e fratura do complexo etmoidal. A fundação do esqueleto do complexo nasoetmoidal consiste em uma estrutura forte de formato triangular. No entanto, todas estas estruturas são frágeis e qualquer força suficiente para fraturar a estrutura resulta em trituração e deslocamento graves. As células aéreas etmoidais atuam como uma zona enrugada que protege a base do crânio de forças mecânicas. Um impacto grave exercido sobre a face média, particularmente sobre a ponte do nariz, pode resultar em um deslocamento para trás destas estruturas entre as órbitas. Isto pode resultar em hipertelorismo traumático, produzindo um aumento na distância entre as pupilas. O deslocamento associado dos ligamentos cantais mediais resulta em tele-

canto traumático. O aumento da distância intercantal (intervalo normal varia de 24-39 mm em caucasianos) pode ser corrigido com o uso de microplacas, fio de aço inoxidável e férulas cantais de acrílico. Danos ao sistema lacrimal exigem aproximação das extremidades canaliculares separadas ou dacrocistorinostomia. A trituração das lâminas cribriformes do etmoide pode resultar em lacerações durais e rinorreia cerebrospinal. Frequentemente, as fraturas nasoetmoidais são combinadas com fraturas mais extensas do osso frontal. A complexidade da lesão tem implicações para posterior reconstrução facial.

Fraturas Le Fort I (fratura de Guerin) As fraturas Le Fort I consistem em uma linha de fratura horizontal acima do nível do assoalho do nariz que envolve o terço inferior do septo nasal. O segmento móvel consiste no palato, no processo alveolar e nos terços inferiores das lâminas pterigóideas.

Fraturas Le Fort II (fratura piramidal) As fraturas Le Fort II são fraturas piramidais que envolvem os ossos maxilares. A partir da ponte nasal, a fratura entra na parede medial da órbita envolvendo o osso lacrimal e, em seguida, cruza a margem orbital inferior, geralmente na junção do terço medial e dois terços laterais, e frequentemente envolve o forame infraorbital. A linha de fratura então corre abaixo da sutura zigomaticomaxilar, atravessando a parede lateral do seio maxilar e estendendo-se posterior e horizontalmente através das lâminas pterigóideas. Os ossos e arcos zigomáticos continuam fixados à base do crânio.

Fraturas Le Fort III As fraturas Le Fort III correm paralelas à base do crânio, separando todo o esqueleto da face média da base do crânio. A fratura estende-se através da base nasal e continua posteriormente em todo o osso etmoide. A fratura, em seguida, atravessa a asa menor do esfenoide e, por vezes, envolve o forame óptico. Normalmente, porém, desliza para baixo medialmente passando abaixo do forame óptico, atingindo a fissura pterigomaxilar e a fossa pterigopalatina. A partir da base da fissura orbitária inferior, a fratura corre lateralmente e para cima, separando a asa maior do esfenoide a partir do osso zigomático, atingindo a sutura frontozigomática. Ela também se estende para baixo e para trás por toda a fossa pterigopalatina, envolvendo a raiz das lâminas pterigóideas. O arco zigomático geralmente é fraturado na sutura zigomaticotemporal.

Terço médio lateral da face

Fraturas do terço médio lateral envolvem o complexo zigomaticomaxilar. O osso zigomático forma a proeminência da bochecha. Como a causa mais comum de uma fratura do zigomático é um golpe de um punho fechado, fraturas deprimidas do complexo zigomaticomaxilar são uma lesão comum. Estas lesões podem ocorrer isoladamente ou em associação a fraturas orbitais por explosão. As fraturas isoladas do arco zigomático são relativamente incomuns.

As fraturas do complexo zigomático clássicas envolvem as suturas zigomaticomaxilar, zigomaticotemporal e zigomaticofrontal. A linha de fratura estende-se desde a parede lateral da órbita lateralmente até a fossa infratemporal na sutura zigomaticofrontal. A partir deste ponto, a linha da fratura estende-se inferiormente, unindo-se à face mais lateral da fissura orbitária inferior, continua inferiormente ao longo da superfície posterior do pilar zigomático – onde se comunica com a saliência lateral do antro maxilar –, estende-se em torno do pilar zigomático, no alto do sulco bucal na região molar superior e, em seguida, estende-se para cima em direção ao forame infraorbital. Por fim, corre lateralmente ao longo do assoalho da órbita atingindo a extensão lateral da fissura orbital inferior. Os sinais clínicos podem incluir assimetria facial, parestesia/anestesia do nervo infraorbital, limitação de abertura bucal (se houver impacto do processo coronoide por uma fratura deprimida de arco) e sinais de fratura orbital por explosão (ver adiante).

Como as fraturas zigomáticas envolvem o seio maxilar (cuja parede lateral é frequentemente triturada) e a fossa infratemporal, existe potencial para a propagação de infecção entre estas estruturas e, em seguida, através dos forames na base do crânio até a fossa craniana média. Os pacientes com fraturas do complexo zigomático devem ser aconselhados a refrear espirros ou assoos de nariz que podem forçar o ar a partir do antro nos tecidos circundantes (enfisema cirúrgico) ou para a órbita, resultando em proptose do olho.

Fraturas orbitárias A órbita é invariavelmente envolvida nas fraturas do osso zigomático e nas fraturas Le Fort II e III. A órbita também pode estar envolvida nas fraturas do osso frontal e lesões complexas nasais extensas. O traumatismo direto fechado ao globo pode resultar em deslocamento do globo e fratura do assoalho orbital fino (ou parede medial), sem envolvimento associado da margem, e é conhecido como fratura "por explosão". Este mecanismo de proteção de lesões contribui para a manutenção da integridade do globo em si em detrimento das paredes orbitais. Pode haver herniação associada de gordura periorbitária e/ou do músculo reto inferior, resultando em restrição de movimentos oculares, diplopia, abaixamento ipsilateral de altura pupilar e enoftalmia (devido a aumento do volume orbital). Felizmente, o forame óptico que se situa no interior da asa menor do osso esfenoide é cercado por osso denso e apenas raramente é envolvido nas fraturas. A lesão direta ao nervo óptico, portanto, é incomum.

Terço inferior da face (mandíbula)

A mandíbula é essencialmente um osso tubular dobrado em forma de V fechado (Cap. 30). Esta configuração básica é modificada por locais de inserção, principalmente masseter e pterigóideo medial no ângulo, e temporal no processo coronoide. A presença de dentes, especialmente aqueles com raízes longas, como os caninos, ou dos dentes não erupcionados produz linhas de fraqueza na mandíbula. Quando os dentes são perdidos ou deixam de se desenvolver, a posterior reabsorção progressiva do osso alveolar significa que a mandíbula regressa à sua estrutura tubular subjacente. Como todos os ossos tubulares, a força da mandíbula reside em uma lâmina cortical densa, espessada anteriormente e na sua margem inferior: ocorre que a mandíbula é mais forte anteriormente na linha média e é progressivamente mais fraca posteriormente em direção aos processos condilares. Novamente, como todos os ossos tubulares, a mandíbula tem grande resistência às forças de compressão, mas fratura em locais de tensão de tração. É suscetível a determinados padrões de distribuição de tensão de tração quando forças são aplicadas a ela. Forças anteriores aplicadas à sínfise mentual ou sobre o corpo da mandíbula podem conduzir à tensão nos colos condilares e também ao longo das lâminas corticais linguais do lado contralateral na região molar. A mandíbula, portanto, frequentemente fratura em dois locais e fraturas isoladas são relativamente incomuns. Em ordem de frequência, as fraturas ocorrem mais comumente no colo do côndilo, no ângulo, na região parasinfisial e no corpo da mandíbula.

Processo condilar

O côndilo está protegido da lesão direta pelos arcos zigomáticos. As fraturas em geral ocorrem por meio da transmissão da força após um golpe na frente da mandíbula ou no corpo contralateral. Exceto nas crianças, a maioria das fraturas condilares não são intracapsulares e ocorrem na região do colo. Elas geralmente correm obliquamente para baixo e para trás a partir da incisura mandibular. O côndilo é geralmente deslocado anteromedialmente (devido à inserção do pterigóideo lateral ao disco da articulação temporomandibular, cápsula e margem anterior do colo do côndilo).

Ângulo da mandíbula

A maioria das fraturas de mandíbula ocorre posterior e inferiormente a partir do osso alveolar até o ângulo. A presença de um terceiro molar produz uma linha de fraqueza e uma linha de fratura passará através de seu alvéolo. A atração sem oposição dos poderosos músculos elevadores (masseter, pterigóideo medial e temporal) tipicamente desviará o fragmento posterior superior, anterior e medialmente.

Ramo e processo coronoide

Fraturas no ramo apresentam muito pouco deslocamento como uma consequência da atividade de imobilização do pterigóideo medial medialmente e masseter lateralmente, a alça pterigomassetérica: suas inserções amplas ao ramo estendem-se ao longo das linhas de fratura. Do mesmo modo, é raro que o processo coronoide seja significativamente deslocado, porque é imobilizado pela inserção tendínea do temporal.

Corpo da mandíbula

A maioria das fraturas do corpo da mandíbula ocorre como resultado de traumatismo direto e tende a se concentrar na região do primeiro molar ou canino. Quanto mais anterior o local da fratura, mais o deslocamento ascendente dos elevadores é contrabalançado pela tração descendente do gênio-hióideo e o ventre anterior do músculo digástrico. Quando os dentes estão presentes, o deslocamento é limitado pela oclusão dentária (*i.e.*, mais deslocamento é enfrentado pelos dentes inferiores e superiores), enquanto o deslocamento pode ser considerável em um paciente sem dentes.

Linhas de Campbell

As linhas de Campbell são cinco linhas sistematicamente traçadas quando se avaliam radiografias maxilofaciais. A linha 1 junta as duas suturas zigomaticofrontais: ela corre ao longo das margens orbitárias superiores e cruza a linha média na região da glabela. A linha 2 corre ao longo do osso zigomático e da margem orbital inferior, atravessa o processo frontal da maxila e parede lateral do nariz e, em seguida, passa através do septo nasal seguindo um curso semelhante ao osso zigomático contralateral. A linha 3 começa no côndilo da mandíbula, passa por toda a incisura

mandibular e processo coronoide da mandíbula e, em seguida, cruza o seio maxilar a partir de suas paredes laterais a mediais e continua através da parede lateral do nariz no nível do assoalho nasal; segue um curso semelhante do lado contralateral. A linha 4 segue o plano oclusal dos dentes superiores e inferiores e a linha 5 segue a margem inferior da mandíbula.

Base do crânio

A base do crânio, ou seja, os ossos frontal, etmoide, esfenoide e occipital, são uma plataforma relativamente sólida inclinada em um ângulo de 45° em direção ao plano oclusal maxilar. As fraturas da base do crânio não são facilmente visíveis nas radiografias normais e são mais bem detectadas nos exames de tomografia computadorizada. Elas resultam em sangramento no assoalho da fossa craniana média, que frequentemente se apresenta como hematomas ao longo do processo mastoide (sinal de Battle). Estas fraturas podem ser associadas a lacerações durais e escape de líquido cerebrospinal a partir do nariz (rinorreia) ou ruptura da membrana timpânica (otorreia). Alternativamente, se esta membrana permanecer íntegra, ela pode ser observada como hemotímpano azul e abaulado.

CIRURGIA DE ACESSO AO ESQUELETO

O esqueleto craniofacial tem um excelente suprimento sanguíneo e assim pode ser desmontado em uma série de retalhos osteoplásticos. A desarticulação cirúrgica do esqueleto craniofacial tem sido usada para obter acesso a locais inacessíveis por outros meios, a fim de possibilitar que o cirurgião atenda a patologia na base do crânio, coluna cervical e fossas cranianas anterior e posterior. O objetivo é proporcionar uma exposição maior e mais direta tanto da patologia como das estruturas vitais adjacentes sem a necessidade de ressecar estruturas não envolvidas. O esqueleto craniofacial pode ser dividido em uma série de osteotomias modulares, que possibilitam tanto a mobilização independente como a conjunta.

Os ossos zigomático e nasal e a maxila podem ser expostos e mobilizados, pediculados nos tecidos moles sobrejacentes unilateral ou bilateralmente. Estas abordagens melhoram o acesso à cavidade nasal, maxilar, seios etmoidal e esfenoidal, palato mole e nasofaringe, e fossa infratemporal e espaço faríngeo. As exposições podem ser estendidas para ter acesso às fossas cranianas anterior e média, seio cavernoso, clivo, junção craniocervical e vértebras cervicais superiores.

Uma variedade de osteotomias para diferentes acessos foi descrita e considerada útil em determinadas situações clínicas. A maioria das osteotomias descritas segue os padrões convencionais de fraturas faciais descritas anteriormente. Toda a hemimaxila e zigoma podem ser mobilizados e pediculados sobre os tecidos moles da face, fazendo cortes ósseos que seguem as linhas de uma fratura Le Fort II em um lado. A osteotomia é completada através da divisão da parte superior do alvéolo e palato imediatamente ao lado do septo nasal e lâmina perpendicular do vômer. Pode-se mobilizar a maxila no nível Le Fort I e realizar fratura inferior (*downfracture*), pediculada nas inserções dos músculos palatoglossais e tecidos moles. Isto confere bom acesso à nasofaringe, clivo e coluna cervical superior, particularmente se o palato for dividido na linha média.

As osteotomias zigomáticas laterais podem ser realizadas para obter acesso ao ápice orbital e à fossa infratemporal. A abordagem cirúrgica é feita de trás usando um retalho hemicoronal ou bicoronal. O complexo zigomático é mobilizado inferiormente pediculado no masseter. Quando combinado com uma osteotomia de ramo mandibular, o acesso é obtido a partir da área retromaxilar e espaço pterigóideo, bem como para a fossa infratemporal. Em combinação com uma craniotomia frontotemporal, a osteotomia zigomática tem sido utilizada para o acesso à fossa craniana média, seio cavernoso, ápice do osso temporal petroso e cisterna interpeduncular.

Dividir o lábio inferior na linha média e dividir a mandíbula, seja na linha média ou logo em frente ao forame mentual, possibilitam que a hemimandíbula seja desviada lateralmente. A técnica é usada para dar melhor acesso ao assoalho da boca, base da língua, fossa tonsilar, palato mole, orofaringe, parede faríngea posterior, laringe supraglótica e região pterigomandibular. Estendendo a dissecação lateralmente, obtém-se acesso ao espaço pterigóideo, fossa infratemporal e espaço parafaríngeo. Dissecando mais medialmente, obtém-se acesso à nasofaringe, parte inferior do clivo e todas as sete vértebras cervicais. Uma mudança do procedimento de *swing* mandibular aumenta o acesso até a base do crânio, combinando o *swing* mandibular clássico com osteotomia horizontal do ramo mandibular acima do nível da língula.

MÚSCULOS DA FACE

Os músculos craniofaciais estão associados às margens orbitais e pálpebras, nariz externo e narinas, lábios, bochechas e boca, pavilhão auricular, couro cabeludo e pele cervical, e frequentemente são coletivamente chamados, não com muita precisão, de "músculos de expressão facial" (Fig. 29.10). A sua organização é diferente da de outros músculos na maioria das outras regiões do corpo, porque não existe uma fáscia membranosa profunda abaixo da pele da face, e muitas pequenas tiras de músculos que estão ligadas ao esqueleto facial inserem-se diretamente na pele.

Embora estes músculos produzam movimentos da pele facial que refletem emoções, geralmente é argumentado que a sua função principal é agir como esfíncter e dilatador dos orifícios faciais e que a função da expressão facial desenvolveu-se secundariamente. Embriologicamente, eles derivam do mesênquima do segundo arco branquial e, portanto, são inervados pelo nervo facial. Topográfica e funcionalmente, os músculos da expressão facial podem ser subdivididos nos grupos epicraniano, circum-orbital e palpebral, nasal e bucolabial (Fig. 29.11).

GRUPO MUSCULAR EPICRANIANO

Epicrânio

O epicrânio consiste em occipitofrontal e temporoparietal.

Occipitofrontal

O occipitofrontal cobre a cúpula do crânio a partir das linhas nucais mais altas até as sobrancelhas. É uma camada musculofibrosa ampla constituída por quatro partes quadrilaterais musculares finas, duas occipitais e duas frontais, conectadas pela aponeurose epicraniana. Cada parte occipital (*occipitalis*) surge por meio de fibras tendíneas dos dois terços laterais da linha nucal mais alta do osso occipital e a região adjacente da parte mastoide do osso temporal e estende-se para a frente juntando-se à aponeurose. O intervalo entre as duas partes occipitais é ocupado por uma extensão da aponeurose epicraniana. Cada parte frontal (*frontalis*) é aderente à fáscia superficial, especialmente das sobrancelhas. Embora a parte frontal não tenha inserções ósseas próprias, suas fibras juntam-se com aquelas dos músculos adjacentes – prócero, corrugador do supercílio e orbicular do olho – e sobem juntando-se à aponeurose epicraniana na frente da sutura coronal.

Suprimento vascular O occipitofrontal é suprido pelos ramos das artérias temporal superficial, oftálmica, auricular posterior e occipital.

Inervação A parte occipital do occipitofrontal é suprida pelo ramo auricular posterior do nervo facial e a parte frontal é suprida pelos ramos temporais do nervo facial.

Ações Agindo de cima, as partes frontais levantam as sobrancelhas e a pele sobre a raiz do nariz (p. ex., em expressões de surpresa e horror). Agindo de baixo, as partes frontais levam o couro cabeludo para a frente, jogando a testa em direção às rugas transversas. As partes occipitais levam o couro cabeludo para trás. Agindo alternadamente, as partes frontal e occipital podem mover todo o couro cabeludo para trás e para a frente.

Variações Uma tira muscular fina, transverso da nuca, está presente em 25% das pessoas. Origina-se na protuberância occipital externa ou a partir da linha superior da nuca, seja superficial ou profunda ao trapézio. É frequentemente inserida com o auricular posterior, mas pode se misturar com a margem posterior do esternocleidomastóideo.

Aponeurose epicraniana

A aponeurose epicraniana cobre a parte superior do crânio e, com o músculo epicraniano, forma uma lâmina fibromuscular contínua que se estende desde o occipício até as sobrancelhas. Posteriormente, entre as partes occipitais do occipitofrontal, é anexada à protuberância externa e à linha nucal mais alta do osso occipital. Anteriormente, divide-se encerrando as partes frontais e envia um prolongamento curto entre elas. Lateralmente, os músculos auriculares anterior e superior estão ligados a ela; a aponeurose é fina e continua ao longo da fáscia temporal até o arco zigomático. É unida à pele que reveste a abóbada craniana pela fáscia superficial fibrosa, mas é mais frouxamente ligada ao pericrânio subjacente pelo tecido areolar, uma disposição que lhe possibilita mover-se livremente, levando consigo a pele do couro cabeludo.

A

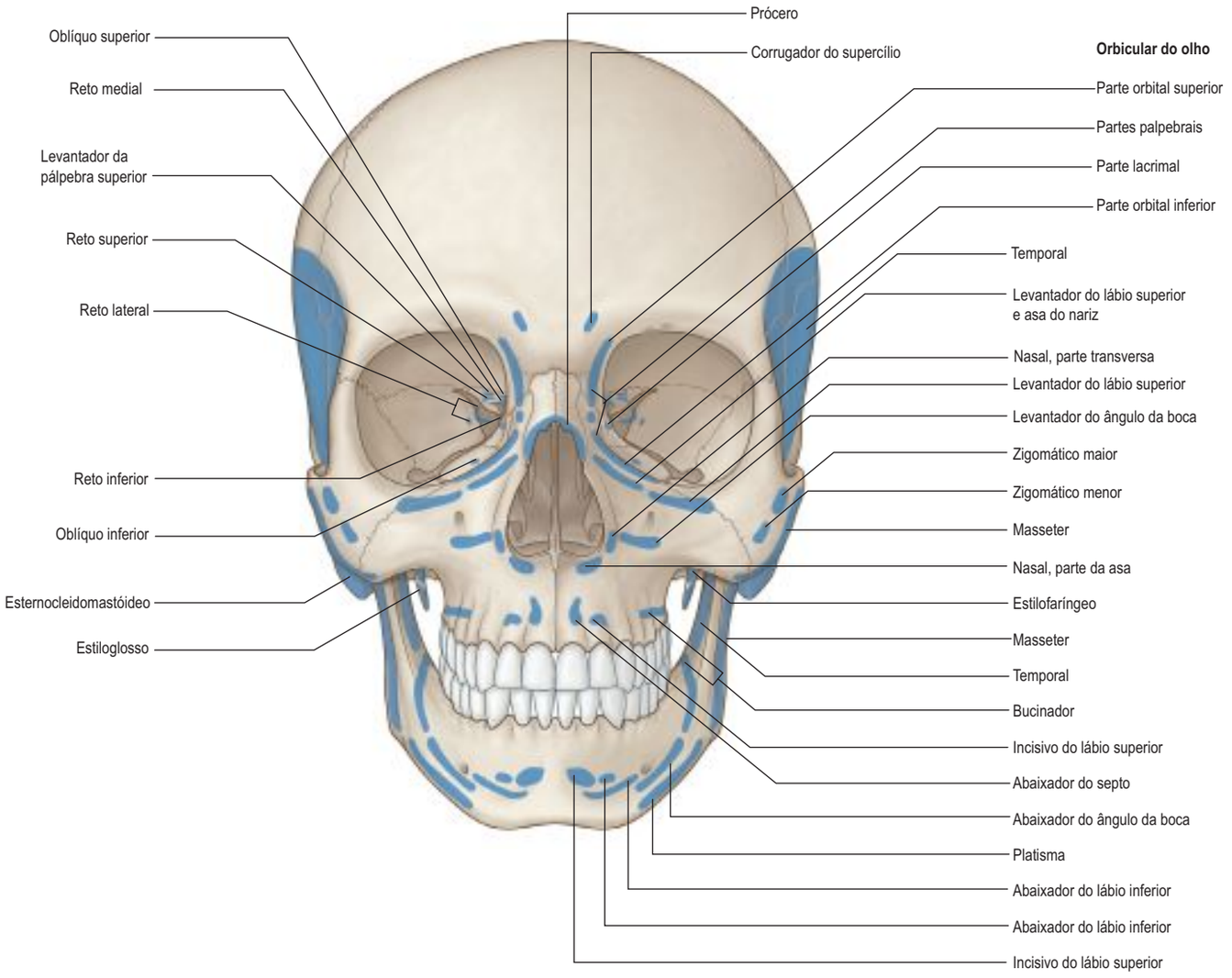


Fig. 29.10 A, Vista anterior do crânio, mostrando inserções musculares.

Temporoparietal

O temporoparietal é uma lâmina de músculo variavelmente desenvolvida que se situa entre as partes frontais dos occipitofrontal e os músculos auriculares anterior e superior.

GRUPO MUSCULAR CIRCUM-ORBITAL E PALPEBRAL

O grupo circum-orbital e palpebral de músculos são o orbicular do olho, o corrugador do supercílio e o levantador da pálpebra superior. Os dois primeiros são descritos a seguir; o levantador da pálpebra superior é descrito no Capítulo 39.

Orbicular do olho

O orbicular do olho é um músculo elíptico, plano, largo, que circunda a circunferência da órbita e espalha-se para as regiões adjacentes das pálpebras, região temporal anterior, bochecha infraorbital e região superciliar. Tem partes orbitais, palpebrais e lacrimais e um pequeno feixe ciliar.

A parte orbital origina-se do componente nasal do osso frontal, do processo frontal da maxila e do ligamento palpebral medial. As fibras formam elipses completas, sem interrupção na face lateral, onde não existe inserção óssea. As fibras orbitais superiores misturam-se com a parte frontal do occipitofrontal e corrugador do supercílio. Muitos deles são inseridos na pele e tecido subcutâneo da sobrancelha e constituem os abaixadores do supercílio. Inferior e medialmente, as elipses sobrepõem-se ou misturam-se, em certa medida, com músculos adjacentes (levantador do lábio superior e asa do nariz, levantador do lábio superior e zigomático menor). Na periferia extrema, setores de elipses completas e, por vezes, incompletas, têm uma ligação areolar frouxa com a extensão temporal da aponeurose epicraniana.

A parte palpebral surge a partir do ligamento palpebral medial, principalmente a partir da sua superfície superficial, e do osso imediatamente acima e abaixo do ligamento. As fibras varrem toda a extensão das pálpebras, anteriores ao septo orbitário, entrelaçando na comissura lateral para formar a rafe palpebral lateral. Um pequeno grupo de fibras finas, próximas da margem de cada pálpebra por trás dos cílios, constitui o feixe ciliar.

A parte lacrimal origina-se da parte superior da crista lacrimal, e a superfície lateral adjacente, do osso lacrimal. Ela passa lateralmente atrás do saco lacrimal (onde algumas fibras estão inseridas na fáscia associada) e divide-se em tiras superiores e inferiores. Algumas fibras estão inseridas no tarso das pálpebras, perto dos canalículos lacrimais, mas a maioria continua adiante na frente do tarso e entrelaça na rafe palpebral lateral.

Suprimento vascular O orbicular do olho é suprido pelos ramos das artérias facial, temporal superficial, maxilar e oftálmica.

Inervação O orbicular do olho é suprido pelos ramos temporal e zigomático do nervo facial.

Ações O orbicular do olho é o músculo esfíncter das pálpebras e desempenha um papel importante na expressão facial e em vários reflexos oculares. A porção orbital em geral é ativada sob controle voluntário. A contração das fibras orbitais superiores produz sulcamento vertical acima da ponte do nariz, estreitamento da fissura palpebral e acúmulo e protrusão das sobrancelhas, o que reduz a quantidade de luz que entra nos olhos. O fechamento do olho é amplamente afetado pelo abaixamento da pálpebra superior, mas também há elevação considerável da pálpebra inferior. A porção palpebral pode ser contraída voluntariamente, para fechar as pálpebras suavemente como no sono, ou reflexamente, para fechar as pálpebras como proteção no piscar. A parte palpebral tem fascículos do abaixador superior e elevador inferior. A parte lacrimal do músculo move as pálpebras e as papilas lacrimais medialmente, exercendo assim tração na fáscia lacrimal, e pode ajudar na drenagem de lágrimas

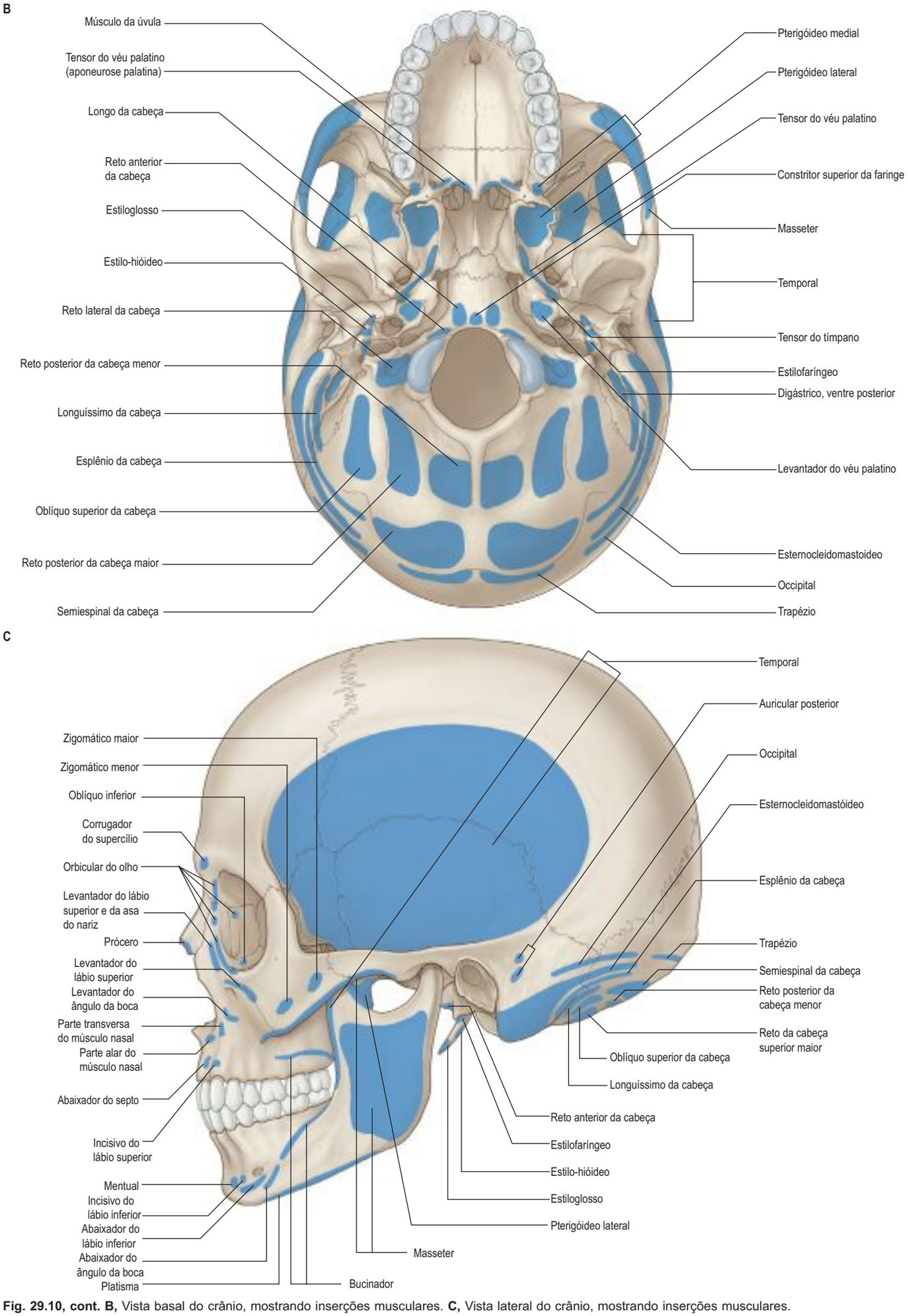


Fig. 29.10, cont. B, Vista basal do crânio, mostrando inserções musculares. **C,** Vista lateral do crânio, mostrando inserções musculares.

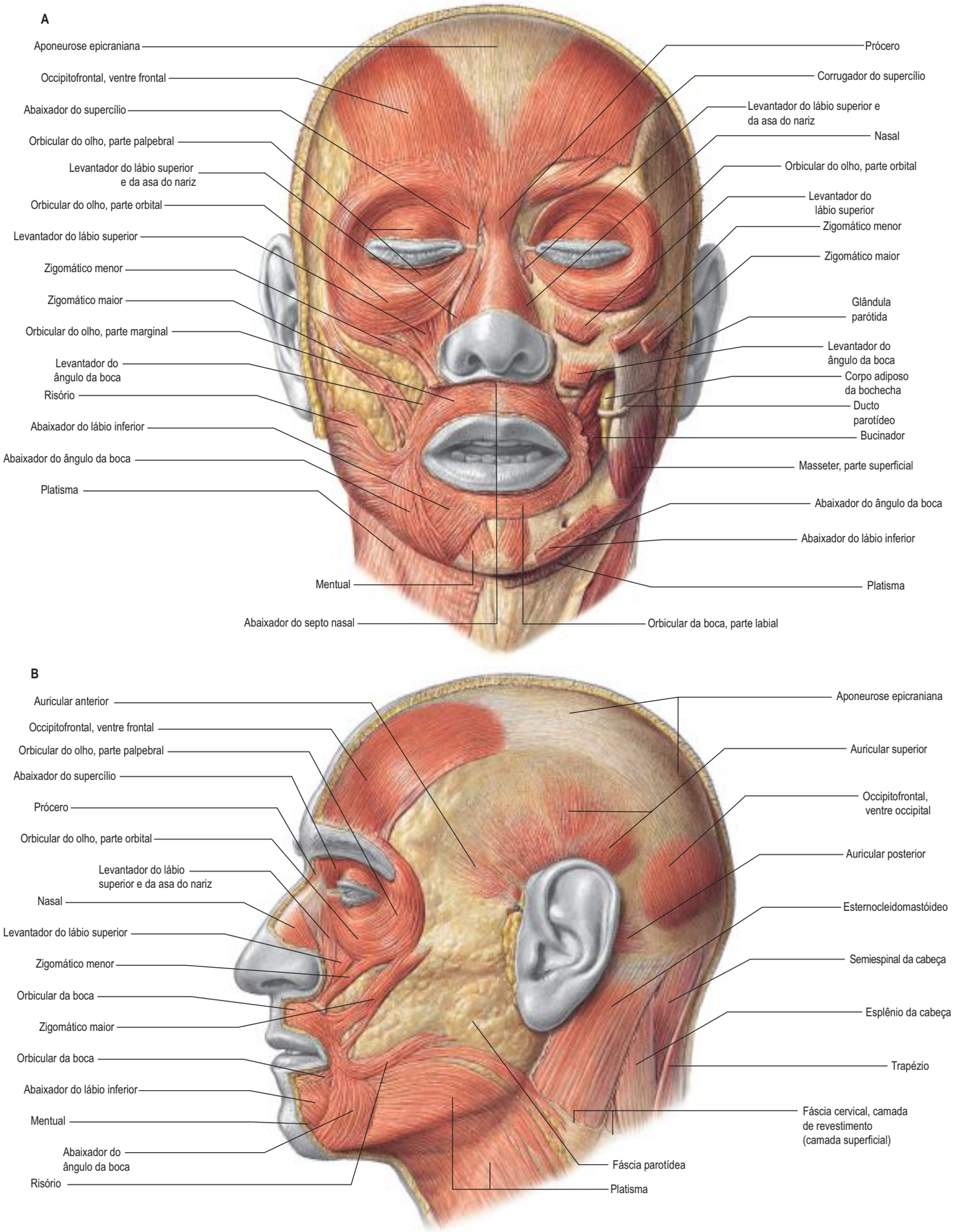
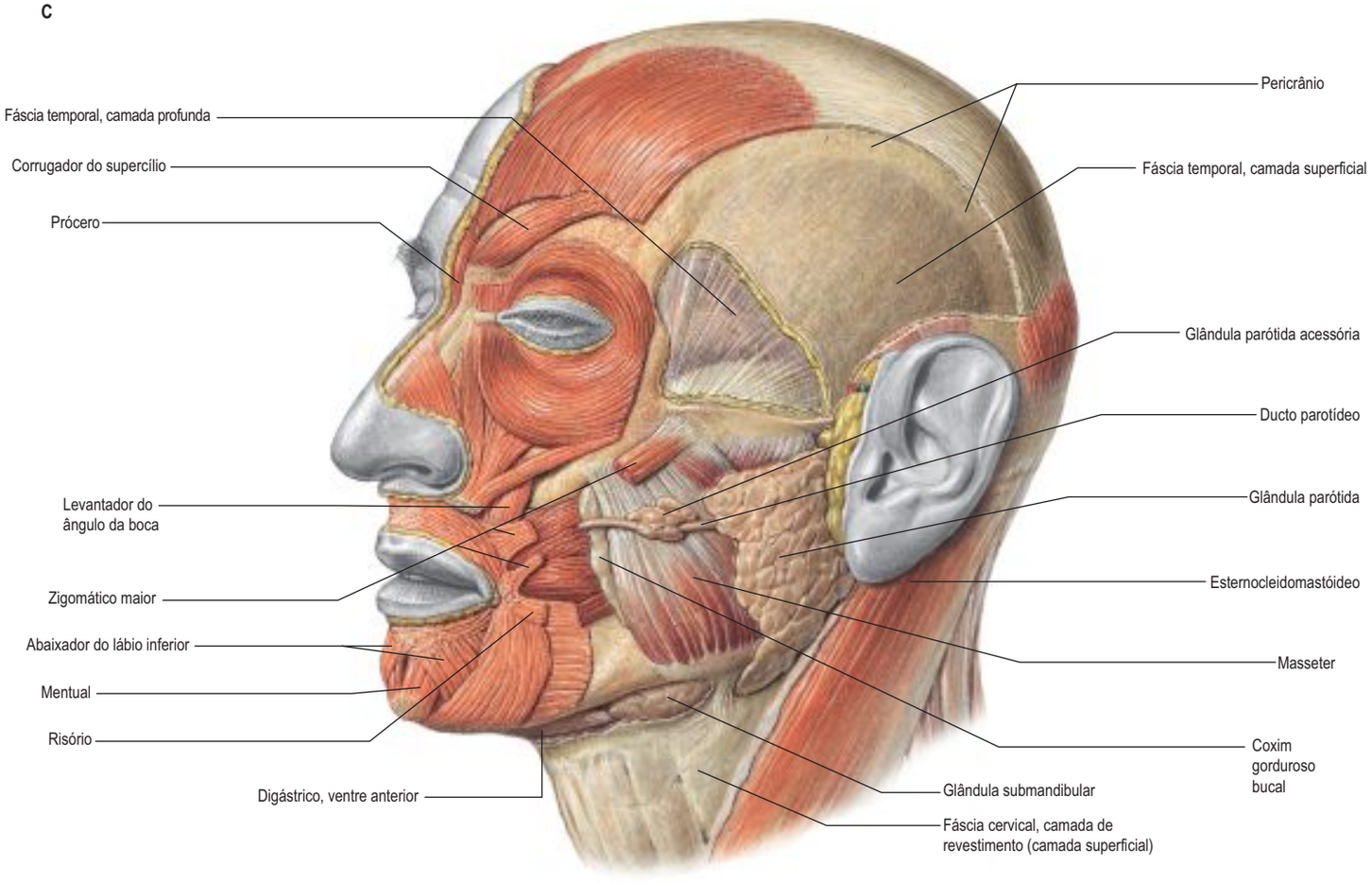


Fig. 29.11 Músculos superficiais da cabeça e pescoço. **A,** Vista frontal. **B-D,** Mostram os músculos da face lateral esquerda da cabeça e parte superior do pescoço em níveis progressivamente mais profundos. (De Sobotta, 2006.)

C



D

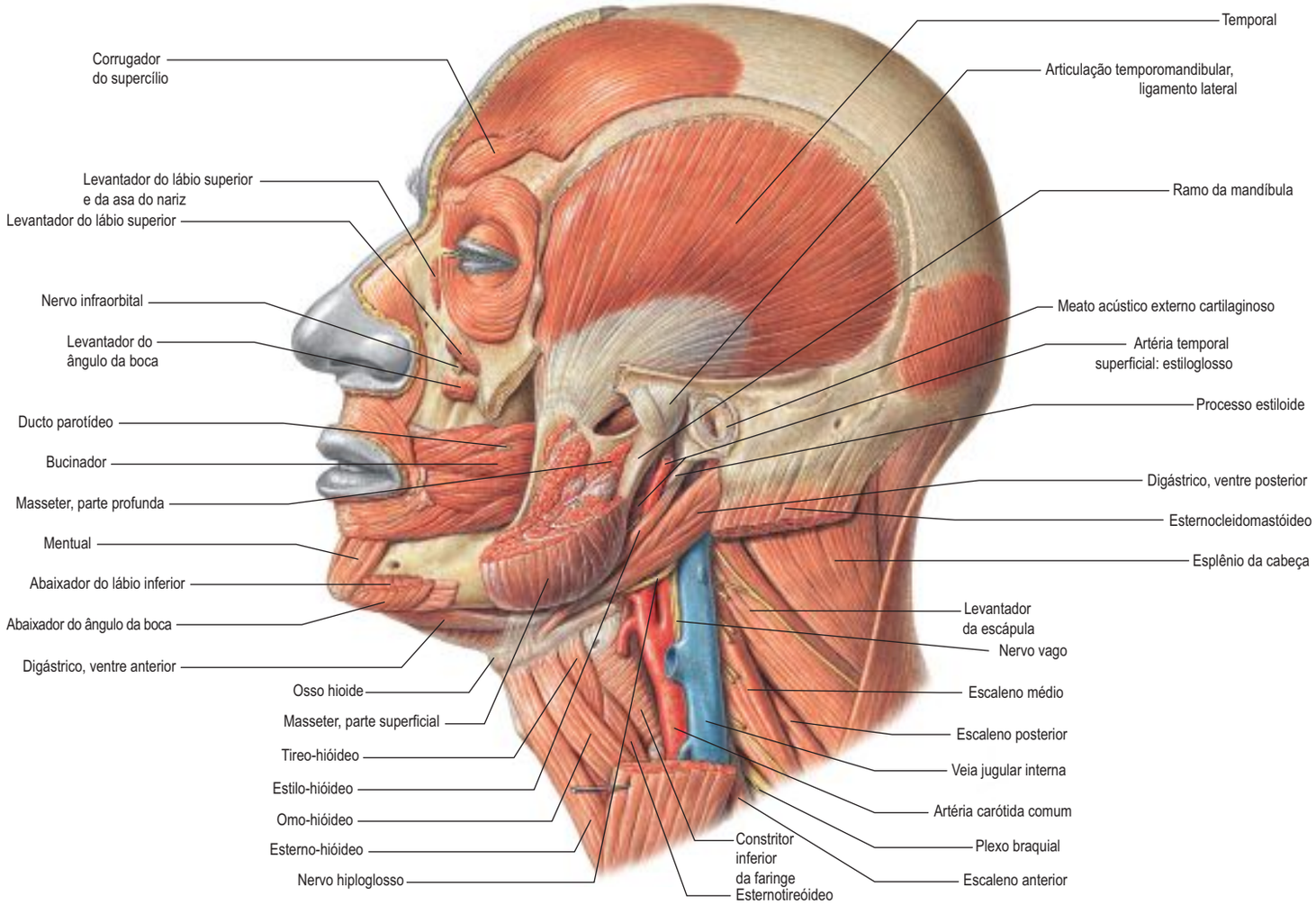


Fig. 29.11, cont.

pela dilatação do saco lacrimal. Também pode influenciar os gradientes de pressão no interior da glândula e ductos lacrimais. Essa atividade pode ajudar no fluxo sinuoso das lágrimas através da córnea, direcionar o ponto lacrimal para o lago lacrimal e excretar secreções das glândulas ciliares e tarsais. Quando todo o músculo orbicular do olho se contrai, a pele é jogada para pregas que irradiam a partir do ângulo lateral das pálpebras. Essas pregas, quando permanentes, provocam rugas na meia-idade (os chamados "pés de galinha").

Corrugador do supercílio

O corrugador do supercílio é um pequeno músculo piramidal localizado na extremidade medial de cada sobrancelha, situando-se abaixo da parte frontal do occipitofrontal e orbicular do olho, com o qual é parcialmente mesclado. Origina-se no osso na extremidade medial do arco superciliar e suas fibras passam mais lateralmente e ligeiramente para cima, exercendo tração na pele acima do meio da margem supraorbital.

Suprimento vascular O corrugador do supercílio é suprido pelos ramos das artérias adjacentes, principalmente a partir das artérias temporal superficial e oftálmica.

Invervação O corrugador do supercílio é inervado por ramos temporais do nervo facial.

Ações O corrugador do supercílio coopera com o orbicular do olho movendo as sobrancelhas medialmente e para baixo para proteger os olhos do sol brilhante. Ele também está envolvido no movimento de franzir as sobrancelhas. A ação combinada dos dois músculos produz rugas principalmente verticais sobre a tira supranasal da testa.

GRUPO MUSCULAR NASAL

O grupo muscular nasal, que consiste em prócero, nasal e abaixador do septo, é descrito no Capítulo 32.

GRUPO MUSCULAR BUCOLABIAL

A forma da boca e a postura dos lábios são controladas por uma montagem complexa tridimensional de feixes musculares. Elas incluem elevadores, retratores e evertores do lábio superior (levantador do lábio superior e asa do nariz, levantador do lábio superior, zigomático maior e menor, levantador do canto da boca e risório); abaixadores, retratores e evertores do lábio inferior (abaixador do lábio inferior, abaixador do canto da boca e mentual); um esfíncter composto (orbicular da boca, incisivo superior e inferior) e um bucinador.

Levantador do lábio superior e da asa do nariz

O levantador do lábio superior e da asa do nariz é descrito no Capítulo 32.

Levantador do lábio superior

O levantador do lábio superior origina-se da maxila e osso zigomático acima do forame infraorbital. Suas fibras convergem para a substância muscular do lábio superior entre a tira lateral do levantador do lábio superior e asa do nariz e o zigomático menor.

Suprimento vascular O levantador do lábio superior é suprido pela artéria facial e o ramo infraorbital da artéria maxilar.

Inervação O levantador do lábio superior é inervado pelos ramos zigomático e bucal do nervo facial.

Ações O levantador do lábio superior eleva e inverte o lábio superior. Agindo com outros músculos, ele modifica o sulco nasolabial. Em alguns rostos, este sulco é uma característica altamente típica e, frequentemente, é aprofundado em expressões de tristeza ou de seriedade.

Zigomático maior

O zigomático maior origina-se do osso zigomático, imediatamente em frente da sutura zigomaticotemporal, e passa para o ângulo da boca, onde se mistura com as fibras do levantador do ângulo da boca, orbicular da boca e faixas musculares mais profundamente situadas.

Suprimento vascular O zigomático maior é suprido pelo ramo labial superior da artéria facial.

Inervação O zigomático maior é inervado pelos ramos bucais zigomáticos e bucais do nervo facial.

Ações O zigomático maior move o ângulo da boca para cima e lateralmente como no riso.

Zigomático menor

O zigomático menor origina-se da superfície lateral do osso zigomático imediatamente atrás da sutura zigomaticomaxilar, e passa para baixo e medialmente para a substância muscular do lábio superior. Superiormente é separado do levantador do lábio superior por um estreito intervalo triangular, e inferiormente mistura-se com este músculo.

Suprimento vascular O zigomático menor é suprido pelo ramo labial superior da artéria facial.

Inervação O zigomático menor é inervado pelos ramos zigomático e bucal do nervo facial.

Ações O zigomático menor eleva o lábio superior, expondo os dentes maxilares. Também auxilia no aprofundamento e elevação do sulco nasolabial. Agindo juntos, os principais elevadores do lábio – levantador do lábio superior e asa do nariz, levantador do lábio superior e zigomático menor – ondulam o lábio superior no sorriso e na expressão de presunção, desprezo ou desdém.

Levantador do ângulo da boca

O levantador do ângulo da boca origina-se da fossa canina da maxila, imediatamente abaixo do forame infraorbital e insere-se em e abaixo do ângulo da boca. Suas fibras misturam-se com outras fibras musculares (zigomático maior, abaixador do ângulo da boca, orbicular da boca). Algumas fibras superficiais curvam-se anteriormente e fixam-se ao assoalho dérmico da parte inferior do sulco nasolabial. O nervo infraorbital e vasos acompanhantes entram na face através do forame infraorbital entre as origens do levantador do ângulo da boca e levantador do lábio superior.

Suprimento vascular O levantador do ângulo da boca é suprido pelo ramo labial superior da artéria facial e ramo infraorbital da artéria maxilar.

Inervação O levantador do ângulo da boca é inervado pelos ramos zigomático e bucal do nervo facial.

Ações O levantador do ângulo da boca levanta o ângulo da boca no sorriso e contribui para a profundidade e o contorno do sulco nasolabial.

Malar

O malar é uma lâmina fina de músculo que algumas vezes é encontrada cobrindo e misturando-se com o zigomático maior e menor e levantador do lábio superior. Está sujeito a variações consideráveis. Quando presente, é contínuo com o limite inferior do orbicular do olho, a partir do qual possivelmente se origina. Suas fibras inclinam-se medialmente e para baixo. Alguns de seus fascículos superficiais têm uma fixação dérmica à crista e ao sulco nasolabial, e outros passam diretamente para o ângulo da boca e para o terço externo do lábio superior fazendo intersecção com feixes do orbicular da boca.

Mentual

O mentual é um fascículo cônico que se situa ao lado do frênulo do lábio inferior. As fibras originam-se na fossa incisiva da mandíbula e descem fixando-se à pele do queixo.

Suprimento vascular O mentual é suprido pelo ramo labial inferior da artéria facial e ramo mentual da artéria maxilar.

Inervação O mentual é inervado pelo ramo mandibular do nervo facial.

Ações O mentual levanta o lábio inferior, enrugando a pele do queixo. Levanta a base do lábio inferior e, portanto, auxilia na protrusão e eversão do lábio inferior na ingestão de bebidas e também na expressão de dúvida ou desdém.

Abaixador do lábio inferior

O abaixador do lábio inferior é um músculo quadrilátero que surge a partir da linha oblíqua da mandíbula, entre a sínfise mentual e o forame mentual. Ele passa para cima e medialmente para a pele e mucosa do lábio inferior, misturando-se com seu semelhante contralateral e com o orbicular da boca. Abaixo e lateralmente, é contínuo com o platisma.

Suprimento vascular O abaixador do lábio inferior é suprido pelo ramo labial inferior da artéria facial e o ramo mentual da artéria maxilar.

Inervação O abaixador do lábio inferior é inervado pelo ramo mandibular do nervo facial.

Ações O abaixador do lábio inferior move o lábio inferior para baixo e um pouco lateralmente na atividade mastigatória e pode ajudar na eversão do lábio inferior. Contribui para as expressões de ironia, sofrimento, melancolia e dúvida.

Abaixador do ângulo da boca

O abaixador do ângulo da boca tem uma origem longa e linear a partir do tubérculo mentual da mandíbula e sua continuação, a linha oblíqua, inferior e lateral ao abaixador do lábio inferior. Converge em um fascículo estreito que se mistura no ângulo da boca com o orbicular da boca e risório e algumas fibras continuam em direção ao levantador do ângulo da boca. O abaixador do ângulo da boca é contínuo, abaixo, com o platisma e as fáscias cervicais. Algumas das suas fibras podem passar abaixo do tubérculo mentual e cruzam a linha média entrelaçando-se com os seus companheiros contralaterais, formando assim o mentual transverso (o "*sling* mentual").

Suprimento vascular O abaixador do ângulo da boca é suprido pelo ramo labial inferior da artéria facial e o ramo mentual da artéria maxilar.

Inervação O abaixador do ângulo da boca é inervado pelos ramos mandibular e bucal do nervo facial.

Ações O abaixador do ângulo da boca move seu ângulo para baixo e lateralmente na abertura bucal e na expressão de tristeza. Durante a abertura da boca, o sulco mentolabial torna-se mais horizontal e sua parte central aprofunda-se.

Bucinador

O músculo da bochecha, o bucinador, é um músculo quadrilátero fino que ocupa o intervalo entre a maxila e a mandíbula. Seus limites superiores e inferiores são fixados às superfícies externas dos processos alveolares da maxila e mandíbula, respectivamente, opostas aos dentes molares, e sua margem posterior é anexada à margem anterior da rafe pterigomandibular. Além disso, algumas fibras saltam da faixa tendínea fina que liga o intervalo entre a maxila e o hâmulo pterigóideo, entre a tuberosidade da maxila e a extremidade superior da rafe pterigomandibular. Em seu caminho para o palato mole, o tendão do tensor do véu palatino penetra a parede da faringe no pequeno espaço situado atrás desta faixa tendínea. A parte posterior do bucinador situa-se profundamente, interna ao ramo mandibular e no plano da lâmina pterigóidea medial. Seu componente anterior curva-se para fora atrás do terceiro molar, situando-se na submucosa da bochecha e lábios. As fibras do bucinador convergem para o modíolo perto do ângulo da boca. Aqui, as fibras centrais (pterigomandibulares) entrecruzam-se, as debaixo cruzam para a parte superior do orbicular da boca, e as de cima cruzam para a parte inferior. As fibras mais altas (superiores) e mais baixas (mandibulares) do bucinador continuam para a frente entrando em seus lábios correspondentes sem interseção. Como o bucinador cursa através da bochecha e do modíolo, números substanciais de suas fibras são desviados internamente anexando-se à submucosa.

Relações Posteriormente, o bucinador situa-se no mesmo plano que o músculo constritor superior da faringe, que se origina na margem posterior da rafe pterigomandibular, onde é coberto pela fáscia bucofaríngea. Superficialmente, o corpo adiposo da bochecha separa a parte posterior do bucinador do ramo da mandíbula, masseter e parte do temporal. Anteriormente, a superfície mais superficial do bucinador está relacionada com o zigomático maior, risório, levantador e abaixador do ângulo da boca e ducto parotídeo. É cruzado pela artéria facial, veia facial e ramos dos nervos facial e bucal. A superfície profunda do bucinador está relacionada com as glândulas bucais e membrana mucosa da boca. O ducto parotídeo penetra o bucinador oposto ao terceiro molar superior, e situa-se na superfície profunda do músculo antes de abrir em direção à boca, oposto ao segundo molar maxilar.

Suprimento vascular O bucinador é suprido por ramos da artéria facial e pelo ramo bucal da artéria maxilar.

Inervação O bucinador é suprido pelo ramo bucal do nervo facial.

Ações O bucinador comprime a bochecha contra dentes e gengivas durante a mastigação e ajuda a língua no direcionamento dos alimentos entre os dentes. Quando a boca fecha, os dentes deslizam sobre a mucosa bucolabial, que deve ser progressivamente retraída a partir de suas superfícies oclusais pelo bucinador e outros músculos fixados na submucosa. Quando as bochechas são distendidas com ar, o bucinador expulsa-as entre os lábios, uma atividade importante quando se tocam instrumentos de sopro, e que representa o nome do músculo (em latim, *buccinators* = trompetista).

Rafe pterigomandibular

A rafe pterigomandibular é uma faixa fina de fibras tendíneas que se estende desde o hâmulo da lâmina pterigóidea medial, descendo para extremidade posterior da linha milo-hióidea da mandíbula. É facilmente palpada medialmente, onde é coberta pela membrana mucosa da boca, e lateralmente é separada do ramo da mandíbula por uma quantidade de tecido adiposo. Fixa-se posteriormente ao constritor superior da faringe, e anteriormente à parte central do bucinador. A rafe pterigomandibular é um ponto de referência anatômico útil para a administração de bloqueios anestésicos do nervo alveolar inferior, porque o nervo situa-se lateralmente a ela.

Orbicular da boca

O orbicular da boca é assim chamado porque já se acreditou que a fissura oral era circundada por uma série de elipses completas de músculo estriado, que agiam em conjunto como um esfíncter. No entanto, atualmente reconhece-se que o músculo na verdade consiste em quatro quadrantes substancialmente independentes (superior, inferior, esquerdo e direito), sendo que cada um deles contém uma parte periférica maior e uma parte marginal menor. As partes marginal e periférica são adjuntas ao longo de linhas que correspondem externamente às linhas de junção entre a zona do vermelhão do lábio e a pele. Assim, o orbicular da boca é composto por oito segmentos, sendo que cada um deles é nomeado sistematicamente de acordo com sua localização. Cada segmento assemelha-se a um ventilador que tem seu tronco no modíolo e está aberto em segmentos periféricos quase fechados nos segmentos marginais.

Parte periférica

A parte periférica tem, em cada quadrante, um pedúnculo lateral fixado à face labial do modíolo sobre sua espessura completa, desde o ápice até a base, incluindo o corno superior ou inferior correspondente. Acredita-se que a maioria dessas fibras do tronco origina-se no interior do modíolo (embora seja possível que algumas sejam continuações diretas de outros músculos modiolares). A opinião consensual é de que as fibras do tronco são reforçadas diretamente pelas fibras do bucinador (fibras superiores e fibras centrais inferiores que se cruzam), levantador do ângulo da boca e parte superficial do zigomático maior no lábio superior, e a partir do bucinador (fibras inferiores e fibras centrais superiores que se cruzam) e abaixador do ângulo da boca no lábio inferior.

As fibras do orbicular da boca entram em suas respectivas áreas labiais superiores e inferiores e desviam-se para o lado, formando lâminas musculares triangulares. Estas são mais espessas nas junções entre a pele e a zona do vermelhão e tornam-se progressivamente mais finas à medida que atingem os limites da região labial (conforme definido anteriormente). A maior parte de cada lâmina entra no lábio livre, onde as suas fibras se agregam em feixes cilíndricos orientados paralelamente à zona do vermelhão. As fibras dos músculos labiais diretos passam para suas inserções submucosas entre estes feixes cilíndricos e entre a parte periférica e a parte marginal. No lábio superior, as fibras mais altas correm próximo ao sulco nasolabial, algumas das quais se fixando ao sulco, e outras à asa do nariz e septo nasal. No lábio inferior, as fibras mais baixas atingem e fixam-se ao sulco mentolabial. Acredita-se que uma pequena proporção do corpo principal das fibras termine no tecido conjuntivo labial, derme ou submucosa à medida que ela atravessa o seu quadrante de lábio livre. A maioria das fibras continua em direção ao plano mediano e cruza cerca de 5 mm em direção à metade oposta do lábio. Neste ponto, as fibras dos dois lados entrelaçam-se no seu caminho para suas inserções dérmicas, criando as cristas da depressão infranasal do lábio superior e a depressão menos acentuada correspondente no lábio inferior.

Parte marginal

A parte marginal do orbicular da boca é desenvolvida em uma extensão única nos lábios humanos e está estreitamente associada à fala e à produção de alguns tipos de tons musicais. Em cada quadrante, a parte marginal consiste em uma única (ocasionalmente dupla) faixa de fibras musculares de diâmetro estreito alojadas no interior dos tecidos de cada zona do vermelhão. Na sua extremidade medial, as fibras marginais encontram-se e entrelaçam-se com suas semelhantes contralaterais e, em seguida, fixam-se à derme da zona do vermelhão poucos milímetros além do plano médio, de modo semelhante à parte periférica. Em suas extremidades laterais, as fibras convergem e fixam-se à parte mais profunda da base modiolar ao longo de uma faixa horizontal nivelada com o ângulo da boca.

As relações entre a parte marginal e a parte periférica são complexas. Em um corte de espessura completa de um lábio superior perpendicularmente à zona do vermelhão, os feixes cilíndricos de fibras periféricas

formam um S, com uma convexidade externa acima e uma convexidade interna abaixo: a analogia clássica é com a canela da perna e a parte curvada inicial de um gancho. Além da parte periférica, a forma de gancho é completada pelo perfil triangular obtuso da parte marginal, que ocupa o núcleo da zona do vermelhão com sua base adjacente à parte periférica e seu ápice atingindo a região acima e anteriormente em direção à junção entre a zona do vermelhão e a pele. Em um corte semelhante através do lábio inferior, feixes da parte periférica formam uma curva contínua que é côncava em direção à superfície externa. Ela é encimada pelo perfil triangular achatado da parte marginal, que se curva anteriormente, sendo que seu ápice se aproxima novamente do vermelhão/junção cutânea. Assim, ao longo das zonas de vermelhão de ambos os lábios, a parte marginal situa-se substancialmente anterior aos feixes adjacentes da parte periférica. No entanto, à medida que os músculos são rastreados lateralmente além da zona do vermelhão e em todo o ângulo bucal, esta relação modifica-se e a parte marginal torna-se invertida à medida que se envolve progressivamente ao redor da extremidade adjacente da parte periférica, atingindo sua superfície profunda (submucosa), e mantém esta posição até sua fixação à base modiolar.

Suprimento vascular O orbicular da boca é suprido principalmente pelos ramos labiais superior e inferior da artéria facial, os ramos mentual e infraorbital da artéria maxilar e o ramo facial transverso da artéria temporal superficial.

Suprimento nervoso O orbicular da boca é suprido pelos ramos bucal e mandibular do nervo facial.

Ações As ações do orbicular da boca são consideradas em detalhes na próxima seção.

Incisivo do lábio superior

O incisivo do lábio superior tem uma origem óssea a partir do assoalho da fossa incisiva da maxila acima da eminência do dente incisivo lateral. Inicialmente, situa-se abaixo da parte periférica superior do orbicular da boca. Arqueando lateralmente, seus feixes de fibras tornam-se intercalados entre, e paralelos aos feixes orbiculares. Ao se aproximar do modíolo, divide-se nas partes superficial e profunda: a primeira mistura-se parcialmente com o levantador do ângulo da boca e fixa-se ao corpo e ápice do modíolo e a outra é fixada ao corno superior e base do modíolo.

Incisivo do lábio inferior

O incisivo do lábio inferior, um músculo acessório do complexo muscular do orbicular da boca, tem muitas características em comum com o incisivo do lábio superior. Sua inserção óssea é ao assoalho da fossa incisiva da mandíbula, lateralmente ao mentual e abaixo da eminência do dente incisivo lateral. Curvando lateralmente e para cima, mistura-se, em certa medida, com a parte periférica inferior do orbicular da boca antes de chegar ao modíolo, onde feixes superficiais fixam-se ao ápice e corpo, e feixes profundos fixam-se à base e ao corno inferior.

Platisma

O platisma é descrito como um músculo do pescoço (Cap. 28), mas é considerado aqui como um contribuinte para o complexo muscular do orbicular da boca. Tem partes mandibular, labial e modiolar. A parte mandibular fixa-se à margem inferior do corpo da mandíbula. Posteriormente a esta inserção, um feixe substancial achatado separa e passa superomedialmente para a margem lateral do abaixador do ângulo da boca, onde algumas fibras se juntam a este músculo. O restante continua abaixo do abaixador do ângulo da boca e reaparece na sua margem medial. Aqui eles continuam dentro do tecido da metade lateral do lábio inferior, como músculo labial direto, parte labial do platisma. A parte labial ocupa o intervalo entre o abaixador do ângulo da boca e o abaixador do lábio inferior e está no mesmo plano que estes músculos. As margens adjacentes de todos os três músculos misturam-se e têm inserções labiais semelhantes. A parte modiolar do platisma constitui todos os feixes restantes posteriores à parte labial, com exceção de alguns fascículos finos que terminam diretamente na derme ou submucosa bucal. A parte modiolar é posterolateral ao abaixador do ângulo da boca e passa superomedialmente, abaixo do risório, até as inserções modiolares apicais e subapicais.

Risório

O risório é um músculo altamente variável entre um ou mais fascículos delgados e um leque superficial fino e amplo. Sua inserção periférica pode incluir alguns ou todos os seguintes: arco zigomático, fáscia parotídea, fáscia sobre o masseter anterior à parótida, fáscia que encerra a parte modiolar do platisma e fáscia sobre o processo mastoide. Suas fibras convergem para inserções apicais e subapicais no modíolo.

Suprimento vascular O risório é suprido principalmente pelo ramo labial superior da artéria facial.

Suprimento nervoso O risório é suprido pelos ramos bucais do nervo facial.

Ações O risório puxa o canto da boca lateralmente em inúmeras atividades faciais, como sorrir forçado e gargalhar.

MOVIMENTOS DA FACE E DOS LÁBIOS

Músculos labiais diretos

Os músculos labiais diretos, como o nome sugere, passam diretamente para os tecidos dos lábios e não através dos modíolos. Em termos gerais, a força exercida pelos músculos é direcionada verticalmente em um ângulo reto aproximado à fissura oral. Sua ação, portanto, elevará e/ou everterá todo o lábio superior ou parte dele e abaixará e/ou everterá todo o lábio inferior, ou parte dele. Os músculos são, desde o medial até o lateral, a parte labial do levantador do lábio superior e da asa do nariz; o levantador do lábio superior e zigomático menor no lábio superior; o abaixador do lábio inferior e parte labial do platisma no lábio inferior.

Tanto nos lábios superiores como nos inferiores, os músculos misturam-se em uma lâmina contínua que se divide em uma série de lâminas coronais sobrepostas que são anteriores aos feixes de músculos da parte periférica do orbicular da boca quando eles entram no lábio livre. As lâminas podem ser divididas em três grupos de profundidades crescentes, a partir da superfície da pele, cada uma com uma zona distinta de inserção (Fig. 29.12). O grupo superficial abrange uma sucessão de feixes de fibras finas que se curvam anteriormente, a uma distância curta antes de inserir, em uma série de filas horizontais, à derme, entre os folículos pilosos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas. O grupo intermediário fixa-se à derme da zona do vermelhão, que ele atinge por meio de duas vias: os feixes mais superficiais continuam, passando pela pele/junção do vermelhão, em seguida curvam posteriormente sobre a parte marginal do orbicular da boca até inserções pontuadas na metade ventral da derme da zona do vermelhão, enquanto os feixes mais profundos passam primeiro posteriormente entre a parte periférica e a parte marginal e, em seguida, curvam-se anteriormente até inserções pontuadas na metade dorsal da derme da zona do vermelhão. O grupo profundo está intimamente aplicado à superfície anterior da parte periférica do orbicular da boca, e envia fibras finas do músculo entre seus feixes paralelos fixando-se posteriormente na submucosa e tecido conjuntivo periglandular.

Movimentos dos lábios

Os diferentes grupos de músculos labiais diretos podem agir em conjunto ou individualmente, e seus efeitos podem envolver um quadrante labial completo ou podem ser restritos a um segmento curto. Por exemplo, a

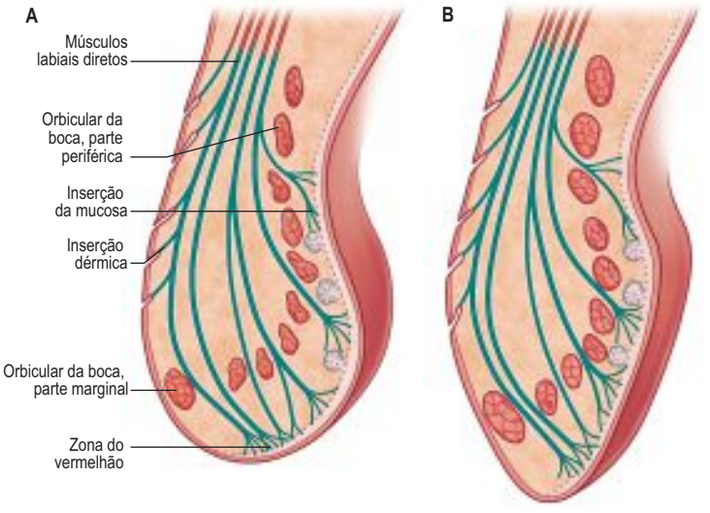


Fig. 29.12 A, Corte sagital do lábio superior em repouso. À esquerda, encontra-se pele fina com folículos pilosos oblíquos; à direita, encontra-se mucosa espessa com glândulas mucosas e prateleira mucosa; entre elas está a zona do vermelhão. **B,** Como em **A**, mas ligeiramente contraído, formando um perfil estreitado (cordão labial).

contração parcial dos músculos labiais superiores pode resultar em elevação localizada de um segmento do lábio superior, em uma expressão postural que lembra o "rosnar do cão". Normalmente, contudo, a atividade dos músculos é modificada pela atividade subreposta do orbicular da boca e dos músculos modiolares. As ações resultantes variam desde ajustes delicados da tensão e do perfil das margens do lábio até grandes aumentos da fissura oral com eversão dos lábios.

A protrusão labial é passiva em seus estágios iniciais. Pode ser suprimida pela contração poderosa de todo o orbicular da boca ou reforçada pela ativação seletiva de partes dos músculos labiais diretos. No entanto, os movimentos labiais devem acomodar a separação dos dentes produzida pelo abaixamento mandibular nas articulações temporomandibulares. Além de uma determinada faixa de abertura da boca, os movimentos labiais são quase totalmente dominados pelos movimentos mandibulares. Assim, ao longo dos últimos 2,5-3 cm de distância interincisal da separação ampla da mandíbula, uma contração forte do orbicular da boca não é capaz de efetuar o contato dos lábios e, em vez disso, provoca inflexão de espessura total dos lábios superior e inferior, incluindo a zona do vermelhão, em direção à cavidade oral, envolvendo-os ao redor das extremidades incisais, cúspides dos caninos e superfícies oclusais dos prémolares. O envolvimento dos lábios na fala é descrito no Capítulo 34, mas alguns aspectos relevantes para as ações da parte marginal do orbicular da boca serão descritos neste capítulo. Acredita-se que a contração da parte marginal altera de tal maneira o perfil transversal da margem livre da zona do vermelhão que tanto o perfil suavemente bulboso do lábio superior como a convexidade posterossuperior lisa do lábio inferior mudam para um perfil triangular simétrico estreito. As extremidades transformadas, cujos comprimento e tensão podem ser delicadamente controlados, têm sido chamadas de cordões labiais. Sabe-se que estão envolvidas na produção de alguns sons consonantais (labiais). Um cordão labial também pode funcionar como uma "palheta de vibração" ao assobiar ou tocar um instrumento de sopro, como o trompete.

Modíolo e seu papel nos movimentos faciais

De cada lado da face, um determinado número de músculos converge em direção a um foco imediatamente lateral ao ângulo da boca, onde se entrelaça formando uma massa fibromuscular densa, compacta, móvel, chamada de modíolo. Ele pode ser palpado de maneira mais eficaz com o uso do polegar e do dedo indicador opostos para comprimir a mucosa e a pele simultaneamente. Pelo menos nove músculos, dependendo da classificação utilizada, são fixados a cada modíolo. Além disso, os músculos situam-se em diferentes planos, os seus troncos modiolares são frequentemente espiralados e a maior parte divide-se em dois feixes, alguns em três ou quatro, cada um deles entrelaçando-se e fixando-se de uma maneira diferente. Não surpreende, portanto, que a organização tridimensional do modíolo tenha se revelado difícil de analisar.

A forma e as dimensões do modíolo são fornecidas de maneira aproximada porque estão sujeitas a variações individuais, de idade, de orientação sexual e de etnia. Além disso, o modíolo não tem limites histológicos precisos, e é uma zona irregular, onde tecido entrelaçado denso e compacto grada para os troncos de músculos individualmente reconhecíveis. O modíolo tem a forma áspera de um cone obtuso. A base do cone (*basis moduli*) é adjacente e aderente à mucosa. Tem delineamento quase elíptico e estende-se verticalmente 20 mm acima e 20 mm abaixo de uma linha horizontal através do ângulo bucal. Também se estende lateralmente a uma distância semelhante a partir do ângulo. O vértice obtuso do cone (*apex moduli*) é de 4 mm de diâmetro, e é centrado aproximadamente 12 mm lateralmente ao ângulo bucal. A partir da mucosa até a derme, a espessura da massa geralmente é de 10 mm, dividida de maneira aproximadamente igual em partes basal, central e apical. O corpo central tem uma fenda ou canal fibroso oblíquo que conduz a artéria facial, uma disposição que pode limitar a extensão até a qual ele é comprimido pela contração da musculatura bucolabial. A forma de cone é modificada por dois gumes (ou cornos) de extremidades arredondadas que se estendem em direção aos tecidos laterais do lábio livre, acima e abaixo do canto da boca. A ponta do corno superior estende-se 5,5 mm medial ao ângulo bucal, a ponta do corno inferior apenas 3,5 mm. Com estas adições, a base modiolar adquire a forma de um rim, com o ângulo bucal projetando-se em direção ao hilo.

O ápice do modíolo é profundo e aderente ao panículo carnoso, que se estende posteromedialmente como uma lâmina descendente fina voltada para o ângulo bucal. Lá, sua margem livre forma um cordão fibroelástico crescêntico, estreito, flexível e subcutâneo que acomoda as diferentes posturas dos modíolos, lábios, boca e mandíbulas.

A mobilidade tridimensional controlada dos modíolos possibilita-lhes integrar as atividades das bochechas, lábios e fissura oral, o vestíbulo oral e as mandíbulas. Estas atividades incluem mordedura, mastigação, ingestão de bebidas, sucção, deglutição, alterações no conteúdo e pressão vestibular, as inúmeras variações sutis envolvidas no discurso, a modulação (e geração ocasional) de tons musicais, produção de sons ásperos de gritos e berros, choro e todas as mudanças de expressão facial, que vão desde simples dicas até uma distorção bruta, simétrica ou assimétrica. Os movimentos modiolares maiores parecem envolver muitos, se não a totalidade, dos seus músculos associados, e há pouco valor em considerar as ações de cada um dos músculos de maneira isolada. Embora o determinante mais óbvio da posição e mobilidade modiolar seja o equilíbrio entre as forças exercidas pelos músculos que estão diretamente ligados a ele, outro fator influente é o grau de separação ou "bocejo" entre os dentes superiores e inferiores. Partindo da posição oclusal com os lábios mantidos em contato, os dentes podem ser separados por cerca de 1,25 cm perto da linha média, e o sulco mentolabial desce por uma distância semelhante. Com uma maior separação, os lábios separam-se e, à medida que o bocejo aumenta até sua capacidade máxima, as distâncias interlabial e interdentária atingem 4 cm, ponto em que o sulco mentolabial desceu mais 2 cm. Nesta posição, o modíolo desceu cerca de 1 cm, situando-se sobre o espaço interdental, no qual sua mucosa basal e bucal circundante projeta alguns milímetros e seus cornos divergem em direção a seus respectivos lábios em um ângulo obtuso entre si, sendo que as disposições dos músculos modiolares são correspondentemente modificadas. A forma hexagonal geral da área labial muda à medida que a boca e as mandíbulas se abrem progressivamente. Na abertura máxima, a distância entre os limites superior e inferior aumentou 3-3,5 cm na parte central, a distância transversal entre os seus ângulos laterais diminuiu 1 cm e os ângulos são obtusos; os sulcos nasolabiais são mais longos, mais retos e mais verticais; e os sulcos bucolabiais inferiores são menos profundos e curvados. Estas alterações de tecido mole irradiam a partir dos modíolos bilaterais.

Com os lábios em contato com os dentes em oclusão firme, o modíolo pode mover-se alguns milímetros em todas as direções. No entanto, a mobilidade é máxima quando há 2-3 mm de folga entre os dentes: o ápice do modíolo pode então se mover verticalmente para cima 10 mm, para baixo 5 mm, posterolateralmente 10 mm e anteromedialmente 10 mm, sendo que estes movimentos ocorrem nos planos curvados da bochecha e dos lábios. Os movimentos específicos do modíolo podem ocorrer em qualquer ponto e ao longo de qualquer via, dentro dos limites do envoltório do movimento assim definido. Quando a boca é muito aberta, o modíolo fica imóvel. A partir da posição neutra, o modíolo pode ser deslocado superficialmente ao longo do seu eixo apicobasal por até 5-10 mm por líquidos ou sólidos no vestíbulo, ou por um aumento na pressão do ar que "incha" as bochechas e os lábios.

Muitas atividades ocorrem em três fases. Inicialmente, um grupo especial de músculos modiolares torna-se dominante sobre os seus antagonistas e o modíolo é rapidamente relocalizado. Em seguida, o modíolo é transitoriamente fixado neste novo local por meio da contração simultânea dos músculos modiolares, principalmente o zigomático maior, levantador do ângulo da boca, abaixador do ângulo da boca, parte modiolar do platisma, o que proporciona uma base fixa a partir da qual os principais efetores fisiológicos, bucinador e orbicular da boca, realizam suas ações específicas. Essas ações em geral são integradas com a separação parcial ou fechamento das mandíbulas e com diferentes graus de atividade nos músculos labiais diretos. Todos esses fatores combinam-se para determinar as posições dos lábios e fissura oral de momento em momento. Os movimentos modiolares podem ser bilateralmente simétricos, unilaterais ou assimétricos.

MÚSCULOS DA MASTIGAÇÃO

Masseter e temporal, dois dos músculos da mastigação, são observados na face. O masseter cobre o ramo da mandíbula e o temporal situa-se sobre a fossa temporal. Esses músculos são descritos em detalhes com os outros principais músculos da mastigação no Capítulo 31.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

SUPRIMENTO ARTERIAL PARA A FACE

O principal suprimento arterial para a face é proveniente das artérias facial e temporal superficial, com suprimento adicional de ramos das artérias oftálmica e maxilar. A parte de trás do couro cabeludo é suprida pelas artérias auricular posterior e occipital. Existem inúmeras anastomoses entre os ramos.

Artéria facial

A artéria facial origina-se no pescoço a partir da artéria carótida externa (Cap. 28). Ela situa-se, inicialmente, abaixo do platisma, passando para a face na margem anteroinferior do masseter, onde seu pulso pode ser

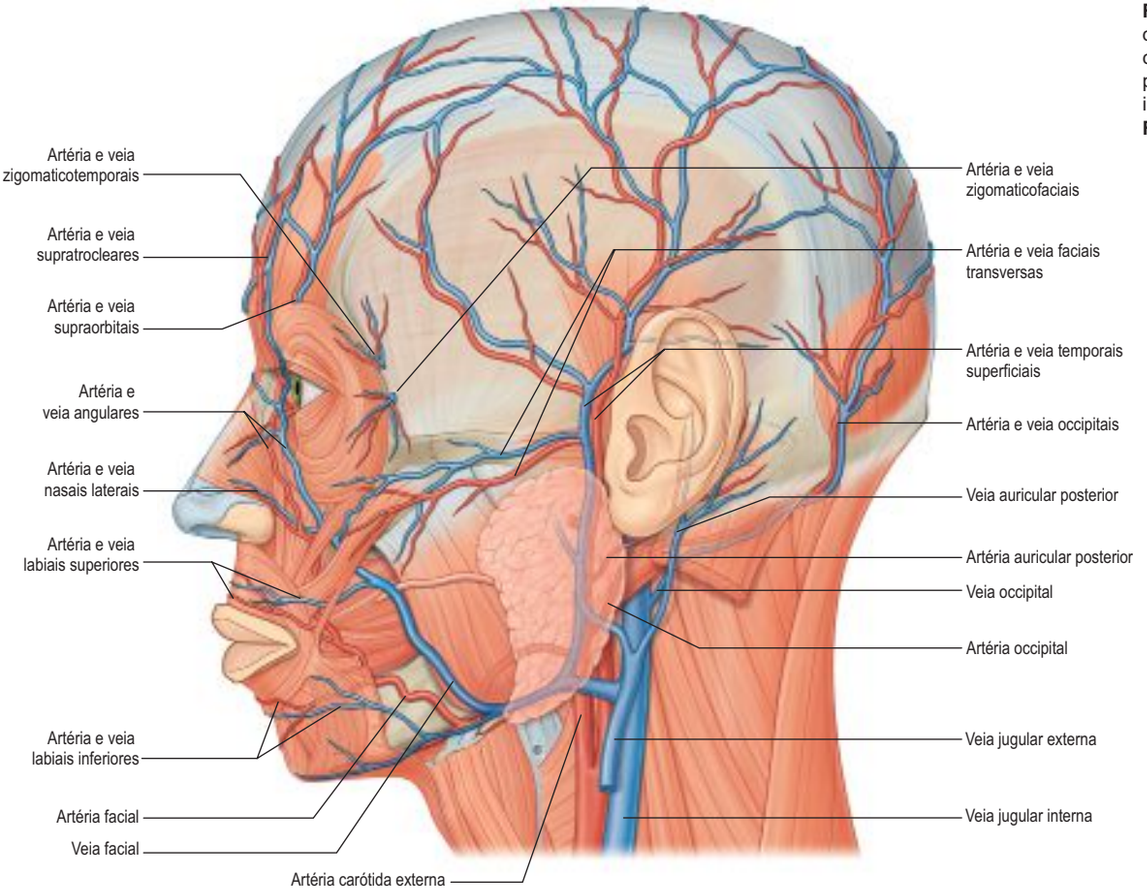


Fig. 29.13 Artérias e veias do lado esquerdo da face, cabeça e pescoço e seus principais ramos. A artéria infraorbital é mostrada na **Figura 25.1**.

sentido à medida que cruza a mandíbula. A artéria fica abaixo da pele, da gordura da bochecha e próxima do ângulo da boca, zigomático maior e risório e superficial ao bucinador e levantador do ângulo da boca. Ela pode passar sobre ou através do levantador do lábio superior e desenvolve um curso tortuoso ao longo do lado do nariz em direção ao canto medial do olho. Na sua terminação, é incrustada no levantador do lábio superior e da asa do nariz.

Ocasionalmente, a artéria facial estende-se pouco além do ângulo da boca, caso em que o seu território normal além desta região é tomado por um ramo facial transverso aumentado a partir da artéria temporal superficial e pelos ramos a partir da artéria facial contralateral. A veia facial é posterior à artéria e tem um curso mais direto sobre toda a face. Na margem anterior do músculo masseter, os dois vasos estão em contato, enquanto no pescoço a veia é superficial à artéria.

A artéria facial supre os ramos para os músculos e pele da face (Fig. 29.13). Seus ramos nomeados na face são a artéria pré-massetérica, as artérias labiais superiores e inferiores e a artéria nasal lateral. A parte da artéria distal até seu ramo terminal é chamada de artéria angular.

Artéria pré-massetérica A artéria pré-massetérica é pequena e inconstante. Quando presente, passa em sentido ascendente ao longo da margem anterior do músculo masseter e supre os tecidos circundantes.

Artéria labial inferior A artéria labial inferior origina-se próximo ao ângulo da boca, passa para cima e para a frente sob o abaixador do ângulo da boca e, em seguida, penetra o orbicular da boca correndo sinuosamente próximo da margem do lábio inferior, entre o músculo e a membrana mucosa. Supre as glândulas labiais inferiores, membrana mucosa e músculos, e anastomosa com seu semelhante contralateral e com o ramo mentual da artéria alveolar inferior.

Artéria labial superior A artéria labial superior é maior e mais tortuosa do que a artéria labial inferior. Percorre um curso semelhante ao longo da margem labial superior, entre a membrana mucosa e o orbicular da boca, anastomosa com seu semelhante contralateral e supre o lábio superior. Ela dá origem a um ramo da asa e a um ramo septal, que se ramifica anteroinferiormente no septo nasal.

Artéria nasal lateral A artéria nasal lateral é originada pelo lado do nariz, supre o dorso e a asa do nariz e anastomosa com seu semelhante contralateral. A artéria nasal lateral pode ser substituída por um ramo da artéria labial superior.

Artéria temporal superficial

A artéria temporal superficial é o menor ramo terminal da artéria carótida externa. Origina-se na altura da glândula parótida atrás do colo da cabeça da mandíbula, onde é cruzada pelos ramos temporal e zigomático do nervo facial. Inicialmente profunda, torna-se superficial à medida que passa sobre a raiz posterior do processo zigomático do osso temporal, onde a sua pulsação pode ser sentida. Em seguida, percorre o couro cabeludo por cerca de 4 cm e divide-se em ramos frontal (anterior) e parietal (posterior). A artéria é acompanhada de veias correspondentes e pelo nervo auriculotemporal que se situa imediatamente posterior a ela.

A artéria temporal superficial supre a pele e os músculos do lado da face e no couro cabeludo, a glândula parótida e a articulação temporomandibular. Ocasionalmente, sofre biópsia quando um diagnóstico histológico de arterite de células gigantes é necessário. Os ramos nomeados da artéria temporal superficial são as artérias facial transversa, auricular, zigomático-orbital, temporal média, frontal e parietal. Os tamanhos relativos dos ramos frontal, parietal e facial transverso variam; os ramos frontal e parietal podem estar ausentes e a facial transversa pode substituir uma artéria facial transversa encurtada.

Artéria facial transversa A artéria facial transversa origina-se antes da artéria temporal superficial junto à glândula parótida. Atravessa a glândula, cruza o masseter entre o ducto parotídeo e o arco zigomático (acompanhado de um ou dois ramos do nervo facial) e divide-se em inúmeros ramos que suprem a glândula e ducto parotídeo, masseter e pele adjacente. Os ramos anastomosam com as artérias facial, massetérica, bucal, lacrimal e infraorbital e podem ter uma origem direta a partir da artéria carótida externa.

Artéria auricular Os ramos da artéria auricular são distribuídos para o lóbulo e superfície lateral da orelha e para o meato acústico externo.

Artéria zigomático-orbital A artéria zigomático-orbital pode originar-se independentemente da artéria temporal superficial ou a partir de seus ramos temporal médio ou parietal. Passa perto da margem superior

do arco zigomático, entre as duas camadas de fáscia temporal, até o ângulo orbital lateral. Supre o orbicular do olho e anastomosa com os ramos lacrimal e palpebral da artéria oftálmica. Uma artéria zigomático-orbital bem desenvolvida está associada a uma divisão tardia em ramos frontal e parietal.

Artéria temporal média A artéria temporal média surge um pouco acima do arco zigomático e perfura a fáscia temporal suprindo o temporal. Anastomosa com os ramos temporais profundos da artéria maxilar.

Ramo frontal (anterior) O ramo frontal passa para cima em direção à tuberosidade frontal e supre os músculos, pele e pericrânio nesta região. Anastomosa-se com seu semelhante contralateral e com os ramos supraorbital e supratroclear da artéria oftálmica.

Ramo parietal (posterior) O ramo parietal é maior do que o ramo frontal da artéria temporal superficial. Curva-se para cima e para trás, continua superficial à fáscia temporal e anastomosa com seu semelhante contralateral e com as artérias auricular posterior e occipital.

Ramos faciais da artéria maxilar

A artéria maxilar é a maior dos dois ramos terminais da artéria carótida externa e tem três ramos que suprem a face, que são as artérias mentual, bucal e infraorbital.

Artéria mentual A artéria mentual origina-se da primeira parte da artéria maxilar como um ramo terminal da artéria alveolar inferior. Emerge sobre a face a partir do canal mandibular no forame mentual, supre os músculos e pele na região do queixo e anastomosa com as artérias labial inferior e submentual.

Artéria bucal A artéria bucal é um ramo da segunda parte da artéria maxilar. Surge na face a partir da fossa infratemporal, cruza o bucinador suprindo a bochecha e anastomosa com a artéria infraorbital e com os ramos da artéria facial.

Artéria infraorbital A artéria infraorbital origina-se a partir da terceira parte da artéria maxilar. Corre através do forame infraorbital e em direção à face, suprindo a pálpebra inferior, a face lateral do nariz e o lábio superior. A artéria infraorbital tem anastomose extensa com as artérias facial transversa e bucal e com ramos das artérias oftálmica e facial.

Ramos faciais da artéria oftálmica

A artéria oftálmica é um ramo da artéria carótida interna. Seus ramos supratroclear, supraorbital, lacrimal, palpebral medial, nasal dorsal e nasal externo suprem a face.

Artéria supratroclear A artéria supratroclear emerge a partir da órbita em direção à face na incisura frontal. Supre as partes mediais da pálpebra superior, fronte e couro cabeludo e anastomosa com a artéria supraorbital e com sua semelhante contralateral.

Artéria supraorbital A artéria supraorbital deixa a órbita através da incisura supraorbital ou forame. Ela divide-se em ramos superficial e profundo que suprem a pele e os músculos da pálpebra superior, fronte e couro cabeludo. Anastomosa com a artéria supratroclear, ramo frontal da temporal superficial e seu semelhante contralateral. Na margem supraorbital, frequentemente envia um ramo para o díploe do osso frontal e também pode suprir o mucoperiósteo no seio frontal.

Artéria lacrimal A artéria lacrimal aparece na face, no canto superolateral da órbita e supre a parte lateral das pálpebras. Dentro da órbita, dá origem a uma artéria zigomática que se divide em artérias zigomaticofacial e zigomaticotemporal. A artéria zigomaticofacial passa através da parede lateral da órbita surgindo sobre a face no forame zigomaticofacial, e supre a região sobrejacente à proeminência da bochecha. A artéria zigomaticotemporal também atravessa a parede lateral da órbita, por meio do forame zigomaticotemporal, e supre a pele sobre a parte sem barba da têmpora. A artéria lacrimal anastomosa com o ramo temporal profundo da artéria maxilar e do ramo facial transverso da artéria temporal superficial.

Artérias palpebrais mediais As artérias palpebrais mediais superior e inferior originam-se da artéria oftálmica abaixo da tróclea. Descem atrás do saco nasolacrimal entrando nas pálpebras, onde cada uma se divide em dois ramos que cursam lateralmente ao longo das extremidades das lâminas tarsais, formando os arcos superior e inferior e suprindo as pálpebras. Anastomosam com ramos das artérias supraorbital, zigomático-orbital e lacrimal. O arco inferior também anastomosa com a artéria facial.

Artéria nasal externa (dorsal) A artéria nasal externa é um ramo terminal da artéria etmoidal anterior, que se origina da artéria oftálmica. Surge na junção do osso nasal e da cartilagem nasal lateral e supre a pele que cobre a parte externa do nariz.

Artéria occipital

A artéria occipital origina-se no pescoço a partir da artéria carótida externa (Cap. 28). Corre em um sulco sobre o osso temporal, medial ao processo mastoide. Acompanhada pelo nervo occipital maior, a artéria occipital entra na parte de trás do couro cabeludo, penetrando na camada de revestimento da fáscia cervical profunda que liga as inserções cranianas do trapézio e esternocleidomastóideo. Os ramos tortuosos correm entre a pele e o ventre occipital do occipitofrontal, anastomosando com as artérias opostas occipital, auricular posterior e temporal superficial, bem como com o ramo cervical transverso da artéria subclávia. Estes ramos suprem o ventre occipital do occipitofrontal e a pele e pericrânio associados ao couro cabeludo, até o vértice. A artéria pode dar origem a um ramo meníngeo que atravessa o forame parietal.

Artéria auricular posterior

A artéria auricular posterior surge no pescoço a partir da artéria carótida externa e sobe entre a orelha e o processo mastoide. Supre a superfície craniana da orelha através de seu ramo auricular e o ventre occipital do occipitofrontal e do couro cabeludo por detrás e acima da orelha através de seu ramo occipital. A artéria auricular posterior anastomosa com a artéria occipital.

VEIAS DA FACE

As veias faciais estão sujeitas a variações consideráveis: a descrição adiante diz respeito àquelas que são relativamente constantes (Fig. 29.13).

Veia supratroclear

A veia supratroclear começa na testa a partir de uma rede venosa conectada às tributárias frontais da veia temporal superficial. As veias desta rede formam um único tronco que desce até a ponte do nariz, próximo à linha média e paralelo a seu semelhante contralateral. As veias são unidas por um arco nasal em todo o nariz. Elas então divergem, cada uma juntando-se a uma veia supraorbital formando a veia facial perto do canto medial do olho.

Veia supraorbital

A veia supraorbital começa perto do processo zigomático do osso frontal, conectando-se com ramos das veias temporal superficial e média. Ela passa medialmente acima da abertura orbitária, penetra o orbicular do olho e une-se com a veia supratroclear perto do canto medial do olho, formando a veia facial. Um ramo passa através da incisura supraorbital, onde recebe veias do seio frontal e do díploe frontal e, posteriormente, conecta-se com a veia oftálmica superior.

Veia facial

A veia facial é a principal veia da face. Após receber as veias supratroclear e supraorbital, trafega obliquamente para baixo pelo lado do nariz, passa sob o zigomático maior, risório e platisma, desce até a margem anterior e, em seguida, passa sobre a superfície do músculo masseter. Atravessa o corpo da mandíbula e corre para baixo no pescoço drenando para a veia jugular interna. A veia facial inicialmente se situa atrás da artéria facial mais tortuosa, mas cruza a artéria na margem inferior da mandíbula. O segmento mais alto da veia facial, acima de sua junção com a veia labial superior, também é chamado de veia angular: qualquer infecção da boca ou face pode disseminar através das veias angulares até os seios cavernosos, resultando em trombose (Cap. 27.).

Tributárias Próximo da sua origem, a veia facial conecta-se com a veia oftálmica superior, tanto diretamente como através da veia supraorbital e, por isso, está ligada ao seio cavernoso. A veia facial recebe tributárias da lateral do nariz e, abaixo dele, uma veia facial profunda importante do plexo venoso pterigóideo. Também recebe as veias palpebral inferior,

labial superior e inferior, do bucinador, parotídea e massetérica e outras tributárias que se juntam a ela abaixo da mandíbula.

Veia temporal superficial

A rede venosa disseminada por todo o couro cabeludo recebe ramos das veias supratroclear, supraorbital, auricular posterior e occipital. As tributárias anterior e posterior desta rede unem-se acima do arco zigomático, formando a veia temporal superficial de cada lado. A veia acompanha sua artéria, em geral situada por detrás dela, cruza a raiz posterior do zigoma e entra na glândula parótida, onde se junta à veia maxilar formando a veia retromandibular.

Tributárias As tributárias são as veias parotídeas, ramos que drenam a articulação temporomandibular, veias auricular anterior, facial transversa e temporal média. A temporal média recebe a veia orbital (formada pelas veias palpebrais laterais), penetra a fáscia temporal e, em seguida, passa para trás entre as camadas da fáscia aderindo à veia temporal superficial imediatamente acima do nível do arco zigomático.

Veias bucal, mentual e infraorbital

As veias bucal, mentual e infraorbital drenam as regiões da bochecha e do mento e passam para o plexo venoso pterigóideo.

Veias auricular posterior e occipital

A veia auricular posterior origina-se em uma rede parieto-occipital que também drena para as tributárias das veias occipital e temporal superficial. Ela desce atrás da orelha, juntando-se à divisão posterior da veia retromandibular ou logo abaixo da glândula parótida, formando a veia jugular externa. Ela recebe uma veia estilomastóidea e tributárias da superfície craniana da orelha, drena a região do couro cabeludo atrás da orelha e drena para a veia jugular externa. A veia occipital começa em uma rede posterior no couro cabeludo, penetra a inserção craniana do trapézio, vira em direção ao trígono suboccipital e junta-se às veias cervical profunda e vertebral. Ela pode ser acompanhada por uma veia que drena o díploe no osso occipital e, em seguida, passa para as veias jugular interna, posterior auricular, cervical profunda ou vertebral. As veias emissárias ligam a veia occipital aos seios venosos intracranianos através dos forames mastóideo e parietal e através do canal condilar posterior e protuberâncias occipitais.

DRENAGEM LINFÁTICA DA FACE E DO COURO CABELUDO

Os vasos linfáticos da região frontal acima da raiz do nariz drenam para os linfonodos submandibulares (Figs. 29.14 e 28.15). Vasos do restante da testa, região temporal, metade superior da face auricular lateral e parede anterior do meato acústico externo drenam para os linfonodos parotídeos superficiais, que se situam imediatamente anteriores ao trago, seja sobre a fáscia parotídea ou abaixo dela. Estes linfonodos também drenam vasos laterais das pálpebras e da pele da região zigomática e seus vasos eferentes passam para os linfonodos cervicais profundos superiores. Uma tira de couro cabeludo acima da orelha, a metade superior da face craniana e a parede posterior do meato acústico externo drenam para os linfonodos cervical profundo superior e auricular posterior. Os linfonodos auriculares posteriores são superficiais à inserção mastóidea do esternocleidomastóideo e abaixo da auricular posterior, e drenam para os linfonodos cervicais profundos superiores. O lóbulo auricular, assoalho do meato acústico externo e da pele ao longo do ângulo mandibular e região parotídea inferior drenam para os linfonodos cervical superficial ou cervical profundo superior. Os linfonodos cervicais superficiais situam-se ao longo da veia jugular externa superficiais ao esternocleidomastóideo. Alguns eferentes passam ao redor da margem anterior do esternocleidomastóideo até os linfonodos cervicais profundos superiores, outros seguem a veia jugular externa até os linfonodos cervicais profundos inferiores no trígono subclávio.

A região occipital do couro cabeludo drena, em parte, para os linfonodos occipitais e em parte para um vaso que corre ao longo da margem posterior do esternocleidomastóideo para os linfonodos cervicais profundos inferiores. Os linfonodos occipitais são comumente superficiais para a inserção superior do trapézio, mas ocasionalmente situam-se no ângulo superior do trígono posterior.

Existem geralmente três linfonodos submandibulares, internos à fáscia cervical profunda no trígono submandibular. Um situa-se no polo anterior da glândula submandibular e dois margeiam a artéria facial, à medida que ela atinge a mandíbula. Outros linfonodos são frequentemente incrustados

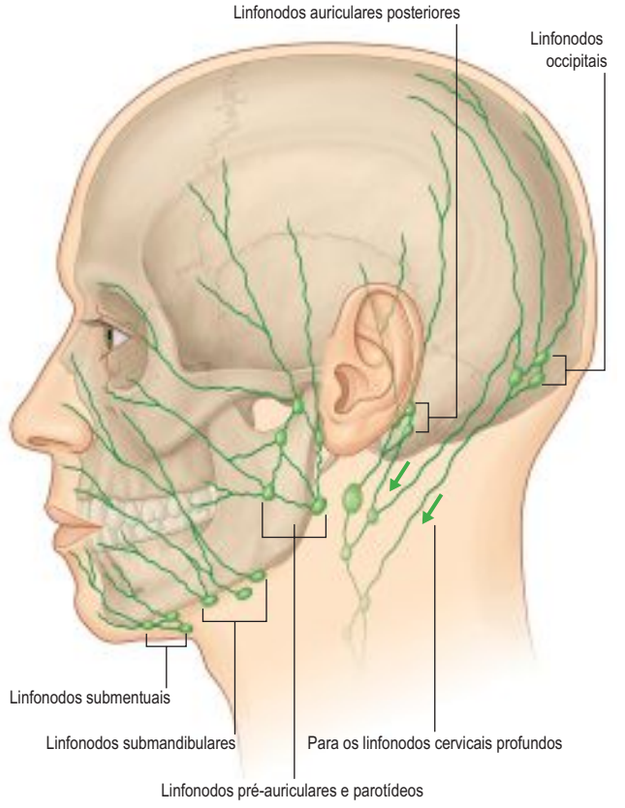


Fig. 29.14 Drenagem linfática da face e do couro cabeludo. Flechas indicam direção do fluxo. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

na glândula ou abaixo dela. Os linfonodos submandibulares drenam uma vasta área, incluindo os vasos dos grupos de linfonodos submentual, bucal e lingual, e os seus eferentes passam para os linfonodos cervicais profundos superior e inferior. A parte externa do nariz, bochecha, lábio superior e partes laterais do lábio inferior drenam diretamente para os linfonodos submandibulares; os vasos aferentes podem ter alguns linfonodos bucais ao longo de seu curso e perto da veia facial. A membrana mucosa dos lábios e bochecha drena para os linfonodos submandibulares e a parte lateral da bochecha drena para os linfonodos parotídeos. A parte central do lábio inferior, assoalho bucal e ponta da língua drenam para os linfonodos submentuais que se encontram no milo-hióideo entre os ventres anteriores dos músculos digástricos. Estes linfonodos recebem aferentes bilateralmente, sendo que alguns cruzam através do queixo; seus eferentes passam para os linfonodos submandibulares e jugulo-omo-hióideos.

INERVAÇÃO

Os inúmeros músculos de expressão facial são supridos pelo nervo facial, enquanto os dois músculos da mastigação que se relacionam com a face são inervados pela divisão mandibular do nervo trigêmeo. A inervação sensorial é realizada principalmente a partir das três divisões do nervo trigêmeo, com contribuições menores dos nervos espinhais cervicais. A descrição pormenorizada da inervação da orelha é considerada na pág. 620.

NERVO TRIGÊMEO

Três grandes áreas da face podem ser mapeadas para indicar os campos nervosos periféricos associados às três divisões do nervo trigêmeo. Os campos não são horizontais, mas curvam-se em direção ascendente (Fig. 29.15), aparentemente pelo fato de a pele facial se mover para cima, com o crescimento do cérebro e do crânio. Embriologicamente, cada divisão do nervo trigêmeo está associada a um processo de desenvolvimento facial que dá origem a uma área específica da face do adulto: o nervo oftálmico é associado ao processo frontonasal, o nervo maxilar ao processo maxilar e o nervo mandibular ao processo mandibular.

Nervo oftálmico

Os ramos cutâneos do nervo oftálmico suprem a conjuntiva, pele sobre a testa, pálpebra superior e uma grande parte da superfície externa do nariz.

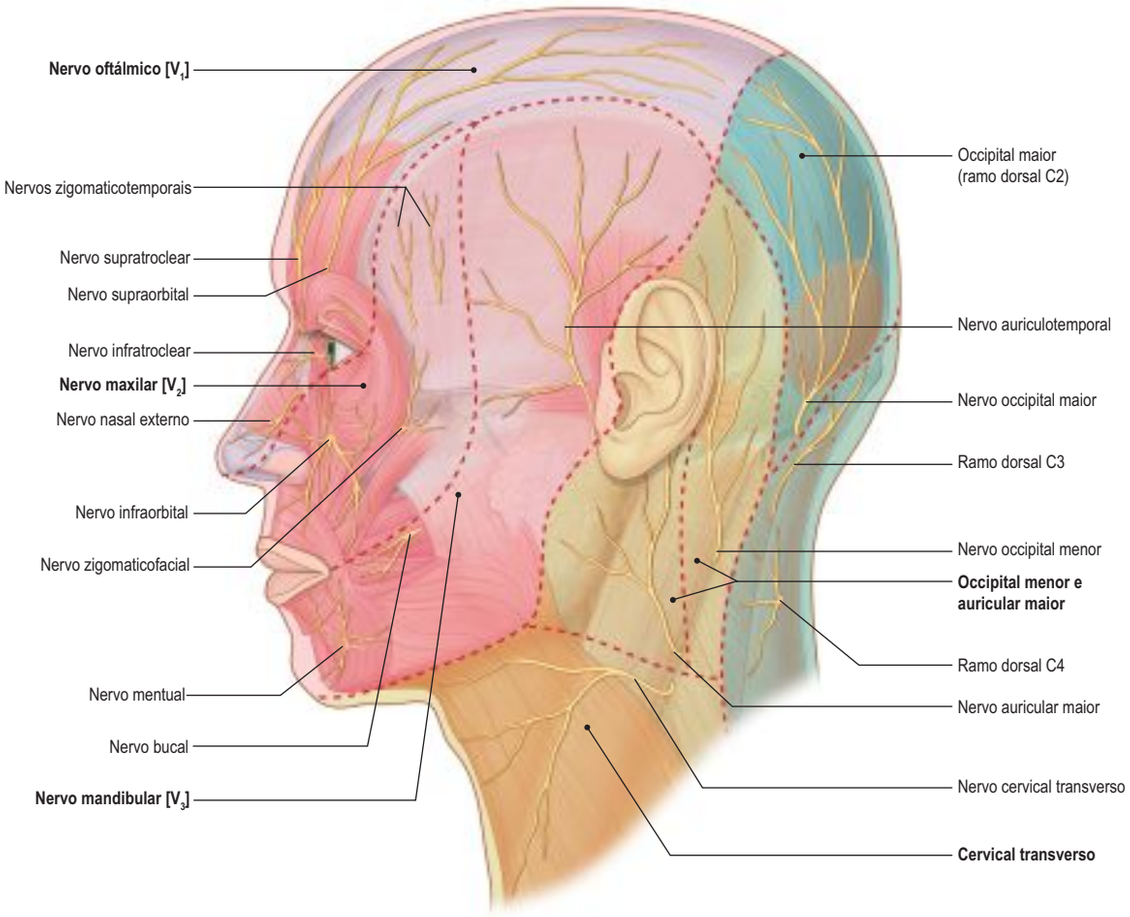


Fig. 29.15 Inervação cutânea da face e do pescoço, mostrando dermátomos (em negrito). (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Nervo supratroclear

O nervo supratroclear é o menor ramo terminal do nervo frontal. Corre anteromedialmente no teto da órbita, passa acima da tróclea e supre um filamento descendente ao ramo infratroclear do nervo nasociliar. O nervo emerge entre a tróclea e o forame supraorbital na incisura frontal, curva-se em direção ascendente sobre a testa perto do osso com a artéria supratroclear e supre a conjuntiva e a pele da pálpebra superior. Em seguida, sobe abaixo da corrugador do frontal e do ventre frontal do occipitofrontal antes de se dividir em ramos que perfuram estes músculos para suprir a pele da parte inferior da fronte perto da linha média.

Nervo supraorbital

O nervo supraorbital é o maior ramo terminal do nervo frontal. Ele atravessa a incisura ou forame supraorbital e supre os filamentos palpebrais para a pálpebra superior e conjuntiva. Ele sobe na testa com a artéria supraorbital e divide-se em ramos medial e lateral que abastecem a pele do couro cabeludo quase até a sutura lambdoide. Estes ramos situam-se primeiramente abaixo do ventre frontal do occipitofrontal. O ramo perfura o músculo atingindo a pele, enquanto o ramo lateral penetra a aponeurose epicraniana.

Nervo lacrimal

O nervo lacrimal é o menor dos principais ramos oftálmicos e penetra o septo orbitário até a extremidade na região lateral da pálpebra superior, que ele supre. Anastomosa com filamentos do nervo facial. Ocasionalmente, é ausente, caso em que é substituído pelo nervo zigomaticotemporal: a relação é recíproca e, quando o nervo zigomaticotemporal está ausente, é substituído por um ramo do nervo lacrimal.

Nervo infratroclear

O nervo infratroclear ramifica-se a partir do nervo nasociliar. Ele deixa a órbita abaixo da tróclea e supre a pele das pálpebras, a conjuntiva, saco lacrimal, carúncula lacrimal e a lateral do nariz acima do canto medial.

Nervo nasal externo

O nervo nasal externo é o ramo terminal do nervo etmoidal anterior. Ele desce até a parede lateral do nariz e supre a pele do nariz abaixo dos ossos nasais, excluindo a porção da asa ao redor da parte externa das narinas.

Nervo maxilar

O nervo maxilar atravessa a órbita suprindo a pele da pálpebra inferior, a proeminência da bochecha, a parte da asa do nariz, parte da têmpora e o lábio superior. Tem três ramos cutâneos: os nervos zigomaticotemporal, zigomaticofacial e infraorbital.

Nervo zigomaticotemporal

O nervo zigomaticotemporal atravessa um canal no osso zigomático e emerge em direção à parte anterior da fossa temporal, onde sobe entre o osso e o temporal antes de perfurar a fáscia temporal, aproximadamente 2 cm acima do arco zigomático, suprindo a pele da têmpora. Comunica-se com os nervos facial e auriculotemporal. Quando perfura a camada profunda da fáscia temporal, envia um ramo delgado entre as duas camadas da fáscia em direção ao ângulo lateral do olho: o ramo carrega as fibras pós-ganglionares parassimpáticas a partir do gânglio pterigopalatino até a glândula lacrimal.

Nervo zigomaticofacial

O nervo zigomaticofacial atravessa o ângulo inferolateral da órbita e emerge na face através de um forame no osso zigomático. Perfura o orbicular do olho suprindo a pele sobre a proeminência da bochecha e forma um plexo com ramos zigomáticos do nervo facial e ramos palpebrais do nervo maxilar. Ocasionalmente, o nervo é ausente.

Nervo infraorbital

O nervo infraorbital emerge em direção à face, no forame infraorbital, onde se situa entre o levantador do lábio superior e o levantador do ângulo da boca. Dá origem aos ramos palpebral, nasal e labial superior. Os ramos palpebrais sobem abaixo do orbicular do olho, perfuram o músculo para suprir a pele na pálpebra inferior e juntam-se aos nervos facial e zigomaticofacial perto do canto lateral. Os ramos nasais suprem a pele da face lateral do nariz e da parte móvel do septo nasal, e associam-se ao ramo nasal externo do nervo etmoidal anterior. Os ramos labiais superiores, que são grandes e numerosos, descem atrás do levantador do lábio superior para suprir a pele da parte anterior da bochecha e lábio superior. Eles são unidos por ramos do nervo facial, formando o plexo infraorbital. O nervo infraorbital está comumente implicado na neuralgia trigeminal e é tratável com crioterapia onde a terapia clínica falha.

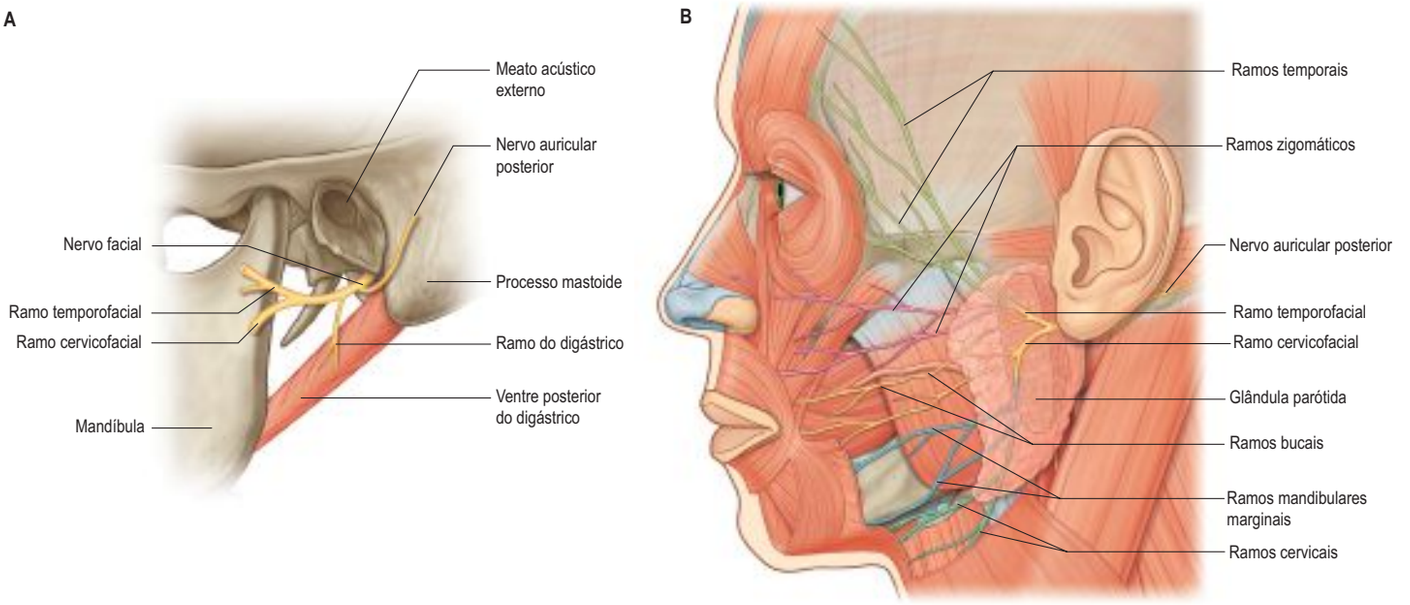


Fig. 29.16 Distribuição do nervo facial. **A,** Ramos originados imediatamente após o nervo sair do forame estilomastóideo. **B,** Ramos do nervo na face. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Nervo mandibular

O nervo mandibular supre a pele sobre a mandíbula, o lábio inferior, a parte carnosa da bochecha, parte da aurícula da orelha e parte da têmpora através dos nervos bucal, mentual e auriculotemporal.

Nervo bucal

O nervo bucal emerge em direção à face a partir de trás do ramo da mandíbula e passa lateralmente na frente do masseter, unindo-se aos ramos bucais do nervo facial. Supre a pele sobre a parte anterior do bucinador.

Nervo mentual

O nervo mentual é o ramo terminal do nervo alveolar inferior (Cap. 30). Ele entra na face através do forame mentual, onde é direcionado para trás, e supre a pele do lábio inferior e gengiva labial. Ocasionalmente, o nervo mentual é etiologicamente importante na dor da neuralgia do trigêmeo e é tratável com cirurgia de crioterapia.

Nervo auriculotemporal

O nervo auriculotemporal emerge em direção à face atrás da articulação temporomandibular no interior da superfície superior da glândula parótida. Ele sobe posteriormente aos vasos temporais superficiais, passa sobre a raiz posterior do zigoma e divide-se em ramos temporais superficiais. Os ramos cutâneos do nervo auriculotemporal suprem o trago e parte da aurícula adjacente da orelha e parte posterior da têmpora. O nervo pode ser lesionado durante cirurgia da glândula parótida, resultando em prejuízo da sensação do trago e da têmpora. Comunica-se com a divisão temporofacial do nervo facial, em geral por meio de dois ramos que passam anterolateralmente atrás do colo da mandíbula. Estas comunicações ancoram o nervo facial próximo à superfície lateral do processo condilar da mandíbula e limitam sua mobilidade durante a cirurgia. Comunicações com os ramos temporal e zigomático do nervo facial circundam os vasos facial transverso e temporal superficial.

NERVO FACIAL

O nervo facial emerge a partir da base do crânio no forame estilomastóideo e dá origem, quase imediatamente, aos nervos para o ventre posterior do digástrico e estilo-hióideo, bem como ao nervo auricular posterior, que supre o ventre occipital do occipitofrontal dos músculos auriculares (Fig. 29.16A).

O nervo próximo entra na glândula parótida no alto de sua superfície posteromedial e passa em frente e para baixo por trás do ramo mandibular. No interior da substância da glândula, ramifica-se nos troncos superior (temporofacial) e inferior (cervicofacial), geralmente logo atrás e superficial à veia retromandibular. Os troncos ramificam-se ainda para formar um plexo parotídeo (*pes anserinus* ou pata de ganso). Cinco ramos terminais principais surgem a partir do plexo, divergem no interior da glândula e saem pela sua superfície anteromedial, medial à sua margem anterior, para suprir os músculos de expressão facial (Fig. 29.16B). Seis padrões anastomóticos distintivos foram originalmente classificados por Davis *et al.* (1956) e eles são ilustrados na Fig. 29.17. Inúmeros estudos de microdissecação têm demonstrado que os padrões de ramificação e anastomoses entre os ramos, tanto na parótida como na face, apresentam considerável variação individual (p. ex., Lineaweaver *et al.*, 1997; Kwak *et al.*, 2004): o relato que segue é, portanto, uma visão geral. Em termos cirúrgicos estas anastomoses são importantes e explicam de maneira presumível por que a divisão acidental ou deliberada de um pequeno ramo frequentemente não resulta em fraqueza esperada do nervo facial. A anatomia de superfície do nervo facial é descrita no Capítulo 25.

O ramo temporal geralmente se divide em ramos anterior e posterior logo após a perfuração da fáscia parotidomassetérica abaixo do arco zigomático; há, frequentemente, um ramo médio (frontal). Estes ramos cruzam o arco no tecido subcutâneo, e acima do arco situam-se no espaço subgaleal, onde seu curso é extremamente variável. Ramos pequenos suprem os músculos intrínsecos na superfície lateral da aurícula e os músculos auriculares anterior e superior, e comunicam-se com o ramo zigomaticotemporal do nervo maxilar e o ramo auriculotemporal do nervo mandibular. Os ramos mais anteriores suprem o ventre frontal do occipitofrontal, orbicular do olho e corrugador e juntam-se aos ramos supraorbital e lacrimal do nervo oftálmico.

Os ramos zigomáticos geralmente são múltiplos. Eles cruzam o osso zigomático até o canto lateral do olho e suprem o orbicular do olho: eles também podem suprir os músculos inervados pelo ramo bucal. Ramos pequenos comunicam-se com filamentos do nervo lacrimal e do ramo zigomaticofacial do nervo maxilar.

O ramo bucal em geral é único. Tem uma estreita relação com o ducto parotídeo por cerca de 2,5 cm após emergir da glândula parótida e, tipicamente, se situa abaixo do ducto. Os ramos superficiais correm abaixo da gordura subcutânea e do sistema musculoaponeurótico superficial (SMAS). Alguns ramos passam abaixo do prócero e juntam-se aos nervos infratroclear e nasais externos. Ramos profundos superiores suprem o zigomático maior e levantador do lábio superior e formam um plexo infraorbital superior com os ramos labiais superiores do nervo infraorbital. Eles também suprem o levantador do ângulo da boca, zigomático menor, levantador do lábio superior e da asa do nariz e os pequenos músculos nasais: estes ramos são por vezes descritos como ramos zigomáticos menores. Os ramos profundos inferiores suprem o bucinador e orbicular da boca; eles comunicam-se com filamentos do ramo bucal do nervo mandibular.

Em geral, existem dois ramos mandibulares marginais. Eles correm para a frente em direção ao ângulo da mandíbula sob o platisma, depois viram para cima em todo o corpo da mandíbula passando sob o abaixador do ângulo da boca. Os ramos suprem o risório e os músculos do lábio inferior e queixo, e filamentos comunicam-se com o nervo mentual. O ramo mandibular marginal tem uma importante relação cirúrgica com a margem inferior da mandíbula (Cap. 25).

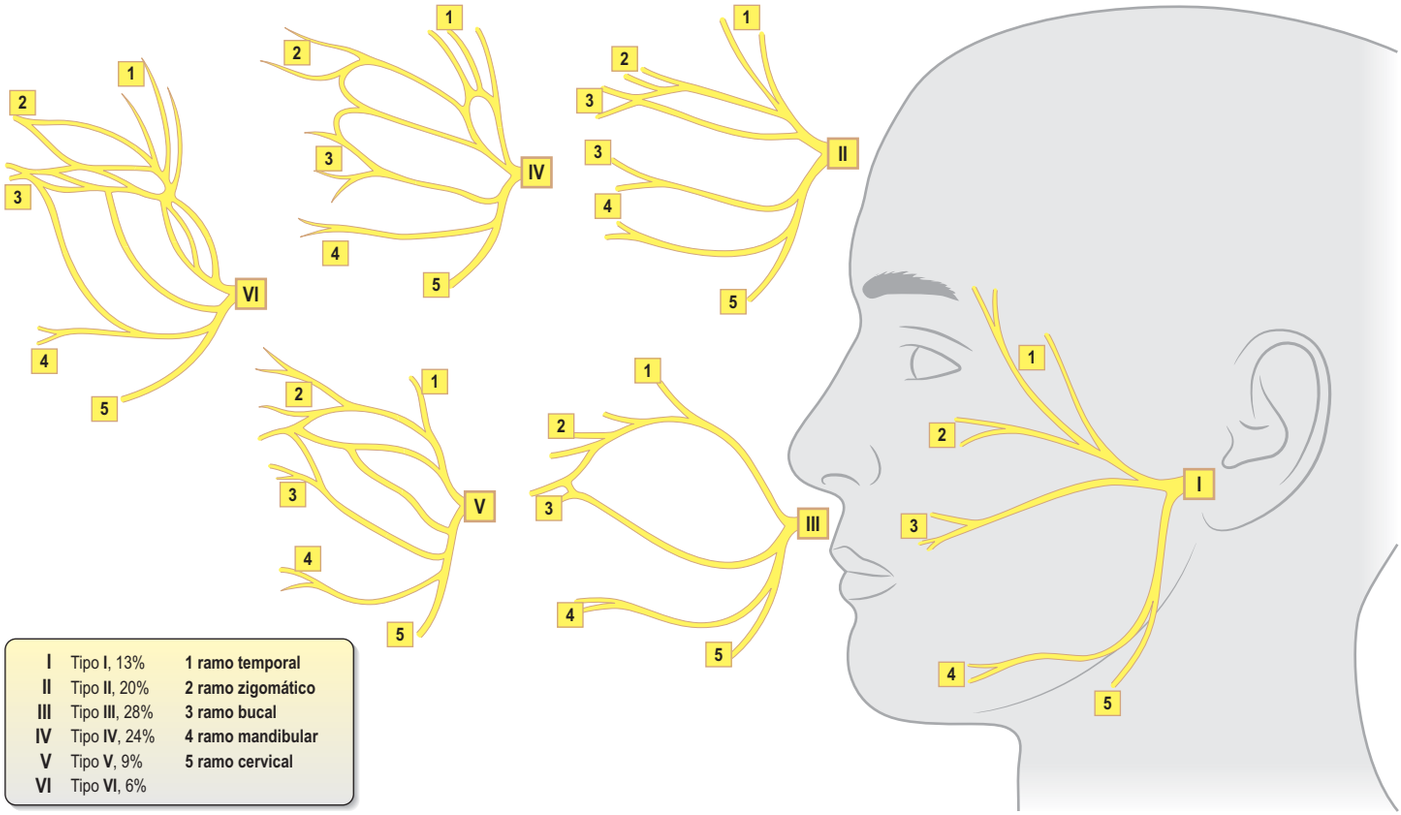


Fig. 29.17 Padrão de ramificação do nervo facial. (Modificado com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 Head and Neck Anatomy. London: Martin Dunitz, e de Davis RA, Anson BJ, Budinger JM, Kurth IE 1956 Surgical anatomy of the facial nerve and parotid gland based upon a study of 350 cervicofacial halves. Surg Gynecol Obstet 102: 385-412, com permissão do American College of Surgeons.)

O ramo cervical emerge a partir da parte inferior da glândula parótida e corre anteroinferiormente sob o platisma até a frente do pescoço. Tipicamente único, supre o platisma e comunica-se com o nervo cervical cutâneo transverso.

Os ramos cutâneos do nervo facial acompanham o ramo auricular do vago; acredita-se que eles inervam a pele em ambas as faces auriculares, na depressão conchal e sobre sua eminência.

Lesões do nervo facial

A paralisia facial pode ser causada por uma lesão a um neurônio motor superior (quando o frontal é parcialmente poupado devido à inervação bilateral do músculo da parte superior da face) ou uma lesão a um neurônio motor inferior (quando todos os ramos podem ser envolvidos). A paralisia facial do neurônio motor inferior ipsilateral ocorre na paralisia de Bell e na síndrome de Ramsay Hunt, e pode ser consequência de um neuroma acústico, um tumor parotídeo maligno ou, mais comumente, laceração da bochecha. Apenas os músculos inervados por ramos degenerados ou desmielinizados do nervo facial tornam-se fracos.

O nervo facial é rotineiramente isolado como parte de uma cirurgia de parotidectomia superficial – tipicamente no tratamento de tumores parotídeos – quando aquela parte da glândula situada superficialmente ao plano do nervo facial é removida. Embora todos os ramos do nervo facial sejam preservados, frequentemente há alguma fraqueza facial pós-cirúrgica causada por hematomas e isquemia do nervo que pode resultar em desmielinização temporária das fibras nervosas. Embora isso possa afetar todos os ramos do nervo facial, a fraqueza frequentemente é limitada ao território inervado pelo ramo marginal mandibular e manifesta-se por uma fraqueza do lábio inferior no lado acometido. Isto ocorre porque arcadas anastomóticas entre o ramo mandibular marginal e outros ramos do nervo facial são relativamente raras, enquanto são abundantes entre os diversos ramos da divisão temporofacial e do ramo bucal da divisão cervicofacial do nervo facial.

Nervos espinhais cervicais

Os nervos espinhais cervicais têm ramos cutâneos que suprem áreas de pele na face e couro cabeludo (Fig. 29.15). Os ramos nomeados são os nervos grande auricular e occipital menor, que fazem parte do plexo cervical e são descritos na página 435 (Fig. 28.1) e do nervo occipital maior, que é descrito na página **755** (Figs. 42.52, 43.6).

GLÂNDULA PARÓTIDA

As glândulas parótidas pareadas são as maiores glândulas salivares. Cada uma tem um peso médio de 25 g e é uma massa irregular, lobulada, amarelada, em grande parte situada abaixo do meato acústico externo entre a mandíbula e o esternocleidomastóideo. A glândula também projeta-se para a frente sobre a superfície do masseter (Fig. 29.16B). Em 20% dos casos, uma parte pequena, em geral separada, chamada de glândula parótida acessória (parte acessória ou *socia parotidis*) situa-se entre o arco zigomático acima e o ducto parotídeo abaixo. A forma geral da glândula parótida é variável. Observada lateralmente, em 50% dos casos tem um delineamento quase triangular. No entanto, em 30% dos casos, a glândula é mais ou menos da mesma largura em toda a sua extensão e os polos superior e inferior são arredondados.

Em sua forma piramidal invertida habitual, a glândula parótida apresenta uma superfície superior pequena e superfícies superficial, anteromedial e posteromedial. Afunila-se inferiormente até um ápice obtuso. A superfície côncava superior está relacionada com a parte cartilaginosa do meato acústico externo e a face posterior da articulação temporomandibular. Aqui, o nervo auriculotemporal curva-se ao redor do colo da mandíbula, incrustado na cápsula da glândula. O ápice sobrepõe o ventre posterior do digástrico e do trígono carotídeo com extensão variável.

A face superficial é coberta por pele e fáscia superficial, que contém os ramos faciais do grande nervo auricular, linfonodos parotídeos superficiais e a margem posterior do platisma. Estende-se para cima até o arco zigomático, para trás sobrepondo o esternocleidomastóideo, para baixo até seu ápice posteroinferior ao ângulo mandibular e para a frente situando-se sobre o masseter abaixo do ducto parotídeo.

A superfície anteromedial é sulcada pela margem posterior do ramo mandibular. Cobre a parte posteroinferior do masseter, a face lateral da articulação temporomandibular e a parte adjacente do ramo mandibular. Ela passa adiante, medial ao ramo da mandíbula, chegando ao pterigóideo medial. A glândula pode, portanto, ser subdividida em uma parte superficial maior e uma parte menor, o "lobo" profundo, abaixo do ramo, sendo que os dois se juntam por meio de um istmo. Os ramos do nervo facial emergem na face a partir da margem anterior dessa superfície.

A superfície posteromedial é moldada para o processo mastoide, esternocleidomastóideo, ventre posterior do digástrico, e processo estiloide e seus músculos associados. A artéria carótida externa sulca esta superfície antes de entrar na glândula, e a artéria carótida interna e veia jugular

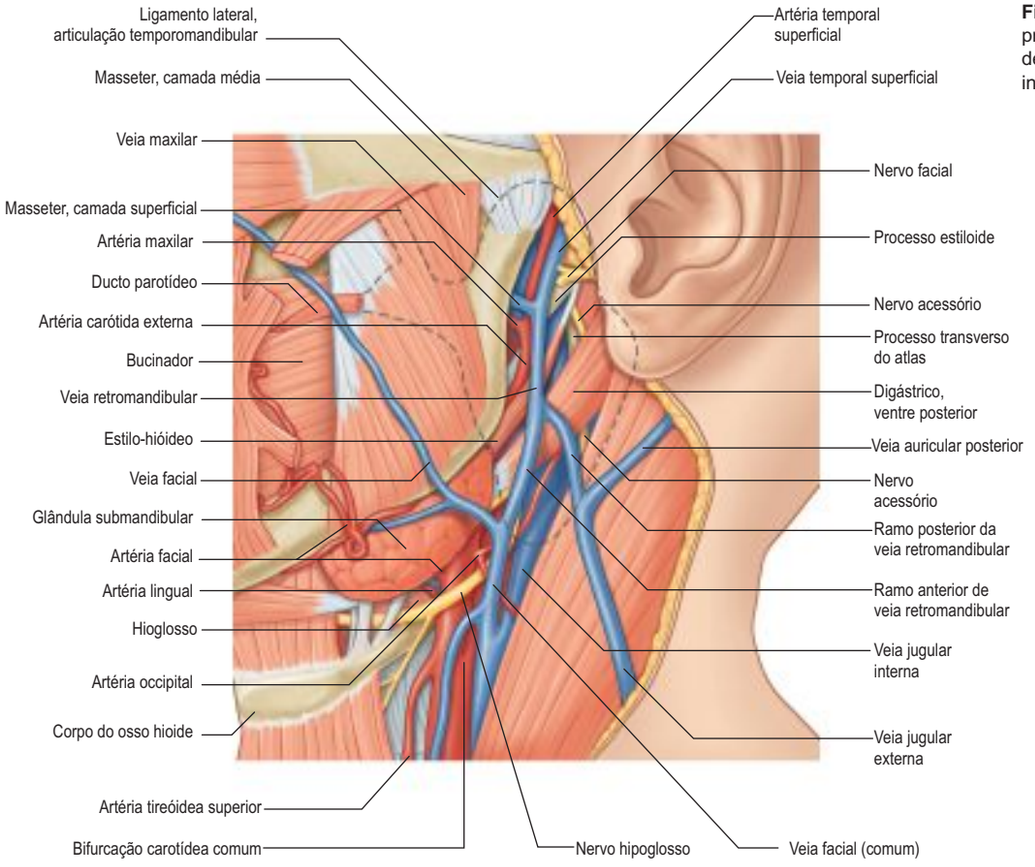


Fig. 29.18 Principais relações imediatas profundas da glândula parótida. O delineamento da glândula parótida é indicado pela linha preta pontilhada.

interna são separadas da glândula pelo processo estiloide e seus músculos associados (Fig. 29.18). As superfícies anteromedial e posteromedial encontram-se em uma margem que pode se projetar tão profundamente que ela entra em contato com a parede lateral da faringe.

Tumores do lobo profundo O "lobo" profundo da glândula estende-se por detrás do ramo mandibular, onde sua superfície profunda se situa imediatamente lateral ao constritor superior da faringe. Quando um tumor parotídeo, seja ele benigno ou maligno, ocorre no "lobo" profundo, a massa apresenta-se como um inchaço na parede lateral da faringe, e não como um edema facial, o que significa que é importante examinar a orofaringe quando se faz o acompanhamento de um paciente que se submeteu à cirurgia da parótida para a remoção de um tumor.

ESTRUTURAS NO INTERIOR DA GLÂNDULA PARÓTIDA

A artéria carótida externa, veia retromandibular e nervo facial, seja em parte ou no todo, atravessam a glândula e ramificam-se em seu interior. A artéria carótida externa entra na superfície posteromedial e divide-se em artéria maxilar, que emerge da superfície anteromedial, e na artéria temporal superficial, que dá origem ao ramo facial transverso na glândula e sobe, deixando seu limite superior (Fig. 29.16). A artéria auricular posterior também pode se ramificar a partir da artéria carótida externa dentro da glândula, saindo pela sua superfície posteromedial.

A veia retromandibular, formada pela união do maxilar e veias temporais superficiais (que entram perto dos pontos de saída das artérias correspondentes), é superficial à artéria carótida externa. Ela desce na glândula parótida e emerge por trás do ápice da glândula, onde, geralmente, se divide em um ramo anterior, que passa para a frente juntando-se à veia facial, e em um ramo posterior, que se junta à veia auricular posterior formando a veia jugular externa. Ocasionalmente, não está conectada à veia jugular externa, que é então pequena, e a veia jugular anterior é aumentada.

CÁPSULA PAROTÍDEA

A glândula parótida é encerrada no interior de uma cápsula parotídea firme derivada da camada de revestimento da fáscia cervical profunda. A inflamação aguda da glândula parotídea (sialadenite aguda) pode causar dor cortante na região pré-auricular como resultado de um estiramento da cápsula e estimulação do grande nervo auricular. A dor geralmente é exacerbada às refeições, quando o estímulo gustativo à glândula resulta em mais turgor dentro da cápsula. As causas de sialadenite aguda incluem obstrução do ducto parotídeo (cálculos, tampões de muco e estreitamento de ducto) e caxumba.

DUCTO PAROTÍDEO

As dimensões médias do ducto parotídeo são 5 cm de comprimento e 3 mm de largura (embora seja mais estreito no orifício oral). Começa pela confluência das duas tributárias principais dentro da parte anterior da glândula parótida: o ducto aparece na margem anterior da parte superior da glândula parótida e passa horizontalmente através do masseter aproximadamente a meio caminho entre o ângulo da boca e o arco zigomático (Fig. 29.16). Se o ducto surgir mais abaixo, pode correr obliquamente para cima. Cruza o masseter, gira medialmente na sua margem anterior em um ângulo quase reto, e atravessa o corpo adiposo da bochecha e o bucinador no lado oposto à coroa do terceiro molar superior. O ducto então corre obliquamente para a frente por uma distância curta entre o bucinador e a mucosa oral antes de se abrir sobre uma pequena papila oposta à coroa do segundo molar superior. A passagem de submucosa do ducto serve como um mecanismo valvular que evita a insuflação da glândula com elevações das pressões intraorais. Enquanto cruza o masseter, o ducto situa-se entre os ramos bucais superior e inferior do nervo facial, e pode receber o ducto parotídeo acessório.

A parte acessória da glândula e a artéria facial transversa situam-se acima do ducto parotídeo; o ramo bucal do nervo mandibular, que emerge a partir de baixo do temporal e masseter, situa-se logo abaixo, na margem anterior do músculo masseter. O ducto parotídeo pode ser atravessado por ramos anastomosantes entre os ramos zigomático e bucal do nervo facial.

As ramificações dos sistemas ductais e os seus padrões e calibres podem ser demonstradas radiograficamente por meio de injeção de uma substância radiopaca no ducto parotídeo através de uma cânula. Em um sialograma da parótida lateral, o ducto principal pode ser observado como sendo formado próximo ao centro da margem posterior do ramo mandibular pela união de dois ou três ductos que sobem ou descem, respecti-

vamente de modo perpendicular ao ducto principal. À medida que cruza a face, o ducto principal também recebe a partir de cima cinco ou seis dúctulos da glândula parótida acessória (Fig. 29.19). À medida que se curva ao redor da margem anterior do masseter, frequentemente é comprimido e sua sombra é atenuada. Lacerações profundas da bochecha, onde há dúvida sobre a integridade do ducto parotídeo, devem ser exploradas e reparadas usando técnicas microcirúrgicas, para evitar vazamento de saliva para os tecidos moles da bochecha e subsequente formação de sialocele.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

A glândula parótida recebe o seu suprimento arterial da artéria carótida externa e seus ramos dentro e próximos à glândula. As veias drenam para a veia jugular externa através de suas tributárias locais.

Ocorrem linfonodos na pele sobrejacente à glândula parótida (linfonodos pré-auriculares) e na substância da glândula. Em geral, existem 10 linfonodos presentes na glândula, a maioria situa-se na parte superficial da glândula acima do plano relacionado com o nervo facial. A linfa da glândula parótida drena para os linfonodos cervicais profundos superiores.

INERVAÇÃO

Os nervos pré-ganglionares trafegam no ramo petroso menor do nervo glossofaríngeo e sofrem sinapse no gânglio ótico. As fibras secretomotoras pós-ganglionares atingem a glândula através do nervo auriculotemporal.

Sudorese gustatória (síndrome de Frey ou síndrome auriculotemporal) A sudorese gustatória (síndrome auriculotemporal) comumente ocorre após cirurgia da parótida ou outra cirurgia ou traumatismo que resulta na abertura da cápsula parotídea. Acredita-se que reflita inervação aberrante das glândulas sudoríparas na face por axônios secretomotores parassimpáticos renováveis que anteriormente teriam inervado a glândula parótida. A síndrome de Frey é caracterizada por sudorese, calor e vermelhidão da face, como resultado da estimulação salivar pelo cheiro ou sabor dos alimentos. O tratamento da síndrome de Frey é difícil. A denervação por neurectomia timpânica ou avulsão do nervo auriculotemporal têm sido defendidas, mas frequentemente não são curativas. Os sintomas podem ser tratados pela infiltração subcutânea de toxina botulínica purificada na área acometida e uso de antiperspirante.

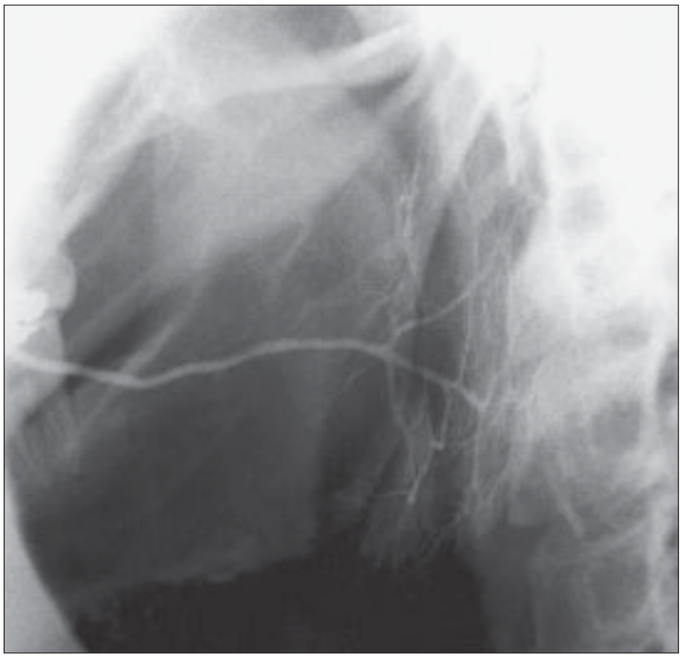


Fig. 29.19 Radiografia lateral oblíqua mostrando ducto parotídeo delineado após injeção de meio de contraste radiopaco (sialograma). Observar que aqui o ducto principal é formado pela união de três ductos menores na margem posterior do ramo da mandíbula. (Cortesia de Dr N Drage.)

REFERÊNCIAS

Borges AF, Alexander JE 1962 Relaxed skin tension lines, Z-plasties on scars, and fusiform excision of lesions. Br J Plast Surg 15: 242–54.

Davis RA, Anson BJ, Budinger JM, Kurth LE 1956 Surgical anatomy of the facial nerve and parotid gland based upon a study of 350 cervicofacial halves. Surg Gynecol Obstet 102: 385–412.

Fromer J 1977 The human accessory parotid gland: its incidence, nature and significance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 43: 671–6.

Gosain AK, Yousif NJ, Madiedo G, Larson DL, Matloub HS, Sanger JR 1993 Surgical anatomy of the SMAS: a reinvestigation. Plast Reconstruct Surg 92: 1254–63.

Kwak HH, Park HD, Youn KH, Hu KS, Koh KS, Han SH, Kim HJ 2004 Branching patterns of the facial nerve and its communication with the auriculotemporal nerve. Surg Radiol Anat 26: 494–500.

Lineaweaver W, Rhoton A, Habal MB 1997 Microsurgical anatomy of the facial nerve. Craniofac Surg 8: 6–10.

Langdon JD 1998 Parotid surgery. In: Langdon JD, Patel MF (eds) Operative Maxillofacial Surgery. London: Chapman and Hall: 381–90.
Descrição detalhada dos procedimentos para uma dissecção segura da parte intraparotídea do nervo facial.

Markus AF, Delaire J, Smith WP 1992 Facial balance in cleft lip and palate II. Cleft lip and palate and secondary deformities. Br J Oral Maxillofac Surg 30: 296–304.
Discute a base anatômica para o reparo da fenda labial e deformidades palatais.

Mitz V, Peyronie M 1976 The superficial musculo-aponeurotic system (SMAS) in the parotid and cheek area. Plast Reconstruct Surg 58: 80–88.

Myint K, Azian AL, Khairul FA 1992 The clinical significance of the branching pattern of the facial nerve in Malaysian subjects. Med J Malaysia 47: 114–21.

Norman JE de, McGurk M (eds) 1995 Color Atlas and Text of the Salivary Glands. London: Mosby-Wolfe.

Park IY, Lee ME 1977 A morphological study of the parotid gland and the peripheral part of the facial nerve in Koreans. Yonsei Med J 18: 45–51.

Shimada K, Gasser RF 1988 Morphology of the mandibulo-stylohyoid ligament in human adults. Anat Rec 222: 207–210.

Wassef M 1987 Superficial fascial and muscular layers in the face and neck: a histological study. Aesth Plast Surg 11: 171–6.

Yousif NJ, Mendelson BC 1995 Anatomy of the midface. Clin Plast Surg 22: 227–40.

Ziarah HA, Atkinson ME 1981 The surgical anatomy of the mandibular distribution of the facial nerve. Br J Oral Surg 19: 159–70.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 30

Cavidade oral

A boca ou cavidade oral estende-se desde os lábios e bochechas externamente até os arcos palatoglossos das fauces internamente, onde se continua na parte oral da faringe (Fig. 30.1). A boca pode ser subdividida no vestíbulo, externo aos dentes, e cavidade própria da boca, interna aos dentes. O palato forma o céu-da-boca e separa as cavidades oral e nasal. O assoalho da boca é formado pelos músculos milo-hióideos e é ocupado principalmente pela língua. As paredes laterais da boca são definidas pelas bochechas e regiões retromolares. Três pares de glândulas salivares maiores (parótida, submandibular e sublingual) e inúmeras glândulas salivares menores (labiais, da bochecha, palatinas, linguais) abrem-se para a boca. Os músculos da cavidade oral estão associados aos lábios, bochechas, assoalho da boca e língua. Os músculos dos lábios e bochechas são descritos juntamente com a face no Capítulo 29. Os músculos do palato mole são descritos juntamente com a faringe no Capítulo 33.

A boca está relacionada principalmente com a ingestão e a mastigação dos alimentos, que é essencialmente a função dos dentes. A boca também está associada à fonação e à ventilação.

BOCHECHAS

As características externas das bochechas são descritas no Capítulo 29. Internamente, a mucosa da bochecha é firmemente aderida ao bucinador e é assim alongada quando a boca é aberta e fica enrugada quando a boca é fechada. Glândulas sebáceas ectópicas podem ser observadas como placas amarelas (manchas de Fordyce). Seus números aumentam na puberdade e em fases posteriores da vida.

Poucos pontos de referência estruturais são visíveis. O ducto parotídeo drena para a bochecha oposta ao segundo molar superior em uma pequena papila do ducto da parótida. Uma linha hiperqueratinizada (a linha alba) pode ser observada em uma posição relacionada ao plano oclusal dos dentes. Na região retromolar, uma prega da mucosa contendo a rafe pterigomandibular estende-se desde o processo alveolar superior até o inferior. A entrada para o espaço pterigomandibular (que contém os nervos lingual e alveolar inferior) situa-se lateralmente a esta prega e medialmente à crista produzida pela borda anterior do ramo da mandíbula: é este o local para a injeção de um bloqueio do nervo alveolar inferior, comumente usado para anestesiar os dentes e as gengivas inferiores ipsilaterais.

Suprimento vascular e inervação

A bochecha recebe o seu suprimento sanguíneo arterial principalmente da artéria bucal, ramo da artéria maxilar, e é inervada por ramos cutâneos da divisão maxilar do nervo trigêmeo, através do ramo zigomaticofacial e nervo infraorbital, e pelo nervo bucal da divisão mandibular do nervo trigêmeo.

LÁBIOS

As partes externas dos lábios são descritas no Capítulo 29. A parte central dos lábios contém o músculo orbicular da boca. Internamente, a túnica mucosa labial é lisa e brilhante e apresenta pequenas elevações causadas por glândulas mucosas subjacentes.

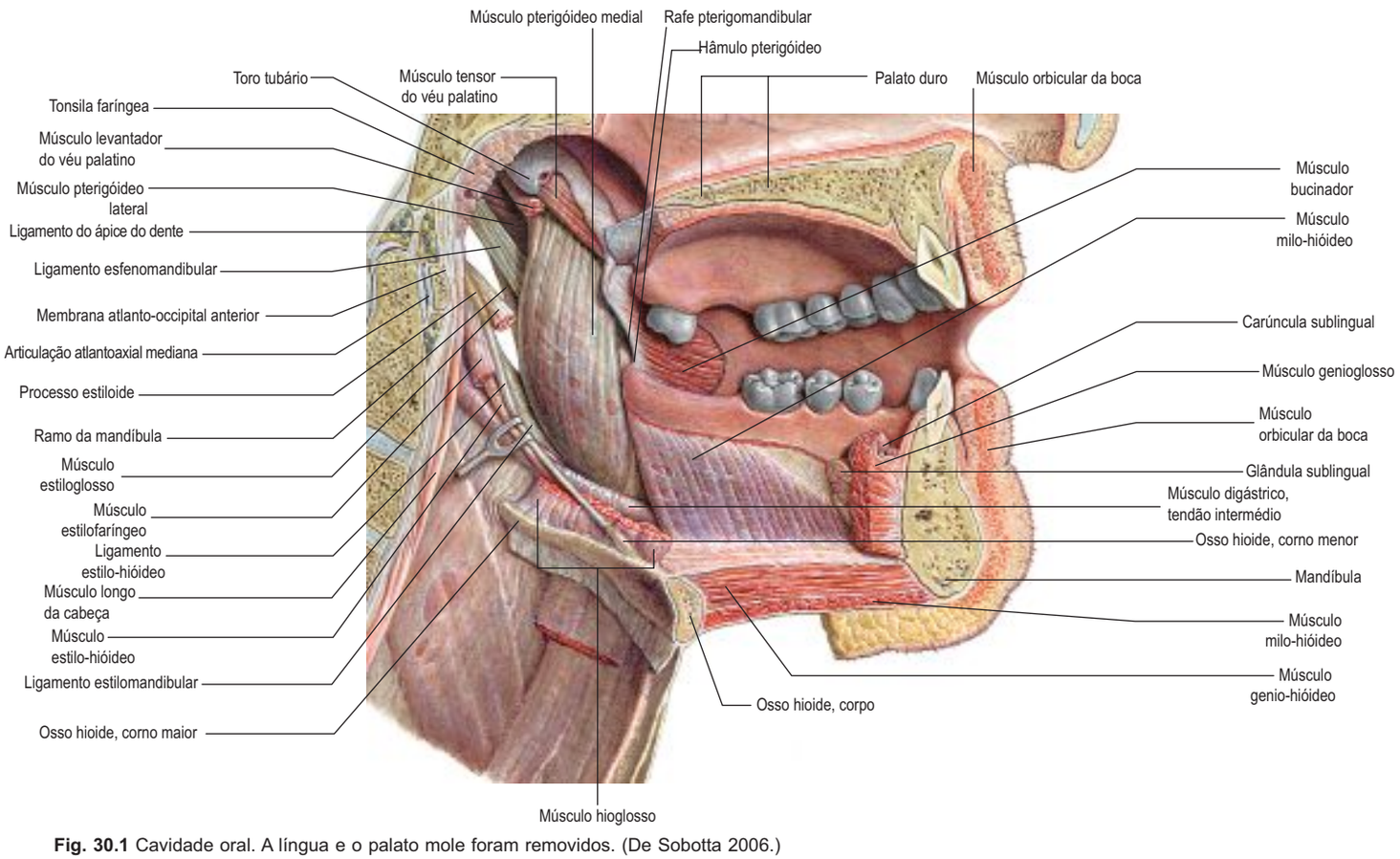


Fig. 30.1 Cavidade oral. A língua e o palato mole foram removidos. (De Sobotta 2006.)

A posição e a atividade dos lábios são importantes para controlar o grau de protrusão dos dentes incisivos. Com lábios normais (competentes), as margens incisais dos incisivos superiores encontram-se abaixo da margem superior do lábio inferior, e esta disposição ajuda a manter a inclinação "normal" dos incisivos. Quando os lábios são incompetentes, os incisivos superiores podem não ser controlados e o lábio inferior pode até mesmo se situar por trás deles, produzindo assim uma proclinação exagerada destes dentes. Uma musculatura labial vigorosa, ou hiperativa, pode estar associada a incisivos superiores retroclinados. Os lábios são mantidos úmidos tanto pela deposição da saliva pela língua como pelas inúmeras glândulas salivares menores dentro deles. Estas glândulas são suscetíveis a traumatismo pelos dentes, particularmente no lábio inferior: podendo produzir uma mucocele como resultado do extravasamento de saliva para os tecidos submucosos ou retenção de saliva no interior da glândula ou seu ducto.

Suprimento vascular e inervação

Os lábios são supridos principalmente pelas artérias labiais superior e inferior, ramos da artéria facial. O lábio superior é inervado por ramos labiais superiores do nervo infraorbital e o lábio inferior é inervado pelo ramo mentual da divisão mandibular do trigêmeo.

VESTÍBULO DA BOCA

O vestíbulo da boca é um espaço semelhante a uma fenda entre os lábios e bochechas de um lado e os dentes do outro. Quando os dentes ocluem, o vestíbulo é um espaço fechado que se comunica apenas com a cavidade própria da boca nas regiões retromolares, atrás do último molar de cada lado. Onde a mucosa que cobre o osso alveolar da mandíbula é refletida para os lábios e bochechas, um canal ou sulco é formado e é chamado de fórnice vestibular. Um número variável de pregas em forma de foice contendo tecido conjuntivo frouxo percorre o fórnice vestibular. Na linha mediana, estes são os freios (ou frênulos) superiores e inferiores. Outras pregas podem atravessar o fórnice próximo dos caninos ou pré-molares. As pregas na parte inferior do fórnice são consideradas mais pronunciadas do que aquelas na parte superior do fórnice (Fig. 30.2).

O frênulo do lábio superior é normalmente fixado abaixo da crista alveolar. Um grande frênulo com uma inserção próxima ou na crista pode estar associado a um intervalo na linha mediana (diastema) entre os incisivos centrais superiores. Ele pode ser corrigido através de remoção cirúrgica simples do frênulo (frenectomia), pois não contém estruturas de importância clínica. O freio proeminente pode comprometer a estabilidade de dentaduras.

MUCOSA ORAL

A mucosa oral é contínua à pele nas margens labiais (borda do vermelhão) e com a mucosa faríngea no istmo das fauces. Ela varia na estrutura, função e aparência em diferentes regiões da cavidade oral e é tradicionalmente dividida em mucosas de revestimento, mastigatória e especializada.

Fig. 30.2 Vista anterior da dentição em oclusão cêntrica, com os lábios retraídos. Observar as gengivas em rosa pálido pontilhadas e a túnica mucosa alveolar vermelha, brilhante e lisa. O grau de sobremordida é bastante acentuado e a gengiva e seus anexos epiteliais recuaram em direção à raiz do canino superior esquerdo. Observar freios (flechas).

MUCOSA DE REVESTIMENTO

A mucosa de revestimento é de cor vermelha e cobre o palato mole, superfície ventral da língua, assoalho da boca, processos alveolares (excluindo as gengivas) e as superfícies internas dos lábios e bochechas. Ela possui epitélio escamoso estratificado não queratinizado, que se sobrepõe a uma lâmina própria fibrosa frouxa, e a túnica submucosa contém alguns depósitos de gordura e acúmulos de glândulas salivares menores mucosas. A mucosa oral que cobre o osso alveolar – que sustenta as raízes dos dentes – e os colos (região cervical) dos dentes é dividida em dois componentes principais. Essa porção que reveste a parte inferior dos alvéolos, frouxamente fixada ao periósteo através de uma submucosa difusa, é designada mucosa alveolar. Ela é delineada a partir da mucosa mastigatória gengival, que cobre a parte superior do osso alveolar e os colos dos dentes, por uma junção bem definida, a junção mucogengival. A mucosa alveolar aparece em vermelho escuro; a gengival aparece em rosa pálido. Estas diferenças de cores estão relacionadas com as diferenças no tipo de queratinização e a proximidade com a superfície de pequenos vasos sanguíneos subjacentes que podem às vezes ser observados no trajeto abaixo da mucosa alveolar.

MUCOSA MASTIGATÓRIA E GENGIVAS

A mucosa mastigatória, ou seja, a mucosa que é submetida ao estresse mastigatório, está firmemente aderida ao osso subjacente ou aos colos dos dentes, e forma um mucoperiósteo na gengiva e rafe do palato. As mucosas gengival, palatina e dorsal da língua são queratinizadas ou paraqueratinizadas.

As gengivas podem ser ainda subdivididas em gengivas inseridas e gengivas livres. As gengivas inseridas estão firmemente ligadas ao periósteo alveolar e aos dentes, enquanto as gengivas livres, que constituem uma margem de aproximadamente 1 mm da gengiva, situam-se não inseridas em torno da região cervical de cada dente. O sulco gengival livre, entre as gengivas livre e inserida, corresponde aproximadamente ao assoalho do sulco gengival que separa a face interna das gengivas aderidas no esmalte do dente. A papila gengival é a parte da gengiva que preenche o espaço entre os dentes adjacentes. A superfície das gengivas inseridas é caracteristicamente pontilhada, embora haja variação individual no grau de pontilhamento e variação de acordo com a idade, sexo e a saúde das gengivas. As gengivas livres não são pontilhadas. A linha mucogengival delineia as gengivas inseridas sobre a face lingual da mandíbula a partir da mucosa alveolar em direção ao assoalho da boca. Não há divisão evidente correspondente entre as gengivas inseridas e o restante da mucosa palatina, porque toda esta superfície é mucosa mastigatória ortoqueratinizada, que é rosa.

A túnica submucosa está ausente na gengiva e rafe do palato na linha mediana, mas está presente ao longo do restante do palato duro. Posterolateralmente, é espessa onde contém as glândulas salivares mucosas e os nervos e vasos palatinos maiores, e é ancorada ao periósteo das maxilas e ossos palatinos por septos colágenos.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Os tecidos gengivais têm seu suprimento sanguíneo através das artérias maxilares e linguais. A gengiva ao redor dos molares superiores é irrigada pelos ramos gengivais e perfurantes da artéria alveolar superior posterior e pela artéria bucal, ramo da artéria maxilar. As gengivas vestibulares dos dentes anteriores são irrigadas pelos ramos labiais da artéria infraorbital e por ramos perfurantes da artéria alveolar superior anterior. As gengivas palatinas são irrigadas principalmente por ramos da artéria palatina maior.

As gengivas associadas aos dentes molares inferiores são irrigadas pela artéria bucal, ramo da artéria maxilar, e por ramos perfurantes da artéria alveolar inferior. A porção anterior das gengivas ao redor dos dentes anteriores é irrigada pela artéria mentual e por ramos perfurantes da artéria incisiva. A porção posterior das gengivas é irrigada pelos ramos perfurantes da artéria alveolar inferior e por seu ramo lingual e pela artéria lingual principal, ramo da artéria carótida externa.

Não há descrições precisas disponíveis relacionadas com a drenagem venosa das gengivas, embora seja possível supor que as veias bucal, lingual, palatina maior e nasopalatina estejam envolvidas. Estas veias correm em direção aos plexos pterigoides (exceto as veias linguais, que podem passar diretamente para as veias jugulares internas).

Os vasos linfáticos das gengivas vestibulares dos dentes superiores e inferiores unem-se drenando para os linfonodos submandibulares, embora na região labial dos incisivos inferiores possam drenar para linfonodos submentuais. A porção posterior das gengivas drena para o grupo de linfonodos jugulodigástrico, direta ou indiretamente, através dos linfonodos submandibulares.

Inervação

Os nervos que suprem as gengivas na maxila provêm do nervo maxilar, através dos nervos palatino maior, nasopalatino e ramos alveolares superiores anterior, médio e posterior (Tab. 30.2). A secção cirúrgica do nervo nasopalatino, como durante a remoção de um dente canino ectópico, não causa déficit sensitivo evidente na parte anterior do palato, o que sugere que o território do nervo palatino maior chega até a gengiva lingual e os dentes incisivos ou que este nervo possui grande potencial regenerativo. O nervo mandibular inerva a gengiva na mandíbula por meio dos nervos alveolar inferior, lingual e bucal.

MUCOSA ORAL ESPECIALIZADA

A mucosa especializada que cobre os dois terços do dorso da língua é descrita na página 507.

ISTMO DAS FAUCES

O istmo das fauces situa-se entre o palato mole e o dorso da língua, e é delimitado em ambos os lados pelos arcos palatoglossos. Cada arco palatoglosso corre para baixo, lateral e anteriormente, desde o palato mole até o lado da língua e é constituído pelo músculo palatoglosso e sua membrana da túnica mucosa de revestimento (Fig. 30.3). A aproximação dos arcos fecha a boca a partir da orofaringe e é essencial para a deglutição (Cap. 33).

ASSOALHO DA BOCA

O assoalho da boca é uma região pequena em forma de ferradura situada abaixo da parte móvel da língua e acima do diafragma muscular formado pelos músculos milo-hióideos (Figs. 30.4 e 30.7). Uma prega de tecido, o frênulo da língua, estende-se em direção à superfície inferior da língua a partir das proximidades da base da língua. Ocasionalmente, estende-se por todo o assoalho da boca sendo fixada ao processo alveolar da mandíbula, coloquialmente conhecida como "língua presa"; historicamente, ela tem sido removida para auxílio na fala, mas há poucas evidências que o comprovem. Os ductos submandibulares abrem-se para a boca na papila sublingual (carúncula), que é uma grande protuberância centralmente posicionada na base da língua.

As pregas sublinguais situam-se em ambos os lados da carúncula sublingual e cobrem os ductos submandibulares subjacentes e glândulas salivares sublinguais. O suprimento sanguíneo do assoalho da boca é descrito com o suprimento de sangue da língua (pág. 505). O principal músculo que forma o assoalho da boca é o milo-hióideo, com o genio-hióideo situado imediatamente acima dele.

Milo-hióideo

O milo-hióideo situa-se superiormente ao ventre anterior do músculo digástrico e, com os seus homólogos contralaterais, forma um assoalho muscular da cavidade oral. É uma lâmina triangular plana fixada em todo o comprimento da linha milo-hióidea da mandíbula (Figs. 30.4A e 30.7). A linha milo-hióidea tem comprimento variável, por vezes terminando antes do terceiro molar inferior (dente do siso). As fibras posteriores do milo-hióideo passam medial e ligeiramente para baixo para a parte da frente do corpo do osso hioide perto de sua borda inferior. As fibras médias e anteriores de cada lado entrecruzam-se em uma rafe fibrosa mediana que se estende da sínfise da mandíbula até o osso hioide. A rafe mediana é por vezes ausente, caso em que os dois músculos formam uma lâmina contínua, ou pode ser fundida com o ventre anterior do digástrico. Em cerca de um terço dos indivíduos, há um hiato no músculo através do qual um processo da glândula sublingual se projeta.

Relações A face inferior (externa) está relacionada com o músculo platisma, o ventre anterior do músculo digástrico, a parte superficial da glândula submandibular, os vasos facial e submentual e os vasos e nervo milo-hióideo. A face superior (interna) está relacionada com o músculo genio-hióideo, parte dos músculos hioglosso e estiloglosso, nervos lingual e hipoglosso, gânglio submandibular, glândula sublingual, parte profunda da glândula submandibular e seu ducto, vasos lingual e sublingual e, posteriormente, membrana mucosa da boca.

Suprimento vascular O milo-hióideo recebe seu suprimento arterial do ramo sublingual da artéria lingual, artéria maxilar, através do ramo milo-hióideo da artéria alveolar inferior, e o ramo submentual da artéria facial.

Inervação Milo-hióideo é suprido pelo ramo milo-hióideo do nervo alveolar inferior, que por vezes pode também suprir a inervação acessória para os dentes inferiores posteriores.

Ações O milo-hióideo eleva o assoalho da boca durante a primeira fase da deglutição. Ele também pode elevar o osso hioide ou abaixar a mandíbula.

Genio-hióideo

O genio-hióideo é um músculo estreito situado acima da parte medial do músculo milo-hióideo (Figs. 30.6 e 30.10). Origina-se a partir da espinha geniana inferior (tubérculo mentual) na parte posterior da sínfise da mandíbula, e corre para trás e ligeiramente para baixo, unindo-se à face anterior do corpo do osso hioide. Os músculos pareados são contíguos e podem, ocasionalmente, se unir entre si ou com o músculo genioglosso.

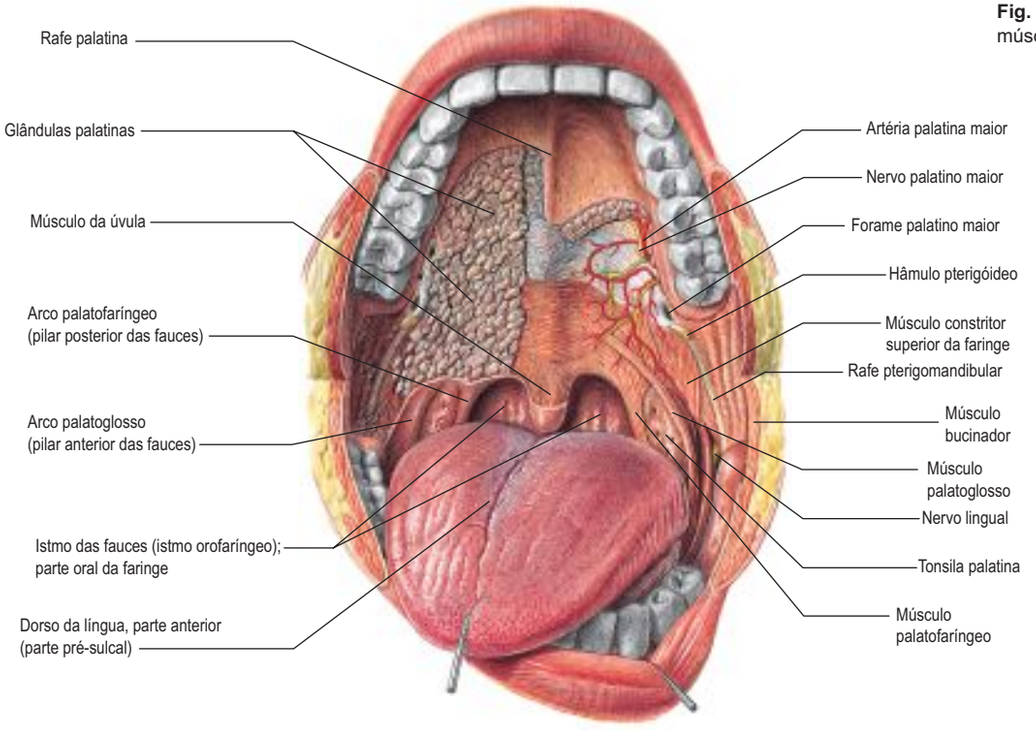


Fig. 30.3 Cavidade oral, istmo das fauces e músculos do palato. (De Sobotta, 2006.)

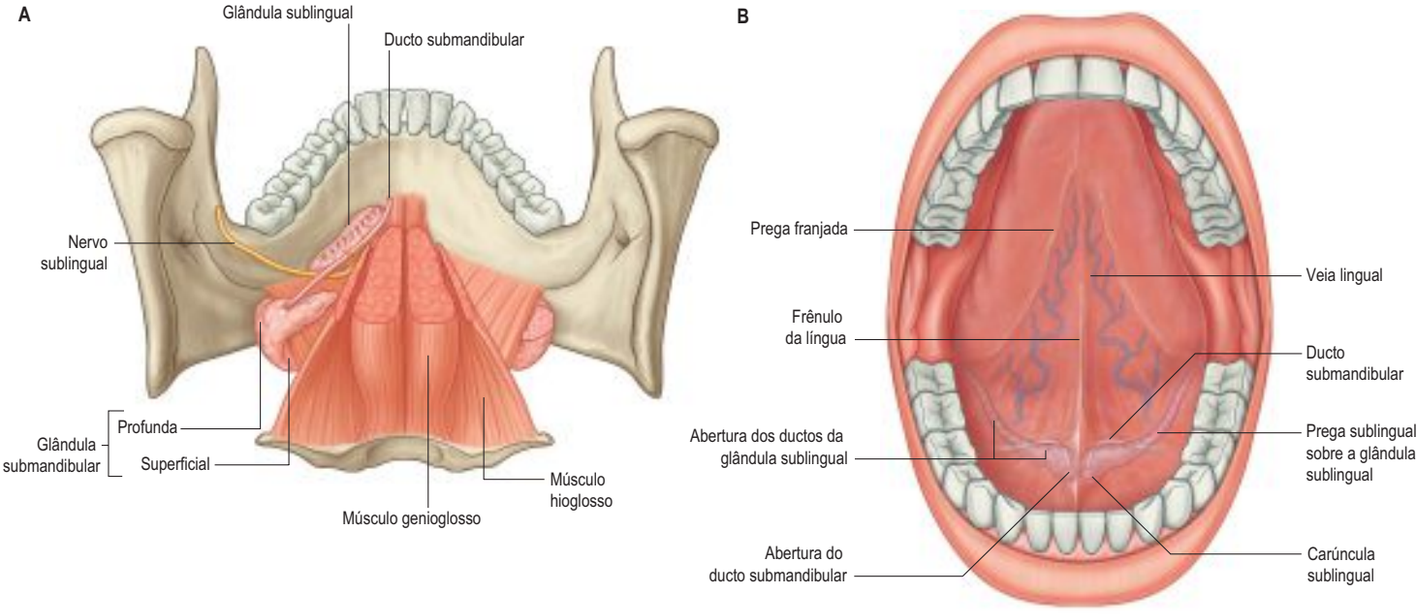


Fig. 30.4 Assoalho da boca. **A,** Observada de cima quando a maior parte da musculatura da língua foi removida. Observar as relações entre o nervo lingual e o ducto submandibular, e entre as glândulas salivares submandibulares e sublinguais. **B,** Face ventral da língua visível quando o ápice da língua é voltado para cima. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo para o genio-hióideo é derivado da artéria lingual (ramo sublingual).

Inervação O genio-hióideo é suprido pelo primeiro nervo espinal cervical, através do nervo hipoglosso.

Ações Genio-hióideo eleva o osso hioide, leva-o para a frente e, portanto, atua parcialmente como um antagonista ao músculo estilo-hióideo. Quando o osso hioide está fixo, o genio-hióideo abaixa a mandíbula.

PALATO

O palato forma o céu-da-boca e é divisível em duas regiões, a saber, o palato duro na frente e o palato mole atrás.

PALATO MOLE

O palato mole é descrito com a faringe no Capítulo 33.

PALATO DURO

O palato duro é formado pelos processos palatinos das maxilas palatinas e as lâminas horizontais dos ossos palatinos (Fig. 30.14A). O palato duro está delimitado anterior e lateralmente pelo arco alveolar da maxila e é contínuo posteriormente com o palato mole. É coberto por uma mucosa espessa firmemente ligada ao periósteo subjacente. Nas suas regiões mais laterais também possui uma submucosa que contém o feixe neurovascular principal. A mucosa é coberta por epitélio escamoso estratificado queratinizado, que apresenta variações regionais e pode ser ortoqueratinizado ou paraqueratinizado.

A periferia do palato duro consiste nas gengivas. Uma crista estreita, a rafe do palato, desprovida de submucosa, corre anteroposteriormente na linha mediana. Uma proeminência oval, a papila incisiva, está na extremidade anterior da rafe do palato. Cobre a fossa incisiva na abertura oral do canal incisivo e também marca a posição do canal nasopalatino fetal. Pregas palatinas transversas irregulares, cada uma contendo um núcleo de tecido conjuntivo denso, irradiam para o exterior a partir da rafe do palato na metade anterior do palato duro: o seu padrão é único.

A submucosa na metade posterior do palato duro contém glândulas salivares mucosas (Fig. 30.3). Elas secretam por meio de inúmeros pequenos ductos que frequentemente drenam para um ducto maior, que se abre bilateralmente em fóveas palatinas pareadas. Estas depressões, por vezes com alguns milímetros de profundidade, margeiam a rafe do palato na margem posterior do palato duro. Elas fornecem um ponto de referência útil para a extensão de uma dentadura superior; se não forem observadas durante a confecção da prótese, fazem com que a dentadura se torne instável quando o palato mole se movimenta durante a deglutição e a mastigação. A superfície superior do palato duro é o assoalho da cavidade nasal e é forrada por epitélio respiratório ciliado.

Suprimento vascular e drenagem linfática do palato duro

O palato tem seu suprimento sanguíneo derivado principalmente da artéria palatina maior, um ramo da terceira parte da artéria maxilar. A artéria palatina maior desce com o seu nervo de acompanhamento pelo canal palatino maior, onde dá origem a duas ou três artérias palatinas menores que passam através de canais palatinos menores irrigando o palato mole e tonsilas e anastomosando-se com a artéria palatina ascendente, ramo da artéria facial. A artéria palatina maior emerge em direção à superfície oral do palato no forame palatino maior adjacente ao segundo molar superior e corre em direção a um sulco curvado perto da borda alveolar do palato duro até o canal incisivo. Ela sobe este canal e anastomosa-se com os ramos septais da artéria nasopalatina, suprindo as gengivas, glândulas palatinas e túnica mucosa.

As veias do palato duro acompanham as artérias e drenam principalmente para o plexo pterigóideo.

Inervação do palato duro

Os nervos sensitivos do palato duro são os nervos palatino maior e ramo nasopalatino, ramo do nervo maxilar, que passam pelo gânglio pterigopalatino. O nervo palatino maior desce através do canal palatino maior, emerge no palato duro a partir do forame palatino maior, segue para a frente em um sulco na face inferior do palato ósseo quase até os dentes incisivos e inerva as gengivas e a mucosa e as glândulas do palato duro (Fig. 30.3). Também se comunica com os filamentos terminais do nervo nasopalatino. Na sua saída do canal palatino maior, os ramos palatinos são distribuídos para ambas as faces do palato mole. Os nervos palatinos menores (médio e posterior), muito menores, descem através do canal palatino maior.

Os nervos palatinos menores (médio e posterior), que são muito menores, descem pelo canal palatino maior e saem nos forames palatinos menores no tubérculo do osso palatino, suprindo a úvula, a tonsila e o palato mole. Os nervos nasopalatinos entram no palato no forame incisivo e são ramos do nervo maxilar que passam através do gânglio pterigopalatino, suprindo a parte anterior do palato duro atrás dos dentes incisivos.

As fibras que transmitem os impulsos do paladar do palato provavelmente passam através dos nervos palatinos até o gânglio pterigopalatino e trafegam por ele sem fazer sinapse juntando-se ao nervo do canal pterigoide e nervo petrosal maior até o gânglio facial, onde seus corpos celulares estão situados. Os processos centrais desses neurônios atravessam a raiz sensorial do nervo facial (nervo intermédio) passando para o núcleo gustativo no núcleo do trato solitário. As fibras secretomotoras pós-ganglionares parassimpáticas do gânglio pterigopalatino correm com os nervos suprindo as glândulas mucosas palatinas.

LÍNGUA

A língua é um órgão altamente muscular, que participa na deglutição, paladar e fala. Tem posição parcialmente oral e parcialmente faríngea e é fixada pelos seus músculos ao osso hioide, mandíbula, processos estiloides, palato mole e parede da faringe. Possui uma raiz, um ápice, um dorso curvo e uma face inferior. Sua túnica mucosa é normalmente rosa e úmida e é firmemente aderida aos músculos subjacentes. A mucosa dorsal é coberta por inúmeras papilas, algumas das quais apresentam os calículos gustatórios. As fibras musculares intrínsecas estão dispostas em um padrão de entrelaçamento complexo de fascículos longitudinais, transversais, verticais e horizontais, possibilitando maior mobilidade. Os fascículos são separados por uma quantidade variável de tecido adiposo que aumenta em sua porção posterior. A raiz da língua está fixada ao osso hioide e à mandíbula e, entre eles, está em contato, inferiormente, com os músculos genio-hióideo e milo-hióideo. O dorso (face posterossuperior) é geralmente convexo em todas as direções em repouso. É dividida por um sulco terminal em forma de V em uma parte oral (pré-sulcal), anterior, voltada para cima, e uma parte faríngea (pós-sulcal), posterior, voltada para a região posterior. A parte pré-sulcal forma cerca de dois terços do comprimento da língua. Os dois braços do sulco terminal correm anterolateralmente para os arcos palatoglossos a partir de uma depressão mediana, o forame cego, que marca o local da extremidade superior do divertículo tireóideo embrionário (ducto tireoglosso). As partes oral e faríngea da língua diferem na sua mucosa, inervação e origens de desenvolvimento.

PARTE ORAL (PRÉ-SULCAL)

A parte pré-sulcal da língua está localizada no assoalho da cavidade oral. Possui um ápice que toca os dentes incisivos, uma margem em contato com as gengivas e dentes, e uma face superior (dorso) relacionada com os palatos duro e mole. De cada lado, em frente ao arco palatoglosso, existem quatro ou cinco pregas verticais, as papilas folhadas, que representam vestígios de papilas maiores encontradas em muitos outros mamíferos. A túnica mucosa dorsal possui um sulco mediano longitudinal e é coberta por papilas filiformes, fungiformes e circunvaladas (Fig. 30.5). A túnica mucosa na face inferior (ventral) é lisa, arroxeada e refletida sobre o assoalho da boca e gengivas: é unida ao assoalho da boca anteriormente pelo frênulo da língua. A veia lingual profunda, que é visível, situa-se lateralmente ao frênulo em cada lado. A prega franjada, uma crista de mucosa com margens em direção anteromedial ao ápice da língua, encontra-se lateral à veia. Esta parte da língua desenvolve-se a partir de edemas linguais da arcada mandibular e do tubérculo ímpar, e esta derivação embriológica explica sua inervação sensitiva.

PARTE FARÍNGEA (PÓS-SULCAL)

A parte pós-sulcal da língua constitui a sua base e situa-se posteriormente aos arcos palatoglossos. Embora forme a parede anterior da parte oral da faringe, é descrita aqui por conveniência. Sua túnica mucosa é refletida lateralmente em direção às tonsilas palatinas e parede faríngea, e posteriormente para a epiglote por uma prega glossoepiglótica mediana e duas laterais que circundam duas depressões ou valéculas epiglóticas. A parte faríngea da língua é desprovida de papilas e exibe elevações baixas. Existem nódulos linfoides subjacentes que são incorporados na túnica submucosa e coletivamente denominados tonsilas linguais. Os ductos de pequenas glândulas seromucosas abrem-se nos ápices dessas elevações. A parte pós-sulcal da língua desenvolve-se a partir da eminência hipobranquial. Em ocasiões raras em que a glândula tireoide não migra para longe da língua durante o desenvolvimento, ela permanece na parte pós-sulcal da língua como uma glândula tireoide lingual funcional.

MÚSCULOS DA LÍNGUA

A língua é dividida por um septo fibroso mediano, ligada ao corpo do osso hioide. Existem músculos extrínsecos e intrínsecos em cada metade, sendo que os extrínsecos estendem-se para fora da língua, movendo-a fisicamente, e os intrínsecos ficam totalmente em seu interior, alterando sua forma. A musculatura extrínseca consiste em quatro pares de músculos, nomeados genioglosso, hioglosso, estiloglosso (e condroglosso) e palatoglosso.

Genioglosso

O genioglosso é triangular em corte sagital, situado próximo e paralelo à linha média. Origina-se a partir de um tendão curto fixado à espinha geniana superior, atrás da sínfise da mandíbula, acima da origem do músculo genio-hióideo. A partir deste ponto, ele abre-se para trás e para cima (Fig. 30.6). As fibras inferiores do genioglosso são fixadas por uma aponeurose fina à face anterior do corpo do hióideo, próximo da linha mediana (alguns fascículos passando entre os músculos hioglosso e condroglosso misturando-se com o músculo constritor médio da faringe). As fibras intermediárias passam por trás, na parte posterior da língua, e fibras superiores sobem adiante entrando em toda extensão da face ventral da língua, a partir da raiz até o ápice, misturando-se com os músculos intrínsecos da língua. Os músculos dos lados opostos são separados posteriormente pelo septo da língua. Anteriormente são variavelmente fundidos pela decussação de fascículos em toda a linha mediana. A inserção dos genioglossos às espinhas genianas evita que a língua afunde para trás e obstrua a respiração, por isso os anestesistas tracionam a mandíbula para a frente a fim de se beneficiar dessa inserção.

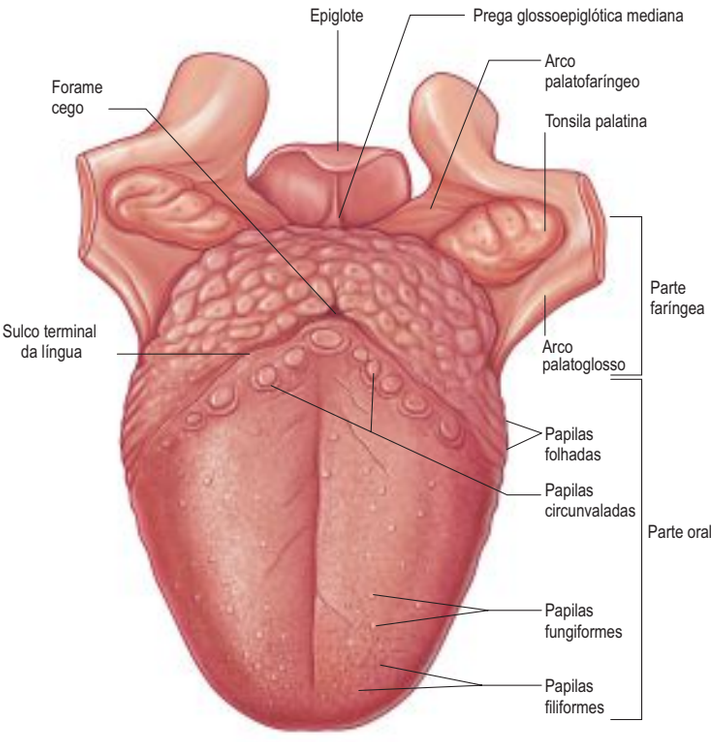


Fig. 30.5 Dorso da língua, arcos palatoglosso e palatofaríngeo adjacentes e epiglote. As tonsilas palatinas situam-se nas fossas tonsilares entre os arcos palatoglosso e palatofaríngeo.

Suprimento vascular O genioglosso é irrigado por artéria sublingual, ramo da artéria lingual e ramo submentual da artéria facial.

Inervação O genioglosso é inervado pelo nervo hipoglosso.

Ações O genioglosso produz tração da língua para a frente, projetando seu ápice a partir da boca. Atuando bilateralmente, os dois músculos abaixam a parte central da língua, tornando-a côncava de um lado ao outro. Atuando unilateralmente, a língua diverge para o lado oposto.

Hioglosso

O hioglosso é fino e quadrilátero e origina-se de toda a extensão do corno maior e da parte anterior do corpo do osso hioide (Fig. 30.6). Passa verticalmente até entrar no lado da língua entre o músculo estiloglosso, lateralmente, e o músculo longitudinal inferior, medialmente. As fibras provenientes do corpo do hioide sobrepõem-se às do corno maior.

Relações O hioglosso está relacionado em sua face superficial, ao tendão do músculo digástrico, músculos estilo-hióideo, estiloglosso e milo-hióideo, nervo lingual e gânglio submandibular, parte profunda da glândula e ducto sublingual, parte profunda da glândula e ducto submandibular, nervo hipoglosso e veia lingual profunda. Em sua face profunda, está relacionado com ligamento estilo-hióideo, músculos genioglosso, constritor médio da faringe e músculo longitudinal inferior da língua e nervo glossofaríngeo. Posteroinferiormente, é separado do músculo constritor médio da faringe pela artéria lingual. Esta parte do músculo está na parede lateral da faringe, abaixo da tonsila palatina. Passando profundamente à margem posterior do músculo hioglosso estão, em ordem decrescente, nervo glossofaríngeo, ligamento estilo-hióideo e artéria lingual.

Suprimento vascular O hioglosso é suprido pelo ramo sublingual da artéria lingual e pelo ramo submentual da artéria facial.

Inervação O hioglosso é inervado pelo nervo hipoglosso.

Ação O hioglosso abaixa a língua.

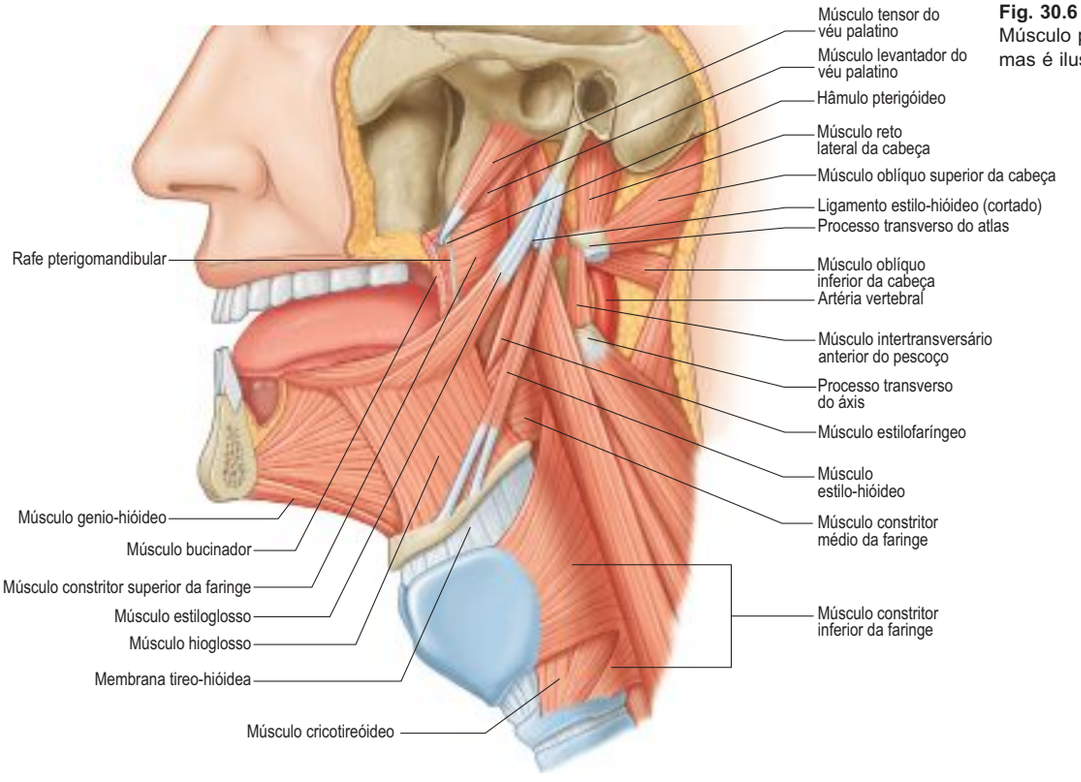


Fig. 30.6 Músculos da língua e faringe. Músculo palatoglosso não é mostrado aqui, mas é ilustrado na **Figura 33.4**.

Condroglosso

Às vezes descrito como uma parte do hioglosso, este músculo é separado dele por algumas fibras do músculo genioglosso, que passam para o lado da faringe. Tem cerca de 2 cm de comprimento e origina-se do lado medial e base do corno menor e parte adjacente do corpo do hioide. Ele sobe para se unir com a musculatura intrínseca, entre os músculos hioglosso e o genioglosso. Um pequeno feixe ocasionalmente salta da cartilagem tritícea e entra na língua com as fibras posteriores do músculo hioglosso.

Suprimento vascular, inervação e ação São semelhantes aos descritos para o hioglosso.

Estiloglosso

O estiloglosso é o mais curto e menor dos três músculos estiloides (Fig. 30.6). Origina-se da face anterolateral do processo estiloide perto de seu ápice, e da extremidade estiloide do ligamento estilomandibular. Passando para a frente e para baixo, divide-se no lado da língua em uma parte longitudinal, que penetra na língua dorsolateralmente fundindo-se com o músculo longitudinal inferior na frente do músculo hioglosso, e em uma parte oblíqua, que recobre o músculo hioglosso e se decussa com ele.

Suprimento vascular O estiloglosso é suprido pelo ramo sublingual da artéria lingual.

Inervação O estiloglosso é inervado pelo nervo hipoglosso.

Ação O estiloglosso puxa a língua para cima e para trás.

Ligamento estilo-hióideo

O ligamento estilo-hióideo é um cordão fibroso que se estende da ponta do processo estiloide até o corno menor do osso hioide (Fig. 30.6). Fornece inserção a algumas fibras dos músculos estiloglosso e constritor médio da faringe e está intimamente relacionado com a parede lateral da parte oral da faringe. Abaixo, é sobreposto pelo músculo hioglosso. O ligamento é embriologicamente derivado do segundo arco branquial. Pode ser parcialmente calcificado.

Palatoglosso

O palatoglosso está intimamente associado ao palato mole em função e inervação, e é descrito com os outros músculos palatais (Cap. 33).

Musculatura intrínseca

Os músculos intrínsecos são o longitudinal superior e inferior (bilaterais), o transverso e o vertical (Fig. 30.7).

Longitudinal superior

O músculo longitudinal superior constitui-se em um fino estrato de fibras oblíquas e longitudinais situadas abaixo da túnica mucosa do dorso da língua. Estende-se para a frente a partir do tecido fibroso submucoso perto da epiglote e do septo da língua, mediano, até as margens linguais. Algumas fibras são inseridas na membrana mucosa.

Longitudinal inferior

O músculo longitudinal inferior é uma faixa estreita de músculo perto da face lingual inferior da língua, entre os músculos genioglosso e o hioglosso. Estende-se desde a raiz até o ápice da língua. Algumas das suas fibras posteriores são ligadas ao corpo do osso hioide. Anteriormente, funde-se com o músculo estiloglosso.

Transverso

Os músculos transversos passam lateralmente a partir do septo fibroso mediano até o tecido fibroso submucoso na margem lingual, misturando-se com o músculo palatofaríngeo.

Vertical

Os músculos verticais estendem-se a partir da face dorsal até a ventral da língua nas bordas anteriores.

Suprimento vascular Os músculos intrínsecos são supridos pela artéria lingual.

Inervação Todos os músculos linguais intrínsecos são inervados pelo nervo hipoglosso.

Ações Os músculos intrínsecos alteram a forma da língua. Assim, a contração dos músculos longitudinais superior e inferior tende a encurtar a língua, mas os superiores também curvam o ápice para os lados e para cima, tornando o dorso côncavo, enquanto os inferiores puxam o ápice para baixo, tornando o dorso convexo. O músculo transverso estreita e alonga a língua, enquanto o músculo vertical a torna mais achatada e mais larga. Agindo sozinhos ou em pares e em infinitas combinações, os músculos intrínsecos conferem à língua uma mobilidade precisa e altamente variada, importante não só na função alimentar, mas também na fala.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DA LÍNGUA

Artéria lingual

A língua e o assoalho da boca são supridos principalmente pela artéria lingual, que se origina na superfície anterior da artéria carótida externa. Ela passa entre os músculos hioglosso e constritor médio da faringe, chegando ao assoalho da boca acompanhada pelas veias linguais e pelo nervo glossofaríngeo. Na borda anterior do músculo hioglosso, a artéria lingual curva-se acentuadamente para baixo (Fig. 30.8). É coberta pela túnica mucosa da língua e situa-se entre o músculo genioglosso, medialmente, e o músculo longitudinal inferior, lateralmente. Perto do ápice da

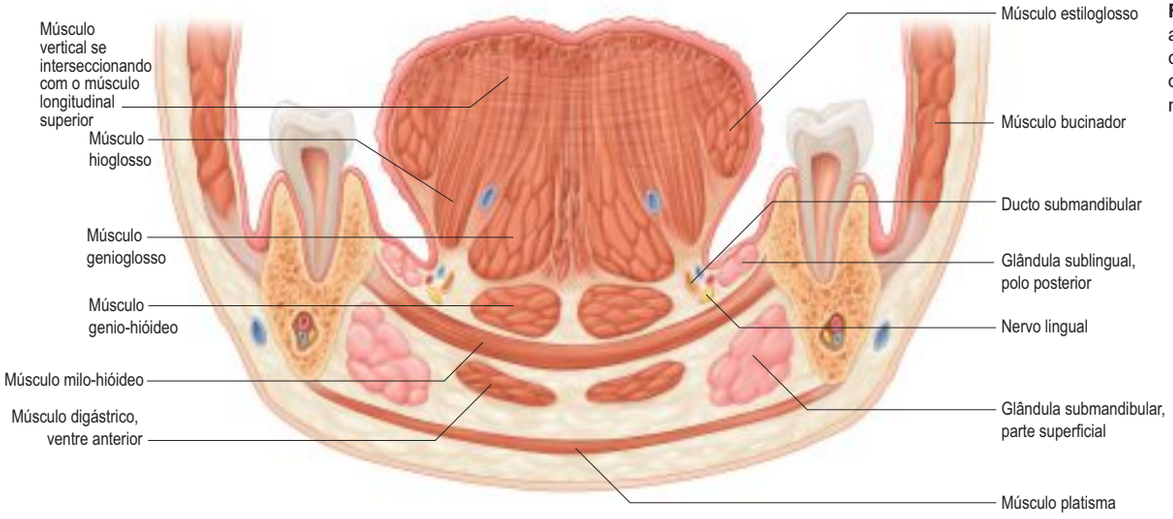


Fig. 30.7 Corte frontal através da língua, boca e corpo da mandíbula oposto ao primeiro dente molar.

língua, anastomosa-se com sua homóloga contralateral; esta contribuição é importante para manter o suprimento sanguíneo em qualquer secção cirúrgica na língua. Os ramos da artéria lingual formam uma rica rede anastomótica, que supre a musculatura da língua, e um plexo submucoso muito denso. Ramos da artéria lingual no assoalho da boca são os ramos dorsais da língua, artérias sublingual e profunda da língua.

Ramos dorsais da língua

Os ramos dorsais da língua geralmente são dois ou três pequenos que se originam medialmente ao músculo hioglosso e sobem até a parte posterior do dorso da língua. Os vasos suprem sua túnica mucosa e o arco palatoglosso, tonsila, palato mole e epiglote. Eles anastomosam-se com seus homólogos contralaterais.

Artéria sublingual

A artéria sublingual origina-se na margem anterior do músculo hioglosso, passa anteriormente, entre os músculos genioglosso e milo-hióideo, até a glândula sublingual, irrigando esta glândula, músculo milo-hióideo e as túnicas mucosas bucal e gengival. Um ramo perfura o músculo milo-hióideo e junta-se aos ramos submentuais da artéria facial. Outro ramo segue através da gengiva mandibular, anastomosando-se com seu homólogo contralateral. Uma única artéria origina-se desta anastomose e entra por um pequeno forame (forame lingual) na mandíbula, situada na linha mediana na face posterior da sínfise da mandíbula, imediatamente acima das espinhas genianas.

Artéria profunda da língua

A artéria profunda da língua é a parte terminal da artéria lingual e é encontrada sobre a face inferior da língua, perto do frênulo lingual.

Além da artéria lingual, os ramos tonsilares e palatinos ascendentes das artérias facial e faríngea ascendente também suprem o tecido na raiz da língua. Na região das valéculas, os ramos epiglóticos da artéria laríngea superior anastomosam-se com os ramos dorsais inferiores da artéria lingual.

Veias linguais

As veias linguais são formadas a partir da união das veias dorsal da língua e lingual profunda e das veias acompanhantes do nervo hipoglosso. As veias que drenam a língua seguem duas rotas. As veias dorsais da língua drenam o dorso e lados da língua, unem-se às veias linguais acompanhando a artéria lingual entre os músculos hioglosso e genioglosso, e drenam na veia jugular interna, próximo do corno maior do osso hioide. A veia lingual profunda começa perto do ápice da língua e faz trajeto posterior, logo abaixo da túnica mucosa na face inferior da língua. Ela une-se a uma veia sublingual proveniente da glândula salivar perto da margem anterior do músculo hioglosso e forma a veia acompanhante do nervo hipoglosso, que faz trajeto posterior com o nervo hipoglosso entre os músculos milo-hióideo e o hioglosso, unindo-se às veias facial, jugular interna ou lingual. As veias linguais em geral se unem às veias facial e retromandibular (divisão anterior), formando a veia facial comum, que drena para a veia jugular interna.

Drenagem linfática

A túnica mucosa da parte faríngea da face dorsal da língua contém muitos folículos linfoides agregados em grupos em formato de cúpula, as tonsilas

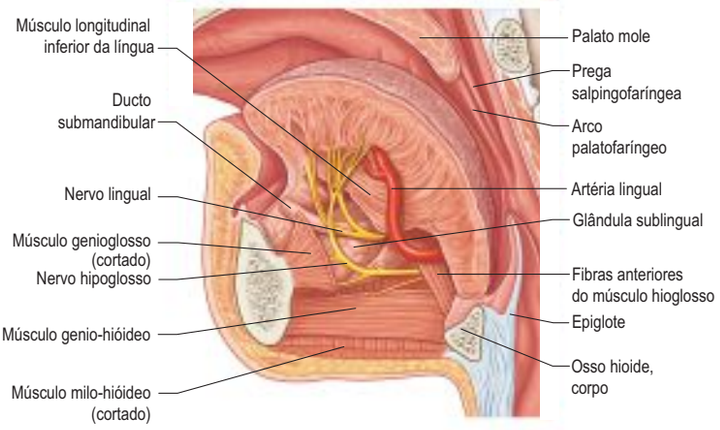


Fig. 30.8 Metade esquerda da língua, vista medial, mostrando a artéria lingual e ramificações dos nervos lingual e hipoglosso.

linguais. Cada grupo é organizado ao redor de uma cripta central profunda, ou invaginação, que se abre para a superfície epitelial. Os ductos das glândulas mucosas abrem-se para as bases destas criptas. Pequenos folículos isolados também ocorrem abaixo da túnica mucosa lingual. A drenagem linfática da língua pode ser dividida em três regiões principais: marginal, central e dorsal. A porção anterior da língua drena para vasos marginais e centrais, e a porção posterior da língua, posterior às papilas circunvaladas, drena para os vasos linfáticos dorsais. As porções mais centrais podem drenar bilateralmente, o que deve ser considerado quando se planeja a remoção de tumores malignos da língua próximo da linha mediana. Se o tumor tiver propensão para a metástase linfática, as cadeias cervicais de ambos os lados podem estar envolvidas.

Vasos marginais

Os vasos marginais do ápice da língua e a região do frênulo lingual descem sob a mucosa até linfonodos amplamente distribuídos. Alguns vasos perfuram o músculo milo-hióideo à medida que entram em contato com o periósteo mandibular, penetrando nos linfonodos submentual ou submandibulares anteriores ou médios; ou então passando anteriormente ao osso hioide até o linfonodo jugulo-omo-hióideo. Os vasos que se originam no plexo em um lado podem cruzar sob o frênulo da língua, terminando nos linfonodos contralaterais. Os vasos eferentes dos linfonodos submentuais medianos passam bilateralmente. Alguns vasos passam inferiormente à glândula sublingual e acompanham a veia acompanhante do nervo hipoglosso, terminando nos linfonodos jugulodigástricos. Um vaso frequentemente desce ainda mais até chegar ao nodo jugulo-omo-hióideo, passando superficial ou profundamente ao tendão intermediário do músculo digástrico.

Os vasos da margem lateral da língua cruzam a glândula sublingual, perfuram o milo-hióideo e terminam nos linfonodos submandibulares. Outros terminam nos linfonodos jugulodigástrico ou jugulo-omo-hióideo.

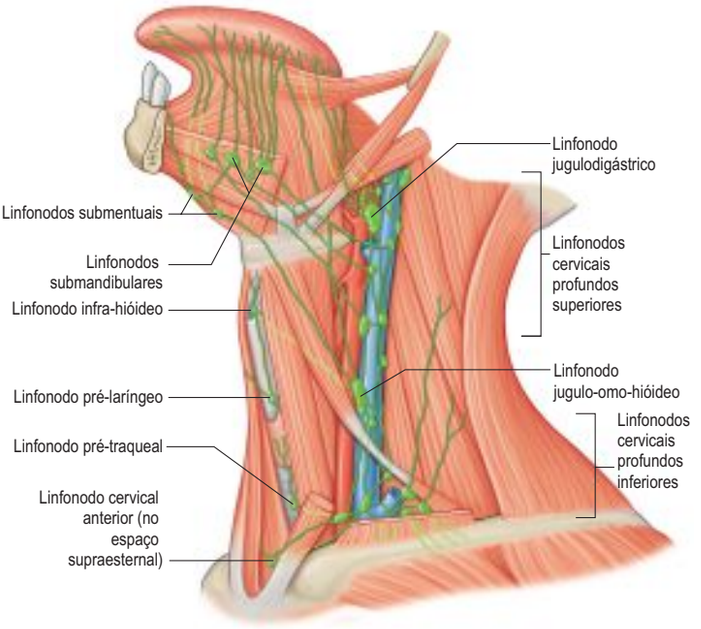


Fig. 30.9 Drenagem linfática da língua. Remoção do esternocleidomastóideo expôs toda a cadeia de linfonodos cervicais profundos.

deo. Os vasos da parte posterior da margem lingual atravessam a parede faríngea até os linfonodos jugulodigástricos (Fig. 30.9).

Vasos centrais

As regiões da superfície lingual que drenam para os vasos marginais ou centrais não são distintas. Os vasos linfáticos centrais sobem entre as fibras dos dois músculos genioglossos; a maioria passa entre estes músculos e diverge para a direita ou para a esquerda seguindo as veias linguais até os linfonodos cervicais profundos, especialmente os linfonodos jugulo-digástrico e jugulo-omo-hióideo. Alguns perfuram o músculo milo-hióideo, entrando nos linfonodos submandibulares.

Vasos dorsais

Os vasos que drenam a região pós-sulcal e as papilas circunvaladas fazem um trajeto posteroinferior. Aqueles próximos do plano mediano podem drenar bilateralmente. Estes vasos curvam-se lateralmente, unindo-se aos vasos marginais; todos perfuram a parede faríngea, passando ao redor da artéria carótida externa e atingindo os linfonodos jugulodigástricos e jugulo-omo-hióideos. Um vaso pode descer posteriormente ao osso hioide, perfurando a membrana tireo-hióidea, terminando no linfonodo jugulo-omo-hióideo.

INERVAÇÃO DA LÍNGUA

Os músculos da língua, com exceção do palatoglosso, são inervados pelo nervo hipoglosso. O músculo palatoglosso é inervado através do plexo faríngeo (Cap. 33). As vias de propriocepção associadas à musculatura da língua são desconhecidas, mas provavelmente podem envolver os nervos lingual, glossofaríngeo ou hipoglosso, e os nervos espinhais cervicais que se comunicam com o nervo hipoglosso.

A inervação sensitiva da língua reflete o seu desenvolvimento embriológico: os dois terços anteriores derivam do mesênquima do primeiro arco e o terço posterior a partir do mesênquima do terceiro arco. O nervo sensitivo geral para os dois terços anteriores da língua é o nervo lingual, que também transporta a sensação do paladar através da corda do tímpano, ramo do nervo facial. O nervo que supre a sensibilidade geral e paladar para o terço posterior da língua é o nervo glossofaríngeo. Uma outra área na região da valécula é suprida pelo ramo laríngeo interno do nervo vago.

Nervo lingual

O nervo lingual é sensitivo para a túnica mucosa do assoalho da boca, faces linguais das gengivas mandibulares e mucosa da parte pré-sulcal da língua (excluindo as papilas circunvaladas). Também carrega as fibras parassimpáticas pós-ganglionares desde o gânglio submandibular até as glândulas sublingual e anterior da língua.

O nervo lingual origina-se a partir do tronco posterior do nervo mandibular na fossa infratemporal (Fig. 31.13A), onde se junta à corda do tímpano, ramo do nervo facial e, muitas vezes, por um ramo do nervo alveolar inferior. Ele então passa abaixo da inserção mandibular do músculo constritor superior da faringe e rafe pterigomandibular, próximo ao periósteo da face medial da mandíbula, até o lado oposto à raiz distal (posterior) do terceiro molar, onde é coberto apenas pelo mucoperiósteo gengival. Neste ponto, pode entrar em contato com a placa cortical lingual e pode estar no nível, ou mais alto, que a crista óssea alveolar. O nervo em seguida passa medialmente à inserção mandibular do músculo milo-hióideo, que o leva progressivamente para longe da mandíbula, separando-o do osso alveolar que cobre a raiz mesial do terceiro molar; em seguida, passa para baixo e em frente na face profunda do músculo milo-hióideo (*i.e.*, a superfície mais próxima da túnica mucosa que cobre o assoalho da boca), cruzando o sulco lingual abaixo da túnica mucosa. Nesta posição, situa-se na parte profunda da glândula submandibular que se salienta sobre o topo da borda superior do músculo milo-hióideo. Passa abaixo do ducto submandibular, cruzando-o a partir da posição mediana em direção lateral, e curva-se para cima, para a frente e medialmente penetrando na língua (Figs. 30.8, 30.10). Dentro da língua, o nervo lingual cruza primeiramente o músculo estiloglosso e em seguida corre na face lateral dos músculos hioglosso e genioglosso, antes de se dividir em ramos terminais que suprem a túnica mucosa lingual sobrejacente. O nervo lingual comunica-se com o gânglio submandibular (Fig. 31.15) através de dois ou três ramos, e também forma as alças de conexão com pequenos ramos do nervo hipoglosso na margem anterior do músculo hioglosso.

O nervo lingual pode ser lesionado durante a remoção cirúrgica dos terceiros molares inferiores (impactados) e, após essas cirurgias, até 0,8% dos pacientes pode desenvolver distúrbios sensitivos na língua, que podem persistir em 0,3% dos pacientes (Robinson & Smith, 1996). O nervo também está em risco durante as cirurgias para remoção da glândula salivar submandibular, uma vez que o ducto deve ser dissecado a partir do nervo lingual e devido à sua relação com o gânglio submandibular, o que o coloca dentro do campo operatório.

Nervo glossofaríngeo

O nervo glossofaríngeo é distribuído para o terço posterior da língua e as papilas circunvaladas. Comunica-se com o nervo lingual. O curso do nervo glossofaríngeo no pescoço é descrito no Capítulo 28.

Nervo hipoglosso

O curso do nervo hipoglosso no pescoço é descrito no Capítulo 28. Após cruzar a alça da artéria lingual um pouco acima da ponta do corno maior do osso hioide, curva-se para cima e para a frente sobre o músculo hioglosso, passando abaixo do músculo estilo-hióideo, tendão do músculo digástrico e margem posterior do músculo milo-hióideo. Entre os músculos milo-hióideo e o hioglosso, o nervo hipoglosso fica abaixo da parte profunda da glândula submandibular, ducto submandibular e nervo lingual, com os quais se comunica. Em seguida, passa para a face lateral do músculo genioglosso, continuando em frente junto a suas fibras, até o ápice da língua (Fig. 30.8). Ele distribui fibras para os músculos estiloglosso, hioglosso e genioglosso e para músculos intrínsecos da língua. Se o nervo sofrer lesão iatrogênica ou patológica, a língua, em projeção, irá se desviar em direção ao lado não acometido, podendo haver perda motora do lado acometido.

Inervação sensitiva especial da língua

O sentido do paladar é dependente de grupos dispersos de células sensoriais, os calículos gustatórios, presentes na cavidade oral e na faringe, sendo especialmente abundantes nas papilas linguais da túnica mucosa dorsal da língua.

Túnica mucosa dorsal da língua

A túnica mucosa dorsal é um pouco mais espessa do que as mucosas ventral e lateral, é diretamente aderida ao tecido muscular subjacente sem túnica submucosa discernível e é coberta por inúmeras papilas. O epitélio dorsal consiste em um epitélio escamoso estratificado superficial, que varia de epitélio escamoso estratificado não queratinizado posteriormente, até epitélio completamente queratinizado sobrejacente a papilas filiformes mais anteriormente. Estas características provavelmente refletem o fato de o ápice da língua estar sujeito a uma maior desidratação do que as partes posterior e ventral, e estar sujeito a uma maior abrasão durante a mastigação. A lâmina própria subjacente é formada por tecido conjuntivo fibroso denso, com inúmeras fibras elásticas, e é contínua com tecido semelhante que se estende entre os fascículos do músculo lingual. Contém

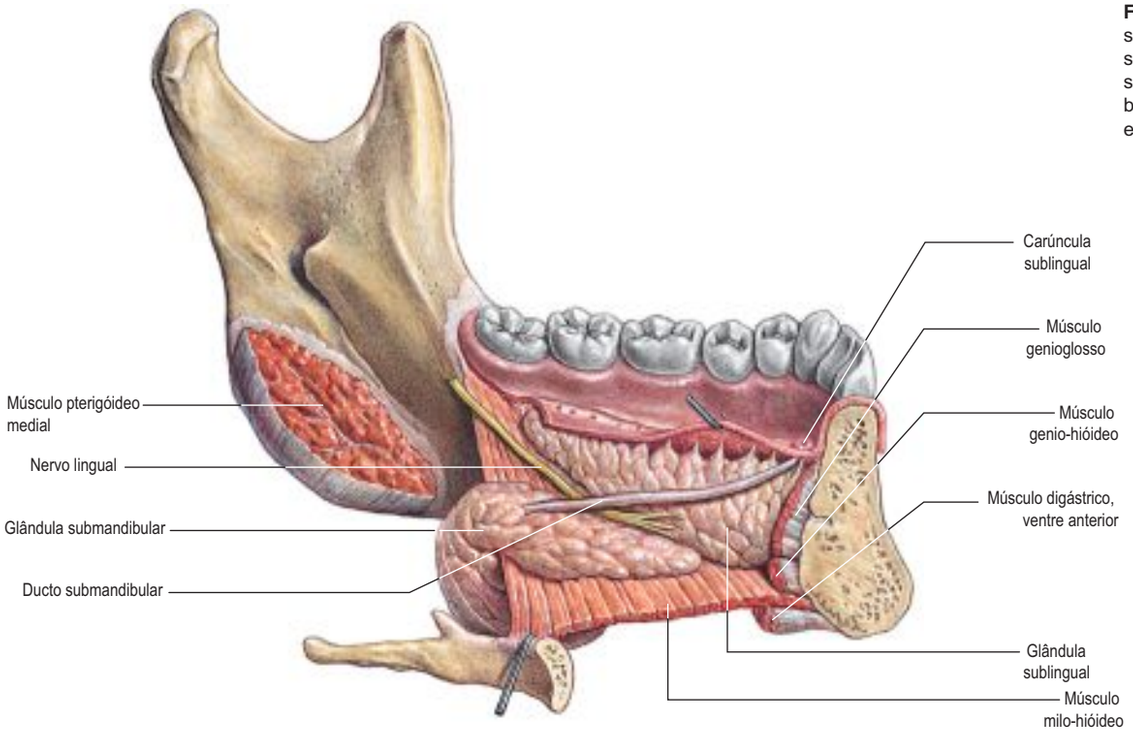


Fig. 30.10 Nervo lingual, ducto submandibular e glândulas salivares submandibular e sublingual no assoalho da boca. Vista lingual, lado esquerdo. (De Sobotta, 2006.)

inúmeros vasos e nervos a partir dos quais as papilas são supridas, assim como grandes plexos linfáticos e glândulas linguais.

Papilas linguais

As papilas linguais são projeções da mucosa que cobrem a superfície dorsal da língua (Fig. 30.5). Elas estão restritas à parte pré-sulcal da língua, produzem a sua aspereza típica e aumentam a área de contato entre a língua e o conteúdo da boca. Existem quatro tipos principais de papilas, chamadas filiformes, fungiformes, folheadas e circunvaladas e todas, exceto as papilas filiformes, possuem calículos gustatórios. As papilas são mais visíveis em vida, quando a língua está seca.

Papilas filiformes

As papilas filiformes são projeções minúsculas, cônicas ou cilíndricas, que cobrem a maior parte da área dorsal pré-sulcal e estão dispostas em fileiras diagonais que se estendem anterolateralmente, paralelas ao sulco terminal, exceto no ápice da língua, onde são transversais. Elas têm núcleos irregulares de tecido conjuntivo; e seu epitélio é queratinizado, pode dividir-se em processos secundários finos esbranquiçados (Fig. 30.11). Elas parecem agir para aumentar o atrito entre a língua e os alimentos, facilitando a circulação de partículas pela língua dentro da cavidade oral.

Papilas fungiformes

As papilas fungiformes ocorrem principalmente na margem lingual, mas também irregularmente na face dorsal, onde podem ser ocasionalmente numerosas (Fig. 30.11). Elas diferem das papilas filiformes porque são maiores, arredondadas e profundas, de cor vermelha, sendo que esta reflete o seu epitélio não queratinizado e o núcleo do tecido conjuntivo altamente vascularizado. Cada uma em geral porta um ou mais calículos gustatórios sobre a sua face apical.

Papilas folhadas

As papilas folhadas situam-se bilateralmente em duas zonas nas laterais da língua perto do sulco terminal, cada uma formada por uma série de cristas de mucosa vermelha, semelhantes a folhas, cobertas por um epitélio não queratinizado. Elas possuem inúmeros calículos gustatórios.

Papilas circunvaladas

As papilas circunvaladas são estruturas cilíndricas grandes, que variam em número de 8 a 12, que formam uma fileira em forma de V imediatamente à frente do sulco terminal na face dorsal da língua. Cada papila, de 1-2 mm de diâmetro, é circundada por uma ligeira elevação circular nas mucosas (vala ou parede) que é separada da papila por um sulco circular (Figs. 30.12, 30.13). A papila é mais estreita na sua base do que em seu ápice e toda a estrutura geralmente é revestida com epitélio escamoso estratificado não queratinizado. Inúmeros calículos gustatórios estão dispersos em ambas as paredes do sulco e pequenas glândulas serosas (de von Ebner) abrem-se para a base deste sulco.

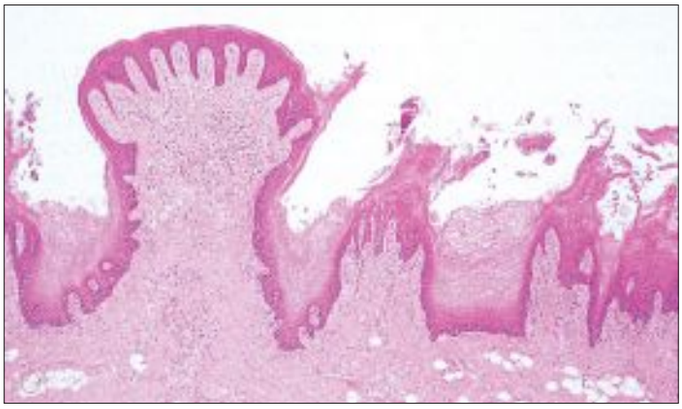


Fig. 30.11 Superfície anterior do dorso da língua mostrando papilas fungiformes não queratinizadas (esquerda) e duas papilas filiformes queratinizadas (centro e direita) com regiões não queratinizadas entre elas. (Com permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheater's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

Calículos gustatórios

Os calículos gustatórios são estruturas epiteliais microscópicas em forma de barril que contêm células quimioceptoras em contato sináptico com os terminais de nervos gustatórios. Eles são numerosos em todos os tipos de papilas linguais (exceto papilas filiformes), particularmente nos seus aspectos laterais. Os calículos gustatórios não estão restritos às papilas e estão espalhados por quase toda a superfície dorsal e lateral da língua e, raramente, sobre a epiglote e a face lingual do palato mole. Cada calículo gustatório está ligado por sinapses em sua base a um dos três nervos cranianos que transportam estímulos gustatórios, ou seja, o facial, o glossofaríngeo e o vago. Eles compartilham algumas características fisiológicas com os neurônios, como a geração de potencial de ação e a transmissão sináptica, e, portanto, são frequentemente chamados de paraneurônios.

Existe uma considerável variação individual na distribuição dos calículos gustatórios em seres humanos. Eles são mais abundantes nas partes posteriores da língua, especialmente em torno das paredes das papilas circunvaladas e seus sulcos circundantes, onde há uma média de 250 calículos gustatórios para cada uma das 8-12 papilas. Mais de 1.000 calículos gustatórios são distribuídos ao longo dos lados da língua, especialmente ao longo das pregas mais posteriores das papilas folhadas, enquanto são raros, e por vezes até mesmo ausentes, nas papilas fungiformes (≤ 3 por papila). Os calículos gustatórios foram descritos na epiglote fetal e

palato mole, mas a maioria desaparece destes locais durante o desenvolvimento pós-natal.

Microestrutura dos calículos gustatórios

Cada calículo gustatório é um aglomerado em forma de barril de 50-150 células fusiformes que se situa dentro de uma cavidade oval no epitélio e converge apicalmente no poro gustatório, uma abertura de 2 µm de largura na superfície mucosa. Toda a estrutura tem cerca de 70 µm de altura por 40 µm de diâmetro e é separada por uma lâmina basal da lâmina própria subjacente. Um pequeno fascículo de fibras nervosas aferentes penetra na lâmina basal e espirala ao redor das células sensitivas. As substâncias químicas dissolvidas na saliva difundem-se através dos poros gustatórios dos calículos gustatórios, chegando às membranas celulares do receptor gustativo, onde promovem despolarização da membrana.

Inervação dos calículos gustatórios

As fibras nervosas individuais ramificam-se, promovendo uma distribuição complexa da inervação do calículo gustatório. Cada fibra pode ter muitos terminais nervosos, que podem se espalhar, inervando calículos gustatórios amplamente espalhados ou podem inervar mais de uma célula sensitiva em cada calículo. Inversamente, cada calículo pode receber os terminais de várias fibras nervosas diferentes. Estes padrões convergentes e divergentes de inervação podem ser de grande importância funcional.

O nervo gustativo para a porção anterior da língua, excluindo as papilas circunvaladas, é a corda do tímpano, que trafega pelo nervo lingual. Na maioria dos indivíduos, as fibras gustativas percorrem a corda do tímpano em direção aos corpos celulares no gânglio facial, mas ocasionalmente elas divergem para o gânglio ótico, que atingem por meio do nervo petroso maior. Os calículos gustatórios na face inferior do palato mole são inervados principalmente pelo nervo facial, através do nervo petroso maior, gânglio pterigopalatino e nervo palatino menor: eles também podem ser inervados pelo nervo glossofaríngeo. Os calículos gustatórios nas papilas circunvaladas, parte pós-sulcal da língua e arcos palatoglossos, e a parte oral da faringe são inervados pelo nervo glossofaríngeo, e aqueles na porção faríngea extrema da língua e epiglote recebem fibras do ramo laríngeo interno do nervo vago.

Cada calículo gustatório recebe duas classes distintas de fibras: uma ramifica-se na periferia do calículo, formando um plexo perigemal, a outra forma um plexo intragemal dentro do calículo em si, que inerva as bases das células receptoras. As fibras perigemais contêm vários neuropeptídeos, que incluem o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP) e substância P, e parecem representar terminações nervosas livres. As fibras intragemais ramificam-se no interior do calículo gustatório e cada fibra forma uma série de sinapses.

Conexões centrais

Ao entrar no tronco cerebral, os nervos aferentes gustativos constituem o trato solitário e terminam no terço rostral do núcleo solitário na medula (Cap. 19).

Discriminação de sabor

Os receptores gustatórios detectam quatro categorias principais da sensação do paladar, classificadas como salgado, doce, azedo e amargo; outras qualidades do paladar foram sugeridas, incluindo os metálicos e "umami" (do japonês: sabor tipificado pelo glutamato monossódico). Embora comumente se afirme que determinadas áreas da língua são especializadas para detectar estes diferentes gostos, há indícios de que todas as áreas da língua são responsivas a todos os estímulos gustatórios. Cada fibra nervosa aferente é ligada a calículos gustatórios amplamente espalhados e pode responder a vários estímulos químicos diferentes. Algumas respondem a todas as quatro categorias clássicas, outras a algumas, ou a apenas uma. Dentro de uma classe particular de gostos, os receptores também são diferencialmente sensíveis a uma ampla gama de produtos químicos semelhantes. Além disto, os calículos gustatórios sozinhos são capazes de detectar apenas um leque bastante restrito de substâncias químicas diluídas em solução aquosa. É difícil separar as percepções de sabor e cheiro, porque as cavidades oral e nasal são contínuas. Na verdade, muito do que é percebido como gosto é o resultado de odorantes transmitidos pelo ar da cavidade oral que passam através da parte nasal da faringe para a parte olfatória acima dela.

As sensações percebidas pelo paladar são resultado do tratamento (presumivelmente central) de um padrão complexo de respostas a partir de áreas específicas da língua.

Inervação autônoma da língua

A inervação parassimpática das várias glândulas da língua inicia-se na corda do tímpano, ramo do nervo facial, que faz sinapse no gânglio sub-

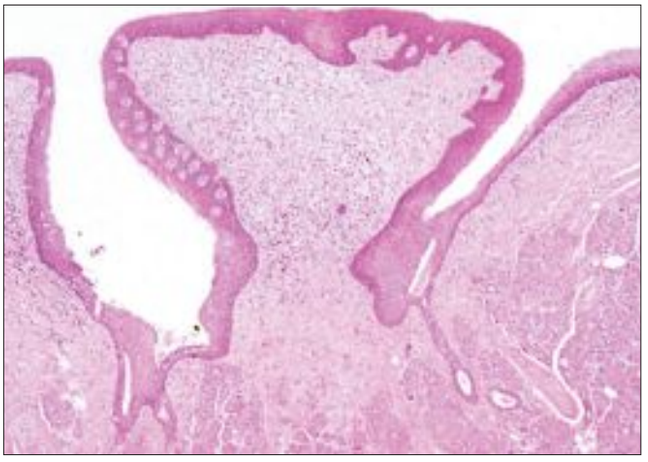


Fig. 30.12 Corte através de uma papila circunvalada. Glândulas serosas (de von Ebner) secretam através de ductos na base da vala e numerosos calículos gustatórios estão presentes dentro do epitélio estratificado da parede da papila (estruturas pálidas sobre a parede interna da fissura, lado esquerdo). (Com permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheater's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

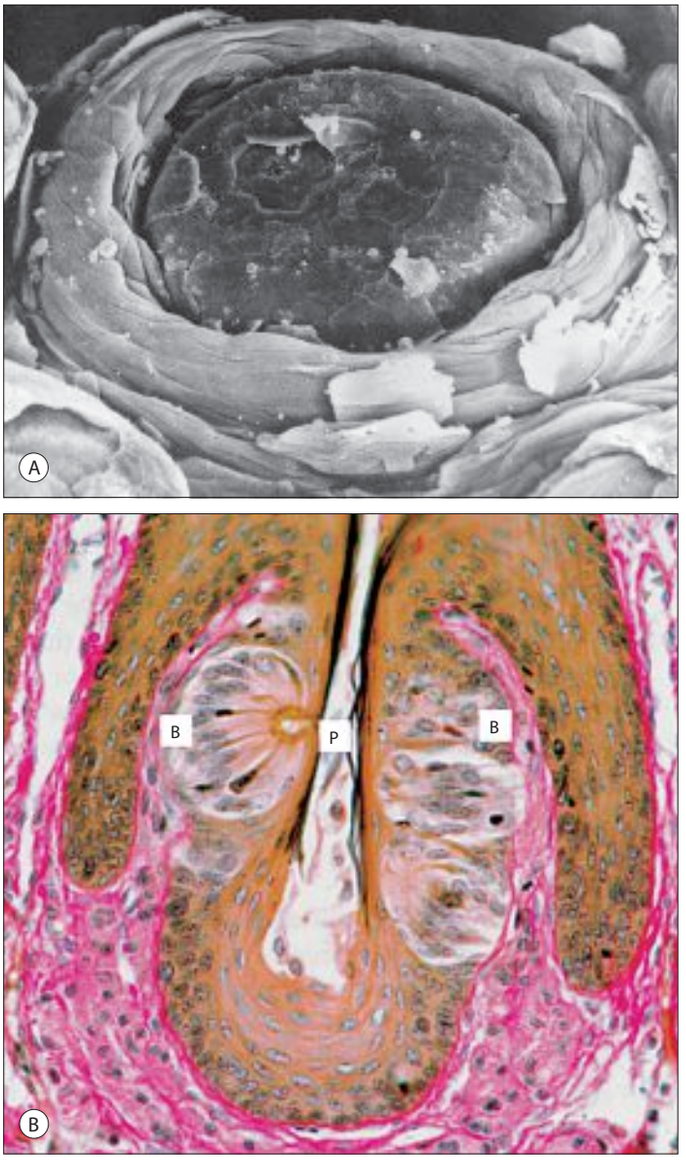


Fig. 30.13 Papila circunvalada. **A,** Fotomicrografia eletrônica de varredura mostrando uma papila circunvalada rodeada por sua vala. **B,** Corte da papila circunvalada mostrando calículos gustatórios pálidos em forma de barril (B) em suas paredes. P, poro apical. (**A,** Cortesia de S Franey e com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby; **B,** com permissão do Dr JB Kerr, Monash University, de Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology. London: Mosby.)

mandibular: ramos pós-ganglionares são distribuídos para a túnica mucosa lingual através do nervo lingual. O suprimento simpático pós-ganglionar para as glândulas e vasos da língua origina-se no plexo carotídeo e penetra na língua através do plexo ao redor das artérias linguais. Células nervosas isoladas, talvez neurônios parassimpáticos pós-ganglionares, foram relatadas na região pós-sulcal: presumivelmente inervam tecido glandular e músculo liso vascular.

DENTES

INTRODUÇÃO E TERMINOLOGIA

Os seres humanos têm duas gerações de dentes: a dentição decídua (primária) e a dentição permanente (secundária). Os primeiros dentes decíduos irrompem na boca aproximadamente aos seis meses de idade e todos os dentes decíduos irrompem até os três anos de idade. O primeiro molar permanente erupciona aos seis anos ou por volta desta idade e, a partir daí, os dentes decíduos caem um a um, sendo substituídos por seus sucessores permanentes. Uma dentição permanente completa está presente quando os terceiros molares erupcionam por volta dos 18-21 anos de idade. Na dentição decídua completa existem 20 dentes, cinco em cada quadrante. Na dentição permanente completa há 32 dentes, oito em cada quadrante.

Existem três formas básicas de dente em ambas as dentições: forma incisiva, forma canina e forma molar. Os dentes incisiformes (incisivos) são os dentes de corte e têm coroas finas, semelhantes a lâminas. Os dentes caniniformes (caninos) são dentes de perfuração ou laceração e têm uma coroa única, robusta, pontiaguda, em forma de cone. Os dentes molariformes (molares e pré-molares) são os dentes de trituração e possuem diferente número de cúspides em sua face oclusal plana. Os pré-molares são dentes bicúspides que estão restritos à dentição permanente e substituem os molares decíduos.

A região de suporte nas maxilas e mandíbulas pode ser dividida em quatro quadrantes, os quadrantes superiores direito e esquerdo e os quadrantes inferiores direito e esquerdo. Um dente pode assim ser identificado de acordo com o quadrante em que está localizado (p. ex., dente superior direito ou dente inferior esquerdo). Tanto na dentição decídua como na permanente, os incisivos podem ser distinguidos de acordo com a sua relação com a linha mediana. Assim, o incisivo mais próximo da linha mediana é o incisivo central (primeiro) e o incisivo que está mais lateralmente posicionado é chamado de incisivo lateral (segundo). Os pré-molares e os molares permanentes e decíduos também podem ser distinguidos de acordo com suas relações mesiodistais. O molar mais mesialmente posicionado é designado primeiro molar, e o seguinte é o segundo molar. Na dentição permanente, o dente mais distalmente posicionado é o terceiro molar. O pré-molar mesial é o primeiro pré-molar e o pré-molar seguinte é o segundo pré-molar.

A terminologia utilizada para indicar as faces dentárias é mostrada na Fig. 30.14B. A face dos dentes adjacente aos lábios ou bochechas é denominada vestibular (labial ou bucal), aquela adjacente à língua é a lingual (ou palatal na maxila). As faces labial e lingual de um incisivo atendem medialmente a uma face mesial e lateralmente a uma face distal, termos que também são usados para descrever as faces homólogas dos dentes pré-molar e molar (pós-caninos). Tendo em conta a curvatura da arcada dentária, as faces mesiais dos dentes pós-caninos estão direcionadas anteriormente e as faces distais estão direcionadas posteriormente. Assim, o ponto de contato entre os incisivos centrais é o ponto de referência para os termos mesiais e distais. As faces de mordedura ou oclusais dos dentes pós-caninos são tuberculadas por cúspides que são separadas por fissuras que formam um padrão característico de cada dente. A superfície de mordida de um incisivo é a margem incisal.

MORFOLOGIA DO DENTE

Existem dois incisivos, um central e um lateral, em cada metade ou quadrante da maxila ou mandíbula (Figs. 30.14, 30.15). Em uma vista labial, suas coroas são trapezoides, os incisivos superiores (especialmente o incisivo central) são maiores do que os inferiores. As margens incisais inicialmente têm três tubérculos ou mamelões, que são rapidamente removidos pelo desgaste. Em uma vista mesial ou distal, seus perfis labiais são convexos, enquanto suas faces linguais são côncavo-convexas (a convexidade próximo da margem cervical é causada por uma crista horizontal baixa ou cíngulo, que é proeminente apenas nos incisivos superiores). As raízes dos incisivos são únicas e arredondadas nos dentes superiores, mas achatadas mesiodistalmente nos dentes inferiores. O incisivo lateral superior pode ser congenitamente ausente ou pode ter um formato reduzido (incisivo lateral em forma de estaca).

Distalmente a cada incisivo lateral há um dente canino com uma cúspide única em vez de uma margem incisal. O canino superior é mais robusto e mais pontiagudo do que o canino inferior, cuja ponta da cúspide está inclinada lingualmente. A raiz do canino, que é maior que a de qualquer outro dente, produz uma saliência (eminência canina) sobre o osso alveolar externamente, especialmente na maxila. Embora caninos geralmente tenham raízes únicas, os inferiores podem algumas vezes ter raízes bífidas.

Distalmente aos caninos estão dois pré-molares, cada um com uma cúspide vestibular e uma lingual (daí o termo bicúspide). As faces oclusais dos pré-molares superiores são ovais (longo-eixo bucopalatal) e uma fissura mesiodistal separa as duas cúspides. Em uma vista bucal, os pré-molares são semelhantes aos caninos, mas menores. O primeiro pré-molar superior pode ter duas raízes (uma vestibular, uma palatal), mas pode ter apenas uma, e muito raramente três raízes (duas vestibulares e uma palatal), tornando os dentes mais suscetíveis a fraturas durante a exodontia. O segundo pré-molar superior geralmente tem uma raiz. As faces oclusais dos pré-molares inferiores são mais circulares ou mais quadradas

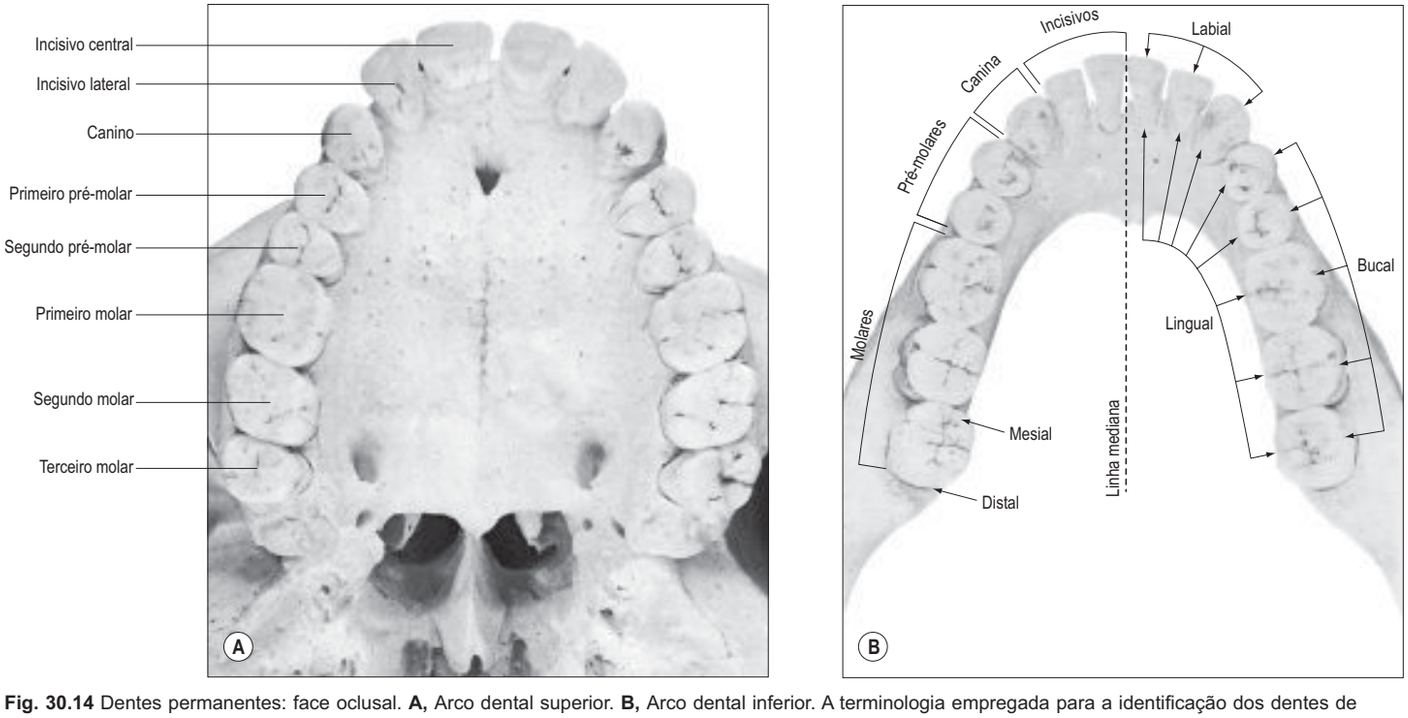


Fig. 30.14 Dentes permanentes: face oclusal. **A,** Arco dental superior. **B,** Arco dental inferior. A terminologia empregada para a identificação dos dentes de acordo com sua localização é mostrada na mandíbula: a mesma terminologia é usada para descrever os dentes na maxila.

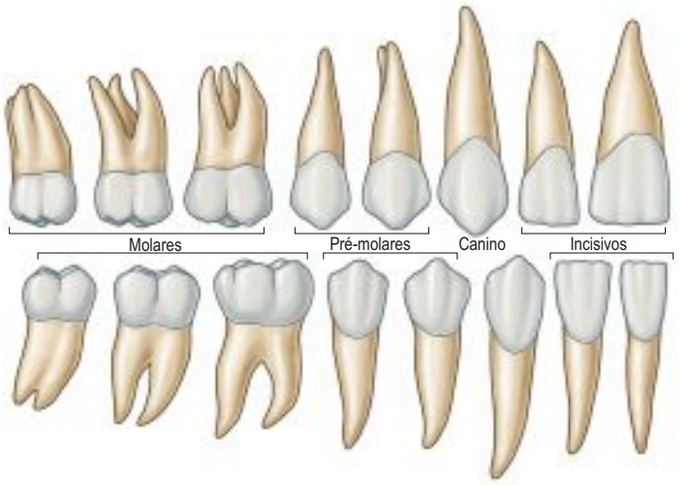


Fig. 30.15 Dentes superiores e inferiores permanentes do lado direito: superfícies labial e bucal.

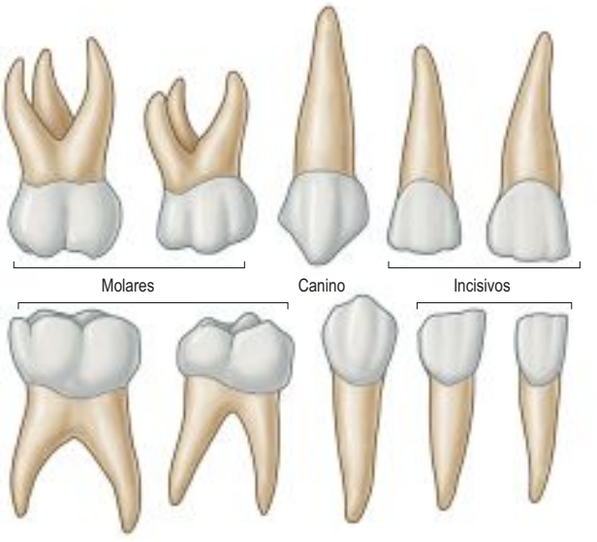


Fig. 30.16 Dentes superiores e inferiores decíduos do lado direito: superfícies labial e bucal.

do que aquelas dos pré-molares superiores. A cúspide vestibular do primeiro pré-molar inferior ergue-se acima de uma cúspide lingual diminuta à qual está ligada por uma crista que separa as depressões oclusais mesial e distal. No segundo pré-molar inferior, uma fissura mesiodistal geralmente separa uma cúspide vestibular de duas cúspides linguais menores. Cada pré-molar inferior tem uma raiz, muito raramente a raiz do primeiro é bífida. Os segundos pré-molares inferiores não se desenvolvem em cerca de 2% dos indivíduos.

Distalmente aos pré-molares estão três molares cujo tamanho diminui distalmente. Cada um tem uma face oclusal romboide grande (superiores) ou retangular (inferiores) com quatro ou cinco cúspides. O primeiro molar superior tem uma cúspide em cada canto da sua face oclusal e a cúspide mesiopalatal é ligada à distovestibular pela crista oblíqua. Uma cúspide ou tubérculo menor (cúspide de Carabelli) geralmente é observada na cúspide mesiopalatal (mais comumente nas raças caucasianas). O dente tem três raízes amplamente separadas, duas vestibulares, das quais a mesiobucal é maior e mais ampla, a distobucal é menor e mais arredondada, e uma palatal grande: acredita-se que a sua proximidade com o seio maxilar é o motivo pelo qual as raízes do primeiro molar são bem divergentes e as raízes do segundo e terceiro molares são convergentes. O segundo molar superior, menor, tem uma cúspide distopalatal reduzida ou ocasionalmente ausente. Suas três raízes mostram diferentes graus de fusão. O terceiro molar superior, o menor deles, tem formato muito variável. Ele geralmente tem três cúspides (sendo que a distopalatal é ausente) e comumente as três raízes são fusionadas.

O primeiro molar inferior tem três cúspides vestibulares e duas cúspides linguais em sua face oclusal retangular, sendo que a cúspide distal é a menor. As cúspides deste dente são todas separadas por fissuras. Ele tem duas raízes amplamente separadas, uma mesial e uma distal. O segundo molar inferior menor é como o primeiro, mas com apenas quatro cúspides (não possui a cúspide distal do primeiro molar) e suas duas raízes são mais próximas. O terceiro molar inferior é menor ainda e, como o terceiro molar superior, tem formato variável. Sua coroa pode assemelhar-se à do primeiro ou segundo molar inferior e as suas raízes são frequentemente fusionadas. À medida que erupciona anterossuperiormente, o terceiro molar frequentemente é impactado contra o segundo molar, produzindo impactação de alimentos que, subsequentemente, provoca inflamação. O terceiro molar superior erupciona posteroinferiormente e raramente é impactado. Um ou mais terceiros molares (superiores ou inferiores) não se desenvolvem em até 30% dos indivíduos.

Terceiros molares inferiores impactados Em muitos indivíduos, há uma desproporção entre o tamanho dos dentes e o tamanho das maxilas ou mandíbula, de maneira que não há espaço suficiente para todos os dentes irromperem. Como os terceiros molares inferiores (dentes do siso) são os últimos a entrar em erupção, eles frequentemente têm sua erupção obstruída, tornam-se impactados ou não erupcionam, permanecendo profundos dentro do osso da mandíbula. Se o dente estiver completamente coberto por osso e mucosa, é muito pouco provável que cause quaisquer sintomas, e o indivíduo continua sem saber de sua presença, a menos que o dente seja observado em uma radiografia dentária de rotina. Muito raramente, o folículo dental circundante pode sofrer degeneração cística que pode "escavar" a mandíbula num grau considerável. O cisto em desenvolvimento pode deslocar o dente à medida que se expande e o dente pode terminar no colo da mandíbula ou no processo coronoide.

Mais comumente, o dente do siso em erupção irrompe parcialmente antes de impactar contra a face distal do segundo molar. Quando isso ocorre, a sintomatologia é comum, devido à inflamação e infecção recorrente do tecido mole ao redor do dente parcialmente erupcionado. Esta condição é conhecida como pericoronarite e, se o organismo infectante for virulento, a infecção pode se disseminar rapidamente para os espaços teciduais adjacentes, tal como descrito na literatura. O dente somente necessita de remoção cirúrgica se o paciente sofre um quadro grave ou múltiplos quadros de pericoronarite. A cirurgia não é imediatamente indicada, pois está associada a um grau de morbidade: os nervos lingual e alveolar inferior estão frequentemente em estreita proximidade com os dentes, podendo ser lesionados durante sua remoção. O nervo lingual passa sobre a superfície do periósteo, lingualmente ao dente do siso inferior, separado do dente apenas por uma placa de osso cortical não mais espessa do que uma casca de ovo. A lesão deste nervo resulta na sensibilidade alterada no lado ipsilateral da língua. Os ápices das raízes do dente impactado frequentemente situam-se imediatamente acima do canal da mandíbula e a remoção do dente pode resultar em lesões ao feixe neurovascular subjacente, causando sensibilidade alterada em seu dermátomo. Os terceiros molares superiores raramente tornam-se impactados.

Dentes decíduos

Os incisivos, caninos e pré-molares da dentição permanente substituem os dois incisivos decíduos, um canino decíduo e dois molares decíduos em cada quadrante das maxilas e mandíbula (Figs. 30.16, 30.17). Os incisivos e caninos decíduos têm a mesma forma de seus sucessores, mas são menores, mais brancos e tornam-se extremamente desgastados em crianças mais velhas. Os segundos molares decíduos assemelham-se aos molares permanentes e não aos seus sucessores, os pré-molares. O primeiro molar superior decíduo tem uma face oclusal triangular (seu "ápice" arredondado é palatal) e uma fissura separa uma cúspide vestibular dupla da cúspide palatal. O primeiro molar inferior decíduo é longo e estreito; suas duas cúspides bucais são separadas das suas duas cúspides linguais por uma fissura mesiodistal em zigue-zague. Os dois molares decíduos têm protuberâncias bucais grandes em sua face mesial. Os molares superiores decíduos têm três raízes (a fusão da raiz palatal e distobucal é comum) e os molares inferiores decíduos têm duas raízes. Estas raízes divergem mais do que as dos dentes permanentes, pois cada coroa dentária do pré-molar em desenvolvimento está diretamente acomodada sob a coroa de seu antecessor decíduo. As raízes dos dentes decíduos são progressivamente reabsorvidas pelas células semelhantes a osteoclastos (odontoclastos) antes de serem substituídas.

Erupção de dentes

As informações sobre a sequência do desenvolvimento e da erupção dos dentes na cavidade oral (Fig. 30.18) são importantes na prática clínica e também na medicina forense e na arqueologia. Os dados fornecidos na Tabela 30.2 são em grande parte baseados em populações europeias e há evidências de variação étnica. Quando um dente permanente erupciona, cerca de dois terços da raiz já está formado e são necessários aproximadamente mais três anos para a raiz ser concluída. Nos dentes decíduos, a formação completa da raiz é mais rápida (Tab. 30.1). Os estágios de desenvolvimento da calcificação inicial e a conclusão da coroa são menos

Fig. 30.17 A, Dentição decídua superior. Observar os canais (flechas) evidenciando o desenvolvimento de dentes permanentes. **B,** Dentição decídua inferior. (Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 1994 Color Atlas of the Skull. London: Mosby.)

afetados por influências ambientais do que a erupção, sendo que sua cronologia pode ser modificada por vários fatores, como a perda dentária precoce e a desnutrição grave.

A Figura 30.19 mostra vista panorâmica da dentição observada em radiografias panorâmicas no momento do nascimento e aos 2½, 6½, 10 e 16 anos de idade.

Alinhamento dentário e oclusão

É possível fazer os arcos dentais das maxilas e mandíbula juntarem-se de maneira que os dentes se encontrem ou ocluam em muitas posições. Quando as faces oclusais opostas se encontram com "intercuspidação" (*i.e.*, contato máximo), diz-se que os dentes estão em oclusão cêntrica. Nesta posição, os dentes inferiores são normalmente opostos simétrica e lingualmente em relação aos dentes superiores. Algumas características importantes da oclusão cêntrica em uma dentição normal (ideal) devem ser observadas. Cada dente pós-canino inferior fica ligeiramente à frente de seu equivalente superior e o canino inferior oclui a frente do superior. As cúspides bucais dos dentes pós-caninos inferiores situam-se entre as cúspides bucal e palatal dos dentes superiores. Assim, os dentes pós-caninos inferiores são ligeiramente linguais e mesiais em relação aos seus homólogos superiores. Os incisivos inferiores mordem contra as faces palatais dos incisivos superiores, sendo que estes últimos normalmente escondem cerca de um terço das coroas dos inferiores. Esta sobreposição vertical dos incisivos em oclusão cêntrica é denominada sobremordida. A extensão até a qual os incisivos superiores são anteriores aos inferiores é chamada de justaposição horizontal (*overjet*). Na posição maxilar mais habitual, a postura de repouso, os dentes estão ligeiramente afastados, sendo que o intervalo entre eles é o espaço livre ou distância interoclusal. Durante a mastigação, especialmente com movimentos laterais dos maxilares, o alimento é triturado, o que facilita as fases iniciais da digestão.

A oclusão ideal é um conceito bastante subjetivo. Caso haja oclusão ideal, atualmente ela só pode ser definida em termos funcionais amplos. Portanto, a oclusão pode ser considerada "ideal" quando os dentes estão alinhados de tal maneira que as cargas mastigatórias estão dentro da faixa fisiológica e passam através dos longo-eixos maiores do maior número possível de dentes na arcada; a mastigação envolve movimentos mandibulares bilaterais e alternantes (e não preferências de mordedura unilate-

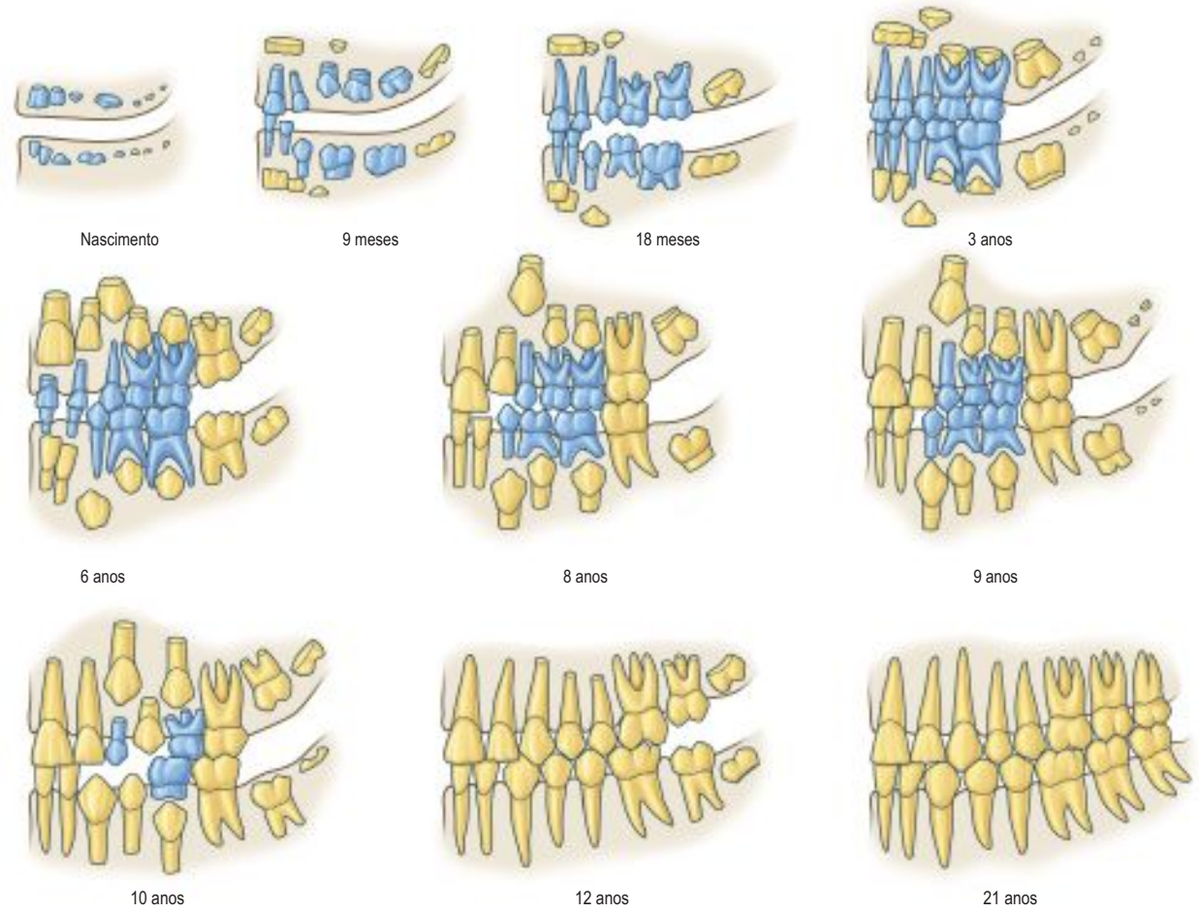


Fig. 30.18 Desenvolvimento dos dentes decíduos (em azul) e permanentes (em amarelo). (Modificado com permissão de Schour I, Massler M 1941 The development of the human dentition. J Am Dent Assoc 28: 1153-1160.)

Tabela 30.1 Cronologia da dentição humana

Dentição	Dente	Primeira evidência de calcificação (semanas *in utero* para dentes decíduos)	Conclusão da coroa (meses)	Erupção (meses)	Conclusão da raiz (anos)
	i1	14	1½	10 (8–12)	1½
	i2	16	2½	11 (9–13)	2
Decíduos	C	17	9	19 (16–22)	3¼
inferiores	m1	15½	6	16 (13–19)	2½
	m2	19	11	29 (25–33)	3
	i1	14	2 ½	8 (6–10)	1½
	i2	16	3	13 (10–16)	1½
Decíduos	C	17	9	20 (17–23)	3¼
inferiores	m1	15½	5 ½	16 (14–18)	2¼
	m2	18	10	27 (23–31)	3
	I1	3–4 meses	4–5 anos	7–8 anos	10
	I2	10–12 meses	4–5 anos	8–9 anos	11
Permanentes	C	4–5 meses	6–7 anos	11–12 anos	13–15
superiores	P1	1½–1¾ anos	5–6 anos	10–11 anos	12–13
	P2	2–2¼ anos	6–7 anos	10–12 anos	12–14
	M1	ao nascimento	2½–3 anos	6–7 anos	9–10
	M2	2½–3 anos	7–8 anos	12–13 anos	14–16
	M3	7–9 anos	12–16 anos	17–21 anos	18–25
	I1	3–4 meses	4–5 anos	6–7 anos	9
	I2	3–4 meses	4–5 anos	7–8 anos	10
Permanentes	C	4–5 meses	6–7 anos	9–10 anos	12–14
inferiores	P1	1¾–2 anos	5–6 anos	10–12 anos	12–13
	P2	2¼–2½ anos	6–7 anos	1–12 anos	13–14
	M1	ao nascimento	2½–3 anos	6–7 anos	9–10
	M2	2½–3 anos	7–8 anos	11–13 anos	14–15
	M3	8–10 anos	12–16 anos	17–21 anos	18–25

(Modificado com permissão de Ash MM 1993 Dental Anatomy, Physiology and Occlusion, Philadelphia: WB Saunders.)

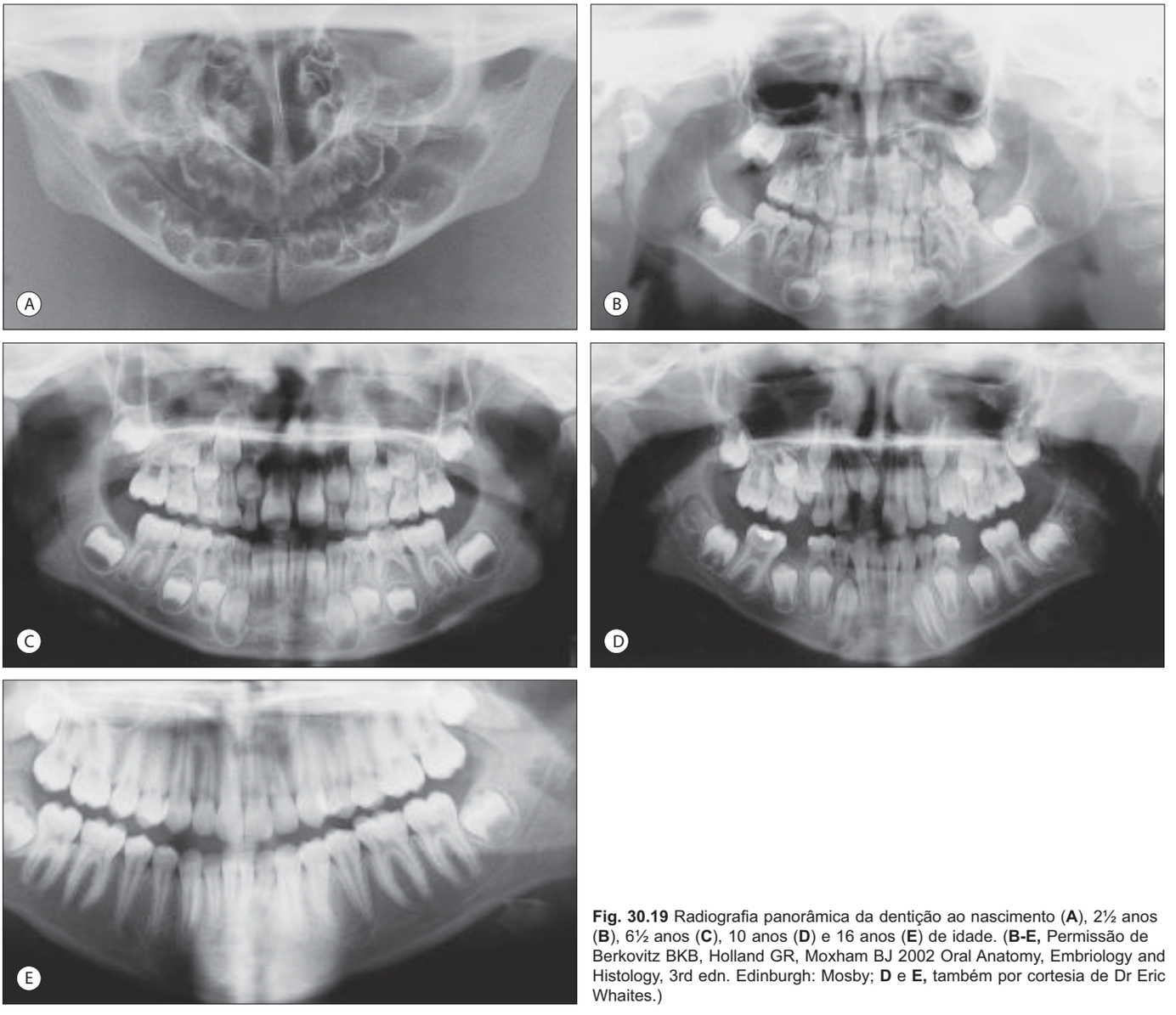


Fig. 30.19 Radiografia panorâmica da dentição ao nascimento (**A**), 2½ anos (**B**), 6½ anos (**C**), 10 anos (**D**) e 16 anos (**E**) de idade. (**B-E,** Permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby; **D** e **E,** também por cortesia de Dr Eric Whaites.)

rais, resultado da adaptação a uma interferência oclusal); movimentos mandibulares laterais ocorrem sem interferência mecânica exagerada; na posição de repouso da mandíbula, o intervalo entre os dentes (o espaço livre) é condizente ao indivíduo em questão; e o alinhamento dos dentes é esteticamente agradável ao seu possuidor.

As variações da oclusão ideal podem ser denominadas maloclusões (embora possam ser consideradas normais, pois são muito comumente encontradas na população: 75% da população dos EUA têm algum grau de "desarmonia" oclusal). No entanto, a maioria das maloclusões deve ser considerada como variação anatômica em vez de anormalidade, pois as maloclusões raramente estão envolvidas em disfunção mastigatória ou dor, embora possam ser esteticamente desagradáveis.

Variações de número, tamanho e forma dos dentes

A incidência de variação no número e na forma frequentemente está relacionada à etnia, é rara em dentes decíduos, mas não incomum na dentição permanente. Um ou mais dentes podem não se desenvolver, uma condição conhecida como hipodontia. Em contrapartida, pode haver formação de dentes adicionais ou supranumerários, produzindo hiperdontia. O terceiro molar permanente é o mais frequentemente ausente: em um estudo, um ou mais terceiros molares apresentaram falha de formação em 32% dos chineses, 24% dos ingleses caucasianos e 2,5% dos africanos ocidentais. Em ordem decrescente de incidência, outros dentes que podem estar ausentes são os incisivos laterais superiores, os segundos pré-molares superiores ou inferiores, incisivos centrais inferiores e primeiros pré-molares superiores.

A hiperdontia acomete a arcada superior muito mais comumente do que a arcada inferior. Os dentes extranumerários estão geralmente situados palatinamente aos incisivos permanentes ou distalmente aos molares. Raramente desenvolvem-se pré-molares adicionais. Os dentes supranumerários na região dos incisivos frequentemente podem impedir a erupção dos dentes permanentes e, na verdade, este é muitas vezes o primeiro indício da sua presença. Um dente supranumerário situado entre os incisivos centrais é conhecido como um mesiodente. Os dentes podem ser anormalmente grandes (macrodontia) ou pequenos (microdontia). Por exemplo, as coroas dos incisivos superiores centrais podem ser anormalmente largas mesiodistalmente; em contraste, uma variante comum do incisivo lateral superior tem uma coroa pequena, em forma de estaca. Estudos epidemiológicos revelam que a hiperdontia tende a ser associada à macrodontia, e a hipodontia à microdontia, sendo que os indivíduos mais gravemente acometidos representam diversas variações extremas. Juntamente com estudos de famílias, estes dados indicam que a causa é multifatorial, combinando influências genéticas e ambientais.

Algumas variações na forma dos dentes, sendo típicas da raça, são de interesse antropológico e forense. As dentições oriental-asiáticas tendem a ter incisivos superiores em forma de pá com aumento das cristas marginais palatais. A cúspide adicional de Carabelli é comumente encontrada na face mesiopalatal do primeiro molar superior permanente ou segundo molar decíduo em caucasianos, mas raramente em dentições oriental-asiáticas. Nas raças africanas, o segundo molar inferior permanente frequentemente tem cinco, e não quatro cúspides.

Disposição geral dos tecidos dentários

Um dente consiste de uma coroa coberta por esmalte, translúcido e muito duro; e por uma raiz, coberta por cemento amarelado semelhante a osso (Fig. 30.20A), que se encontram no colo ou na margem cervical. Um corte longitudinal (Fig. 30.20B) revela que o corpo de um dente é composto principalmente de dentina (marfim) recoberta pelo esmalte, que pode ter cerca de 2 mm de espessura, enquanto o cemento é muito mais fino. A dentina circunda a cavidade pulpar, central, expandida em sua extremidade coronal em uma cavidade da coroa e estreitada na raiz como um canal da raiz do dente, abrindo na ponta ou próximo dela em um forame apical, ocasionalmente múltiplo. A polpa é formada por tecido conjuntivo, contínuo com o ligamento periodontal através do forame apical. Por ela passam vasos para o suporte da dentina e nervos sensitivos.

A raiz é cercada por osso alveolar, o cemento separado do soquete ósseo (alvéolo) pelo ligamento periodontal, com aproximadamente 0,2 mm de espessura (Fig. 30.21). Feixes rugosos de fibras colágenas, incrustadas em uma extremidade no cemento, passam pelo ligamento periodontal, incrustando-se na parede óssea do alvéolo, sendo que estes feixes colágenos são denominados de fibras de Sharpey. Próximo da margem cervical, o dente, o ligamento periodontal e o osso adjacente são recobertos pela gengiva. Em sua superfície interna, a gengiva é aderida à superfície do dente pelo epitélio juncional, uma zona de grande importância clínica, porque logo acima dela se encontra um pequeno recesso, o sulco gengival. Como o sulco não é necessariamente autolimpante, a placa dental pode se acumular nele, predispondo à doença periodontal.

Esmalte

O esmalte é um material extremamente duro e rígido que cobre as coroas dos dentes. Trata-se de uma secreção celular epitelial altamente mineralizada, que contém 95-96% do seu peso de cristais de apatita (88% em volume) e menos de 1% de matriz orgânica. A matriz orgânica compreende principalmente proteínas de esmalte exclusivas, amelogeninas e não amelogeninas, tais como enamelinas, tuftelinas. Embora compreendendo uma porcentagem muito pequena do peso e do volume do esmalte, a matriz orgânica permeia a totalidade do esmalte. Como suas células de formação são perdidas a partir da superfície durante a erupção dentária,

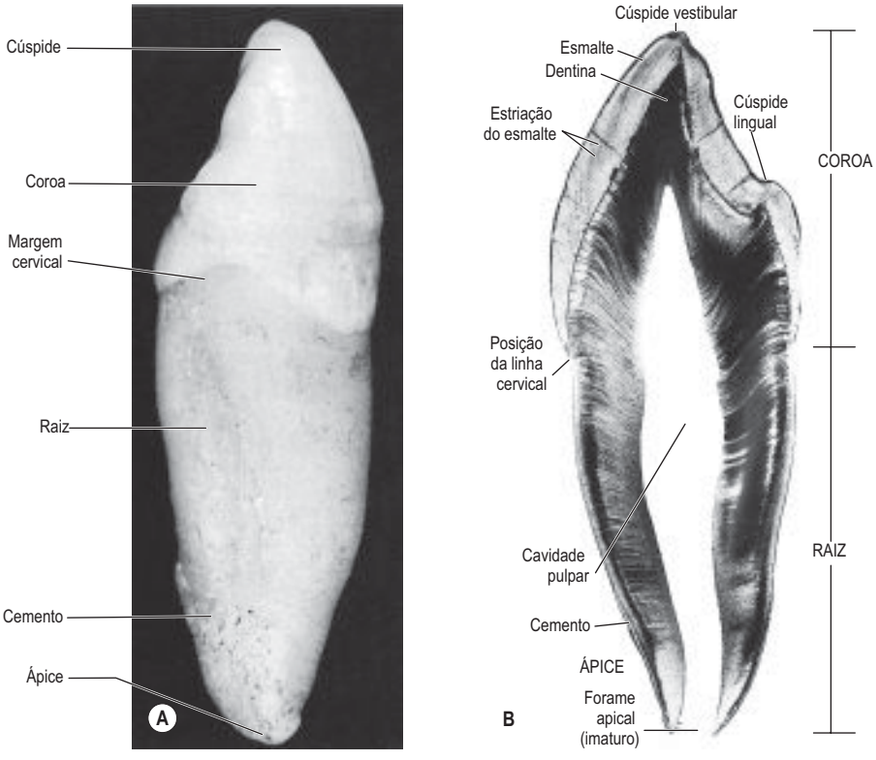


Fig. 30.20 Principais partes do dente. **A,** Dente canino superior direito extraído, visualizado a partir do seu aspecto mesial. A raiz é coberta pelo cemento (parcialmente removido) e a margem cervical curvada é convexa em direção à cúspide do dente. **B,** Corte espesso de um primeiro pré-molar inferior jovem (permanente) seccionado no plano longitudinal bucolingual, fotografado com luz transmitida. As estriações do esmalte são linhas incrementais de crescimento de esmalte (comparar com **Fig. 30.24**). Dentro da dentina, as linhas dos túbulos dentinários são visíveis, formando curvas em forma de S na região apical, porém mais retilíneas na raiz.

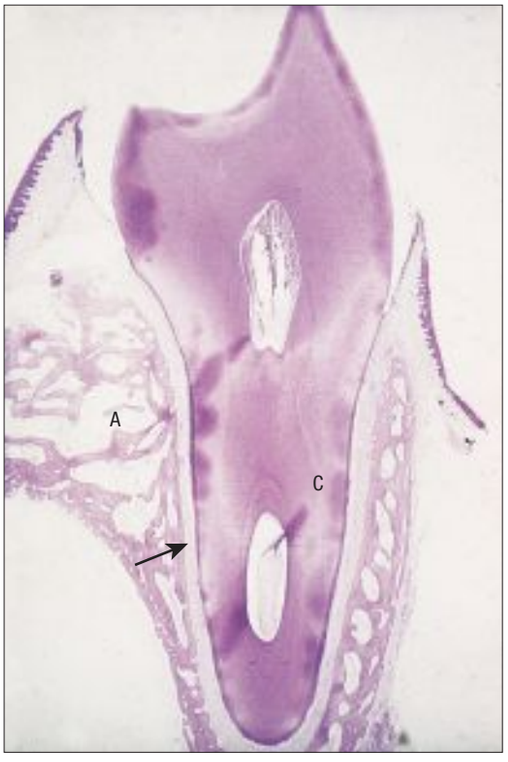


Fig. 30.21 Corte de um dente desmineralizado com a sua raiz presa ao osso circundante pelo ligamento periodontal. A, osso alveolar; C, raiz do dente revestida por cemento; flecha indica espaço periodontal. (Por cortesia do Dr. D Lunt.)

o esmalte é incapaz de mais crescimento. O reparo limita-se à remineralização de minúsculas lesões cariosas.

O esmalte atinge uma espessura máxima de 2,5 mm sobre as cúspides e mais delgada nas margens cervicais. O esmalte é composto por prismas ou bastonetes de esmalte bastante justapostos. Em corte longitudinal, os prismas de esmalte estendem-se desde próximo à junção amelodentinária até 20 µm da superfície, onde geralmente são substituídos por esmalte sem prismas (não prismáticos, aprismáticos) (Fig. 30.22A). Em corte transversal, os prismas têm principalmente a forma de ferradura e estão dispostos em fileiras que são equilibradas de tal maneira que as caudas dos prismas em uma fileira estão entre as cabeças dos prismas na fileira acima (padrão de prisma 3) (Fig. 30.22B) e as caudas são orientadas em direção radicular. A aparência das margens do prisma resulta de alterações súbitas na orientação dos cristalitos. Os prismas têm um diâmetro de cerca de 5 µm e são justapostos em cristais de hidroxiapatita hexagonais planos, muito maiores do que aqueles encontrados nos tecidos mineralizados com base colágena.

Dois tipos de linhas incrementais são visíveis no esmalte, as de curto e as de longo prazo. Em intervalos que atingem uma média de 4 µm – com intervalo de 2-3 µm na junção amelodentinária e 4-6 µm no esmalte externo – ao longo de sua extensão, cada prisma é cruzado por uma linha, que provavelmente reflete dilatação diurna e contração do diâmetro durante seu crescimento. Esta linha de crescimento diária de curto prazo é conhecida como estriação cruzada (Fig. 30.22C). As linhas incrementais de longo prazo partem da junção amelodentinária obliquamente até a superfície, onde terminam em sulcos rasos, periquimáceas, visíveis nos dentes recém-irrompidos (Fig. 30.22D). Cada linha, conhecida como estria de Retzius do esmalte, representa um período que varia entre 6 e 12 dias do desenvolvimento do esmalte, com um valor médio de nove dias. Isto é conhecido como a periodicidade do indivíduo, que é constante em todos os dentes do mesmo indivíduo, mas varia consideravelmente entre um indivíduo e outro (Reid & Dean, 2006) (Fig. 30.22E). Uma estriação mais evidente, a linha neonatal, é formada nos dentes cuja mineralização ultrapassa o nascimento. As linhas neonatais estão presentes no esmalte e na dentina de dentes que se mineralizam no momento do nascimento (todos os dentes decíduos e os primeiros molares permanentes; Fig. 30.14) e são, portanto, de importância forense, indicando que um lactente sobreviveu alguns dias após o nascimento. Isto é reflexo de distúrbio de mineralização durante os primeiros dias após o nascimento. Outras linhas acentuadas podem ser observadas em todo o desenvolvimento do esmalte; estas linhas geralmente são reflexos de distúrbios de secreção dos amelo-

blastos provocada por doenças ou deficiências nutricionais. Em casos graves, estes distúrbios irão manifestar-se como hipoplasia (diminuição da espessura do esmalte sobre a superfície dentária).

Dentina

A dentina é um tecido amarelado avascular que forma a maior parte de um dente. É um material composto duro e complacente, com um conteúdo mineral de 70% de peso seco (principalmente cristais de hidroxiapatita com carbonato de cálcio) e 20% de matriz orgânica (colágeno tipo I, glicosaminoglicanas e fosfoproteínas). Sua característica notável é o padrão regular de microscópicos túbulos dentinários, 3 µm de diâmetro, que se estende desde a face pulpar até a junção amelodentinária. Os túbulos apresentam ramificação lateral e terminal perto da junção amelodentinária (Fig. 30.23A) e podem se projetar a uma distância curta dentro do esmalte (fusos de esmalte). Cada túbulo contém um único processo citoplasmático de um odontoblasto, cujo corpo celular se encontra em uma camada pseudoestratificada que reveste a superfície pulpar. Acredita-se que estes processos se estendem por toda a espessura da dentina em dentes recém-irrompidos, mas em dentes mais velhos podem estar parcialmente retraídos, ocupando apenas o terço pulpar, enquanto as regiões exteriores provavelmente contêm apenas líquido extracelular. O diâmetro do túbulo de dentina diminui por deposição de dentina peritubular, que é diferente da dentina normal (dentina intertubular), porque é altamente mineralizada e destituída de matriz de colágeno. A dentina peritubular, portanto, pode ser identificada por microrradiografia (Fig. 30.23B). Com o tempo, ela pode preencher completamente o túbulo, um processo que dá origem à dentina translúcida que começa na porção apical da raiz.

A zona mais externa (10-20 µm) da dentina difere na coroa e na raiz. Na coroa, é chamada de dentina do manto e difere na orientação de suas fibras colágenas. Na raiz, a zona periférica apresenta uma camada granular – menos mineralizada – depois de uma camada hialina destituída de estrutura tubular que pode produzir uma boa adesão entre o cemento e a dentina.

A dentina é formada lentamente ao longo da vida e, por isso, existe sempre uma zona não mineralizada de pré-dentina na superfície da dentina mineralizada, adjacente à camada de odontoblastos na periferia da polpa. Alterações bioquímicas na matriz mineralizante podem colorir a pré-dentina de maneira diferente da matriz de dentina mineralizada. A linha pré-dentina-dentina é geralmente recortada, pois a dentina mineraliza tanto linearmente quanto em microscópicos agregados esféricos de cristais (calcosferitas). A dentina, assim como o esmalte, é depositada de maneira sucessiva e exibe linhas incrementais de curto e de longo prazos. As linhas de longo prazo são conhecidas como linhas de Andresen e na região mesioaxial apresentam uma distância de 20 µm: representam crescimento de cerca de 6-12 dias (Fig. 30.23C). Linhas incrementais diárias (linhas de von Ebner) no plano mesioaxial têm uma distância de 4 µm uma da outra; estão consideravelmente mais próximas umas das outras (1-2 µm de distância) na junção amelodentinária e na dentina da raiz. Quando a mineralização ultrapassa o nascimento (p. ex., todos os dentes decíduos e geralmente os primeiros molares permanentes), forma-se a linha neonatal da dentina, semelhante àquela observada no esmalte, que sinaliza uma mudança abrupta tanto no ambiente como na nutrição no momento do nascimento. Tal como acontece com o esmalte, os distúrbios no desenvolvimento da dentina irão apresentar-se como linhas acentuadas, comumente chamadas de linhas de contorno de Owen.

A formação da dentina primária prossegue a uma taxa constante, mas decrescente, com a conclusão primeiro da coroa e em seguida da raiz. Uma deposição lenta e intermitente de dentina (dentina secundária) continua ao longo da vida e reduz ainda mais o tamanho da cavidade pulpar; distingue-se da dentina primária pela redução e disposição aleatória dos túbulos dentinários dentro dela. A presença do processo do odontoblasto significa que a dentina é um tecido vivo e responde a estímulos externos adversos – como o avanço rápido de uma cárie, o desgaste excessivo ou a quebra do dente –, formando tratos mortos pobremente mineralizados, nos quais os odontoblastos da região afetada morrem e os túbulos permanecem vazios (dentina terciária). Um trato morto pode ser selado a partir da polpa por uma delgada zona de dentina esclerosada e da deposição da dentina irregular (terciária) por células pulpares recém-diferenciadas (Fig. 30.24).

Polpa dentária

A polpa dentária fornece o suporte nutritivo para a atividade de síntese da camada de odontoblastos. É formada por tecido conjuntivo frouxo, bem vascularizado, delimitado pela dentina e contínuo com o ligamento periodontal via forames apical e acessórios. Várias arteríolas de paredes delgadas entram pelo forame apical e correm longitudinalmente dentro da polpa até o extenso plexo subodontoblástico. A taxa de fluxo sanguíneo por unidade de volume do tecido é maior na polpa do que em outros tecidos da boca, e a pressão do líquido intersticial dentro da polpa parece ser incomumente elevada.

Assim como as células típicas de tecido conjuntivo, a polpa contém unicamente os corpos celulares dos odontoblastos, cujos longos processos

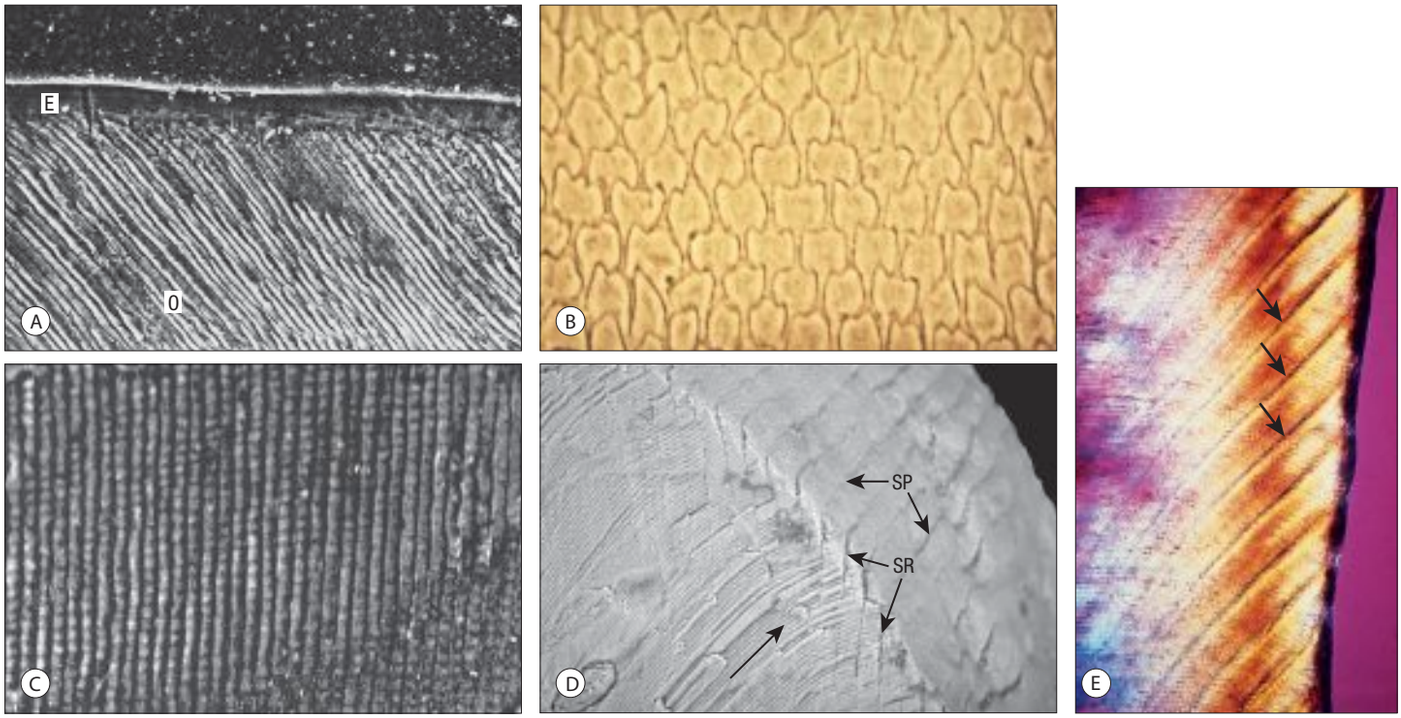


Fig. 30.22 Esmalte. **A,** Fotomicrografia eletrônica de varredura do esmalte externo que sofreu ataque ácido (O) mostrando os prismas do esmalte, com cerca de 5 μm de largura. Uma camada de esmalte aprismático (E) é evidente na superfície. **B,** Corte espesso transversal mostrando formato de buraco de fechadura (escama de peixe) dos prismas do esmalte (padrão 3). **C,** Corte espesso longitudinal visualizado através de contraste de fase mostrando prismas (linhas verticais) e estrias transversais (linhas horizontais). **D,** Micrografia eletrônica de varredura de baixa potência ilustrando a relação da direção do prisma do esmalte (flecha longa), estrias de Retzius (SR) e periquimata de superfície (SP). **E,** Corte espesso longitudinal mostrando estrias do esmalte (flechas). Observadas entre filtros polarizantes cruzados. (**A,** Por cortesia do Professor D Whittaker; **B,** com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby; **C,** com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3ª. ed. Edinburgh: Mosby; **D,** com permissão de Kelley J, Smith TM. Age at first emergence in early Miocene Afropithecus turkanensis and life-history evolution in the Hominóidea. Journal of Human Evolution 2003; 44:307-329; **E,** por cortesia do Dr A D Beynon.)

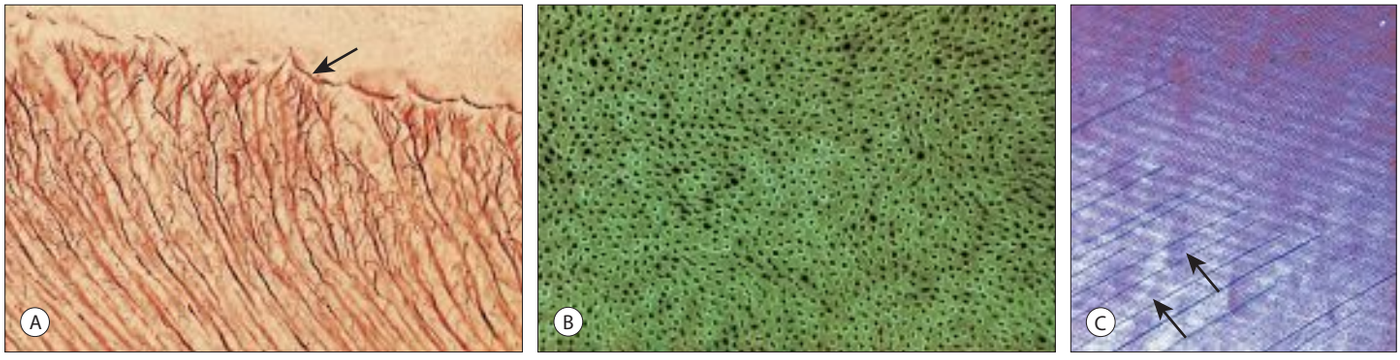


Fig. 30.23 Dentina. **A,** Corte espesso longitudinal mostrando ramificação dos túbulos de dentina perto da junção amelodentinária (flecha). **B,** Microrradiografia dos túbulos dentinários seccionados transversalmente circundados por zona mais radiopaca, portanto de dentina peritubular mais mineralizada. **C,** Corte espesso longitudinal visualizado em luz polarizada mostrando faixas alternadas, claras e escuras, representando linhas incrementais de longo prazo (linhas de Andresen). As bandas são orientadas aproximadamente na perpendicular, em direção aos túbulos da dentina (flechas). (Com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby.)

ocupam os túbulos dentinários. A polpa também tem células dendríticas apresentadoras de antígeno. Aproximadamente 60% de colágeno pulpar é do tipo I, e a maior parte do restante é do tipo III. Como a deposição de dentina aumenta com a idade, a polpa diminui até que toda a coroa possa ser removida sem acesso à polpa.

A polpa dentária é ricamente inervada por fibras nervosas simpáticas vasoconstritoras pós-ganglionares amielínicas provenientes do gânglio cervical superior, que entram juntamente com as arteríolas, e por fibras nervosas sensitivas mielinizadas (Aδ) e desmielinizadas (C) provenientes do gânglio trigeminal, que atravessam a polpa longitudinalmente e ramificam-se em um plexo (plexo de Raschkow) abaixo da camada de odontoblastos (Figs. 30.25, 30.26). Aí, qualquer fibra nervosa mielinizada perde as suas bainhas mielínicas e continua na camada de odontoblastos, e algumas fibras penetram nos túbulos da dentina, especialmente na região abaixo das cúspides. A estimulação da dentina, por meios térmicos, mecânicos ou osmóticos, evoca resposta à dor. Os nervos pulpares liberam inúmeros neuropeptídeos.

Cemento

O cemento é um tecido semelhante ao osso que cobre as raízes dentárias, com 50% de seu peso mineralizado (principalmente cristais de hidroxiapatita). No entanto, ao contrário do osso, o cemento é avascular e não possui nervos. O cemento geralmente recobre ligeiramente o esmalte, embora possa terminar na margem cervical; ocasionalmente, os dois tecidos podem não se encontrar, caso em que a dentina é exposta na boca. Se os túbulos dentinários expostos permanecerem abertos, os dentes podem se tornar sensíveis a estímulos, como água fria. Em dentes mais velhos, a raiz pode se tornar exposta na boca como consequência de desvio oclusal e recessão gengival, e o cemento frequentemente sofre abrasão por escovação dentária incorreta, expondo a dentina.

Assim como o osso, o cemento é perfurado por fibras de Sharpey, que representam os feixes de inserção de fibras colágenas do ligamento periodontal (fibras extrínsecas). Novas camadas de cemento são depositadas gradativamente ao longo da vida para compensar os movimentos dos dentes, incorporando novas fibras de Sharpey. Linhas incrementais estão

irregularmente espaçadas. O primeiro cemento a ser formado é delgado (até 200 µm), acelular e contém apenas fibras extrínsecas. O cemento formado posteriormente em direção ao ápice da raiz é produzido mais rapidamente e contém cementócitos situados em lacunas unidas pelos canalículos, que são direcionados principalmente para sua fonte de nutrientes no ligamento periodontal. Este cemento contém tanto fibras extrínsecas derivadas do ligamento periodontal como fibras intrínsecas de origem cementoblástica que se dispõem paralelamente à superfície. Ocorrem disposições variadas de camadas entre o cemento celular e o acelular. Com o avanço da idade, o cemento celular pode atingir uma espessura de um milímetro ou mais ao redor dos ápices e nas bifurcações das raízes, onde compensa a perda de esmalte pela abrasão. O cemento não é remodelado, mas pequenas áreas de reabsorção com evidências de reparo podem ser observadas.

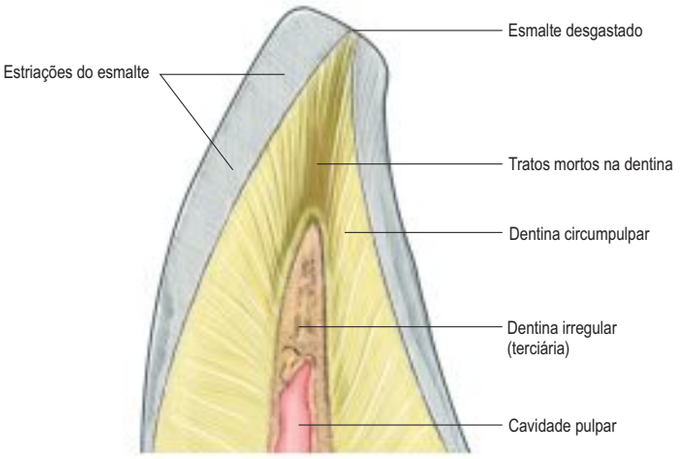


Fig. 30.24 Corte espesso longitudinal de um dente incisivo.

Anatomia forense dos dentes

Na medicina forense, evidências dentárias são valiosas na identificação de indivíduos, especialmente após desastres em massa, na estimativa da idade no momento da morte pelos restos mortais esqueletizados e para estabelecer condenação em casos de lesão criminal por mordedura.

Se os dentes tiverem sido restaurados, extraídos ou substituídos por uma dentadura, um indivíduo terá uma dentição praticamente exclusiva que pode ter sido registrada pelo dentista na forma de quadros, radiografias ou moldes de gesso. Os dentes são estruturas do corpo praticamente indestrutíveis e podem fornecer identificação quando a face fica irreconhecível devido a traumatismo ou fogo. Além disto, a cronologia do desenvolvimento da coroa, erupção e formação da raiz pode ser usada para estimar a idade até a completa formação do terceiro molar, por volta dos 21 anos de idade. Este método é aplicável mesmo em fetos, pois o peso do tecido mineralizado nos dentes está intimamente relacionado com a idade a partir de cerca de 22 semanas de gestação até o nascimento. O

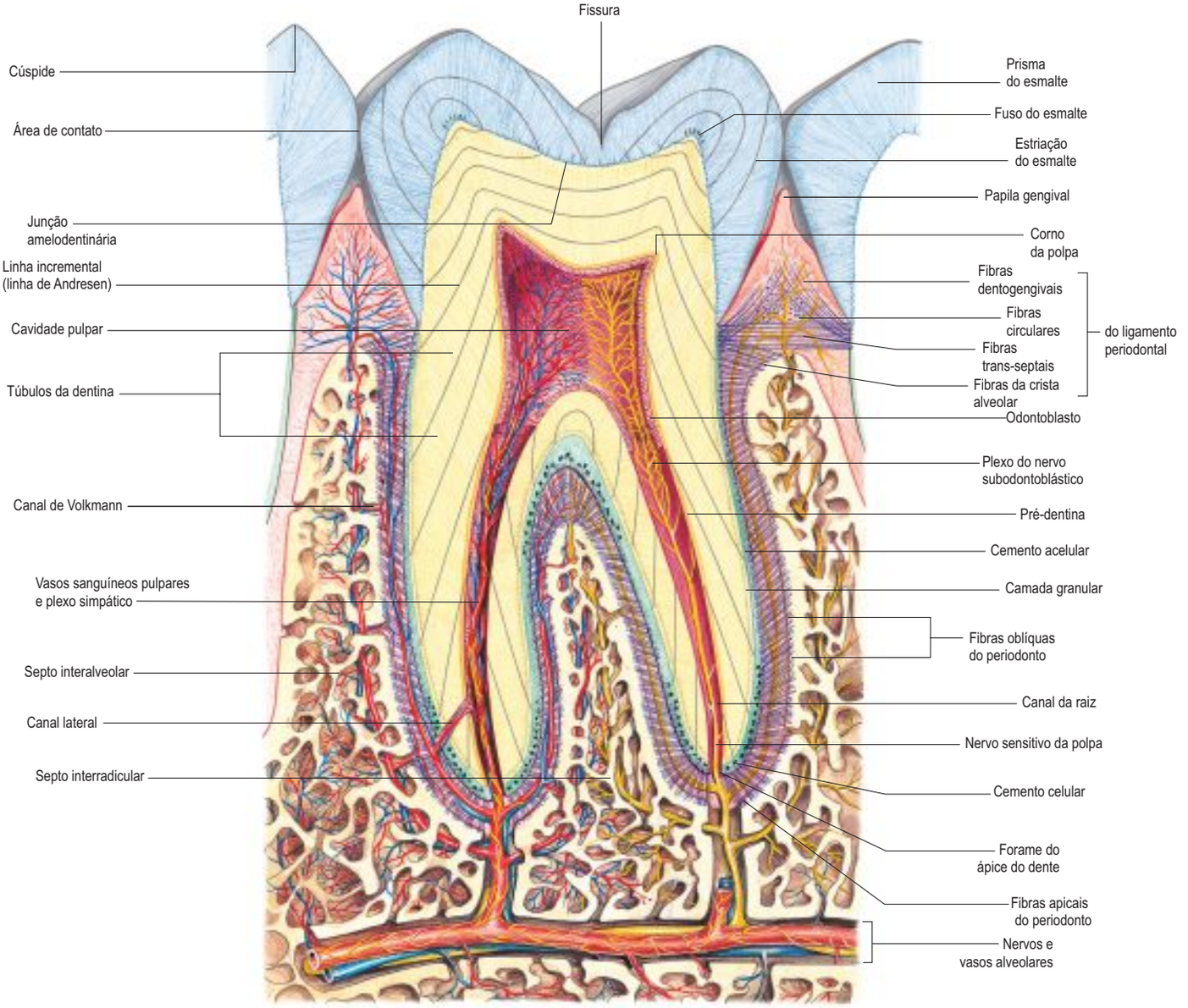


Fig. 30.25 Corte longitudinal de um dente e seus tecidos circundantes.

Fig. 30.26 Corte longitudinal desmineralizado de um dente corado com técnica de impregnação de prata. Observar o pequeno feixe de nervos dentro da polpa (no alto); um dos axônios finos deixa o feixe (A) e passa entre os odontoblastos (B), revestindo a superfície da pré-dentina (C).

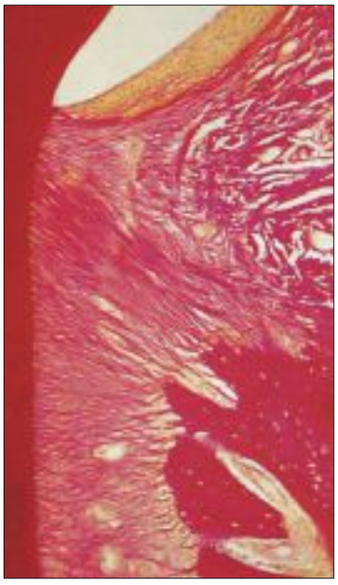


Fig. 30.27 Corte longitudinal descalcificado de um dente mostrando grupos de fibras de ligamento periodontal (fibras da crista alveolar e fibras horizontais) na região da crista alveolar. Corante de van Gieson. (Com permissão da Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby.)

tempo necessário para uma coroa se formar pode ser calculado a partir de cortes espessos com considerável precisão, contando o número de estriações cruzadas diárias a partir da linha neonatal. Para os dentes permanentes, o tempo que a coroa leva para se formar pode ser calculado através da contagem do número de estrias do esmalte, multiplicado pela periodicidade individual. A idade dos dentes adultos pode ser estimada a partir de fatores como desgaste da coroa, redução no tamanho da polpa e do aumento da espessura do cemento na metade apical da raiz. No entanto, talvez a única característica útil seja a quantidade de dentina translúcida na raiz, que é proporcional à idade. Essas estimativas possuem margem de erro de 5-7 anos da idade cronológica e são mais prováveis de estar mais perto da verdadeira idade do que estimativas derivadas de alterações do esqueleto ósseo.

Ligamento periodontal

As principais funções do ligamento periodontal são sustentar os dentes, gerar a força para erupção dentária e fornecer informações sensitivas sobre a posição do dente e para facilitar a atividade reflexa da mandíbula. O ligamento periodontal é um tecido conjuntivo fibroso denso de 0,2 mm de largura, que contém células associadas com o desenvolvimento e manutenção do osso alveolar (osteoblastos e osteoclastos) e do cemento (cementoblastos e odontoclastos). Ele também contém uma rede de células epiteliais (restos de células epiteliais de Malassez) que são remanescentes embriológicos de uma bainha radicular epitelial. Elas não têm qualquer função evidente, mas podem dar origem a cistos dentários.

A maioria das fibras colágenas do ligamento periodontal está disposta como feixes densos orientados de forma variada que ligam o osso alveolar ao cemento e que podem ajudar na resistência ao movimento em direções específicas (Fig. 30.27). Cerca de 80% do colágeno no ligamento periodontal é do tipo I, a maior parte do restante é do tipo III. A taxa de transformação do colágeno é provavelmente a mais alta de qualquer local do corpo, por questões que são ainda pouco claras. Um volume muito pequeno de fibras são oxitalânicas.

O ligamento periodontal tem ricos suprimentos nervoso e sanguíneo. Os nervos são tanto autônomos (para os vasos) como sensitivos (para dor e propriocepção). A maioria das terminações nervosas proprioceptivas parece ser semelhante às de Ruffini. Os vasos sanguíneos tendem a se direcionar para o lado do osso do ligamento periodontal e os capilares são fenestrados. A pressão do líquido intersticial parece ser elevada.

Osso alveolar

Essa é parte da maxila ou mandíbula que suporta e protege os dentes e é conhecida como osso alveolar. Um limite arbitrário na altura dos ápices da raiz dos dentes separa os processos alveolares do corpo da mandíbula ou da maxila (Fig. 30.28). Tal como o osso em outros locais, o osso alveolar funciona como um tecido de suporte mineralizado, promove inserção dos músculos, proporciona estrutura para a medula óssea e age como um reservatório de íons, principalmente cálcio. Depende da presença dos

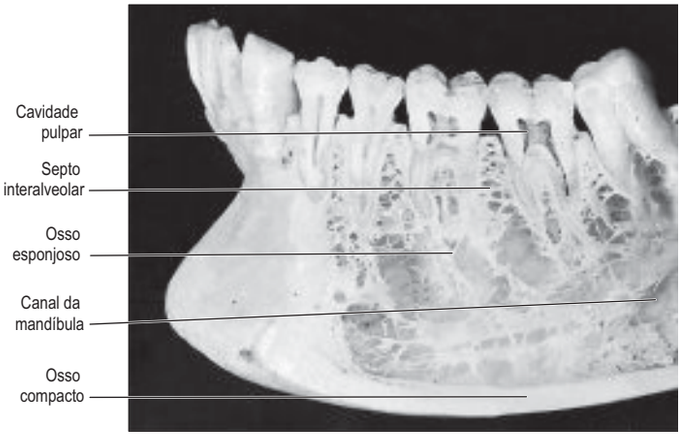


Fig. 30.28 Porção anterior do lado esquerdo da mandíbula, com a placa de osso superficial removida no lado vestibular evidenciando raízes de diversos dentes, sendo que alguns deles também foram seccionados verticalmente. Observar a placa cortical de osso compacto que reveste os alvéolos dos dentes (a lâmina dura das radiografias: Fig. 30.30) e a placa plana de osso cobrindo o septo ósseo interalveolar. Nesta amostra, o canal da mandíbula é amplamente separado das raízes dos dentes, uma condição variável.

dentes para o seu desenvolvimento e manutenção, e requer estímulos funcionais para manter a massa óssea. Quando os dentes são congenitamente ausentes, como na anodontia, este osso é pouco desenvolvido, e atrofia-se após extração dentária, que pode causar dificuldades na reabilitação de pacientes com próteses dentárias.

A porção alveolar de sustentação do dente superior consiste em placas alveolares externas e internas. Os alvéolos individuais são separados por placas ósseas denominadas septos interalveolares, enquanto as raízes dos dentes com múltiplas raízes são divididas por septos inter-radiculares. A camada de osso compacto que reveste o alvéolo do dente é chamada de placa cribriforme, em razão da presença de canais vasculares (de Volkmann) que seguem do osso alveolar para o ligamento periodontal, ou osso fascicular, pois inúmeros feixes de fibras de Sharpey seguem para ele a partir do ligamento periodontal (Fig. 30.29).

Nas radiografias clínicas, o osso que reveste os alvéolos comumente aparece como uma linha branca contínua densa de cerca de 0,5-1 mm de espessura, a lâmina dura (Fig. 30.30). No entanto, esta aparência dá uma impressão enganosa da densidade do osso alveolar: o feixe de raios X passa tangencialmente através da parede do alvéolo dental e, portanto, a radiopacidade da lâmina dura é indicação da quantidade de osso que o feixe de raio atravessou, e não do grau de mineralização do osso. Esta sobreposição também obscurece os canais de Volkmann. As infecções crônicas da polpa dentária disseminam-se para o ligamento periodontal, o que leva à reabsorção da lâmina dura ao redor do ápice da raiz do dente. A presença da lâmina dura contínua ao redor do ápice da raiz do dente em geral indica região apical saudável (exceto em infecções agudas onde a reabsorção do osso ainda não começou).

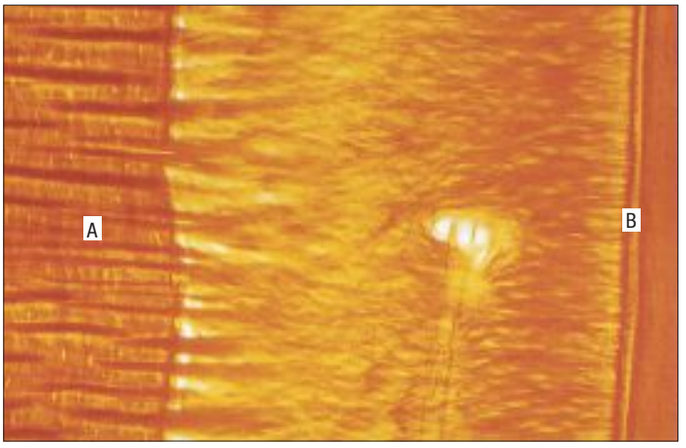


Fig. 30.29 Corte descalcificado da raiz de um dente mostrando as fibras de Sharpey saindo do ligamento periodontal, que penetra no osso alveolar (A). Observa-se que as fibras de Sharpey no osso são mais espessas, mas menos numerosas do que aquelas que penetram no cemento (B) sobre a superfície dentária. Corante de van Gieson. (Com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby.)

Fig. 30.30 Radiografia interproximal (*bite-wing*) dos dentes e osso circundante. Observar as diferentes radiopacidades do esmalte e dentina. Em um dente hígido, como o primeiro molar ilustrado aqui, a lâmina dura está completa e aparece como uma linha radiopaca. No caso do segundo molar adjacente em que grande parte da coroa foi perdida em decorrência de cárie dentária, formou-se um abscesso no ápice do dente e, consequentemente, a lâmina dura perdeu sua continuidade. (Cortesia de Nadine White.)

Na face vestibular dos dentes superiores, as duas placas corticais geralmente se fundem e há muito pouco osso trabecular entre elas, exceto quando a placa de osso vestibular se espessa sobre os molares próximo da raiz do arco zigomático. É mais fácil e mais conveniente extrair os dentes superiores e inferiores através da luxação do alvéolo dental em direção vestibular, devido à menor espessura desta placa. Anteriormente à mandíbula, as placas labial e lingual são delgadas, mas na região molar a placa bucal é espessa, devido à presença da linha oblíqua externa. Próximo do terceiro molar inferior, a placa de osso lingual é muito mais delgada do que a vestibular e é importante notar que o nervo lingual é facilmente lesionado por falhas na técnica.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DOS DENTES E ESTRUTURAS DE SUPORTE

As principais artérias dos dentes e suas estruturas de suporte têm origem na artéria maxilar, um dos dois ramos terminais da artéria carótida externa. Os dentes superiores são irrigados pelos ramos das artérias alveolares superiores e os dentes inferiores por ramos da artéria alveolar inferior.

Artérias alveolares superiores

A maxila é irrigada pelas artérias alveolares superiores posterior, média e anterior. A artéria alveolar superior posterior geralmente se origina da terceira parte da artéria maxilar na fossa pterigopalatina. Ela desce sobre a face infratemporal da maxila e divide-se em ramos que penetram nos canais alveolares, irrigando os dentes molares e pré-molares, osso adjacente e seio maxilar; outros ramos continuam sobre o processo alveolar, irrigando a gengiva. As artérias alveolares superiores média e anterior são ramos da artéria infraorbital.

A artéria infraorbital frequentemente se origina com a artéria alveolar superior posterior. Ela penetra na órbita posteriormente através da fissura orbital inferior e percorre o sulco e o canal infraorbitais com o nervo infraorbital. Quando a pequena artéria alveolar superior média está presente, ela segue pela parede lateral do seio maxilar e anastomosa-se com as artérias alveolares superiores anterior e posterior, terminando próximo do dente canino. A artéria alveolar superior anterior curva-se através do canal sinuoso, irrigando os incisivos e caninos superiores e a túnica mucosa do seio maxilar. O canal sinuoso desvia-se lateralmente a partir do canal infraorbital e inferomedialmente pela parede do seio maxilar, seguindo anteriormente até a margem da incisura nasal, entre os alvéolos dos dentes incisivos e caninos e a cavidade nasal. Termina próximo do septo nasal, onde emerge seu ramo terminal. Este canal pode ter até 55 mm de comprimento.

Artéria alveolar inferior

A artéria alveolar inferior, ramo da artéria maxilar, desce pela fossa infratemporal, posterior ao nervo alveolar inferior. Aqui, ela situa-se entre o osso lateralmente e o ligamento esfenomandibular medialmente. Antes de entrar no forame da mandíbula, dá origem a um ramo milo-hióideo, que perfura o ligamento esfenomandibular, descendo com o nervo milo-hióideo no seu sulco na face interna do ramo da mandíbula. O ramo milo-hióideo ramifica-se superficialmente sobre o músculo e anastomosa-se com o ramo submentual da artéria facial. A artéria alveolar inferior, em seguida, percorre o canal da mandíbula com o nervo alveolar inferior, irrigando os molares e pré-molares inferiores, e divide-se nos ramos incisivo e mentual, próximo do primeiro pré-molar.

O ramo incisivo continua abaixo dos incisivos (que ele irriga) até a linha mediana, onde se anastomosa com o seu homólogo, embora poucos vasos anastomóticos cruzem a linha mediana. No canal, as artérias irrigam a mandíbula, os alvéolos dentais e dentes através dos ramos que penetram no minúsculo orifício no ápice de cada raiz, irrigando a polpa. A artéria mentual deixa o forame mentual, irriga o mento e anastomosa-se com as artérias submentual e labial inferior. Próximo à sua origem, a artéria alveolar inferior tem um ramo lingual, que desce com o nervo lingual irrigando a túnica mucosa lingual. O padrão de ramificação da artéria alveolar inferior reflete aquele do nervo de mesmo nome.

Suprimento arterial dos ligamentos periodontais

Os ligamentos periodontais que suportam os dentes são irrigados pelos ramos dentais das artérias alveolares. O ramo entra no alvéolo apicalmente e manda dois ou três pequenos ramos para a polpa do dente, através do forame do ápice do dente, e outros ramos para o ligamento periodontal. Os ramos peridentais sobem pelo septo interalveolar, enviando ramos perpendicularmente ao ligamento periodontal, e terminam se unindo com ramos gengivais que também irrigam a porção cervical do ligamento. O ligamento periodontal, portanto, recebe sangue a partir de três fontes: a partir da região apical, de ramos peridentais ascendentes e de ramos descendentes provenientes das gengivas. Estes vasos anastomosam uns aos outros, o que significa que, quando a polpa de um dente é removida durante o tratamento endodôntico, os tecidos de fixação do dente continuam vitais.

Drenagem venosa dos dentes

As veias que acompanham as artérias alveolares superiores drenam a maxila e dentes em direção à veia facial, anteriormente, ou para o plexo venoso pterigoide, posteriormente. As veias da mandíbula e dentes inferiores unem-se em vasos maiores nos septos interalveolares ou em plexos ao redor dos ápices das raízes e daí para as várias veias alveolares inferiores. Algumas destas veias drenam pelo forame mentual até a veia facial; outras passam pelo forame da mandíbula para o plexo venoso pterigoide.

Drenagem linfática dos dentes

Os vasos linfáticos dos dentes em geral correm diretamente para os linfonodos submandibulares ipsilaterais. A linfa dos incisivos inferiores, no entanto, drena para os linfonodos submentuais. Ocasionalmente, a linfa

Tabela 30.2 Suprimento nervoso para dentes e gengivas

Maxila	Nervo nasopalatino	Nervo palatino maior		Gengivas palatais
	Nervo alveolar superior anterior	Nervo alveolar superior médio	Nervo alveolar superior posterior	Dentes
	Nervo infraorbital	Nervo alveolar superior posterior e nervo bucal		Gengivas bucais
	1 2 3 4 5 6 7 8			Posição do dente
Mandíbula	Nervo mentual	Nervo bucal e ramos perfurantes do nervo alveolar inferior		Gengivas bucais
	Nervo incisivo	Nervo alveolar inferior		Dentes
	Nervo lingual e ramos perfurantes do nervo alveolar inferior			Gengivas linguais

(Com permissão de Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3ª. ed. Edinburgh: Mosby.)

dos molares pode passar diretamente para o grupo de linfonodos jugulodigástrico.

INERVAÇÃO DOS DENTES

A inervação regional dos dentes e gengivas é mostrada na Tabela 30.2. Os dentes superiores são inervados pelos nervos alveolares superiores, enquanto os inferiores são inervados pelo nervo alveolar inferior.

Nervos alveolares superiores

Os dentes superiores são inervados pelos três nervos alveolares superiores (dentários) que se originam a partir do nervo maxilar na fossa pterigopalatina ou no sulco e no canal infraorbitais. O nervo alveolar superior posterior deixa o nervo maxilar na fossa pterigopalatina e corre anteroinferiormente perfurando a face infratemporal da maxila, ponto onde é possível realizar um bloqueio anestésico local que anestesiará as polpas dos dentes pré-molar e molar ipsilaterais, descendo sob a túnica mucosa do seio maxilar. Depois de inervar o revestimento do seio, o nervo divide-se em pequenos ramos que se unem como a porção molar do plexo alveolar superior, fornecendo pequenos ramos para os dentes molares. Ele também fornece um ramo para a gengiva superior e a parte adjacente da bochecha.

O nervo alveolar (dentário) superior médio origina-se a partir do nervo infraorbital à medida que percorre o sulco infraorbial, e corre para baixo e em frente na parede lateral do seio maxilar. Termina em pequenos ramos que se unem ao plexo dental superior, fornecendo pequenos ramos para os dentes pré-molares superiores. Este nervo é variável, podendo ser duplicado ou triplicado, ou até mesmo ausente.

O nervo alveolar superior anterior origina-se da face lateral do nervo infraorbital, próximo do ponto médio do seu canal, e atravessa o canal sinuoso na parede anterior do seio maxilar. Curva-se primeiro sob o forame infraorbital, em seguida passa medialmente em direção ao nariz e, finalmente, curva-se para baixo e divide-se em ramos para inervar os dentes incisivos e caninos. Ele auxilia na formação do plexo dentário superior e origina um ramo nasal, que passa por um diminuto canal na parede lateral do meato inferior, inervando a túnica mucosa da região anterior da parede lateral até a abertura do seio maxilar, e o assoalho da cavidade do nariz. Comunica-se com os ramos nasais do gânglio pterigopalatino e, finalmente, emerge próximo da raiz da espinha nasal anterior, inervando a parte adjacente do septo do nariz.

Nervo alveolar inferior

O curso do nervo alveolar inferior na fossa infratemporal é descrito no Capítulo 31. Imediatamente antes de entrar no canal da mandíbula, o nervo alveolar inferior origina um pequeno ramo milo-hióideo que perfura o ligamento esfenomandibular e desce em um sulco raso sobre a superfície medial da mandíbula, seguindo um curso quase paralelo a seu nervo de origem. Ele passa abaixo da origem do músculo milo-hióideo, repousando sobre sua face superficial, entre o mesmo e o ventre anterior do músculo digástrico, sendo que inerva ambos. Dá origem a alguns filamentos inervando a pele sobre a ponta do mento.

No canal da mandíbula, o nervo alveolar inferior corre para baixo e para a frente, geralmente abaixo dos ápices das raízes dos dentes até abaixo do primeiro e segundo pré-molares, onde se divide em ramos incisivo e mentual. O ramo incisivo continua em frente em um canal ósseo ou em um arranjo plexiforme, dando origem a ramos para o primeiro pré-molar, caninos e incisivos, e para as gengivas labiais associadas. Os dentes incisivos centrais inferiores recebem inervação bilateral, provavelmente de fibras que cruzam a linha mediana no periósteo, reentrando no osso através de inúmeros canais na placa cortical labial.

O nervo mentual segue para cima, para trás e para fora, emergindo na mandíbula, através do forame mentual, entre os ápices dos dentes pré-molares. Imediatamente, divide-se em três ramos, dois dos quais seguem para cima e para a frente formando o plexo incisivo labial para os dentes, inervando a gengiva (e provavelmente o periósteo). A partir deste plexo e dos ramos dentais, as fibras curvam-se para baixo e depois lingualmente, emergindo sobre a face interna da mandíbula, na face posterior da sínfise ou opostas aos dentes pré-molares, provavelmente se unindo aos nervos lingual ou milo-hióideo. O terceiro ramo do nervo mentual passa pelas fibras entremeadas dos músculos depressor do ângulo da boca e platisma, inervando a pele do lábio inferior e mento. Ramos do nervo mentual também se comunicam com os filamentos terminais do ramo mandibular do nervo facial.

Variações na organização fascicular do nervo alveolar inferior são clinicamente importantes quando se extraem os terceiros molares impactados. O nervo pode aparecer como um único feixe localizado a poucos milímetros abaixo das raízes dos dentes, ou pode situar-se muito mais baixo, quase chegando à margem inferior do osso, de modo que dá origem a um número variável de grandes ramos que seguem anterossuperiormente em direção às raízes antes de se dividir para inervar os dentes e septos interalveolares. Apenas raramente é plexiforme. O nervo pode situar-se no lado lingual ou vestibular da mandíbula (ligeiramente mais comum na face vestibular). Mesmo quando o terceiro molar está em posição normal, o nervo pode estar tão intimamente relacionado a ele que sulca sua raiz. Excepcionalmente, o nervo pode ser igualmente relacionado com o segundo molar.

Os nervos podem sair do corpo do osso temporal chegando à mandíbula pela fossa retromolar ou cabeça da mandíbula, onde se unem com ramos do nervo alveolar inferior. Os forames ocorrem em cerca de 10% das fossas retromolares e infiltração de anestésico local nesta região pode suprimir a sensibilidade que, por vezes, permanece após o bloqueio anestésico do nervo alveolar inferior. Da mesma maneira, ramos dos nervos bucal, milo-hióideo e lingual podem penetrar na mandíbula e promover outras vias de transmissão sensitiva a partir dos dentes. Assim, mesmo quando o nervo alveolar inferior for corretamente anestesiado, o paciente ainda pode sentir dor quando submetido à preparação do dente em processos cariosos.

Sensação de dor nos dentes

Os dentes são inervados por nociceptores que promovem a sensação de dor de uma maneira muito intensa. O mecanismo subjacente a esta sensibilidade tem considerável importância clínica e é controverso. Atualmente, a hipótese mais amplamente aceita é a de que o movimento de líquidos dentro dos túbulos da dentina estimula as terminações nervosas na periferia da polpa dentária (hipótese hidrodinâmica).

Analgesia local

É tecnicamente possível atingir anestesia regional profunda depositando solução anestésica local adjacente aos troncos do nervo trigêmeo ou de seus ramos na fossa infratemporal. Estas injeções podem ser realizadas transoralmente – bloqueio do nervo alveolar superior posterior, bloqueio do nervo maxilar, bloqueio do nervo alveolar inferior, bloqueio do nervo lingual e bloqueio do nervo mandibular – ou, mais raramente, por uma via externa através da pele da face – bloqueio do nervo maxilar , bloqueio do nervo alveolar inferior e bloqueio do nervo mandibular.

No caso da mandíbula, os dentes anteriores podem ser anestesiados por técnicas de difusão simples, pois o osso é relativamente delgado. No entanto, elas não são adequadas para os molares devido ao aumento da espessura do osso. Neste caso, o nervo alveolar inferior tem de ser anestesiado antes da sua entrada no canal da mandíbula. A agulha deve ser posicionada no interior do espaço pterigomandibular para obter um bloqueio do nervo alveolar inferior bem sucedido. O nervo lingual em geral também é bloqueado, uma vez que se localiza próximo ao nervo alveolar inferior. Devido a outras estruturas dentro da fossa infratemporal, é de vital importância que o operador tenha um conhecimento detalhado da anatomia desta região para compreender e, assim, tentar evitar as complicações que podem surgir. Qualquer lesão aos vasos sanguíneos na fossa infratemporal, geralmente o plexo venoso pterigoide, pode levar à formação de hematoma. Em casos extremos, o sangramento pode fazer o trajeto da fissura orbital inferior, resultando em um hematoma retrobulbar,

podendo resultar na perda da acuidade visual ou cegueira. A injeção intravascular de solução de anestésico local (que geralmente contém adrenalina [epinefrina]) pode ter efeitos sistêmicos profundos e, por isso, sempre se utiliza uma seringa de aspiração para verificar se a agulha não penetrou em um vaso antes da injeção (vasos nesta área que teoricamente poderão ser penetrados incluem as artérias maxilares e carótida interna). Se a agulha for direcionada muito medialmente, pode entrar no músculo pterigóideo medial; ao passo que, se direcionada muito lateralmente, pode penetrar no músculo temporal. Em qualquer caso, haverá falta de anestesia seguida mais tarde por trismo. Se a agulha for direcionada muito profundamente, a solução anestésica pode causar uma paralisia temporária do nervo facial, devido à perda da condução do nervo facial na região da glândula parótida.

GLÂNDULAS SALIVARES

As glândulas salivares são glândulas exócrinas compostas e tubuloacinares cujos ductos se abrem na cavidade oral. Elas secretam a saliva, líquido que lubrifica os alimentos para ajudar na deglutição, umidifica a mucosa oral, é importante para a fala, fornece o solvente aquoso necessário para a gustação e é um selante líquido para sucção e amamentação. Elas também secretam enzimas digestivas, como a amilase salivar, e agentes antimicrobianos, como a imunoglobulina A (IgA), lactoferrina e lisozima. Nas condições em que há diminuição significativa na produção de saliva (xerostomia), podem ocorrer inflamação periodontal e cáries dentais. Uma ilustração da posição das glândulas salivares maiores e seus ductos é mostrada na Figura 30.31.

As glândulas salivares maiores são as glândulas parótidas, submandibular e sublinguais. Além disso, existem inúmeras glândulas salivares menores espalhadas por toda a túnica mucosa e submucosa oral.

Aproximadamente 0,5 L de saliva é secretado por dia. As taxas de fluxo salivar são tipicamente de 0,3 mL/min, quando não estimuladas, e aumentam para 1,5-2 mL/min quando estimuladas. A taxa de fluxo é insignificante durante o sono. No estado não estimulado, a glândula parótida contribui com 20%, a glândula submandibular com 65% e as glândulas sublinguais e salivares menores com 15% da produção diária de saliva. Quando estimulada, a contribuição da parótida sobe para 50%.

GLÂNDULA PARÓTIDA

A glândula parótida é a maior glândula salivar. É quase totalmente serosa. O ducto parotídeo atravessa a bochecha e abre-se na boca no lado oposto ao segundo molar superior permanente. A glândula parótida está situada anteriormente à orelha externa, sendo descrita em detalhes nas suas relações com a face (Cap. 29).

GLÂNDULAS SUBMANDIBULARES

A glândula submandibular tem formato irregular e o tamanho de uma noz. É constituída por uma parte superficial maior e uma parte profunda menor, contínuas entre si ao redor da margem posterior do músculo milo-hióideo. É uma glândula seromucosa (mas predominantemente serosa).

Parte superficial da glândula submandibular

A parte superficial da glândula está situada no triângulo digástrico, estendendo-se à frente do ventre anterior do músculo digástrico, voltando em direção ao ligamento estilomandibular, que a separa da glândula parótida. Acima, estende-se medialmente ao corpo da mandíbula. Abaixo, em geral recobre o tendão intermédio do músculo digástrico e a inserção do músculo estilo-hióideo. Esta parte da glândula submandibular apresenta faces inferior, lateral e medial, e é parcialmente envolta entre duas camadas da fáscia cervical profunda, que se estende desde o corno maior do osso hioide. A camada superficial é ligada à margem inferior da mandíbula e cobre a face inferior da glândula. A camada profunda é ligada à linha milo-hióidea, na face interna da mandíbula, cobrindo a face medial da glândula.

A face inferior, recoberta por pele, músculo platisma e fáscia profunda, é cruzada pela veia facial e o ramo cervical do nervo facial. Próximo da mandíbula, os linfonodos submandibulares estão em contato com a glândula e alguns podem estar incrustados em seu corpo.

A face lateral está relacionada com a fossa submandibular sobre a face interna do corpo da mandíbula e da inserção mandibular do músculo pterigóideo medial. A artéria facial sulca sua parte posterossuperior, situando-se primeiramente profunda à glândula e, em seguida, emerge entre a sua face lateral e a inserção mandibular do músculo pterigóideo medial, alcançando a margem inferior da mandíbula.

A face medial está relacionada anteriormente ao músculo milo-hióideo, do qual está separada pelo nervo e vasos milo-hióideos e ramos dos vasos submentuais. Mais posteriormente, ela está relacionada com o músculo estiloglosso, ligamento estilo-hióideo e nervo glossofaríngeo, que a separa da faringe. Na sua parte intermediária, a face medial está relacionada com o músculo hioglosso, do qual é separada por músculo estiloglosso, nervo lingual, gânglio submandibular, nervo hipoglosso e

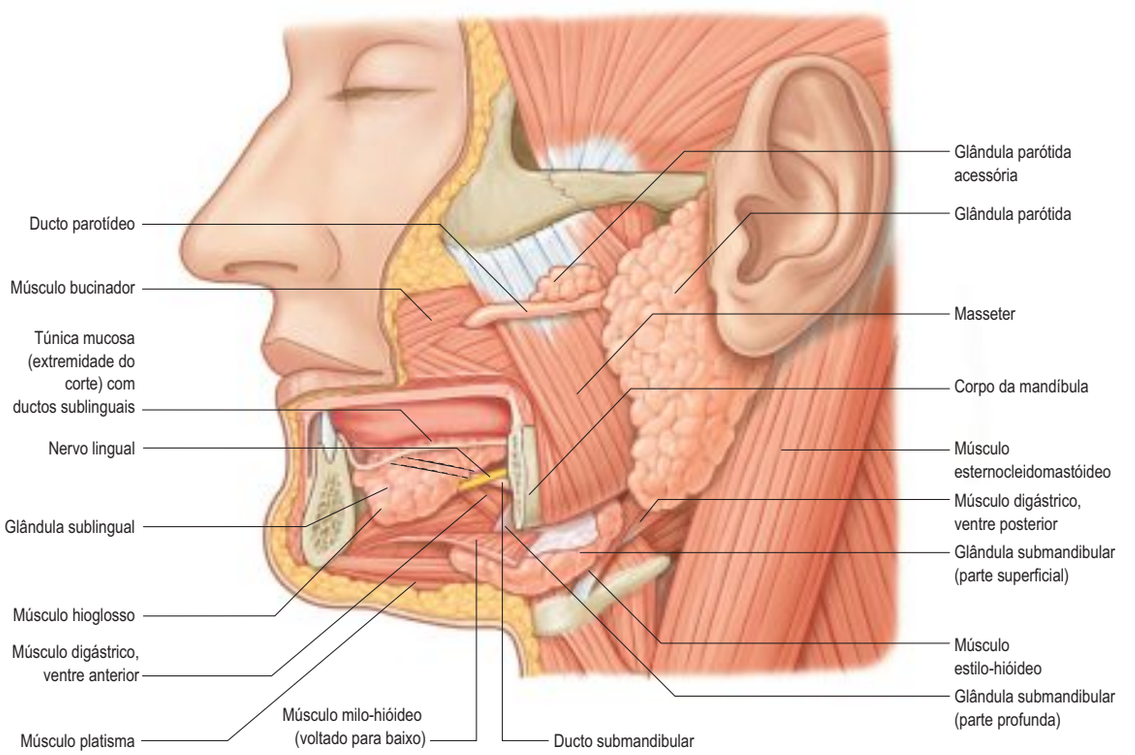


Fig. 30.31 Glândulas salivares do lado esquerdo. A região craniana da parte superficial da glândula submandibular foi removida e o músculo milo-hióideo foi cortado e virado para expor a porção da parte profunda da glândula.

veia profunda da língua (sequencialmente de cima para baixo). Abaixo, a face medial está relacionada com o músculo estilo-hióideo e o ventre posterior do músculo digástrico.

Parte profunda da glândula submandibular

A parte profunda da glândula estende-se para a frente até a extremidade posterior da glândula sublingual. Situa-se entre o músculo milo-hióideo inferolateralmente, músculos hioglosso e estiloglosso medialmente, nervo lingual superiormente, e nervo hipoglosso e veia profunda da língua inferiormente (Fig. 30.10).

Suprimento vascular e drenagem linfática

As artérias que irrigam a glândula são ramos das artérias facial e lingual. Os vasos linfáticos drenam para o grupo de linfonodos cervicais profundos (particularmente o linfonodo jugulo-omo-hióideo), interrompido pelos linfonodos submandibulares.

Inervação

A inervação secretomotora da glândula submandibular é proveniente do gânglio submandibular, que é um pequeno corpo fusiforme situado na parte superior do músculo hioglosso. Existem células ganglionares adicionais no hilo da glândula. Tal como os gânglios ciliar, pterigopalatino e ótico, o submandibular é um gânglio parassimpático periférico. É superior à parte profunda da glândula submandibular e inferior ao nervo lingual, e suspenso do nervo lingual por filamentos anterior e posterior. Embora relacionado com o nervo lingual, o gânglio é funcionalmente unido ao nervo facial e à corda do tímpano.

Tal como acontece com os outros gânglios parassimpáticos cranianos, existem três raízes associadas ao gânglio submandibular. A raiz parassimpática motora é o filamento posterior que se une ao nervo lingual. Ele conduz fibras pré-ganglionares provenientes do núcleo salivatório superior que trafega por nervo facial, corda do tímpano e nervo lingual até o gânglio, onde fazem sinapse. As fibras pós-ganglionares são secretomotoras para as glândulas salivares submandibulares e sublinguais. Algumas fibras também podem alcançar a glândula parótida. A raiz simpática é derivada do plexo na artéria facial, sendo constituída por fibras pós-ganglionares provenientes do gânglio cervical superior que passam pelo gânglio submandibular sem fazer sinapse. Elas são vasomotoras para os vasos sanguíneos das glândulas submandibulares e sublinguais. Cinco ou seis ramos do gânglio inervam a glândula submandibular e seu ducto. Outras fibras passam através do filamento anterior que liga a glândula submandibular ao nervo lingual e são transportadas para as glândulas sublingual e lingual anterior. As fibras sensitivas são provenientes do nervo lingual.

Ducto submandibular

O ducto submandibular geralmente tem 5 cm de comprimento e possui paredes mais finas do que o ducto parotídeo. Ele inicia-se a partir de inúmeras tributárias na parte superficial da glândula e emerge a partir da face medial desta parte, atrás da margem posterior do músculo milo-hióideo. Ele atravessa a parte profunda da glândula, em seguida curva-se primeiramente para cima e ligeiramente para trás por cerca de 5 mm, sendo que esta curva acentuada ao longo da margem livre do músculo milo-hióideo é conhecida como genículo do ducto. Depois, segue para a frente entre os músculos milo-hióideo e hioglosso, passando entre a glândula sublingual e o músculo genioglosso, abrindo-se no assoalho da boca sobre o ápice da carúncula sublingual, ao lado do frênulo da língua (Figs. 30.4, 30.10). No músculo hioglosso, situa-se entre os nervos lingual e hipoglosso, mas, na margem anterior do músculo, é cruzado lateralmente pelo nervo lingual, cujos ramos terminais sobem ao seu lado medialmente. À medida que o ducto atravessa a parte profunda da glândula, ele recebe pequenas tributárias que drenam esta parte da glândula. Anteriormente, sugeria-se que o genículo do ducto predispunha estase da saliva e, assim, facilitava a formação de cálculos salivares (sialolite), mas isso ainda é um pouco controverso e em grande parte não comprovado.

Tal como a glândula parótida, o sistema de ductos da glândula submandibular pode ser visualizado por sialografia (Fig. 30.32).

GLÂNDULA SUBLINGUAL

A glândula sublingual é a menor das principais glândulas salivares: cada glândula é estreita, achatada e tem formato de amêndoa, pesando cerca de 4 g. A glândula sublingual situa-se sobre o músculo milo-hióideo e é coberta pela túnica mucosa do assoalho da boca, que é elevada como uma prega sublingual (Fig. 30.4). A extremidade da glândula sublingual contralateral situa-se anteriormente e a parte profunda da glândula submandibular situa-se posteriormente. A porção da mandíbula acima da parte anterior da linha milo-hióidea é a fossa sublingual lateral e o músculo genioglosso medial é separado da glândula pelo nervo lingual e pelo ducto submandibular.

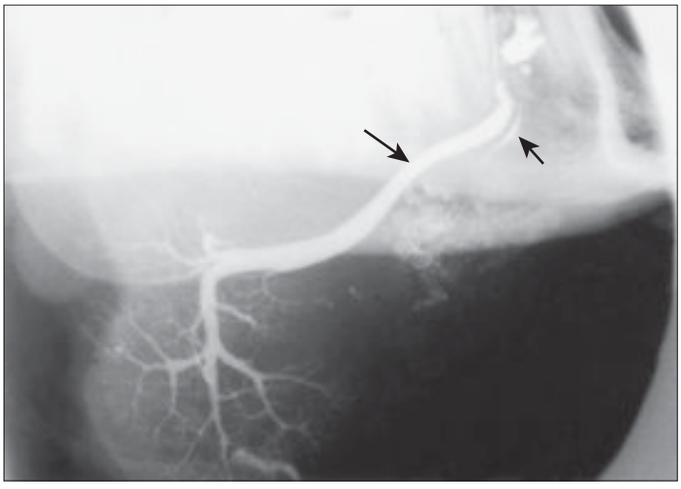


Fig. 30.32 Sialografia mostrando um ducto submandibular normal (flecha longa). Excepcionalmente, um ducto sublingual é também observado (flecha curta). (Cortesia de Dr N. Drage.)

As glândulas sublinguais são seromucosas, mas predominantemente mucosas.

Suprimento vascular, inervação e drenagem linfática

O suprimento arterial origina-se na artéria sublingual, ramos da artéria lingual e ramo submentual da artéria facial. A inervação é feita pelo gânglio submandibular. A drenagem linfática vai para os linfonodos submentuais.

Ductos sublinguais

A glândula sublingual tem 8-20 ductos excretores (Fig. 30.10). Os ductos sublinguais menores abrem-se, em geral separadamente, a partir da parte posterior da glândula, no ápice da carúncula sublingual (alguns abrem, algumas vezes, no ducto submandibular). Pequenos ramos da parte anterior da glândula por vezes formam um ducto sublingual principal (ducto de Bartholin), que se abre com, ou perto do orifício do ducto submandibular. Este ducto pode ser ocasionalmente visualizado em uma sialografia submandibular (Fig. 30.32).

Rânula

Se os ductos que drenam qualquer glândula salivar são obstruídos, a glândula em si corre o risco de desenvolver um cisto de retenção em que as secreções retidas dilatam a própria glândula como um balão. Esse fenômeno é observado principalmente nas glândulas salivares menores que revestem os lábios e a cavidade oral, sendo conhecido como mucocele. Traumatismo, como a persistente mordedura do lábio, resulta na cicatrização da túnica mucosa oral de revestimento e obstrução dos pequenos ductos de drenagem. Quando o trauma ocorre no assoalho da boca e obstrui o ducto de drenagem da glândula sublingual, o cisto de retenção resultante é conhecido como rânula. (Rânula é derivado do latim *rana*, que significa rã, e é utilizado aqui porque se diz que o edema cístico tenso assemelha-se à garganta uma rã coaxando.)

Uma rânula geralmente se apresenta como um grande edema tenso azulado, localizado anteriormente no assoalho da boca, lateralmente à linha mediana, com frequência deslocando a língua. Ocasionalmente, o cisto de retenção em desenvolvimento hernia-se através de uma deiscência da linha mediana, onde os dois músculos milo-hióideos falham em se unir na linha mediana anteriormente, de modo que a rânula pode se apresentar como um edema submentual ou como uma combinação de edema submentual e do assoalho da boca, uma rânula. O tratamento de uma rânula é a excisão da glândula sublingual responsável.

GLÂNDULAS SALIVARES MENORES

As glândulas salivares menores incluem as glândulas labial, bucal, palatoglossal, palatal e lingual. As glândulas labiais e bucais contêm elementos mucosos e serosos. As glândulas palatoglossais são glândulas mucosas e estão localizadas ao redor do istmo das fauces. As glândulas palatais são mucosas e estão presentes nos palatos duro e mole. As glândulas anteriores e posteriores da língua são principalmente mucosas. As glândulas anteriores da língua estão incrustadas no músculo próximo da superfície ventral da língua e abrem-se por meio de quatro ou cinco ductos perto do frênulo lingual; as glândulas posteriores da língua estão localizadas na raiz da língua. As glândulas posteriores da língua, mais profundas, são predominantemente serosas. As glândulas serosas (de von Ebner) ocorrem ao redor das papilas circunvaladas, sua secreção é aquosa e elas provavelmente ajudam na gustação ao distribuir os estímulos gustatórios sobre os calículos gustatórios e, em seguida, remover estes estímulos lavando-os.

MICROESTRUTURA

As glândulas salivares têm numerosos lobos compostos de lóbulos menores separados por tecido conjuntivo denso, contínuo com a cápsula da glândula, e contêm ductos excretores (coletores), vasos sanguíneos, vasos linfáticos, fibras nervosas e pequenos gânglios. Cada lóbulo tem um único ducto, cujos ramos terminam em porções terminais secretoras dilatadas, de formato tubular ou acinar (Fig. 30.33). Sua secreção primária é modificada à medida que flui através de ductos excretores estriados intercalados até um ou mais ductos principais que secretam saliva para a cavidade oral. Eles contêm uma quantidade variável de tecido adiposo intralobular: os adipócitos são particularmente numerosos na glândula parótida.

As porções terminais secretoras da glândula parótida humana são quase exclusivamente ácinos serosos (Fig. 30.34A): túbulos ou ácinos mucosos são raros. Na glândula submandibular, unidades secretoras são predominantemente ácinos serosos, com alguns túbulos mucosos e ácinos (Fig. 30.34B). Os túbulos mucosos estão frequentemente associados a grupos de células serosas em suas extremidades cegas, aparecendo como forma de meias-luas crescentes serosas nas preparações histológicas de rotina. No entanto, isto parece ser um artefato de técnica, pois tecidos preparados por métodos de congelamento não possuem meias-luas serosas, as células secretoras serosas alinham-se com as células mucosas em torno de uma luz comum. Na glândula sublingual, túbulos mucosos e ácinos predominam (Fig. 30.34C), mas também ocorrem células serosas, frequentemente como ácinos ou meais-luas serosas.

Células serosas têm formato piramidal. Seus núcleos variam de forma e posição, mas são mais arredondados e situados menos basalmente do que nas células mucosas. Apicalmente, o citoplasma é abundante em grânulos secretores proteináceos (zimogênio) com alta atividade amilolítica. Além disso, as células serosas secretam calicreína, lactoferrina e lisozima, uma enzima antibacteriana cuja síntese foi localizada, em especial, nas meias-luas serosas das glândulas submandibulares e sublinguais, e que é importante na defesa contra patógenos orais. Nas glândulas parótidas e submandibulares humanas, os grânulos de zimogênio mostram também uma reação positiva ao ácido periódico de Schiff, indicando a presença de polissacarídeos, e alguns textos referem-se a essas células como seromucosas. As células mucosas são cilíndricas e têm núcleos achatados e basilares. O seu citoplasma apical é geralmente condensado com gotículas secretoras grandes, de coloração pálida e elétron-transluzentes.

Ductos

Ductos coletores intercalados, estriados (ambos intralobulares) e extralobulares originam-se consecutivamente a partir das porções terminais secretoras. As células de revestimento dos ductos intercalados são achatadas, mais próximas da cauda secretora, tornando-se cuboidais. Os ductos intercalados funcionam primariamente como um conduto para a saliva, mas, juntamente com os ductos estriados, também podem modificar a concentração de eletrólitos e secretar IgA. Ductos estriados são revestidos por epitélio colunar baixo e são assim chamados porque suas células de revestimento têm estriações basilares típicas. Estas estriações são regiões de membrana plasmática basal altamente recoberta, onde se situam colunas de mitocôndrias verticalmente alinhadas. Os núcleos são consequentemente deslocados pelas estriações basilares, de uma posição basal típica de ductos para uma posição central ou até mesmo apical (Fig. 30.34). O revestimento da membrana plasmática basal e a abundância local de mitocôndrias são características típicas das células epiteliais que transportam ativamente eletrólitos. Aqui, as células transportam potássio e bicarbonato para a saliva: elas produzem uma saliva hipotônica, reabsorvendo sódio e íons de cloreto em excesso na água. Os ductos estriados modificam a composição eletrolítica e secretam IgA, lisozima e calicreína.

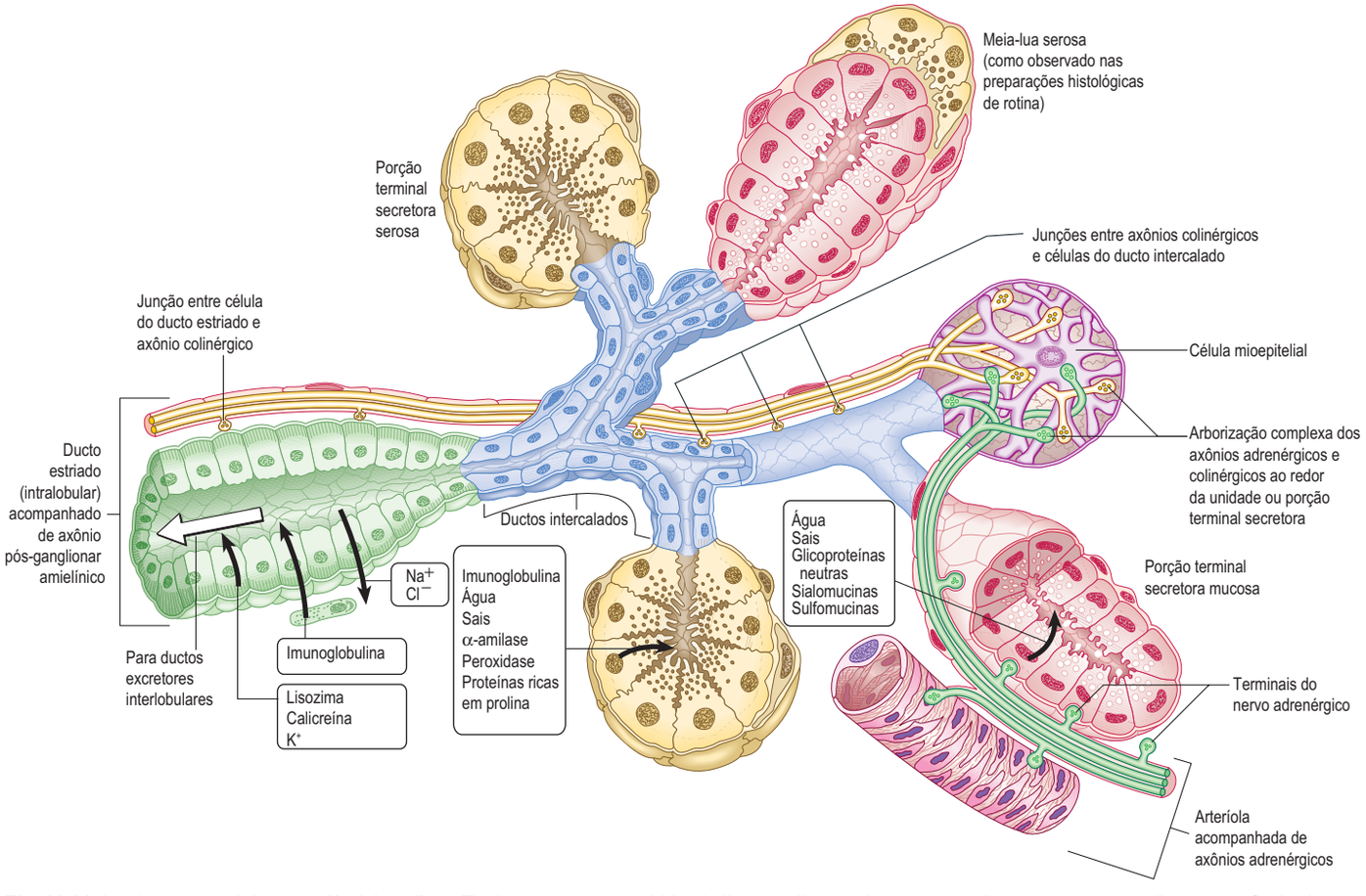


Fig. 30.33 Arquitetura geral de uma glândula salivar. Flechas pretas preenchidas indicam a direção do transporte dos componentes salivares e a flecha branca vazada, a direção do fluxo salivar. A inervação dos ductos, unidades secretoras e arteríolas também são mostradas.

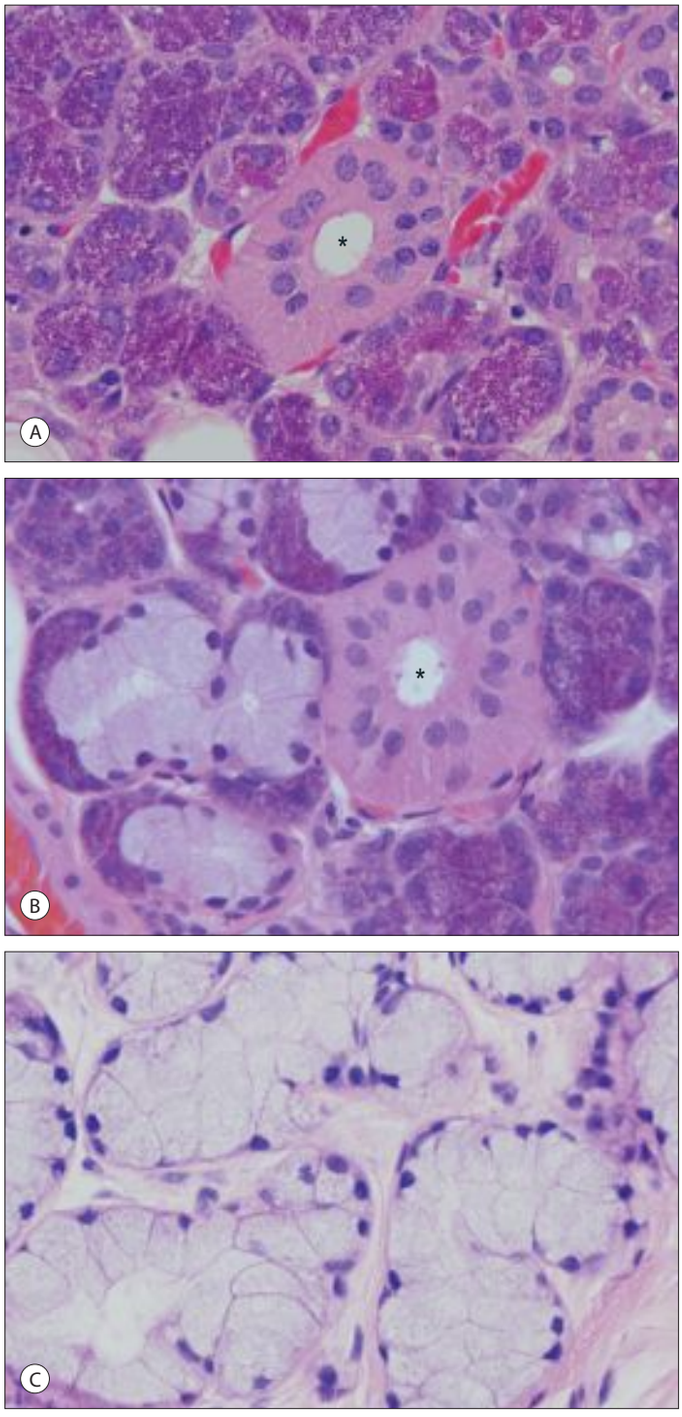


Fig. 30.34 Microestrutura das glândulas salivares. **A,** Glândula parótida; **B,** unidades secretoras mistas da glândula submandibular; **C,** ácino mucoso na glândula sublingual. Asteriscos indicam a luz de um ducto estriado. (Cortesia de Peter Helliwell e Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

IgA é produzida pelas células plasmáticas subepiteliais e é transportada transcitoticamente através da barreira epitelial, sendo secretada na saliva assim que é dimerizada pelo componente secretor epitelial. Esta é também função de células acinares serosas e de outros epitélios secretores, como o da mama lactante (Cap. 54). O sistema dos ductos intralobulares da glândula sublingual é bem menos desenvolvido do que o das glândulas parótidas e submandibulares.

Os ductos coletores são condutos metabólicos relativamente inertes que passam nos septos do tecido conjuntivo interlobular das glândulas. Eles transportam a saliva para o ducto principal, que se abre na superfície da mucosa da cavidade bucal. O epitélio de revestimento dos ductos coletores varia. Pode ser colunar pseudoestratificado, cuboidal estratificado ou colunar nos ductos maiores, e possui uma camada basal distinta. Torna-se epitélio escamoso estratificado próximo da entrada da boca.

Células mioepiteliais

As células mioepiteliais (Fig. 30.33) são células contráteis (Cap. 2) associadas a porções terminais secretoras e a grande parte do sistema de ductos. Situam-se entre a lâmina basal e as células epiteliais próprias. Estendem inúmeros processos citoplasmáticos ao redor dos ácinos serosos e frequentemente são denominadas células em cesta. As células mioepiteliais associadas aos ductos são mais fusiformes e estão alinhadas longitudinalmente ao ducto. Seu citoplasma contém abundantes microfilamentos de actina que regulam a contração através da estimulação simpática e parassimpática. O fluxo de saliva é assim acelerado através da redução do volume luminal de porções terminais secretoras e ductos, contribuindo para a pressão secretora.

CONTROLE DA ATIVIDADE DA GLÂNDULA SALIVAR

A ampla e rápida variação observada na composição, quantidade e velocidade de secreção salivar em resposta a diversos estímulos sugere um mecanismo de controle elaborado. A secreção pode ser contínua em um nível baixo de repouso, mas também pode ocorrer espontaneamente, principalmente em resposta ao ressecamento da mucosa oral e faríngea. Um rápido aumento pode ser sobreposto ao nível de repouso, por exemplo, durante a mastigação ou por estimulação da inervação autonômica. A variação controlada na atividade dos muitos tipos de células efetoras salivares (células secretoras serosas, seromucosas e mucosas, células mioepiteliais, células epiteliais de todos os elementos dos ductos e a musculatura lisa dos vasos sanguíneos locais) afeta a quantidade e a qualidade da saliva. Não há provas claras de que hormônios circulantes evoquem secreção diretamente em níveis fisiológicos, mas eles podem alterar a resposta das células glandulares aos estímulos neurais.

O controle da salivação depende de impulsos nervosos reflexos. Os estímulos aferentes do arco reflexo vão para os centros salivatórios do tronco cerebral, provenientes especialmente de receptores gustatórios e mecanoceptores na boca. Uma variedade de outras modalidades sensitivas na boca e ao redor dela também está envolvida, como o olfato para determinados aspectos na secreção submandibular no homem. O estímulo aferente é processado centralmente pelos centros salivatórios, que são influenciados por centros superiores. Estes últimos podem ter influências facilitatórias ou inibitórias, o que presumivelmente explica por que a boca se torna seca sob estresse. O impulso eferente para as glândulas passa pelas das saídas parassimpáticas e simpáticas destes centros. Realmente pouco se sabe sobre as conexões dos neurônios parassimpáticos pré-ganglionares nos centros salivatórios, e não se sabe praticamente nada sobre a localização central dos neurônios pré-ganglionares simpáticos ou sobre suas vias eferentes. Não existe nenhum mecanismo inibitório periférico nas glândulas.

O padrão típico de inervação é mostrado na Figura 30.33, mas os detalhes variam em diferentes glândulas e com a idade. Apenas as características mais constantes são ilustradas e descritas aqui. Os nervos colinérgicos frequentemente acompanham ductos e arborizam livremente em torno de porções terminais secretoras, mas os nervos adrenérgicos geralmente penetram nas glândulas juntamente com as artérias e ramificam-se com elas. Os principais nervos secretomotores são predominantemente axônios amielínicos: os poucos axônios mielinizados que foram observados são provavelmente eferentes pré-ganglionares ou aferentes viscerais. Dentro das glândulas, as fibras nervosas unem-se, de tal forma que os axônios colinérgicos e adrenérgicos frequentemente estão localizados em invaginações adjacentes da célula de Schwann. A secreção e a vasoconstrição são mediadas por axônios simpáticos separados. Um único axônio parassimpático pode, através de uma série de terminais *en passant*, induzir vasodilatação, secreção e contração mioepiteliais.

As porções terminais secretoras geralmente são as estruturas mais densamente inervadas da glândula: células individuais frequentemente têm tanto inervação colinérgica quanto adrenérgica. A secreção de água e eletrólitos, que promove as bases para o volume de saliva secretada, é o resultado de um complexo conjunto de processos largamente induzidos por impulsos parassimpático, enquanto que a secreção de proteínas é um processo constitutivo contínuo, onde quer que ocorra. A exocitose controlada de proteínas pré-concentradas é a principal fonte de secreção de proteína para a saliva, dependendo dos níveis relativos de atividade nas fibras simpáticas e parassimpáticas.

Os elementos dos ductos das glândulas salivares podem alterar significativamente a composição da saliva. Elas são menos intensamente inervadas do que suas porções terminais secretoras, mas a sua atividade também está sob controle neural. A aldosterona suprarrenal promove reabsorção de sódio e liberação de potássio na saliva através das células ductais estriadas, semelhante ao que acontece nos túbulos renais. A contração mioepitelial é estimulada principalmente pela inervação adrenérgica, mas pode haver papel suplementar de axônios colinérgicos.

ESPAÇOS TECIDUAIS AO REDOR DAS MANDÍBULAS

A disseminação de infecções pelos tecidos moles é influenciada por barreiras naturais representadas por ossos, músculos e fáscias. No entanto, os espaços teciduais ao redor das mandíbulas são essencialmente definidos pelos músculos, principalmente milo-hióideo, bucinador, masseter, pterigóideo medial, constritor superior da faringe e orbicular da boca (Fig. 30.35). Nenhum destes "espaços" é realmente vazio e eles devem apenas ser considerados como espaços potenciais normalmente ocupados por tecido conjuntivo frouxo. Apenas quando os produtos inflamatórios, como a hialuronase, destroem o tecido conjuntivo frouxo, o espaço definido é produzido.

Os espaços são emparelhados com exceção dos espaços submentual, sublingual e palatal.

POTENCIAIS ESPAÇOS TECIDUAIS AO REDOR DA MANDÍBULA

Os potenciais espaços teciduais importantes na mandíbula são os espaços submentual, submandibular, sublingual, bucal, submassetérico, parotídeo, pterigomandibular, peritonsilar, parafaríngeo e retrofaríngeo (Fig. 30.35).

Os espaços submentual e submandibular estão localizados abaixo da margem inferior da mandíbula, sob o músculo milo-hióideo, na região supra-hióidea do pescoço. O espaço submentual fica abaixo do mento na linha mediana, entre o músculo milo-hióideo e a camada de revestimento da fáscia cervical profunda, sendo limitado lateralmente pelos dois ventres anteriores do músculo digástrico. O espaço submentual comunica-se posteriormente com os dois espaços submandibulares. O espaço submandibular situa-se entre os ventres anterior e posterior do músculo digástrico e comunica-se com o espaço sublingual ao redor da margem livre posterior do músculo milo-hióideo. O espaço sublingual situa-se no assoalho da boca, acima dos músculos milo-hióideos e é contínuo em toda a linha mediana: ele comunica-se com os espaços submandibulares ao longo das margens posteriores livres dos músculos milo-hióideos, auxiliado pela ligeira extensão da glândula submandibular sobre esta extremidade.

Os espaços teciduais restantes são ilustrados na Figura 30.35B. O espaço bucal está localizado na bochecha, sobre a face lateral do músculo bucinador. Os espaços submassetéricos são uma série de espaços entre a face lateral do ramo da mandíbula e músculo masseter: são formados porque as fibras do músculo masseter têm múltiplas inserções sobre a maior parte da superfície lateral do ramo da mandíbula. O espaço pterigomandibular situa-se entre a face medial do ramo da mandíbula e o músculo pterigóideo medial. O espaço parotídeo situa-se posterior ao ramo da mandíbula, dentro e ao redor da glândula parótida. O espaço parafaríngeo é delimitado pelo músculo constritor superior da faringe e a face medial do músculo pterigóideo medial, é restrito à região infratemporal da cabeça e à região supra-hióidea do pescoço, comunicando-se com o espaço retrofaríngeo, que se estende até o espaço retrovisceral na parte inferior do pescoço (os espaços teciduais do pescoço são descritos no Capítulo 28, e os da faringe, no Capítulo 33). O espaço peritonsilar situa-se ao redor da tonsila palatina, entre os pilares das fauces, e faz parte do espaço intrafaríngeo. É delimitado pela face medial do músculo constritor superior da faringe e da sua túnica mucosa.

POTENCIAIS ESPAÇOS TECIDUAIS AO REDOR DA MAXILA

Os espaços de tecido da maxila são normalmente associados à propagação da infecção proveniente dos dentes. Estes espaços são os espaços canino (infraorbital), palatal e infratemporal. O espaço canino (infraorbital) é associado à fossa canina e fica entre os músculos levantador do lábio superior e zigomático menor. O espaço palatal não é verdadeiramente um espaço tecidual no palato duro, pois a mucosa neste local está firmemente aderida ao periósteo. Contudo, uma inflamação pode destacar parte deste periósteo, produzindo um abscesso bem circunscrito. O espaço infratemporal é a extremidade superior do espaço pterigomandibular e está intimamente relacionado com túber da maxila e, portanto, aos molares superiores.

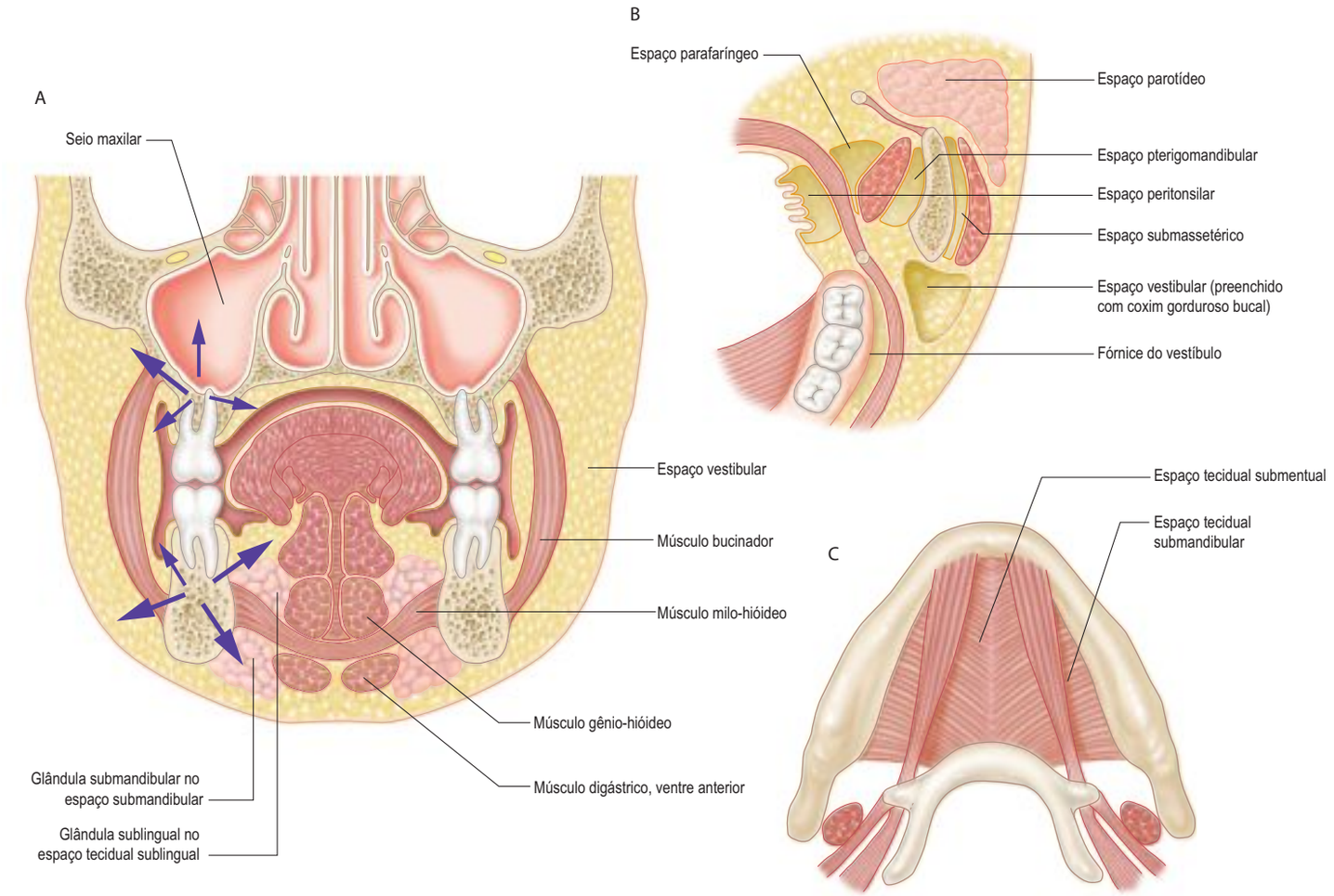


Fig. 30.35 Potenciais espaços teciduais ao redor dos maxilares. **A,** Corte frontal mostrando os espaços sublingual e submandibular no assoalho da boca e as possíveis rotas para a disseminação de infecções a partir de abscessos dentários periapicais (à esquerda). **B,** Corte transversal através da região molar inferior mostrando os espaços teciduais associados. **C,** Vista inferior do assoalho da boca (região supra-hióidea do pescoço) indicando a posição dos espaços teciduais submandibular e sublingual. (**B** e **C,** Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 Head na Neck Anatomy. London: Martin Dunitz.)

ABSCESSOS DENTÁRIOS

Os abscessos que se desenvolvem em relação aos ápices das raízes dos dentes, em última instância, penetram na parte mais delgada do osso circundante. A posição do edema resultante nos tecidos moles é largamente determinada pela relação entre as inserções dos músculos e os seios (o trajeto feito pelo material infectado) no osso. Assim, na região do incisivo inferior, pelo fato de o osso vestibular ser mais delgado, os abscessos geralmente aparecem como um edema no sulco labial, acima da inserção do músculo mentual. O abscesso pode se formar abaixo da inserção do músculo mentual, aparecendo abaixo do mento. Se um abscesso de um dente inferior pós-canino se formar abaixo da inserção do músculo bucinador, o edema é observado no pescoço; se ele se formar acima, o edema é observado no sulco bucal. Se um abscesso se formar lingualmente acima do músculo milo-hióideo, o edema será observado no sulco lingual; se se formar abaixo, o edema é observado no pescoço. Os abscessos do terceiro molar tendem a fazer o trajeto para o pescoço e não para a cavidade oral, pois o músculo milo-hióideo sobe em direção posterior e o término de sua inserção é variável, podendo terminar antes da localização do terceiro molar, possibilitando assim acesso relativamente livre para os espaços teciduais do pescoço.

Com excessão dos dentes caninos, que têm raízes longas, abscessos provenientes dos dentes superiores geralmente se formam bucalmente, abaixo, e não acima da inserção do músculo bucinador. Pelo fato de o ápice de sua raiz ser ocasionalmente curvado em direção ao palato, os abscessos provenientes dos incisivos laterais superiores podem ter trajeto para a túnica submucosa palatal. Os abscessos em caninos superiores frequentemente se formam facialmente, logo abaixo da órbita, onde o edema pode obstruir a drenagem da parte angular da veia facial, que não possui válvulas e, portanto, torna possível ao material infectado passar através das veias angular e oftálmica em direção ao seio cavernoso, podendo causar trombose do seio cavernoso. Os abscessos nas raízes palatais dos molares superiores em geral se formam no palato.

A lâmina superficial da fáscia cervical profunda resiste à propagação de abscessos rumo à superfície, e o pus abaixo dela tende a se mover lateralmente. Se o pus estiver no triângulo anterior, poderá encontrar o seu caminho para o mediastino, anteriormente à lâmina pré-traqueal, mas como a fáscia nesta região é muito delgada, ela frequentemente se aproxima da superfície, dirigindo-se acima do osso esterno. O pus posterior à lâmina pré-vertebral pode se estender lateralmente e até o triângulo posterior, ou pode perfurar a lâmina e a fáscia bucofaríngea, formando uma saliência na faringe, um abscesso retrofaríngeo.

Os segundos pré-molares superiores e o primeiro e o segundo molares superiores estão relacionados com o seio maxilar. Quando o seio é volumoso, os ápices radiculares destes dentes podem estar separados da sua cavidade exclusivamente pelo revestimento da mucosa. As infecções podem estimular os nervos que penetram nos dentes, simulando dor de dente nos pré-molares e molares ipsilaterais; esse fenômeno é conhecido como dor referida. Os primeiros pré-molares e terceiros molares superiores podem estar intimamente relacionados com o seio maxilar. Com a perda de dentes, o osso alveolar é extensamente reabsorvido. Assim, na mandíbula sem dentes, o nervo mentual, originalmente inferior às raízes dos pré-molares, pode estar localizado próximo da crista óssea. Na maxila sem dentes, o seio pode se expandir, atingindo a superfície oral do osso. Estes dois fatos são importantes no planejamento de cirurgia nesta região. Proeminências ósseas ocasionais, denominadas toro mandibular, toro maxilar e toro palatino, podem situar-se lingualmente aos pré-molares ou molares inferiores, ou palatinamente aos molares superiores. Situam-se na linha mediana do palato e podem exigir remoção cirúrgica antes que dentaduras satisfatórias sejam adaptadas.

Infecções sistêmicas graves durante o tempo em que os dentes estão se desenvolvendo podem levar a falhas no esmalte, que são visíveis como linhas horizontais (cf. linhas de crescimento de Harris).

REFERÊNCIAS

Reid DJ, Dean CM 2006 Variation in modern human enamel formation times. J Hum Evol 50: 329–46.

Robinson PP, Smith KG 1996 Lingual nerve damage during third lower molar removal: a comparison of two surgical methods. Br Dent J 180: 456–61.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Fossas infratemporal e pterigopalatina e articulação temporomandibular

CAPÍTULO 31

FOSSA INFRATEMPORAL

A fossa infratemporal situa-se abaixo do ramo da mandíbula. Comunica-se com a fossa temporal abaixo do arco zigomático e com a fossa pterigopalatina através da fissura pterigomaxilar. As principais estruturas que ocupam a fossa infratemporal são os músculos pterigóideos lateral e medial, a divisão mandibular do nervo trigêmeo, o corda do tímpano, ramo do nervo facial, o gânglio ótico parassimpático, a artéria maxilar e o plexo venoso pterigóideo.

A fossa infratemporal tem um teto, paredes lateral e medial, e é aberta para o pescoço posteroinferiormente, ou seja, a fossa não tem assoalho anatômico. O teto é formado pelas superfícies infratemporais do osso temporal e da asa maior do esfenoide e contém os forames oval e espinhoso e a fissura petrotimpânica, que é aberta superiormente para a fossa temporal. A parede medial é formada anteriormente pela lâmina lateral do processo pterigóideo do esfenoide e posteromedialmente por faringe, tensor e levantador do véu palatino. Contém a fissura pterigomaxilar através da qual passam estruturas entre as fossas infratemporal e pterigopalatina (Fig. 31.1). A parede lateral é formada pela face medial do ramo da mandíbula.

O pterigóideo lateral provê uma base para a compreensão das relações das estruturas no interior da fossa infratemporal. Este músculo situa-se no teto da fossa e corre anteroposteriormente em um plano mais ou menos horizontal, desde a região das lâminas pterigóideas até o processo condilar da mandíbula (Fig. 31.1). Ramos do nervo mandibular e a origem principal do pterigóideo medial estão profundamente relacionados e a artéria maxilar é superficial. O ramo bucal do nervo mandibular passa entre as duas cabeças do pterigóideo lateral. Pterigóideo medial e os nervos lingual e alveolar inferior emergem abaixo da sua margem inferior e os nervos e vasos temporais profundos, a partir da superior. Uma rede venosa, o plexo venoso pterigóideo, situa-se ao redor e dentro do pterigóideo lateral e é importante via para a disseminação de infecção.

OSSOS

O osso esfenoide, os ossos pares, maxilas e temporais, e a mandíbula, juntos, constituem a estrutura esquelética para as regiões infratemporal e pterigopalatina. A mandíbula e os dois ossos temporais relacionam-se nas articulações temporomandibulares direita e esquerda. A maxila desarticulada é descrita no Capítulo 29, o osso temporal é descrito no Capítulo 36 e o esfenoide e a mandíbula estão aqui descritos.

Osso esfenoide

O osso esfenoide situa-se na base do crânio entre os ossos frontal, temporal e occipital. Tem um corpo central, pares de asas maior e menor que se expandem lateralmente a partir do corpo, e dois processos pterigóideos que descem a partir da junção do corpo e das asas maiores (Fig. 31.2).

Corpo

O corpo do esfenoide é cuboidal. Ele contém dois seios aéreos, separados por um septo (Cap. 32). Sua superfície cerebral (superior) articula-se anteriormente com a lâmina cribriforme do osso etmoide. Anteriormente está o liso jugo esfenoidal, que está relacionado com o giro reto e com os tratos olfatórios. O jugo é delimitado posteriormente pela margem anterior do sulco pré-quiasmático, que conduz lateralmente para os canais ópticos. Posteriormente está o tubérculo da sela, atrás do qual se encontra a sela turca, profundamente côncava. Em vida, a sela contém a hipófise na fossa hipofisial. A sua margem anterior continua lateralmente aos dois processos clinoides médios, enquanto posteriormente a sela turca é delimitada pelo dorso quadrado da sela, cujos ângulos superiores sustentam os variáveis processos clinoides posteriores. O diafragma da sela e o tentório do cerebelo são fixados aos processos clinoides (Cap. 27). De cada lado, abaixo do dorso da sela, um pequeno processo petroso articula-se com o ápice da parte petrosa do osso temporal. O corpo do esfenoide inclina-se e continua-se com a parte basilar do osso occipital, posteriormente ao dorso da sela; juntos, estes ossos formam o clivo. Na criança em crescimento, este é o local da sincondrose esfeno-occipital: o fechamento prematuro desta articulação dá origem às características de crânio observadas na acondroplasia.

As superfícies laterais do corpo estão unidas com asas maiores e lâminas mediais dos processos pterigoides. Um amplo sulco carótico acomoda tanto a artéria carótida interna como os nervos cranianos associados ao seio cavernoso acima da raiz de cada asa (Cap. 27). O sulco é mais profundo posteriormente. É projetado medialmente pela parte petrosa do osso temporal e tem uma afilada margem lateral, a língula, que continua para trás sobre a abertura posterior do canal pterigóideo.

Uma crista mediana, bilaminar e triangular sobre a superfície anterior do corpo do esfenoide, a crista esfenoidal, faz uma pequena con-

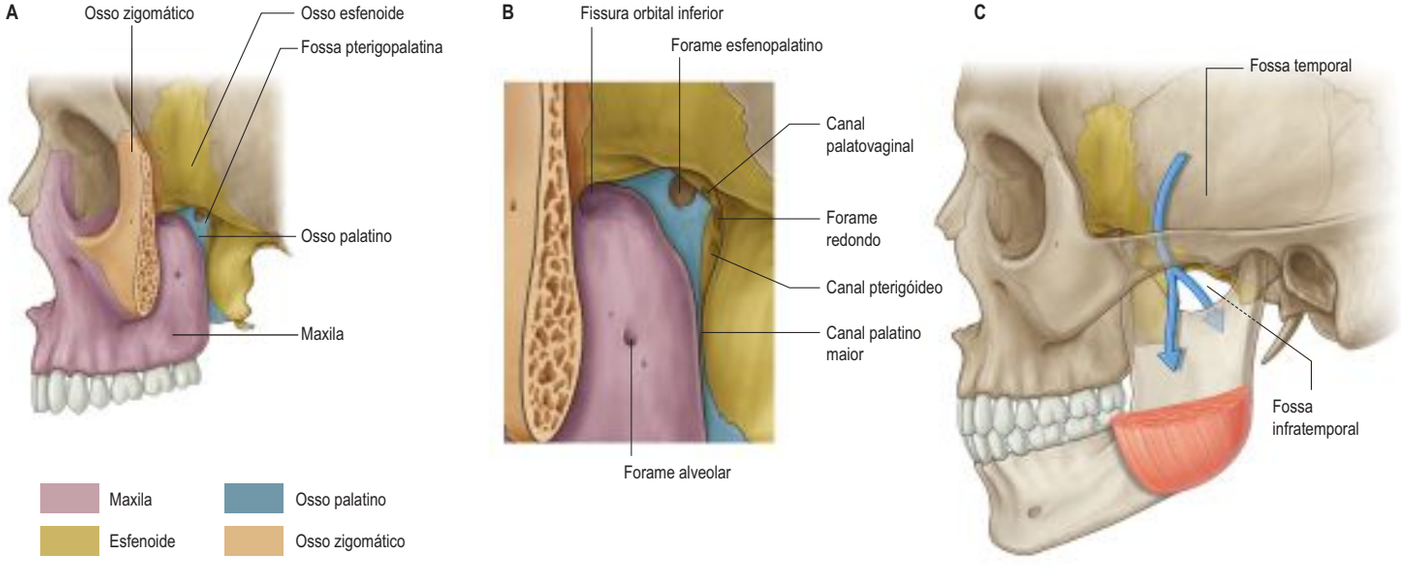


Fig. 31.1 A, Fossa pterigopalatina após descolamento da mandíbula e remoção do arco zigomático; **B,** vista anteromedial; **C,** vista lateral; as setas mostram que o assoalho da fossa temporal é aberto medialmente para a fossa infratemporal e lateralmente para a região que contém o masseter. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

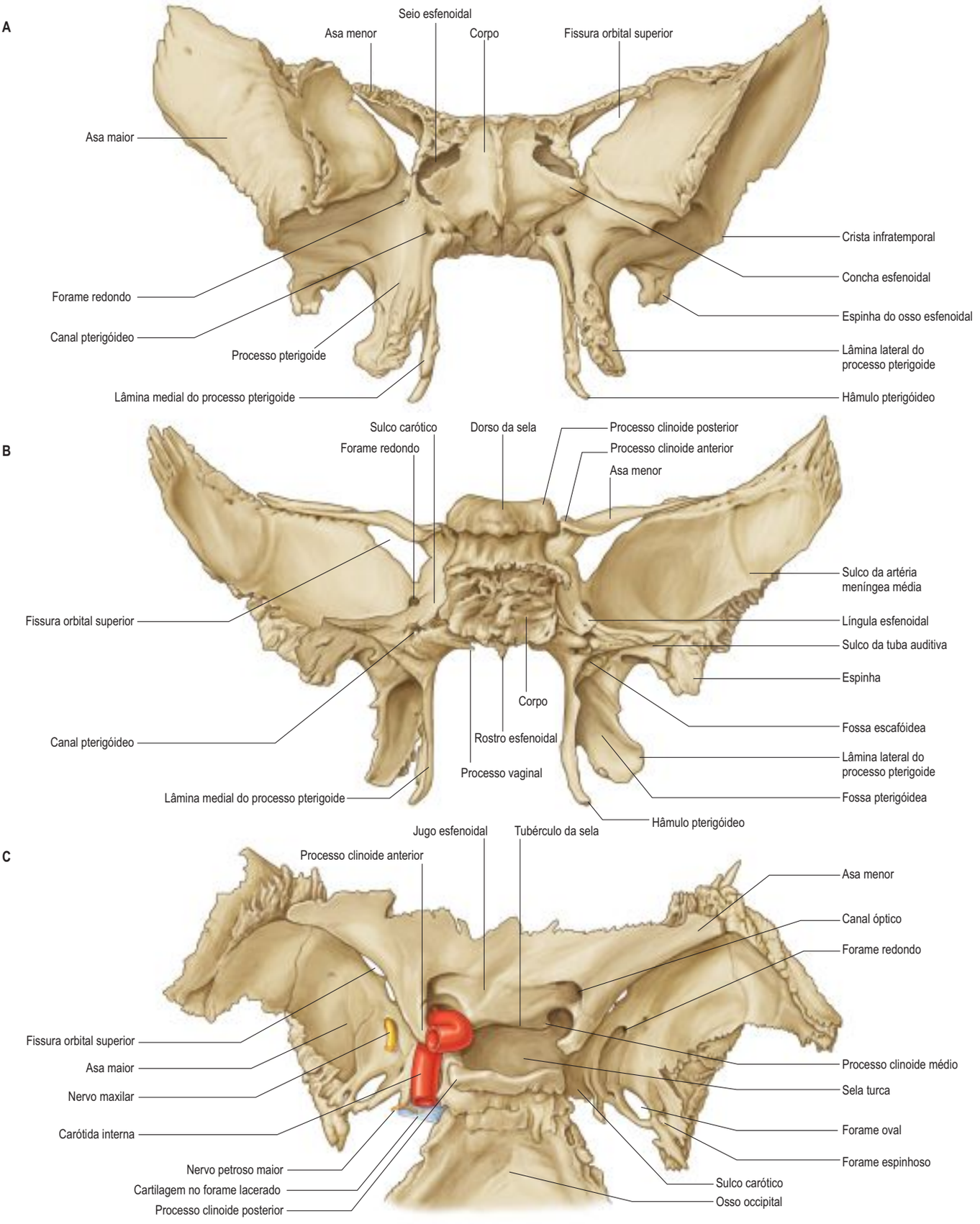


Fig. 31.2 Osso esfenoide. **A,** Vista anterior; **B,** vista posterior; **C,** vista superior. (De Sobotta, 2006.)

tribuição para o septo nasal. A margem anterior da crista junta-se à lâmina perpendicular do osso etmoide e abre-se o seio esfenoidal de cada lado seu (Cap. 32). Quando articulados, os seios esfenoidais estão fechados anteroinferiormente pelas conchas esfenoidais, que são em grande parte destruídas quando se desarticula um crânio. Cada metade da superfície anterior do corpo do esfenoide possui uma depressão superolateral ligada ao labirinto etmoidal que completa os seios etmoidais posteriormente; uma margem lateral articula-se com a lâmina orbital do etmoide acima e com o processo orbital do osso palatino abaixo; e uma área inferomedial, lisa e triangular, forma o teto nasal posterior, de cujo ângulo superior está perto o orifício do seio esfenoidal.

A superfície inferior do corpo do esfenoide exibe um rostro esfenoidal triangular e mediano, envolvido acima pelas margens inferiores divergentes da crista esfenoidal. A extremidade anterior estreita do rostro encaixa-se em uma fissura entre as partes anteriores das asas do vômer e as extremidades posteriores das conchas esfenoidais margeiam o rostro, articulando-se com a sua asa. Um processo vaginal fino projeta-se medialmente a partir da base da lâmina medial do processo pterigoide em cada lado da parte posterior do rostro, por trás do ápice da concha esfenoidal.

Asas maiores

As asas maiores do esfenoide curvam-se de maneira ampla superolateralmente a partir do corpo. Posteriormente, cada uma é triangular, ajustando o ângulo entre as partes escamosa e petrosa do osso temporal em uma sutura esfenoscamosa. A superfície cerebral contribui para a parte anterior da fossa média do crânio. Profundamente côncava, a sua superfície ondulada é adaptada ao giro anterior do lobo temporal do hemisfério cerebral. O forame redondo situa-se anteromedialmente e conduz o nervo maxilar. Posterolateral ao forame redondo, encontra-se o forame oval, que conduz o nervo mandibular, a artéria meníngea acessória e, por vezes, o nervo petroso menor, embora este último possa ter o seu próprio canalículo inominado, medial ao forame espinhoso. Um pequeno forame esfenoidal emissário, que conduz uma pequena veia proveniente do seio cavernoso, situa-se medialmente ao forame oval (em um ou em ambos os lados) em aproximadamente 40% dos crânios. O forame espinhoso, que transmite a artéria meníngea média e o ramo meníngeo do nervo mandibular, é posterior ao forame oval.

A superfície lateral é verticalmente convexa e dividida por uma crista infratemporal transversa em superfícies temporal (superior) e infratemporal (inferior). O músculo temporal está fixado à superfície temporal. A superfície infratemporal é direcionada para baixo e, com a crista infratemporal, é o local de fixação das fibras superiores do pterigóideo lateral. Contém os forames oval e espinhoso. A espinha do esfenoide projetada para baixo situa-se posteriormente ao forame espinhoso; o ligamento esfenomandibular é fixado a sua ponta. O lado medial da espinha apresenta um pequeno sulco anteroinferior para o nervo corda do tímpano e aparece na parede lateral do sulco para a tuba auditiva. Medialmente à extremidade anterior da crista infratemporal, uma saliência estreita e comprida passa em direção inferior e à frente da lâmina lateral do processo pterigoide, formando assim o limite posterior da fissura pterigomaxilar.

A superfície orbital quadrilátera da asa maior é voltada para a região anteromedial e forma a parte posterior da parede lateral da órbita. Tem uma margem superior serrilhada que se articula com a parte orbital do osso frontal e uma margem lateral serrilhada que se articula com o osso zigomático. Sua margem inferior lisa é a extremidade posterolateral da fissura orbital inferior e sua margem medial aguda forma a extremidade inferolateral da fissura orbital superior, em que um pequeno tubérculo promove inserção parcial ao anel tendíneo comum (tendão ocular anular comum). Abaixo da extremidade medial da fissura orbital superior, uma área sulcada forma a parede posterior da fossa pterigopalatina, que é perfurada pelo forame redondo.

A margem irregular da asa maior, desde o corpo do esfenoide até a espinha, é um limite anterior da metade medial do forame lacerado. Também exibe a abertura posterior do canal pterigóideo. Sua metade lateral articula-se com a parte petrosa do osso temporal em uma sincrondose esfenopetrosa. Inferior a ela, o sulco da tuba auditiva contém a tuba auditiva cartilaginosa. Anterior à espinha do esfenoide, a margem escamosa côncava é serrilhada – biselada internamente abaixo, externamente acima – para a articulação com a parte escamosa do osso temporal. A ponta da asa maior, biselada internamente, articula-se com o ângulo esfenoidal do osso parietal no ptério. Medialmente, uma área triangular rugosa articula-se com o osso frontal: o seu ângulo medial é contínuo com o limite inferior da fissura orbital superior e o seu ângulo anterior junta-se ao osso zigomático por uma articulação serrilhada.

Asas menores

As asas menores do esfenoide são lâminas pontiagudas triangulares que se projetam lateralmente a partir das regiões anterossuperiores do corpo. A superfície superior de cada asa é lisa e está relacionada com o lobo frontal do hemisfério cerebral. A superfície inferior é parte posterior da parede superior da órbita e limite superior da fissura orbital superior e sobressai-se na fossa média do crânio. A margem posterior projeta-se na fissura lateral do hemisfério cerebral. A extremidade medial da asa menor forma o processo clinoide anterior. Os processos clinoides anterior e médio são, por vezes, unidos para formar um forame caroticoclinóideo. A asa menor está conectada ao corpo por uma raiz anterior plana e fina e por uma raiz posterior triangular e espessa, entre as quais se encontra o canal óptico. O crescimento da raiz posterior está intimamente associado a variações na geometria do canal. A abertura craniana do canal pode ser duplicada ou, mais comumente, a divisão pode ser incompleta.

Fissura orbital superior

A fissura orbital superior conecta a cavidade craniana com a órbita. É delimitada medialmente pelo corpo do esfenoide, acima pela asa menor do esfenoide, abaixo pela margem medial da superfície orbital da asa maior e, lateralmente, entre as asas maior e menor, pelo osso frontal. Os conteúdos da fissura orbital superior estão descritos no Capítulo 39.

Processos pterigóideos

Os processos pterigóideos descem perpendicularmente a partir das articulações das asas maiores e do corpo. Cada um consiste em uma lâmina medial e lateral, cujas partes superiores são fundidas anteriormente. As lâminas são separadas abaixo pela incisura pterigóidea, cujas margens articulam com o processo piramidal do osso palatino e divergem posteriormente. Os pterigóideos medial e tensor do véu palatino situam-se na fossa pterigóidea cuneiforme localizada entre as lâmias. Acima está a fossa escafoide, rasa, oval e pequena, formada pela divisão da margem superior posterior da lâmina medial. Parte do tensor do véu palatino é fixada à fossa. A superfície anterior da raiz do processo pterigóideo é ampla e triangular e forma a parede posterior da fossa pterigopalatina: é perfurada pela abertura anterior do canal pterigóideo.

Lâmina lateral do processo pterigoide

A lâmina lateral do processo pterigoide é ampla, fina e evertida. A superfície lateral forma parte da parede medial da fossa infratemporal; a cabeça inferior do pterigóideo lateral é fixada a ela. A superfície medial é a parede lateral da fossa pterigóidea; grande parte da cabeça profunda do pterigóideo medial é fixada a ela. A parte superior da sua margem anterior é o limite posterior da fissura pterigomaxilar e a parte inferior articula-se com o osso palatino. A margem posterior é livre.

Lâmina medial do processo pterigoide

A lâmina medial do processo pterigoide é mais estreita e mais longa do que a lateral. A sua extremidade inferior é contínua em direção a uma projeção unciforme, o hâmulo pterigóideo, que se curva lateralmente. A rafe pterigomandibular é fixada ao hâmulo e o tendão do tensor do véu palatino circunda-o. A superfície lateral forma a parede medial da fossa pterigóidea e a superfície medial promove o limite lateral da abertura nasal posterior. A lâmina medial é prolongada acima, sobre o aspecto inferior do corpo do esfenoide, como um processo vaginal fino que se articula anteriormente com o processo esfenoidal do osso palatino e medialmente com a asa do vômer. A lâmina medial articula-se com a margem posterior da lâmina perpendicular do osso palatino na parte inferior da sua margem anterior. Inferiormente carrega um sulco, que é convertido anteriormente em canal palatovaginal pelo processo esfenoidal do osso palatino. O canal palatovaginal transmite ramos faríngeos da artéria maxilar e do gânglio pterigopalatino. A fáscia faringobasilar está fixada por toda a margem posterior da lâmina medial e o constritor superior da faringe é fixado a sua extremidade inferior. Um tubérculo pterigóideo pequeno é encontrado na extremidade superior da lâmina, logo abaixo da abertura posterior do canal pterigóideo. O processo tubário, que sustenta a extremidade faríngea cartilaginosa da tuba auditiva, projeta de volta perto do ponto médio da margem da placa pterigóidea medial.

Fraturas da face média As fraturas da face média nos níveis Le Fort I, II e III invariavelmente envolvem as lâminas do processo pterigoide; o deslocamento dos contornos desses ossos confirma radiograficamente o diagnóstico.

Conchas esfenoidais

As conchas esfenoidais são duas lâminas pequenas, finas, curvadas, fixadas anteroinferiormente ao corpo do osso esfenoide. A superfície côncava de cada uma forma a parede anterior e parte do assoalho do seio esfenoidal. *In situ*, cada uma possui partes quadriláteras anteriores verticais e partes posteriores triangulares e horizontais. A parte anterior consiste em uma área deprimida superolateral, que preenche os seios etmoidais posteriores e se junta a seguir ao processo orbital do osso palatino e a uma área inferomedial lisa e triangular, que forma parte do teto nasal e é perfurada acima pela abertura arredonda que liga o seio esfenoidal e o recesso esfenoetmoidal (T.A. abertura do seio esfenoidal).

As partes anteriores dos dois ossos encontram-se na linha média e projetam-se como crista esfenoidal. A parte horizontal aparece no teto nasal e completa o forame esfenopalatino. Sua extremidade medial articula com o rostro do esfenoide e com a asa do vômer. Seu ápice, direcionado posteriormente, é superomedial ao processo vaginal da lâmina medial do processo pterigoide e junta-se à parte posterior da asa. Uma pequena parte da concha algumas vezes aparece na parede medial da órbita, situada entre a lâmina orbital do etmoide anteriormente e o processo orbital do osso palatino, abaixo e acima do osso frontal.

Ossificação

Até o sétimo ou o oitavo mês *in utero*, o corpo esfenoide tem uma parte pré-esfenoidal, anterior ao tubérculo da sela, com a qual as asas menores são contínuas, e uma parte pós-esfenoidal, que consiste na sela turca e no dorso da sela, e integrantes das asas maiores e dos processos pterigóideos. Grande parte do osso é pré-formada na cartilagem. Existem seis centros de ossificação para as partes pré-esfenoidais e oito para as partes pós-esfenoidais.

Parte pré-esfenoidal

Por volta da nona semana de vida fetal, aparece um centro em cada asa, lateralmente ao canal óptico, e um pouco mais tarde dois centros bilaterais aparecem no corpo pré-esfenoidal. Cada concha esfenoidal tem um centro, aparecendo superoposteriormente na cápsula nasal no quinto mês *in utero*. À medida que aumenta, ela circunda parcialmente uma expansão posterossuperior da cavidade nasal, que se torna o seio esfenoidal. A parede conchal posterior é absorvida e o seio invade o componente pré-esfenoide. No quarto ano, a concha funde-se com o labirinto etmoidal e antes da puberdade funde-se com os ossos esfenoide e palatino. Sua deficiência anterior persiste como uma abertura para o seio esfenoidal.

Parte pós-esfenoidal

Os primeiros centros aparecem nas asas maiores por volta da oitava semana de vida fetal, um na cartilagem basal de cada asa abaixo do forame redondo. Estes centros só contribuem para a raiz da asa maior (perto do forame redondo e do canal pterigóideo). O restante da asa maior e a lâmina lateral do processo pterigoide são ossificados no mesênquima. Por volta do quarto mês de vida fetal, dois centros aparecem, margeando a sela turca e, em breve, fundem-se. As lâminas mediais do processo pterigoide também são ossificadas na "membrana", um centro em cada uma provavelmente aparecendo na nona ou na décima semana. O hâmulo é condrificado durante o terceiro mês de vida fetal e ao mesmo tempo começa a se ossificar. As lâminas medial e lateral do processo pterigoide juntam-se por volta do sexto mês de vida fetal. Durante o quarto mês, aparece um centro para cada língula esfenoidal, que em breve se juntam ao corpo. O canal óptico no neonato é relativamente grande e tem uma forma de buraco de fechadura ou a "silhueta de um oito", em vez do perfil circular observado nos adultos.

Detalhes pós-natais

As partes pré-esfenoidal e pós-esfenoidal fundem-se por volta do oitavo mês *in utero*, mas uma cartilagem unciforme persiste após o nascimento, nas partes inferiores da articulação. Ao nascimento, o osso é tripartido e é composto por uma parte central (corpo e asas menores) e duas partes laterais (cada uma delas constituída por um processo pterigóideo e uma asa maior). Durante o primeiro ano, as asas maiores e o corpo unem-se em torno dos canais pterigóideos e as asas menores estendem-se medialmente acima da parte anterior do corpo, encontrando-se para formar o jugo esfenoidal elevado e liso. Por volta do 25º ano, os ossos esfenoide e occipital estão completamente fundidos. Um forame vascular ocasional, chamado com frequência erroneamente de canal craniofaríngeo, é por vezes observado na parte anterior da fossa hipofisial. Embora o seio esfenoidal possa ser identificado no quarto mês de vida fetal como uma evaginação da parte posterior da cápsula nasal, ao nascimento ele representa um desdobramento do recesso esfenoetmoidal. A pneumatização do corpo do esfenoide começa no segundo ou no terceiro ano, expande-se primeiro em direção ao pré-esfenoide e, mais tarde, invade a parte pós-esfenoide. O seio atinge seu tamanho completo na adolescência, mas, frequentemente, se amplia ainda mais pela reabsorção de suas paredes à medida que a idade avança.

Certas partes do esfenoide são conectadas por ligamentos que podem ossificar em alguns casos, como o ligamento pterigospinal entre a espinha esfenoide e a parte superior da lâmina lateral do processo pterigoide, o ligamento interclinoide, que junta o processo clinoide anterior ao posterior, e o ligamento caroticoclinoide, que conecta o processo clinoide anterior ao médio.

A sinostose prematura da junção entre partes pré e pós-esfenoide, ou da sincondrose esfeno-occipital, produz uma aparência característica, evidente no perfil, como uma depressão anormal do dorso do nariz, a ponte nasal (hipertelorismo).

Mandíbula

A mandíbula é o maior, mais forte e mais baixo osso da face. Tem um corpo curvado horizontalmente que é convexo anteriormente e dois grandes ramos que ascendem posteriormente (Fig. 31.3). O corpo da mandíbula sustenta os dentes inferiores no interior do processo alveolar. Os ramos originam os processos coronoide e condilar. Cada côndilo articula-se com o osso temporal adjacente na articulação temporomandibular.

Corpo

O corpo é aproximadamente em forma de U. Possui superfícies externa e interna separadas por margens superiores e inferiores. Anteriormente, a superfície externa superior apresenta crista mediana tênue e inconstante que indica o local da fusão da sínfise da mandíbula. Inferiormente, esta crista divide-se, encerrando a protuberância mentual triangular; sua base é centralmente deprimida, mas elevada em cada um dos lados como tubérculo mentual. A protuberância mentual e os tubérculos mentuais constituem o queixo. O forame mentual, a partir do qual emerge o feixe neurovascular mentual, situa-se abaixo do intervalo entre os dentes pré-molares ou do segundo pré-molar, a meia distância entre as margens superior e inferior do corpo. A margem posterior do forame é lisa e acomoda o nervo à medida que ele emerge posterolateralmente. Uma linha oblíqua externa tênue sobe para trás a partir de cada tubérculo mentual e passa abaixo do forame mentual; torna-se mais acentuada à medida que continua em direção à margem anterior do ramo.

A margem inferior do corpo, a base, estende-se posterolateralmente a partir da sínfise da mandíbula em direção à margem inferior do ramo atrás do terceiro molar. Perto da linha média de cada lado, está a fossa digástrica áspera que dá fixação ao ventre anterior do digástrico. Atrás da fossa, a base é espessa e arredondada: tem uma ligeira convexidade anteroposterior que muda para uma concavidade suave à medida que se aproxima do ramo e, por isso, a base tem um perfil global sinuoso.

A margem superior, a parte alveolar, contém 16 alvéolos para as raízes dos dentes inferiores. É constituída por lâminas ósseas vestibular e lingual unidas por septos interdentais e inter-radiculares. Perto do segundo e do terceiro molares, a linha oblíqua externa é sobreposta à lâmina vestibular. Tal como a maxila, a forma e a profundidade dos alvéolos estão relacionadas com a morfologia das raízes dos dentes mandibulares. Os alvéolos dos incisivos, caninos e pré-molares contêm geralmente espaços para uma única raiz, enquanto cada um daqueles para os três molares contêm para duas ou três raízes. O terceiro molar é variável na sua posição e na apresentação da raiz. Pode estar impactado vertical, horizontal, mesial ou distalmente, e suas raízes podem ser bulbosas, em gancho, divergentes ou convergentes e, ocasionalmente, envolver o canal da mandíbula (Cap. 30). A superfície interna da mandíbula é dividida por uma linha oblíqua, a linha milo-hióidea, que dá fixação ao milo-hióideo (e, acima de sua extremidade posterior, para o constritor superior da faringe, alguns fascículos retromolares do bucinador, e a rafe pterigomandibular, atrás do terceiro molar). A linha milo-hióidea estende-se de um ponto de aproximadamente 1 cm a partir da margem superior posteriormente ao terceiro molar, até a sínfise da mandíbula anteriormente; é nítida e distinta perto dos molares, mas mais tênue anteriormente. O sulco milo-hióideo estende-se anteroinferiormente a partir do ramo, abaixo da parte posterior da linha milo-hióidea e contém o feixe neurovascular milo-hióideo. A área abaixo da linha é a fossa submandibular, ligeiramente côncava e relacionada com a glândula submandibular. A área acima da linha alarga-se anteriormente em uma fossa triangular, a fóvea sublingual, que está relacionada com a glândula sublingual: o osso é coberto pela mucosa oral acima da fóvea sublingual e posteriormente até o terceiro molar. Em um indivíduo edêntulo, poderá ser necessário reduzir uma proeminência ou uma crista semelhante à linha milo-hióidea, a fim de que as próteses totais possam se ajustar sem traumatizar a mucosa oral sobrejacente.

Acima das extremidades anteriores das linhas milo-hióideas, o aspecto posterior da sínfise da mandíbula tem uma pequena elevação, frequentemente dividida em partes superior e inferior, as espinhas genianas superiores e inferiores (tubérculos genianos). As espinhas são algumas vezes fundidas, formando uma única eminência, ou podem estar ausentes, caso em que sua posição é indicada apenas por uma irregularidade da superfície. A parte superior dá fixação ao genioglosso, a parte inferior ao gênio-hióideo. Acima das espinhas genianas, a maioria das mandíbulas exibe um forame lingual (geniano) que se abre em um canal que atravessa o osso até 50% da dimensão vestibulolingual da mandíbula e que contém um ramo da artéria lingual. Um toro mandibular arredondado por vezes ocorre acima da linha milo-hióidea, medialmente às raízes dos molares: ele só tem importância clínica se repetidamente traumatizado.

Ramo

O ramo mandibular é quadrilátero e contém duas superfícies (lateral e medial), quatro margens (superior, inferior, anterior e posterior) e dois processos (coronoide e condilar). A superfície lateral é relativamente inexpressiva e ostenta a linha oblíqua (externa) na sua parte inferior. A superfície medial apresenta, um pouco acima do centro, o forame da mandíbula, através do qual o feixe neurovascular alveolar inferior passa a ter acesso ao canal da mandíbula (ver adiante). Anteromedialmente, o forame mandibular é sobreposto por uma fina e afiada espinha triangular, a língula da mandíbula, à qual o ligamento esfenomandibular é fixado, e que também é a referência para a injeção local de anestésico, durante o bloqueio do nervo alveolar inferior. Abaixo e posteriormente ao forame, o sulco milo-hióideo corre obliquamente inferior e anteriormente.

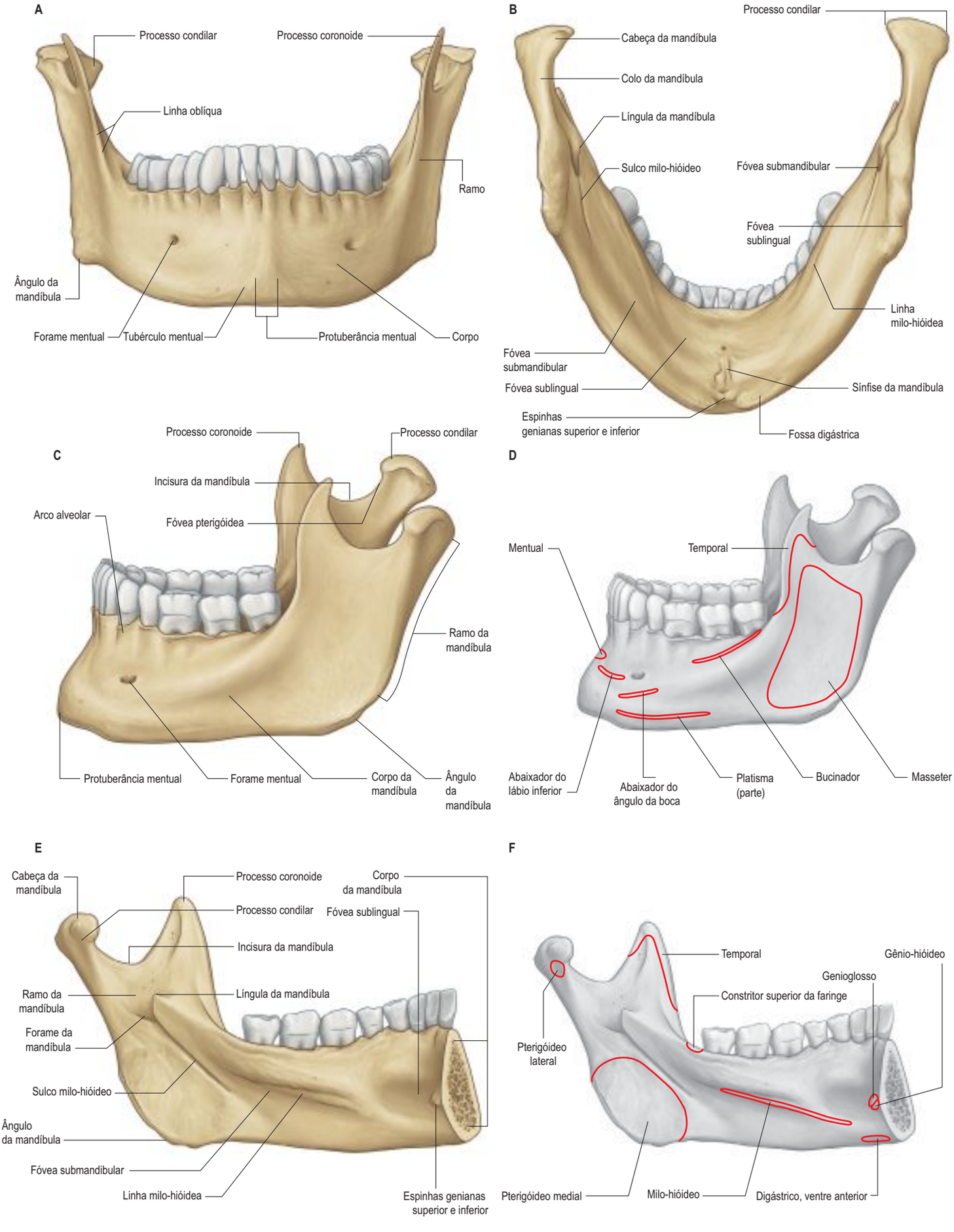


Fig. 31.3 Mandíbula do adulto. **A,** Vista anterior; **B,** vista inferior; **C,** vista lateral (com inserções musculares em **D**); **E,** vista interna (com inserções musculares em **F**). (Redesenhado com permissão de Sobotta, 2006.)

A margem inferior do ramo é contínua com a base da mandíbula e encontra a margem posterior no ângulo da mandíbula, que é tipicamente evertido nos homens, mas frequentemente invertido nas mulheres. A fina margem superior limita a incisura da mandíbula, que é superada anteriormente pelo processo coronoide plano, um pouco triangular e posteriormente pelo processo condilar. A margem posterior espessa e arredondada estende-se desde a cabeça até o ângulo da mandíbula e é suavemente convexa acima e côncava abaixo. A margem anterior é fina acima, onde é contínua com a extremidade do processo coronoide, e mais espessa abaixo, onde é contínua com a linha oblíqua externa. A crista temporal é uma elevação afilada que desce medialmente ao processo coronoide a partir de sua ponta até o osso logo atrás do terceiro molar. A depressão triangular entre a crista temporal e a margem anterior do ramo é a fossa retromolar.

O ramo e seus processos promovem a inserção para os quatro principais músculos da mastigação. O masseter está inserido na superfície lateral, o pterigóideo medial na superfície medial, o temporal no processo coronoide e o pterigóideo lateral no processo condilar.

Canal mandibular

O forame mandibular conduz ao canal mandibular, que corre obliquamente inferior e anteriormente no interior do ramo e, em seguida, horizontalmente em direção anterior dentro do corpo sob as raízes dos dentes molares, com os quais se comunica por pequenas aberturas. O canal não é sempre fácil de definir, em especial anteriormente ao forame mentual. Suas paredes podem ser formadas, quer por uma fina camada de osso cortical, quer, mais frequentemente, por osso trabecular. Embora as posições vestibulolingual e superoinferior do canal variem consideravelmente entre as mandíbulas, em geral o canal mandibular está situado mais perto da placa lingual cortical nos dois terços posteriores do osso e mais perto da lâmina cortical vestibular no terço anterior. Relata-se que a simetria bilateral (localização do canal em cada metade da mandíbula) é comum. Perto do forame mentual, o nervo alveolar inferior ramifica-se no nervo mentual, que finalmente sai da mandíbula através do forame mentual, bem como no nervo incisivo, que se mantém dentro do osso e supre os dentes anteriores. O nervo mentual pode estender-se anteriormente por 2-3 mm na mandíbula antes de se curvar e voltar para o forame mentual (a "alça anterior" do nervo mentual). A anatomia intraóssea do nervo mentual é de particular importância para a cirurgia de implante dentário: o nervo pode ser lesionado caso a área interforaminal da mandíbula seja invadida durante a cirurgia ou enquanto ocorre a coleta dos blocos de enxerto da região sinfisial.

Processo coronoide

O processo coronoide projeta-se superior e ligeiramente na direção anterior como uma placa de osso triangular. Sua margem posterior liga-se à incisura da mandíbula e sua margem anterior é contínua em direção ao ramo.

Processo condilar

A cabeça da mandíbula varia consideravelmente, tanto em tamanho como em forma. Quando observado superiormente, tem perfil quase ovoide, sendo que sua dimensão anteroposterior (aproximadamente 1 cm) é quase metade da sua dimensão mediolateral. A vista medial do côndilo é mais ampla do que a lateral. O longo eixo da cabeça da mandíbula não é perpendicular ao ramo, mas diverge posteriormente a partir de um plano estritamente coronal. Assim, o polo lateral da cabeça da mandíbula é ligeiramente anterior ao medial e, se os longos eixos das duas cabeças estiverem estendidos, encontram-se em um ângulo obtuso (cerca de 145°) na margem anterior do forame magno. A cabeça da mandíbula liga-se ao ramo através de uma projeção óssea delgada, o colo da mandíbula. A fóvea pterigóidea, uma pequena depressão situada sobre a superfície anterior do colo abaixo da superfície articular, recebe parte da inserção do pterigóideo lateral.

O processo condilar é constituído por um núcleo de osso esponjoso coberto por uma fina camada externa de osso compacto, cuja superfície intra-articular é coberta por camadas de fibrocartilagem. O côndilo é o local mais comum para fraturas mandibulares.

Forames acessórios da mandíbula

Estes em geral não são nomeados e raramente são descritos, ainda que sejam numerosos. Podem transmitir nervos auxiliares para os dentes (a partir dos nervos facial, milo-hióideo, bucal, cervical transverso e outros nervos) e sua ocorrência é significativa para as técnicas de bloqueio anestésico odontológico.

Ossificação

A mandíbula forma-se em um denso tecido fibromembranoso lateral ao nervo alveolar inferior e seu ramo incisivo e também nas partes inferiores da cartilagem de Meckel (primeiro arco branquial). Cada metade é ossificada a partir de um centro que surge próximo ao forame mentual por volta da sexta semana *in utero*. A partir deste local, a ossificação dissemina-se medial e posterocranialmente, formando o corpo e o ramo, primeiro abaixo, e então ao redor do nervo alveolar inferior e de seu ramo incisivo. A ossificação em seguida se dissemina superiormente, inicialmente formando um vale e mais tarde formando criptas para os dentes em desenvolvimento. Por volta da décima semana, a cartilagem de Meckel abaixo dos rudimentos do incisivo é cercada e invadida por osso. As cartilagens secundárias aparecem mais tarde (Fig. 31.4): uma massa cônica, a cartilagem condilar, estende-se desde a cabeça da mandíbula anterior e inferiormente no ramo e contribui para o seu crescimento em altura. Embora seja largamente substituída por osso por volta da metade da vida fetal, a sua extremidade proximal persiste como cartilagem em proliferação sob revestimento fibroso da superfície articular até aproximadamente a terceira década. Outra cartilagem secundária, que logo se ossifica, surge ao longo da margem anterior do processo coronoide e desaparece antes do nascimento. Um ou dois nódulos cartilaginosos também ocorrem na sínfise da mandíbula. Por volta do sétimo mês *in utero*, eles podem se ossificar como ossículos mentuais variáveis no tecido fibroso sinfisial: unem-se com o osso adjacente antes do final do primeiro ano pós-natal.

Mudanças etárias na mandíbula

Ao nascimento, as duas metades da mandíbula estão unidas por uma sínfise mentual fibrosa (Fig. 31.5). As extremidades anteriores de ambos os rudimentos são cobertas por cartilagem, separadas apenas por uma sínfise. Até que a fusão ocorra, novas células são adicionadas a cada superfície de cartilagem a partir do tecido fibroso sinfisial e a ossificação em seu lado mandibular prossegue em direção à linha média. Quando este último processo ultrapassa o anterior e a ossificação estende-se em direção ao tecido fibroso, a sínfise funde-se. Nesta fase, o corpo é uma simples casca que encerra os alvéolos imperfeitamente separados dos dentes decíduos. O canal mandibular está próximo da margem inferior e o forame mentual abre-se abaixo do primeiro molar decíduo e é direcionado para a frente. O processo coronoide projeta-se acima do processo condilar.

Durante os três primeiros anos após o nascimento, as duas metades juntam-se em sua sínfise de inferior para superior, embora a separação perto da margem alveolar possa persistir até o segundo ano. O corpo alonga-se, especialmente atrás do forame mentual, proporcionando espaço para mais três dentes. Durante o primeiro e segundo anos, à medida que o queixo se desenvolve, o forame mentual altera a direção: já não tem mais a face voltada para a direção anterior, mas agora para a posterior, como na mandíbula do adulto, e acomoda a mudança de direção do nervo mentual emergente.

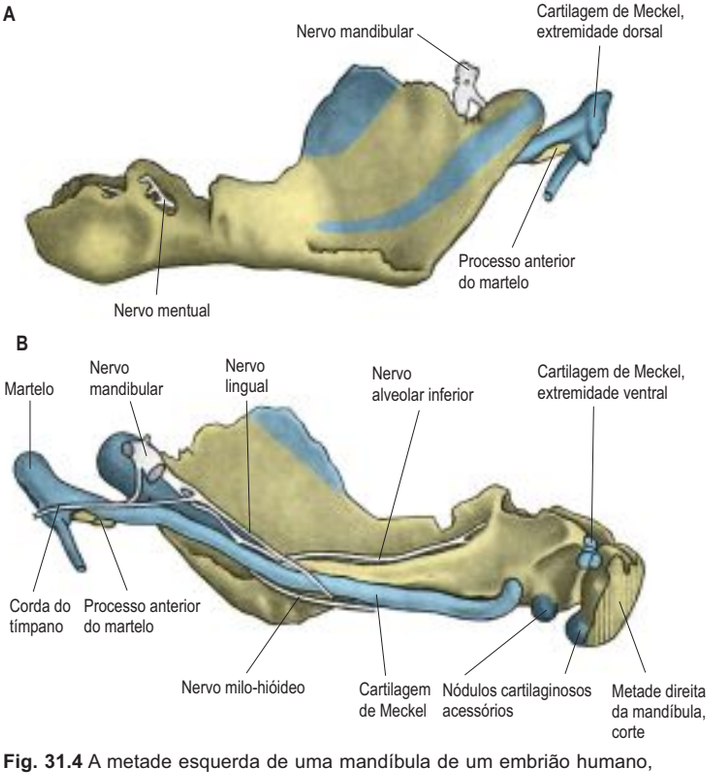


Fig. 31.4 A metade esquerda de uma mandíbula de um embrião humano, 95 mm de comprimento. **A,** Vista lateral; **B,** vista medial. Azul: cartilagem; amarelo: osso. (Por cortesia de A. Low.)

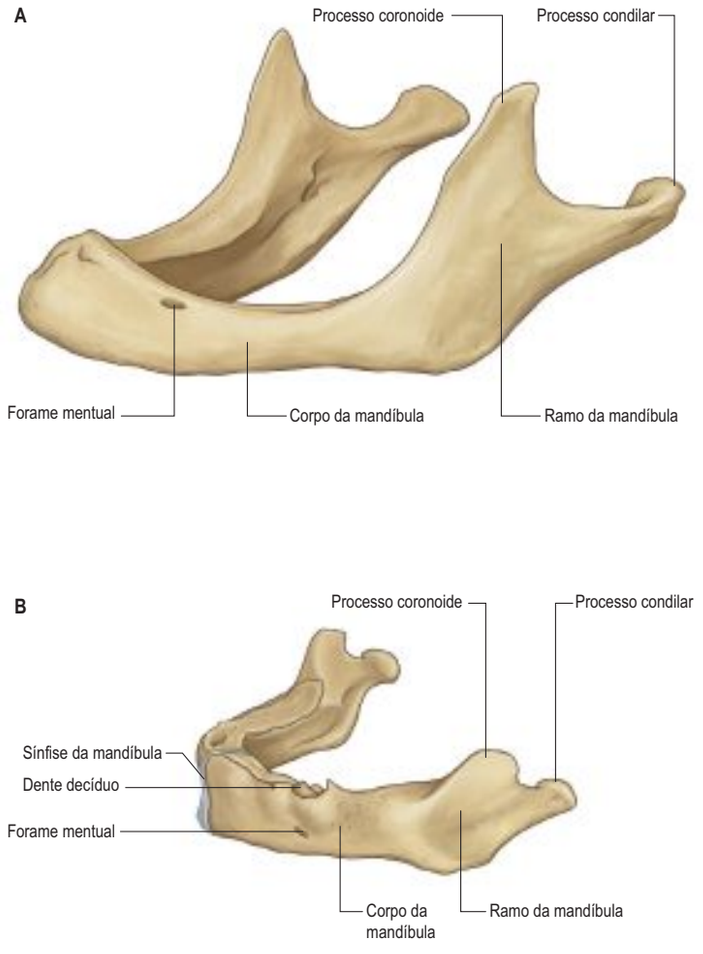


Fig. 31.5 A, Mandíbula edêntula (sem dentes); observar posição do forame mentual. **B,** Mandíbula neonatal. (Redesenhado com permissão de Sobotta 2006.)

Em termos gerais, o aumento em altura do corpo da mandíbula é atingido principalmente pela formação de osso alveolar associado ao desenvolvimento e à erupção dos dentes, embora alguns ossos também sejam depositados sobre a margem inferior. O aumento do comprimento da mandíbula é realizado por deposição de osso na superfície posterior do ramo e concomitante reabsorção compensatória na superfície anterior (acompanhada por deposição de osso na superfície posterior do processo coronoide e reabsorção na superfície anterior do processo condilar). O aumento de largura da mandíbula é produzido por deposição de osso na sua superfície externa e reabsorção na interna. Um aumento do tamanho do ramo em comparação ao corpo da mandíbula ocorre durante o crescimento pós-natal e a erupção dentária.

O papel das cartilagens condilares no crescimento mandibular permanece controverso. Uma concepção afirma que a proliferação contínua desta cartilagem é a principal responsável pelo aumento tanto no comprimento mandibular como na altura do ramo. Alternativamente, há provas experimentais convincentes de que a proliferação da cartilagem condilar é uma resposta adaptativa à função, em vez de estar geneticamente determinada. Demonstrou-se que o crescimento e a remodelação condilar são significativamente influenciados por fatores locais, notavelmente o movimento e a carga da articulação temporomandibular, e estão relativamente imunes às influências sistêmicas tais como deficiência de vitaminas C e D. Considerando as mudanças que ocorrem na dentição ao longo da vida, a adaptação contínua da articulação temporomandibular é necessária a fim de se manter o alinhamento oclusal funcional entre as arcadas superior e inferior dos dentes: considera-se essa adaptação em grande parte como resultado de remodelação condilar contínua.

Em adultos, as regiões alveolares e subalveolares são quase iguais em profundidade e o forame mentual aparece a meia distância entre as margens superior e inferior. Se os dentes forem perdidos, o osso alveolar é reabsorvido, o que significa que o canal mandibular (que corre paralelamente à linha milo-hióidea) e o forame mentual passam a se situar muito mais próximos da margem superior (Fig. 31.5); na verdade, às vezes podem desaparecer, e os nervos passam a se situar logo abaixo da mucosa oral.

ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR

A articulação temporomandibular é uma articulação sinovial entre a fossa mandibular (também conhecida como fossa glenoide) do osso temporal acima e o processo condilar da mandíbula. É incomum, pois suas superfícies articulares são revestidas por fibrocartilagem (em vez de cartilagem hialina) e sua cavidade articular é dividida em duas por um disco articular.

A eminência articular, uma região transversalmente elíptica, sinuosamente curva no plano sagital e inclinada inferior e anteriormente em aproximadamente 25° ao plano oclusal, forma a maior parte da superfície articular da fossa mandibular. A sua inclinação é variável e diminui no indivíduo sem dentes. O seu limite anterior é o ápice da eminência articular, uma crista transversa que se estende lateralmente além do arco zigomático, até o tubérculo articular. O tecido articular estende-se anteriormente além do ápice articular e em direção ao plano pré-glenoide. Posteriormente, estende-se atrás da profundidade da fossa, até a fissura timpanoescamosa. Um tubérculo pós-glenoide (na raiz do arco zigomático, imediatamente anterior à fissura) é geralmente pouco desenvolvido em crânios humanos.

A superfície articular do processo condilar é ligeiramente curva e inclinada anteriormente em cerca de 25° ao plano oclusal. Tal como na eminência articular, esta inclinação é variável. No plano coronal, sua forma varia desde a de uma cumeeira (particularmente acentuada naqueles cuja dieta é dura) até aproximadamente horizontal nos indivíduos edêntulos.

É provavelmente impossível medir a pressão desenvolvida sobre as superfícies articulares das articulações entre os maxilares humanos durante a mordida, porém a mensuração direta de cargas nas articulações correspondentes em animais tem demonstrado significativa intermitência durante a mastigação. Existem também evidências teóricas irrefutáveis baseadas na mecânica newtoniana de que a articulação entre os maxilares é uma articulação sustentadora de peso. Com uma força de mordida vertical de 500 N no primeiro molar esquerdo, o côndilo direito deve suportar uma carga de mais de 300 N (Osborn, 1995a). O côndilo do lado de balanceio é mais solicitado do que o do lado de trabalho, o que pode ajudar a explicar por que pacientes com um dos côndilos fraturados escolhem morder no lado afetado.

Cápsula fibrosa

A parte inferior da articulação é envolvida por fibras densas que fixam o processo condilar ao disco. A parte superior da articulação é circundada por fibras frouxas que fixam o disco ao osso temporal (Fig. 31.6). Assim, o disco articular é fixado separadamente ao osso temporal e ao processo condilar, formando o que poderiam ser consideradas duas cápsulas articulares. Fibras mais longas que unem o côndilo diretamente para ao osso temporal podem ser consideradas como reforço. A cápsula é fixada acima, à extremidade anterior do plano pré-glenoide, posteriormente aos lábios da fissura timpanoescamosa, entre estas às extremidades da fossa mandibular e abaixo à periferia do colo da mandíbula.

Ligamentos

Ligamento esfenomandibular

O ligamento esfenomandibular é medial e geralmente separado da cápsula (Fig. 31.6). É uma faixa fina plana que desce da espinha do esfenoide e se amplia à medida que atinge a língula do forame da mandíbula. Algumas fibras cruzam a extremidade medial da fissura petrotimpânica e fixam-se ao processo anterior do martelo. Esta parte é um vestígio da extremidade dorsal da cartilagem de Meckel.

Com a boca fechada, há cerca de 5 mm de folga no ligamento, mas ele torna-se tenso quando a abertura da boca está pela metade. O pterigóideo lateral e o nervo auriculotemporal são relações laterais, o nervo corda do tímpano situa-se medialmente, próximo a sua extremidade superior, e o pterigóideo medial é uma relação inferomedial. O ligamento esfenomandibular está separado do colo da mandíbula abaixo do pterigóideo lateral pela artéria maxilar e a partir do ramo da mandíbula pelos vasos e nervos alveolares inferiores e um lóbulo parotídeo. Neste ponto, os vasos e o nervo para o milo-hióideo perfuram o ligamento. É separado da faringe por gordura e por uma veia faríngea.

Ligamento estilomandibular

O ligamento estilomandibular é uma faixa espessada de fáscia cervical profunda que se estende desde o ápice e a face anterior adjacente do processo estiloide até o ângulo e a margem posterior da mandíbula (Fig. 31.6). A sua posição e orientação indicam que ele não pode restringir mecanicamente qualquer movimento normal da mandíbula e não parece justificar o *status* de um ligamento da articulação.

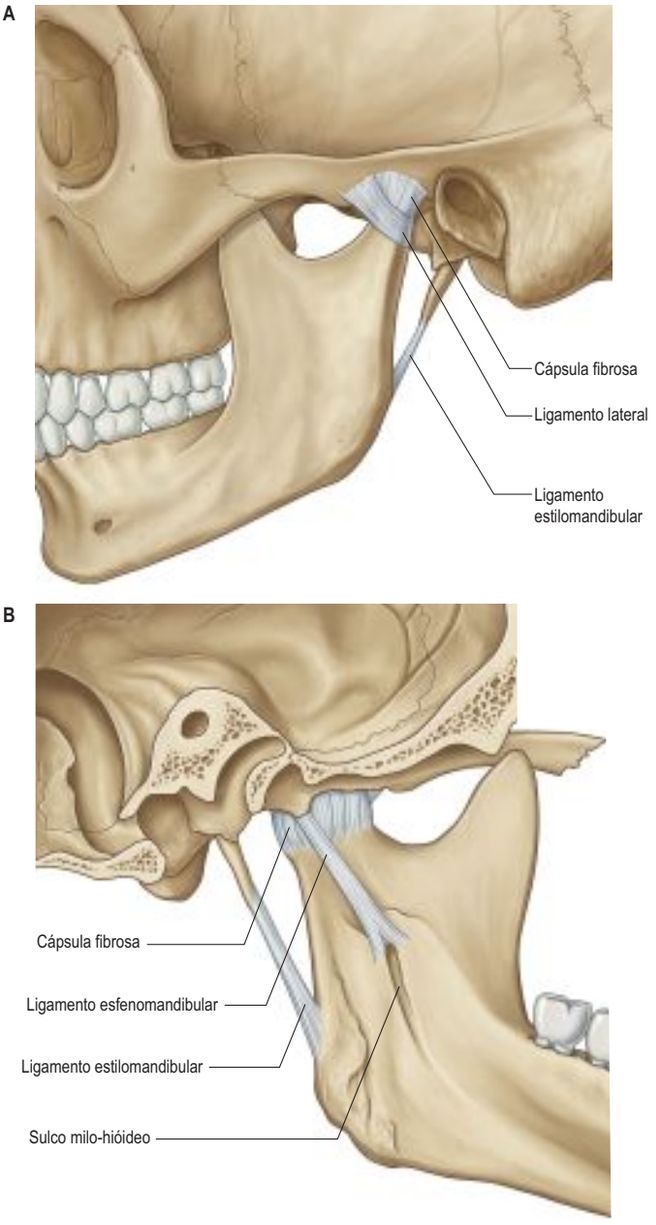


Fig. 31.6 Articulação temporomandibular esquerda. **A,** Face lateral; **B**, face medial.

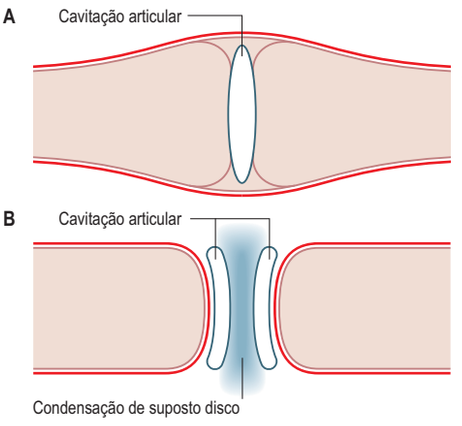


Fig. 31.7 A, B, Desenvolvimento da articulação temporomandibular; componentes temporal e condilar da articulação desenvolvem-se a partir de duas condensações distintas de ectomesênquima.

Ligamento temporomandibular (lateral)

O amplo ligamento temporomandibular (lateral) é fixado, acima, ao tubérculo na raiz do processo zigomático do osso temporal (Fig. 31.6). Ele estende-se para baixo e para trás em um ângulo de aproximadamente 45° com a horizontal, para se fixar à superfície lateral e à margem posterior do colo do côndilo, profundamente à glândula parótida. Uma faixa curta quase horizontal de colágeno conecta o tubérculo articular, anterior, ao polo lateral do processo condilar, posteriormente. Pode fucionar para impedir o deslocamento posterior do processo condilar em repouso.

Membrana sinovial

A membrana sinovial reveste a parte interna da cápsula da articulação, mas não se estende para cobrir o disco ou as superfícies articulares.

Desenvolvimento da articulação temporomandibular

Os componentes ósseos da articulação mandibular secundária desenvolvem-se dentro de uma membrana como duas condensações ectomesenquimais separadas entre a 8ª e a 12ª semanas *in utero*. Essa disposição é diferente da que é observada na maior parte das articulações sinoviais, em que um único blastema produz uma cavidade formando um espaço articular e os ossos que se articulam derivam da mesma condensação de tecido (Cap. 51). O desenvolvimento em separado das partes temporal e condilar da articulação temporomandibular significa que a superfície articular de cada osso é coberta por uma camada persistente de células proliferativas, contínua com o periósteo que circunda cada componente ósseo (Fig. 31.7).

Superfícies articulares

A cobertura fibrocartilaginosa do côndilo é composta de quatro camadas distintas (De Bont *et al.*, 1984). A camada mais superficial é constituída por fibras densamente arranjadas de colágeno tipo I dispostas principalmente em direção paralela à superfície articular: cobre uma fina camada celular, a zona proliferativa, que é contínua com a mesma camada do periósteo além das margens da articulação. A terceira camada, de cartilagem hipertrófica, é rica em matriz intercelular: contém condrócitos espalhados por toda a sua profundidade e fibras de colágeno tipo II aleatoriamente orientadas. A quarta camada, logo acima do osso subcondral, é a zona de calcificação. Embora o número de condrócitos dentro da zona hipertrófica diminua com a idade, células mesenquimais não diferenciadas foram identificadas em amostras *post mortem*, de todas as idades (Hansson, 1977). Isto indica que uma capacidade de proliferação persiste na cartilagem condilar e pode ser a razão pela qual ocorre remodelação condilar ao longo da vida (Robinson, 1993; Toller, 1974).

Disco articular

O disco articular transversalmente oval é composto predominantemente por tecido conjuntivo denso fibroso com alguma condrificação em áreas de carga máxima (Fig. 31.8). Tem uma margem espessa que forma um ânulo periférico e uma depressão central na sua superfície inferior que acomoda a superfície articular do processo condilar. A depressão provavelmente se desenvolve como uma resposta mecânica à pressão exercida pela cabeça da mandíbula à medida que gira dentro do ânulo. O disco é estabilizado na cabeça da mandíbula de três maneiras. Suas extremidades são fundidas com a parte do ligamento capsular que circunda firmemente o compartimento articular inferior e que é fixada ao redor do colo da mandíbula; faixas bem definidas do ligamento capsular fixam o disco aos polos medial e lateral da cabeça da mandíbula e, adicionalmente, o ânulo espesso evita que o disco deslize além do processo condilar, permitindo que o côndilo e o disco permaneçam firmemente implantados contra a fossa mandibular (como ocorre normalmente).

Em corte sagital, o disco parece possuir uma delgada zona intermediária e espessas faixas anterior e posterior, cuja superfície superior, que aparece côncavo-convexa, se ajusta contra a eminência articular convexa e a concavidade da fossa mandibular. Posteriormente, o disco é fixado a uma região de amplo tecido vascular e nervoso que se divide em duas lâminas, a região bilaminar: ao contrário do restante do disco, a sua função normal é promover fixação mais do que estabilidade intra-articular. A lâmina superior, composta por tecido fibroelástico, é fixada à fissura timpanoescamosa e a lâmina inferior, composta por tecido fibroso não elástico, é fixada à parte posterior do côndilo. A região bilaminar contém um plexo venoso, mas a parte central do disco é avascular. Células no disco também secretam sulfato de condroitina (um glicosaminoglicano

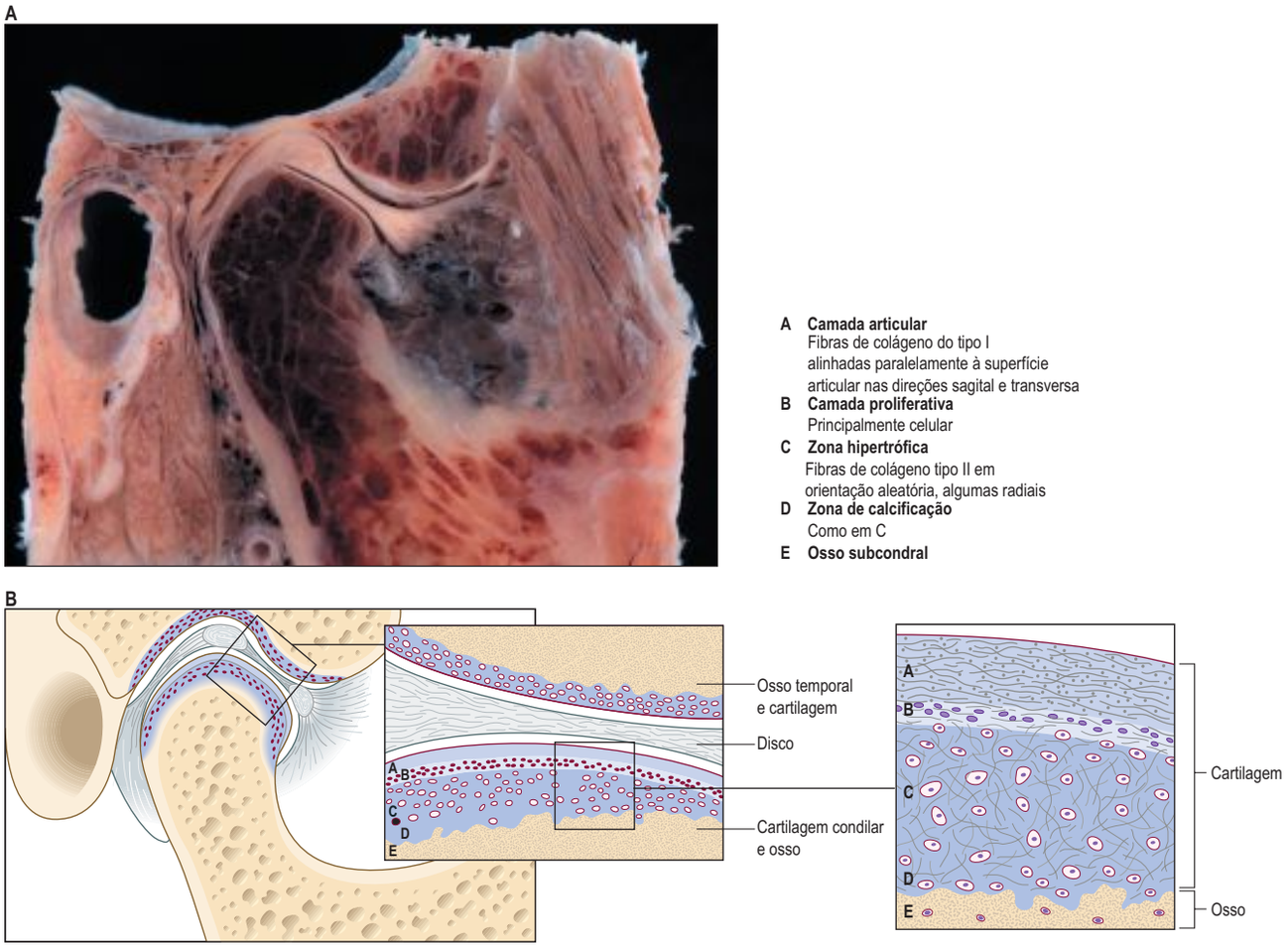


Fig. 31.8 A, B, Cortes sagitais através da articulação temporomandibular direita. **A,** Observar a relação do meato acústico externo e do disco articular com o processo condilar. (Por cortesia da Professora Cristina Manzanares Céspedes, Anatomy and Human Embryology Unit, Bellvitge Campus, University of Barcelona.) **B,** Microestrutura da cartilagem condilar.

encontrado na cartilagem), fortemente concentrado na sua parte central e provavelmente confere ao disco um pouco da resiliência e da resistência à compressão da cartilagem. A quantidade aumenta em resposta à carga e à idade e, por volta da quinta década, o disco apresenta sinais de envelhecimento, como desgaste, adelgaçamento e perfuração.

Funções do disco articular

As funções do disco articular permanecem controversas. Em geral, acredita-se que o disco ajuda a estabilizar o processo condilar no interior da articulação temporomandibular (apesar disto, veja a seguir). As superfícies articulares do processo condilar e da fossa mandibular adaptam-se de maneira precária e, portanto, são separadas por um espaço irregular. As forças musculares controlam a posição da mandíbula e, portanto, da cabeça da mandíbula em relação à eminência articular que, por sua vez, determina a forma e a espessura do espaço irregular. A posição do disco é controlada por forças neuromusculares: a cabeça superior do pterigóideo lateral anteriormente e o tecido elástico na região bilaminar posteriormente puxam juntas o disco respectivamente para a frente ou para trás a fim de manter o espaço articular preenchido e, assim, estabilizar o processo condilar.

A presença de um disco articular também pode reduzir o desgaste, pois a força de atrito na cabeça da mandíbula e na eminência articular é reduzida para metade por meio da separação do deslizamento e da rotação dentro de diferentes compartimentos articulares, e pode ajudar na lubrificação da articulação, armazenando líquido comprimido nas áreas carregadas, criando um lubrificante flutuante.

Existe uma visão alternativa de que um disco articular escorregadio duplique o número de superfícies deslizantes isentas de atrito e desestabilize o processo condilar da mesma maneira que pisar em uma casca de banana desestabiliza o pé. Todas as outras articulações permitem maior sobrecarga, pois suas superfícies articulares estão estreitamente acopladas, criando uma grande área de contato que evita mais movimento. No entanto, a cabeça da mandíbula fica mais sobrecarregada quando é requisitada ao movimento, deslizando para trás durante o forte golpe da fase bucal do ciclo mastigatório, no lado oposto da mandíbula.

Relações

Superiormente, uma placa fina de osso temporal (2-3 mm) separa o espaço articular inadvertidamente durante a cirurgia da articulação, em especial para liberação de anquilose, ou raramente pelo processo condilar, sendo impulsionada superiormente por traumatismo violento à mandíbula. A artéria maxilar e seus ramos proximais, mais notavelmente a artéria meníngea média, situam-se medialmente, logo acima da cápsula articular. A parte mais superior da cápsula parotídea, que encerra os ramos do nervo facial que suprem os músculos da parte superior da face, como o orbicular do olho, é lateral à cápsula articular: os nervos semelhantes a fios estão em risco durante a abordagem cirúrgica da articulação. A parte superior da fossa infratemporal, que contém as duas cabeças do pterigóideo lateral, é anterior ao côndilo (Fig. 31.9). É no interior desta fossa anterior à eminência articular que o processo condilar é deslocado em casos de luxação da ATM ou de fratura com deslocamento da cabeça da mandíbula. Posteriormente, fica o tegmento timpânico e atrás dele, a cavidade da orelha média. A perfuração através desta fina parede óssea em direção à orelha média é uma conhecida complicação da artroscopia da ATM. Logo abaixo da articulação, a artéria maxilar gira em torno da face posterior do colo da mandíbula.

Suprimento vascular e inervação

Os tecidos articulares e a parte densa do disco articular não têm suprimento nervoso. Os ramos dos nervos auriculotemporal e massetérico e os nervos simpáticos pós-ganglionares suprem os tecidos associados ao ligamento capsular e à frouxa extensão bilaminar posterior do disco. A cápsula da articulação temporomandibular, o ligamento lateral e o tecido retroarticular contêm mecanorreceptores e nociceptores. A aferência a

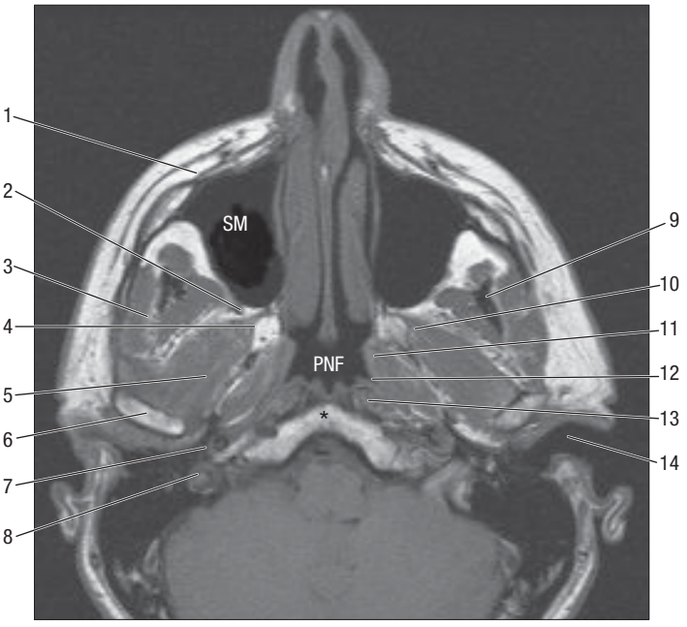


Fig. 31.9 RM axial no nível do meato acústico externo: **1**. Arco zigomático; **2.** Fossa pterigopalatina; **3.** Temporal; **4.** Lâmina medial do esfenoide; **5.** Pterigóideo lateral; **6.** Cabeça da mandíbula; **7.** Artéria carótida interna; **8.** Bulbo superior da veia e forame jugular; **9.** Processo coronoide; **10.** Lâmina lateral do esfenoide; **11.** Toro tubário; **12.** Recesso faríngeo (Fossa de Rosenmüller); **13.** Músculo longo do pescoço (*longus colli*); **14.** Meato acústico externo. SM, Seio maxilar; PNF, Parte nasal da faringe (espaço pós-nasal). *, Arco anterior do atlas.

partir dos mecanorreceptores promove uma fonte de sensações proprioceptivas que ajuda a controlar a postura e o movimento mandibulares.

A articulação tem seu suprimento arterial derivado da artéria temporal superficial lateralmente e da artéria maxilar medialmente. Os vasos penetrantes que suprem o pterigóideo lateral também podem suprir o processo condilar. As veias drenam a face anterior da articulação e os tecidos associados para o plexo que circunda o pterigóideo lateral e, posteriormente, drenam para a região vascular que separa as duas lâminas da região bilaminar do disco. A pressão produzida pelo movimento anterior e posterior do processo condilar desvia o sangue entre essas regiões. Os linfáticos drenam profundamente para os linfonodos cervicais superiores em torno da veia jugular interna.

Movimentos mandibulares

Movimentos do processo condilar na articulação temporomandibular

A principal função da mandíbula é exercer, através dos dentes, a força necessária para quebrar alimentos em partículas menores e assim facilitar a digestão. Os movimentos verticais puros dos dentes inferiores criam uma força de esmagamento que é ineficaz em fracionar os alimentos fibrosos resistentes. O homem usa o movimento lateral da mandíbula para criar um componente de força de cisalhamento que aumenta a eficácia da potência da mastigação. O movimento lateral de todo o corpo da mandíbula, o desvio de Bennett, é insignificante. O movimento lateral extenso só é possível quando a mandíbula gira horizontalmente sobre um processo condilar enquanto o outro desliza para trás e para a frente.

A articulação temporomandibular é estruturalmente adaptada para acomodar tanto o deslizamento como a rotação em um plano parassagital. O deslizamento ocorre porque o ligamento capsular que circunda o compartimento superior da articulação é frouxo, enquanto o ligamento capsular que encerra o compartimento articular inferior é firme, e apenas possibilita que o côndilo gire sobre a depressão no interior do ânulo do disco articular. A variação normal de abertura bucal máxima medida entre as margens incisais dos incisivos superiores e inferiores está na faixa de 35-50 mm. A variação de movimentos no adulto é atingida por volta dos 10 anos no sexo feminino e dos 15 anos no sexo masculino. Normalmente, as excursões laterais do mento podem atingir 8-12 mm de movimento dos incisivos inferiores.

Abertura simétrica

A abertura simétrica da mandíbula está associada à preparação para o corte. No início, cada cabeça da mandíbula gira no compartimento articular inferior no interior do ânulo de seu disco. Após alguns graus de abertura, o processo condilar continua girando no interior de seu disco, mas também ambos deslizam anteriormente à eminência articular do compartimento articular superior. Sem este deslizamento para a frente, torna-se impossível prosseguir com a abertura da mandíbula além de aproximadamente 25 mm.

Existem opiniões conflitantes sobre a razão pela qual o deslizamento anterior ocorre, provavelmente pela impossibilidade de se realizar um teste experimental direto. Nenhum outro animal tem uma eminência articular e ligamentos comparáveis ao do homem, o que significa que a maior parte das evidências que respaldam qualquer teoria é baseada em análises da disfunção da articulação humana. Tem sido argumentado que a sensibilidade proveniente do movimento de rotação, possivelmente tanto da cápsula articular como dos músculos da mastigação, desencadeia uma resposta que ativa de maneira reflexa os músculos que promovem o deslizamento. O fato de o processo condilar em um cadáver ainda deslizar para a frente quando a mandíbula é aberta e roda sugere que não se trata de uma resposta neuromuscular, mas do resultado mecânico de limitações físicas. Quando a mandíbula é aberta e roda, o ligamento temporomandibular rapidamente se torna tenso (Osborn, 1995b). O ligamento tenso age como uma restrição que permite à mandíbula apenas dois movimentos rotativos: pode oscilar em torno da inserção superior do ligamento e girar em torno da inserção inferior. A extremidade inferior do ligamento tenso funciona como um fulcro móvel que converte a tração para baixo e para trás da força rotativa de abertura (criada anteriormente pelo digástrico e pelo gênio-hióideo) em uma tração que impulsiona o processo condilar para cima e para a frente em direção à concavidade do disco articular sobrejacente. Ela então empurra o disco para a frente. A oscilação em torno da inserção superior cria espaço acima para o disco deslizar ainda mais para a frente, o que é possível porque a parte superior do ligamento capsular é frouxa. Os dois movimentos, de rotação e de oscilação, são ligados de modo inextricável pelo ligamento tenso e, através do processo condilar, se combinam para manter o disco em contato firme com a eminência articular, enquanto a mandíbula é aberta. O disco é estabilizado pela sua inserção firme ao processo condilar e pelas margens espessadas de seu ânulo que impedem que ele deslize através da delgada região comprimida entre o centro da cabeça da mandíbula e a eminência articular.

À medida que o deslizamento anterior do processo condilar continua, a influência controladora exercida pelo ligamento temporomandibular diminui. A língula da mandíbula afasta-se da espinha do esfenoide, tensionando o ligamento esfenomandibular originalmente frouxo, que agora atua da mesma maneira que o ligamento temporomandibular, mantendo a cabeça da mandíbula contra a eminência articular. A abertura simétrica, portanto, parece consistir em pelo menos três fases distintas: uma primeira fase controlada pelo ligamento temporomandibular e pela eminência articular; uma fase média curta em que ambos ou nenhum dos ligamentos esfenomandibular e temporomandibular agem limitando os movimentos; e uma fase tardia controlada pelo ligamento esfenomandibular e pela eminência articular.

Alterações na posição do disco durante o movimento

Com os dentes em oclusão, o côndilo fica na fossa mandibular e o disco intra-articular, sobre a cabeça da mandíbula; sua faixa posterior, acima do ápice do côndilo (Fig. 31.10A). Assim que a abertura da boca inicia (Fig. 31.10B), o processo condilar gira dentro do espaço articular inferior e o disco permanece parado. Aproximadamente na metade da abertura, o processo condilar e o disco juntos começam a se mover para a frente, de maneira que a posição relativa entre eles é mantida (Fig. 31.10C). Na abertura máxima (Fig. 31.10D), a cabeça da mandíbula desliza ainda mais anteriormente do que o disco, de modo que a faixa anterior do disco articular fica acima do ápice do côndilo. O fechamento da boca envolve a movimentação posterior do disco em conjunto com o processo condilar (Fig. 31.10E), que também reverte sua rotação angular (Fig. 31.10F), reassumindo a posição de início do ciclo.

Comumente, as mudanças na posição do disco ficam fora da fase das mudanças do processo condilar, o que provoca o impedimento de um movimento suave da mandíbula. O disco tipicamente é puxado anteromedialmente pelo pterigóideo lateral, evitando desta maneira a translação anterior do processo condilar. À medida que a força a partir do processo condilar sobre o disco aumenta, as inserções posteriores elásticas do disco são esticadas até que a resistência ao movimento seja superada e a energia que havia sido armazenada nelas seja então liberada com um clique audível (audível para o paciente e, ocasionalmente, para outros). A relação normal entre disco e processo condilar é então restabelecida e a boca fica livre para atingir a abertura máxima (Fig. 31.10C, D). O disco pode então estalar anteriormente ao processo condilar no momento do fechamento da boca. Este fenômeno é chamado de estalido recíproco, ou deslocamento do disco com redução.

Se o disco for completamente puxado anteriormente à cabeça da mandíbula, de maneira que não seja reduzido durante a abertura, o processo condilar é impedido de qualquer translação anterior e a abertura da boca fica limitada ao componente rotacional e, portanto, a uma aber-

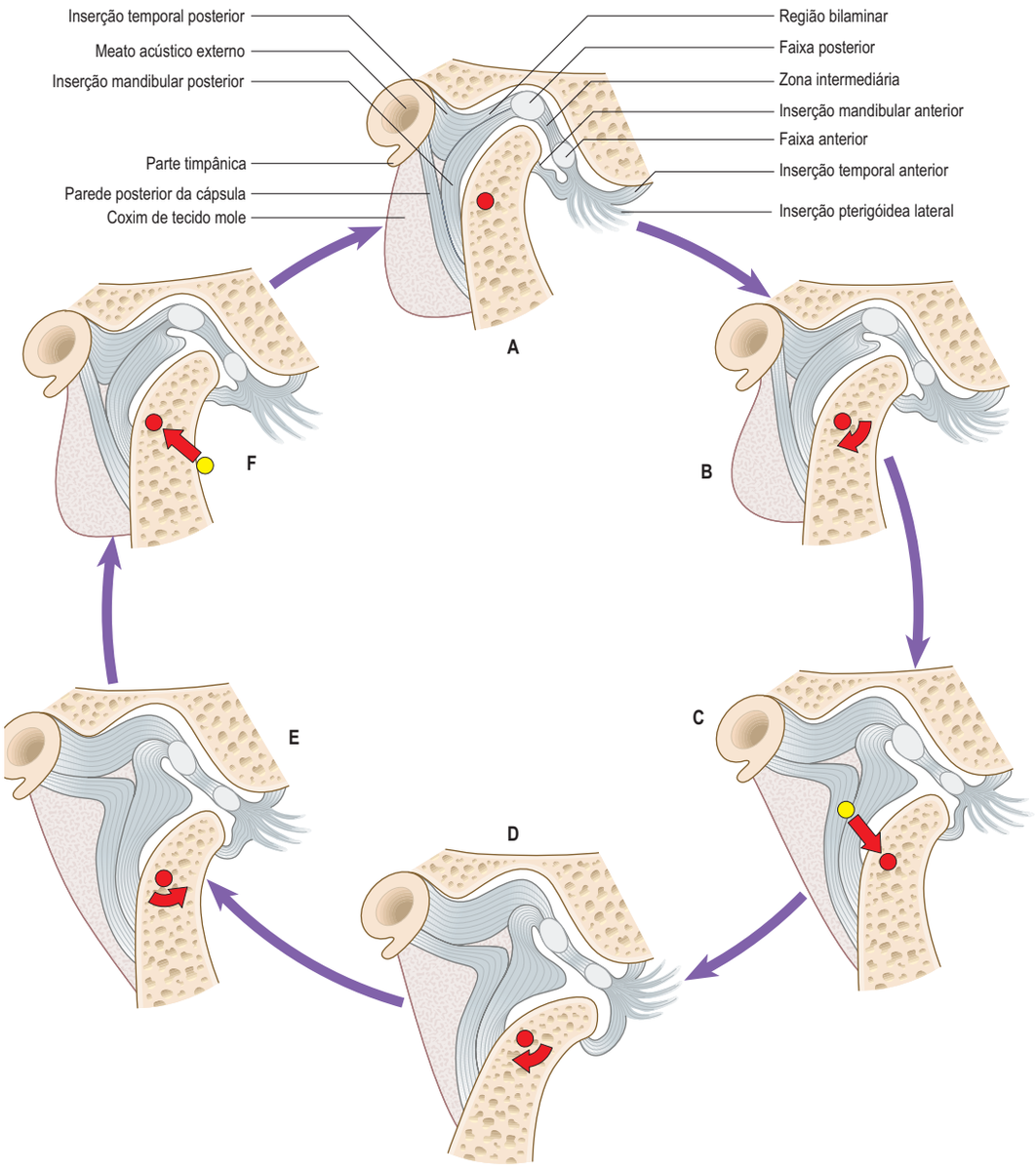


Fig. 31.10 Alterações das relações do processo condilar da mandíbula, do disco articular e da superfície articular do osso temporal durante o ciclo completo de abertura (A → D) e fechamento (D → A) da boca.

tura máxima de 25 mm. Esta também é uma condição clínica comum e é conhecida apropriadamante como travamento mandibular ou deslocamento do disco sem redução.

Abertura excêntrica da mandíbula

A abertura excêntrica da mandíbula está associada à preparação para a oclusão dos molares na mastigação. O processo condilar sobre o lado de balanceio desliza para a frente e para trás durante movimentos laterais associados à oclusão dos molares no lado de trabalho. Embora os músculos da mandíbula agora tenham o controle maior sobre os movimentos mandibulares, os ligamentos temporomandibular e esfenomandibular mantêm a cabeça da mandíbula firmemente contra a eminência articular durante a abertura.

Fechamento mandibular excêntrico e simétrico

A resultante dos músculos de fechamento mandibular tem um componente que matém as superfícies articulares juntas, o que comprime os tecidos articulares e potencialmente encurta os ligamentos, de modo que deixem de limitar os movimentos mandibulares. Sob estas condições, os movimentos mandibulares e as posições dos processos condilares são controlados por mecanismos neuromusculares (dentro dos limites das restrições impostas pela eminência articular, pelas superfícies de oclusais dos dentes e pela presença de alimentos entre eles). Observe que a cabeça da mandíbula do lado de balanceio se move com maior amplitude e é mais fortemente sobrecarregada durante a oclusão dos molares na mastigação. As cargas em cada articulação, balanceio e trabalho impulsionam cada processo condilar mais energicamente em direção a sua eminência articular.

O envelope de movimento

O envelope de movimento é o volume de espaço no interior do qual todos os movimentos de um ponto sobre a mandíbula têm de ocorrer, porque os limites são definidos por características anatômicas, ou seja, pela forma e pelo tamanho da maxila e da mandíbula, pelos contatos dos dentes e pela inserção de músculo e de ligamentos.

No movimento conscientemente controlado da mandíbula a partir da posição de repouso até a posição totalmente aberta, a trajetória da margem incisal do incisivo central inferior é de duas fases. A primeira fase é um movimento semelhante a uma dobradiça durante o qual os processos condilares ficam retraídos dentro da fossa mandibular. Quando os dentes estão abertos em cerca de 25 mm, a segunda fase da abertura ocorre pelo movimento anterior ou protrusão dos processos condilares inferiormente às eminências articulares com mais rotação.

Se for utilizado esforço consciente, a trajetória de fechamento da mandíbula pode seguir até uma posição de extrema protrusão do contato dentário, após a qual a mandíbula tem de retornar à posição inicial. O movimento livre, habitual e inconsciente durante a abertura e o fechamento da mandíbula tem uma trajetória significativamente mais limitada. Considerações semelhantes aplicam-se a movimentos laterais: rotação mandibular em torno do processo condilar retruído (no interior da fossa mandibular) e protração do processo condilar oposto são fatores anatômicos limitantes raramente encontrados na função normal.

Imagens da articulação temporomandibular

A ressonância magnética (RM) e a artrografia têm enriquecido as informações disponíveis sobre alterações patológicas que podem ocorrer em todos os componentes articulares, em especial no disco. É de interesse que o advento destas técnicas coincida com uma redução significativa do número de intervenções cirúrgicas abertas para a anormalidade da posição do disco (coletivamente conhecida como transtornos internos). A RM tem mostrado que, embora a posição do disco e os sintomas clínicos estejam muitas vezes ligados, uma proporção significativa de indivíduos sem qualquer anormalidade de ATM em termos de função tem movimentos de disco marcadamente anormais e que os pacientes que foram submetidos a procedimentos de reposicionamento do disco frequentemente apresentam melhora funcional, apesar do deslocamento persistente do seu disco intra-articular. Aparentemente, a capacidade de remodelação adaptativa da articulação, especialmente da cabeça da mandíbula, é um importante mecanismo para a manutenção da função da ATM.

MÚSCULOS

Os quatro principais músculos da mastigação são os pterigóideos medial e lateral, o temporal e o masseter: suas ações produzem movimentos da mandíbula nas articulações temporomandibulares. A fossa infratemporal contém o pterigóideo medial e lateral e o tendão do temporal. O masseter situa-se sobre a face, na superfície lateral do ramo da mandíbula, mas será considerado aqui.

Masseter

O masseter (Fig. 31.11) é constituído por três camadas que se misturam anteriormente. A camada superficial é a maior. Ela origina-se por uma espessa aponeurose do processo maxilar do osso zigomático e dos dois terços anteriores da margem inferior do arco zigomático. Suas fibras passam para baixo e para trás, para se inserirem no ângulo inferior e na metade posterior e inferior da superfície lateral do ramo da mandíbula. Os septos tendinosos intramusculares nesta camada são responsáveis pelas elevações na superfície do ramo (tuberosidade massetérica). A camada intermediária do masseter origina-se da face medial dos dois terços anteriores do arco zigomático e da margem inferior do seu terço posterior. Ela insere-se na parte central do ramo da mandíbula. A camada profunda origina-se da superfície profunda do arco zigomático e insere-se na parte superior do ramo da mandíbula e no seu processo coronoide. Ainda há debate sobre se fibras do músculo masseter se inserem na parte anterolateral do disco articular da articulação temporomandibular. A hipertrofia massetéria, por exemplo, em resposta ao uso excessivo do músculo, pode ser tratada por redução cirúrgica da sua parte profunda ou por injeções de toxina botulínica para paralisar os nervos motores.

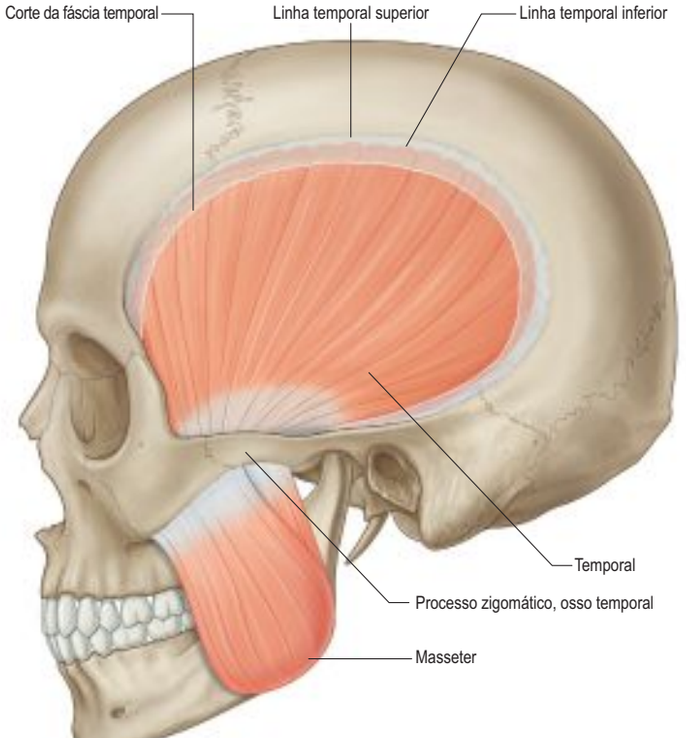


Fig. 31.11 Músculos masseter e temporal. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Relações Normal, platisma, risório, zigomático maior, glândula parótida e ducto parotídeo, ramos do nervo facial e ramos faciais transversos dos vasos temporais superficiais estão todos em relações superficiais. O temporal e o ramo da mandíbula situam-se abaixo do masseter. A margem anterior do músculo masseter é separada do bucinador e do ramo bucal do nervo mandibular por um coxim de gordura bucal (corpo adiposo da bochecha) e atravessada pela veia facial. A margem posterior do músculo é sobreposta pela glândula parótida. O nervo e a artéria massetéricos atingem a superfície profunda do masseter passando sobre a incisura da mandíbula.

Suprimento vascular O masseter é suprido pela artéria massetérica, ramo da artéria maxilar, pela artéria facial e pela artéria facial transversa, ramo da artéria temporal superficial.

Inervação O masseter é suprido pelo nervo massetérico, ramo do tronco anterior do nervo mandibular.

Ações O masseter eleva a mandíbula, ocluindo os dentes na mastigação, e tem um pequeno efeito nos movimentos de lateralidade, na protração e na retração. A sua atividade elétrica na posição de repouso da mandíbula é mínima.

Infecções do espaço submassetérico Algumas vezes, a infecção em torno de um terceiro molar inferior descreve um trajeto posterior, lateral ao ramo mandibular e o pus localiza-se profundamente à inserção do masseter no espaço submassetérico. Um abscesso como este, situado profundamente a este espesso músculo, produz pouco edema visível, mas é acompanhado por espasmo muscular profundo e por limitação grave da abertura da mandíbula (trismo).

Temporal

O temporal (Fig. 31.11) origina-se desde toda a fossa temporal acima da linha temporal inferior – exceto a parte formada pelo osso zigomático – e a partir da superfície profunda da fáscia temporal. Suas fibras convergem e descem em direção a um tendão que atravessa o espaço entre o arco zigomático e a lateral do crânio. Existe um plano profundo à fáscia temporal, que está inserido à margem superior do arco zigomático, e ao músculo, que passa profundamente ao arco. Um elevador introduzido neste plano através de uma incisão acima da linha de implantação dos cabelos pode, portanto, ser colocado sob um arco ou osso zigomático fraturado, a fim de reduzir a fratura (abordagem de Gillies). O temporal é inserido à superfície medial, ápice, margens anterior e posterior do processo coronoide e à margem anterior do ramo da mandíbula quase até o terceiro molar. Suas fibras anteriores são orientadas verticalmente, as fibras mais posteriores quase horizontalmente e as fibras intervenientes com graus intermediários de obliquidade, na forma de um leque. As fibras do temporal podem ocasionalmente se inserir no disco articular.

Relações Pele, auriculares anterior e superior, fáscia temporal, vasos temporais superficiais, nervo auriculotemporal, ramos temporais do nervo facial, nervo zigomaticotemporal, aponeurose do epicrânio, arco zigomático e músculo masseter são todos relações superficiais. As relações posteriores do temporal são a fossa temporal acima e os principais componentes da fossa infratemporal abaixo. Atrás do tendão do músculo, o nervo massetérico e os vasos atravessam a incisura da mandíbula. A margem anterior é separada do osso zigomático por uma massa de gordura.

Suprimento vascular O temporal é suprido pelos ramos temporais profundos da segunda parte da artéria maxilar. A artéria temporal profunda anterior supre 20% do músculo anteriormente, a artéria temporal profunda posterior supre 40% do músculo na região posterior e a artéria temporal média supre 40% do músculo, em sua região média.

Inervação O temporal é suprido pelos nervos temporais profundos dos ramos do tronco anterior do nervo mandibular.

Ações O temporal eleva a mandíbula e, portanto, fecha a boca e aproxima os dentes. Esse movimento requer tanto a tração para cima das fibras anteriores como a tração para trás das fibras posteriores, porque a cabeça da mandíbula repousa sobre a eminência articular quando a boca está aberta. O músculo também contribui para os movimentos de lateralidade envolvidos na moagem. As fibras posteriores retraem a mandíbula após ter sido protruída.

Pterigóideo lateral

O pterigóideo lateral (Fig. 31.12) é um músculo curto e espesso composto de duas partes. A cabeça superior origina-se da superfície infratemporal e a crista infratemporal, da asa maior do osso esfenoide. A cabeça inferior origina-se da superfície lateral da lâmina lateral do processo pterigoide. A partir das duas origens, as fibras convergem e passam, posterior e late-

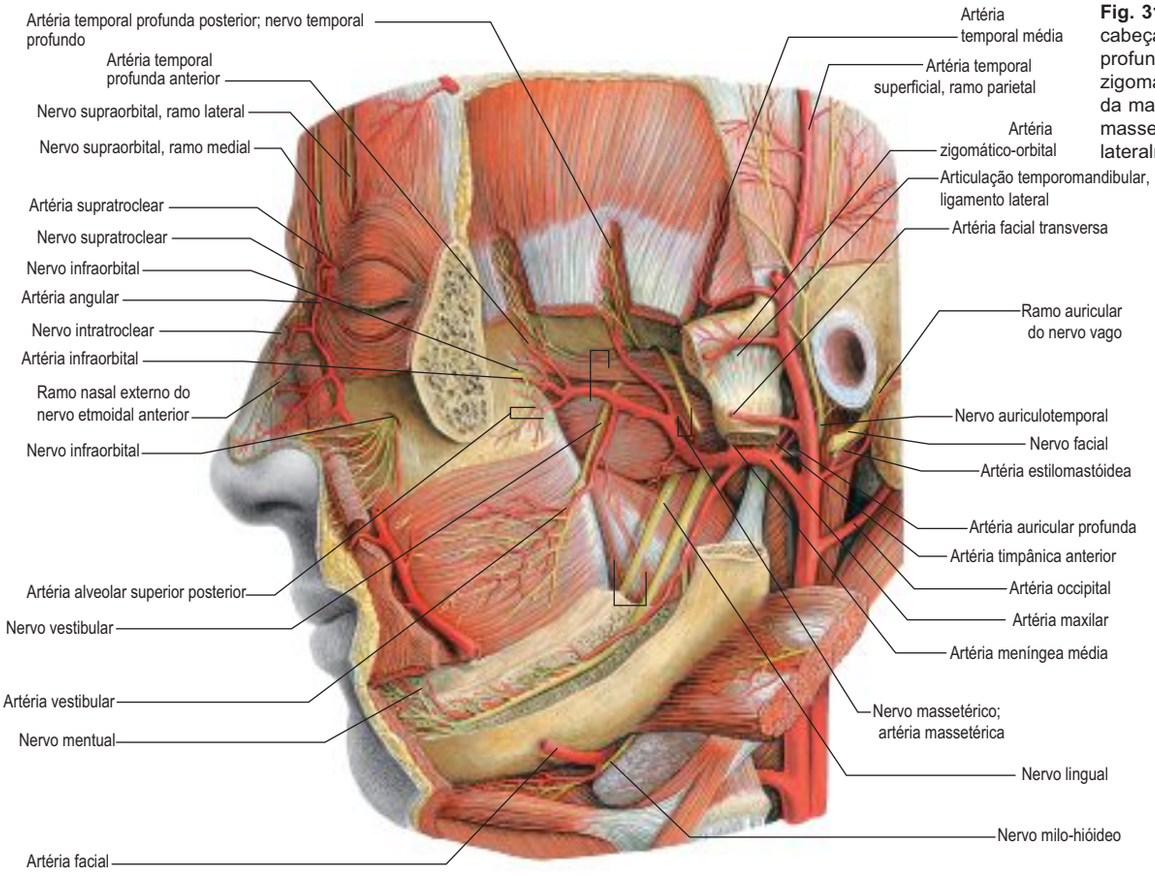


Fig. 31.12 Artérias e nervos da cabeça; regiões laterais mais profundas. A maior parte do arco zigomático, do ramo e do corpo da mandíbula foi removida; o masseter foi cortado e rebatido lateralmente. (De Sobotta, 2006.)

ralmente, a ser inseridas em uma depressão na parte anterior do colo da mandíbula (a fóvea pterigóidea). Uma parte da cabeça superior pode estar inserida na cápsula da articulação temporomandibular e nas margens anterior e medial do disco articular. Ao contrário dos outros músculos da mastigação, o pterigóideo lateral não é penado (peniforme), nem tem um número significativo de órgãos tendinosos de Golgi associados as suas inserções.

Relações O ramo e o masseter da mandíbula, a artéria maxilar – que cruza o músculo profunda ou superficialmente – e a cabeça superficial do pterigóideo medial e o tendão do temporal constituem todos relações superficiais. Internamente ao músculo, encontram-se a cabeça profunda do pterigóideo medial, o ligamento esfenomandibular, a artéria meníngea média e o nervo mandibular. A margem superior está relacionada aos ramos temporal e massetérico do nervo mandibular e a margem inferior está relacionada aos nervos lingual e alveolar inferior. Um bloqueio profundo do nervo alveolar superior posterior também anestesia o nervo lingual. O nervo bucal e a artéria maxilar passam entre as duas cabeças do músculo. Na síndrome de disfunção articular temporomandibular, o espasmo do pterigóideo lateral pode originar sensibilidade mediante a palpação posterior à tuberosidade da maxila no fundo do sulco vestibular (rafe pterigomandibular).

Suprimento vascular O pterigóideo lateral é suprido pelos ramos pterigóideos da artéria maxilar, que se originam quando a artéria cruza o músculo e a partir da artéria palatina ascendente da artéria facial.

Inervação Os nervos para o pterigóideo lateral (um para cada cabeça) surgem do tronco anterior do nervo mandibular, profundamente ao músculo. A cabeça superior e a parte lateral da cabeça inferior recebem sua inervação de um ramo originado do nervo bucal. No entanto, a parte medial da cabeça inferior tem um ramo que surge diretamente do tronco anterior do nervo mandibular.

Ações Quando músculos esquerdo e direito contraem juntos, o processo condilar é puxado anterior e ligeiramente para baixo. Este movimento protrusivo isolado tem pouca ou nenhuma função, exceto no auxílio à abertura da mandíbula. O digástrico e o gênio-hióideo são os principais músculos de abertura da mandíbula: ao contrário do pterigóideo lateral, quando agem sozinhos, giram a mandíbula aberta, desde que outros músculos inseridos no hioide evitem que ele seja puxado para a frente. Se apenas um pterigóideo lateral contrai, a mandíbula gira sobre um eixo vertical, passando quase pelo processo condilar oposto, e é puxada medialmente em direção ao lado oposto. Essa contração, juntamente com a do pterigóideo medial adjacente (ambos anexados à lâmina lateral do processo pterigoide) fornece a maior parte do potente componente de força medialmente orientado utilizado quando se trituram alimentos entre os dentes do mesmo lado. É sem dúvida a função mais importante da cabeça inferior do pterigóideo lateral. Frequentemente, afirma-se que a cabeça superior é utilizada para puxar o disco articular para a frente quando a mandíbula está aberta. Mas exames eletromiográficos têm provado que a cabeça superior é inativa durante a abertura da mandíbula e mais ativa quando a maxila e a mandíbula são cerradas. Uma explicação para esta atividade surpreendente é a seguinte (Osborn, 1995a): a maior parte do poder da força de cerramento decorre das contrações do masseter e do temporal. A tração posterior associada do temporal é maior do que a tração anterior associada do masseter (superficial) e assim a sua ação combinada de fechamento da mandíbula traciona potencialmente o processo condilar posteriormente, o que é prevenido pela contração simultânea da cabeça superior do pterigóideo lateral.

Pterigóideo medial

O pterigóideo medial (Fig. 31.12) é um músculo espesso quadrilátero com duas cabeças de origem. O principal componente é a cabeça profunda que se origina da face medial da lâmina lateral do processo pterigoide do osso esfenoide e fica, portanto, abaixo da cabeça inferior do pterigóideo lateral. A cabeça superficial pequena origina-se do túber da maxila e do processo piramidal do osso palatino e, portanto, repousa sobre a cabeça inferior do pterigóideo lateral. As fibras do pterigóideo medial descem posterolateralmente e estão inseridas por uma forte lâmina tendínea à parte posteroinferior da superfície medial do ramo e ângulo da mandíbula, indo até a altura do forame da mandíbula e quase tão anteriormente quanto o sulco milo-hióideo. Esta área de inserção é frequentemente acidentada. A injeção para bloqueio do nervo alveolar inferior pode ocasionalmente provocar hemorragia no interior do músculo, o que pode dar origem a trismo doloroso.

Relações A superfície lateral do pterigóideo medial está relacionada ao ramo da mandíbula, do qual é separada acima da sua inserção pelo pterigóideo lateral, ao ligamento esfenomandibular, à artéria maxilar, aos vasos e nervo alveolares inferiores, ao nervo lingual e a um processo da glândula parótida. A superfície medial está relacionada ao tensor do véu

palatino e está separada do constritor superior da faringe pelo estiloglosso e pelo estilofaríngeo e por algum tecido areolar.

Suprimento vascular O pterigóideo medial recebe seu principal suprimento arterial dos ramos pterigóideos da artéria maxilar.

Inervação O pterigóideo medial é inervado pelo nervo pterigóideo medial do nervo mandibular.

Ações Os músculos pterigóideos mediais ajudam na elevação da mandíbula. Agindo com os pterigóideos laterais, eles a projetam. Quando os pterigóideos medial e lateral de um lado agem juntos, o lado correspondente da mandíbula é girado para a frente e para o lado oposto, com a cabeça da mandíbula do lado oposto como um eixo vertical. A atividade alternante nos conjuntos musculares direito e esquerdo produz movimentos de um lado para o outro, utilizados para triturar os alimentos.

Ligamento pterigospinal

O ligamento pterigospinal, que é por vezes substituído por fibras musculares, estende-se entre a espinha do osso esfenoide e a margem posterior da lâmina lateral do processo pterigoide próximo de sua extremidade superior. Por vezes, é ossificado e, em seguida, preenche um forame que transmite os ramos do nervo mandibular para o temporal, masseter e pterigóideo lateral.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artéria maxilar

A artéria maxilar, o maior ramo terminal da artéria carótida externa, surge atrás do colo da mandíbula e, primeiramente, é embutida na glândula parótida (Cap. 29). Em seguida, cruza a fossa infratemporal, entrando na fossa pterigopalatina através da fissura pterigomaxilar. A artéria é amplamente distribuída para mandíbula, maxila, dentes, músculos da mastigação, palato, nariz e dura-máter craniana (Figs. 31.12, 31.13). Ela será descrita em três partes: mandibular, pterigóidea e pterigopalatina.

A parte mandibular corre horizontalmente pela superfície medial do ramo. Passa entre o colo da mandíbula e o ligamento esfenomandibular, paralela e ligeiramente abaixo do nervo auriculotemporal. Em seguida, cruza o nervo alveolar inferior e contorna a margem inferior do pterigóideo lateral. A parte pterigóidea sobe obliquamente anterior e medialmente ao temporal e, em 60% dos casos, é superficial à cabeça inferior do pterigóideo lateral. Quando corre profundamente em direção ao pterigóideo lateral, repousa entre o músculo e os ramos do nervo mandibular, e pode se projetar como uma alça lateral entre as duas partes do pterigóideo lateral. A assimetria neste padrão de distribuição pode ocorrer entre as fossas infratemporais direita e esquerda e diferenças étnicas têm sido relatadas. Quando a artéria maxilar corre superficial à cabeça inferior

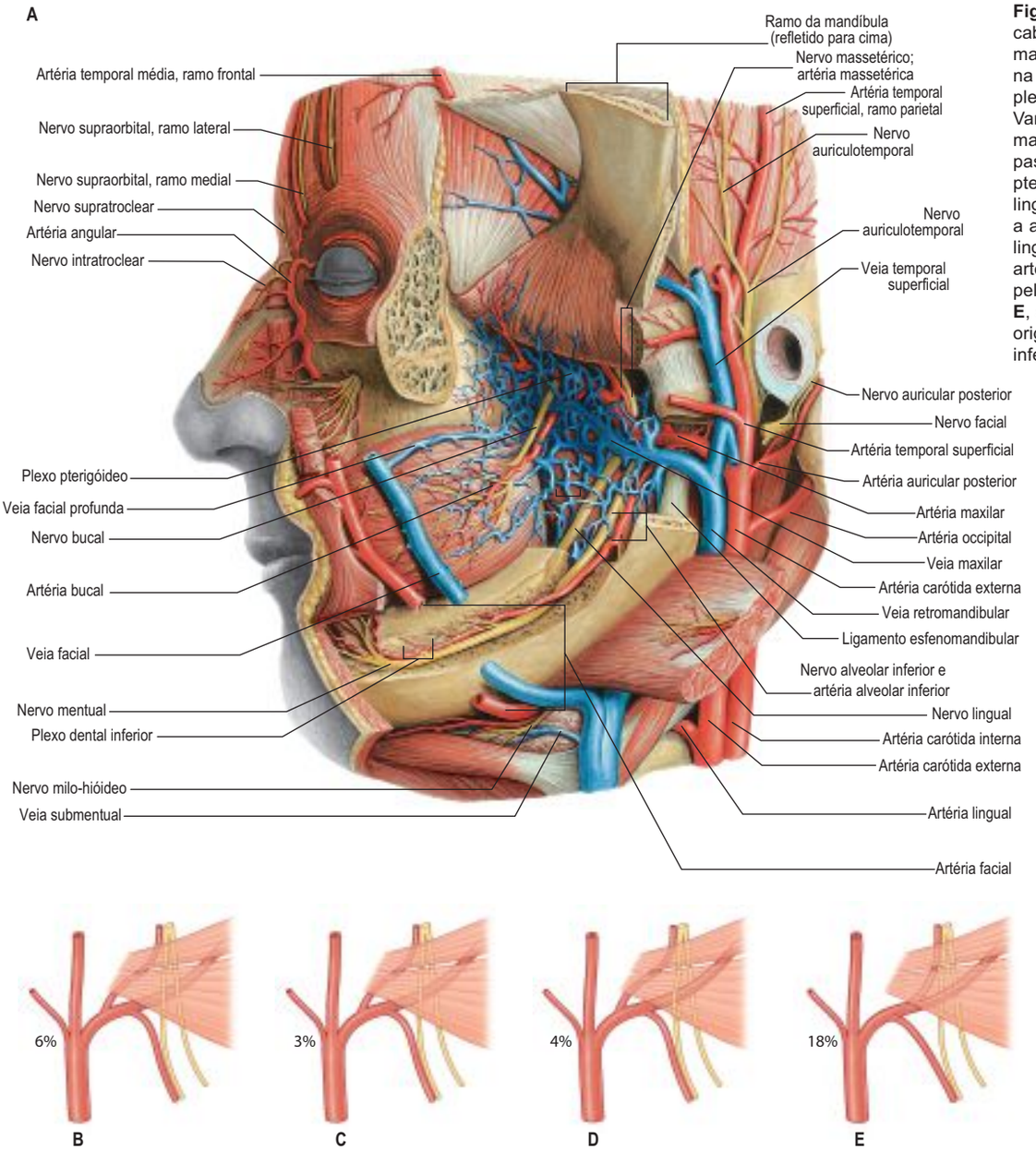


Fig. 31.13 A, Vasos e nervos da cabeça, expostos em um nível mais profundo do que o mostrado na **Figura 31.12**. Observar o plexo venoso pterigóideo. **B-E,** Variações no curso da artéria maxilar. Em **B**, a artéria maxilar passa medialmente ao pterigóideo lateral e aos nervos lingual e alveolar inferior; em **C**, a artéria passa entre os nervos lingual e alveolar inferior, em **D**, a artéria passa por um elo formado pelo nervo alveolar inferior; em **E**, a artéria meníngea média tem origem distal à artéria alveolar inferior. (De Sobotta, 2006.)

do pterigóideo lateral, o padrão mais comum é que passe lateralmente aos nervos alveolar inferior, lingual e bucal. Menos frequentemente, só o nervo bucal cruza a artéria lateralmente, e raramente passa abaixo de todos os ramos do nervo mandibular. A parte pterigopalatina passa entre as duas cabeças do pterigóideo lateral atingindo a fissura pterigomaxilar, antes de passar para a fossa pterigopalatina, onde termina como a terceira parte da artéria maxilar.

A parte mandibular da artéria maxilar tem cinco ramos que penetram nos ossos e são nomeados como artérias auricular profunda, timpânica anterior, meníngea média, meníngea acessória e alveolar inferior. A parte pterigóidea da artéria maxilar tem cinco ramos que não penetram no osso, mas suprem músculo, e incluem as artérias temporal profunda, pterigóidea, massetérica e bucal. Os ramos da parte pterigopalatina da artéria acompanham os ramos do nervo maxilar, são similarmente nomeados (incluindo aqueles associados ao gânglio pterigopalatino) e estão descritos no Capítulo 32.

Artéria auricular profunda

A artéria auricular profunda perfura a parede óssea ou cartilaginosa do meato acústico externo e supre a pele do meato acústico externo e parte da membrana timpânica. Um pequeno ramo contribui para o suprimento arterial da articulação temporomandibular.

Artéria timpânica anterior

A artéria timpânica anterior passa através da fissura petrotimpânica, suprindo parte do revestimento da orelha média, e acompanha o nervo corda do tímpano.

Artéria meníngea média

A artéria meníngea média é a principal fonte de sangue para os ossos da calvária (Fig. 31.14). Pode surgir diretamente a partir da primeira parte da artéria maxilar ou a partir de um tronco comum com a artéria alveolar inferior. Quando a artéria maxilar situa-se superficialmente ao pterigóideo lateral, a artéria meníngea média geralmente é o seu primeiro ramo. No entanto, isto geralmente não ocorre quando a artéria maxilar adota um curso profundo em relação ao músculo. A artéria meníngea média sobe entre o ligamento esfenomandibular e o pterigóideo lateral, passa entre as duas raízes do nervo auriculotemporal e deixa a fossa infratemporal através do forame espinhoso, entrando na cavidade do crânio medialmente ao ponto médio do processo zigomático do osso temporal. Mais sobre o seu trajeto está descrito no Capítulo 27.

Artéria meníngea acessória

A artéria meníngea acessória percorre o forame oval em direção à fossa média do crânio e pode se originar diretamente da artéria maxilar ou como um ramo próprio da artéria meníngea média. Em seu curso na fossa infratemporal, a artéria meníngea acessória está intimamente relacionada com o tensor e com o levantador do véu palatino e geralmente corre abaixo do nervo mandibular. Embora percorra trajeto intracraniano, a sua distribuição principal é extracraniana, principalmente para pterigóideo medial, pterigóideo lateral (cabeça superior), tensor do véu palatino, asa maior e processo pterigoide do esfenoide, ramos do nervo mandibular e gânglio ótico. A artéria meníngea acessória é por vezes substituída por pequenas artérias separadas.

Artérias temporais profundas

Os ramos anterior, médio e posterior das artérias temporais profundas anterior e posterior passam entre o temporal e o periósteo do crânio ou do pericrânio, produzindo sulcos rasos no osso. Os ramos se anastomosam com a artéria temporal média, ramo da artéria temporal superficial. A artéria temporal profunda anterior liga-se à artéria lacrimal por meio de pequenos ramos que perfuram o osso zigomático e a asa maior do esfenoide.

Artéria massetéria

A artéria massetérica, que é pequena, acompanha o nervo massetérico quando ele passa por trás do tendão do temporal através da incisura da mandíbula para entrar na superfície profunda do masseter. Seus ramos também podem suprir a articulação temporomandibular. A artéria massetérica anastomosa-se com a artéria facial transversa, ramo da artéria temporal superficial.

Ramos pterigóideos

Os ramos pterigóideos têm número e origem irregulares e são distribuídos aos pterigóideos lateral e medial.

Artéria bucal

A artéria bucal corre obliquamente em direção anterior entre o pterigóideo medial e a inserção do temporal e supre a pele e a mucosa sobre o bucinador, acompanhando a parte inferior do ramo bucal do nervo mandibular. Anastomosa-se com os ramos das artérias facial e infraorbital. Um pequeno ramo lingual pode ser originado para acompanhar o nervo lingual e supre as estruturas no assoalho da boca.

Veias maxilares e plexo pterigóideo

Veia maxilar

A veia maxilar é uma veia de tronco curto, que acompanha a primeira parte da artéria maxilar (Fig. 31.13A). É formada da confluência das veias do plexo pterigóideo e passa entre o ligamento esfenomandibular e o colo da mandíbula, para penetrar na glândula parótida. Reúne-se no interior da glândula com a veia temporal superficial para formar a veia retromandibular.

Plexo pterigóideo

O plexo pterigóideo de veias encontra-se parcialmente entre o temporal e pterigóideo lateral e parcialmente entre os dois músculos pterigóideos. As veias esfenopalatina, temporais profundas, pterigóideas, massetérica, bucal, alveolar (dentária), palatina maior e meníngea média e um ramo ou ramos da veia oftálmica inferior são todos tributários. O plexo conecta-se com a veia facial através da veia facial profunda e com o seio cavernoso através de veias que passam através do forame venoso (ou emissário esfenoidal), forame oval e forame lacerado. Suas tributárias temporais profundas frequentemente conectam-se às tributárias das veias diploicas anteriores e, portanto, às veias meníngeas médias.

INERVAÇÃO

A fossa infratemporal contém as principais subdivisões do ramo mandibular do nervo trigêmeo, juntamente com o corda do tímpano, que ali penentra e se reúne ao nervo lingual e ao gânglio ótico, que está funcionalmente relacionado à glândula parótida. Os principais ramos sensoriais do nervo mandibular estendem-se além da fossa infratemporal e sua distribuição para a face é descrita no Capítulo 29.

Nervo mandibular

O nervo mandibular é a maior divisão trigeminal e trata-se de um nervo misto. Seus ramos sensoriais suprem os dentes e gengivas da mandíbula, a pele na região temporal, parte da orelha – incluindo o meato acústico externo e a membrana timpânica –, o lábio inferior, a parte inferior da face e a mucosa dos dois terços anteriores da língua (parte pré-sulcal) e do assoalho da cavidade oral (Figs. 31.12, 31.13A, 31.15). Os ramos motores inervam os músculos da mastigação. A grande raiz sensorial

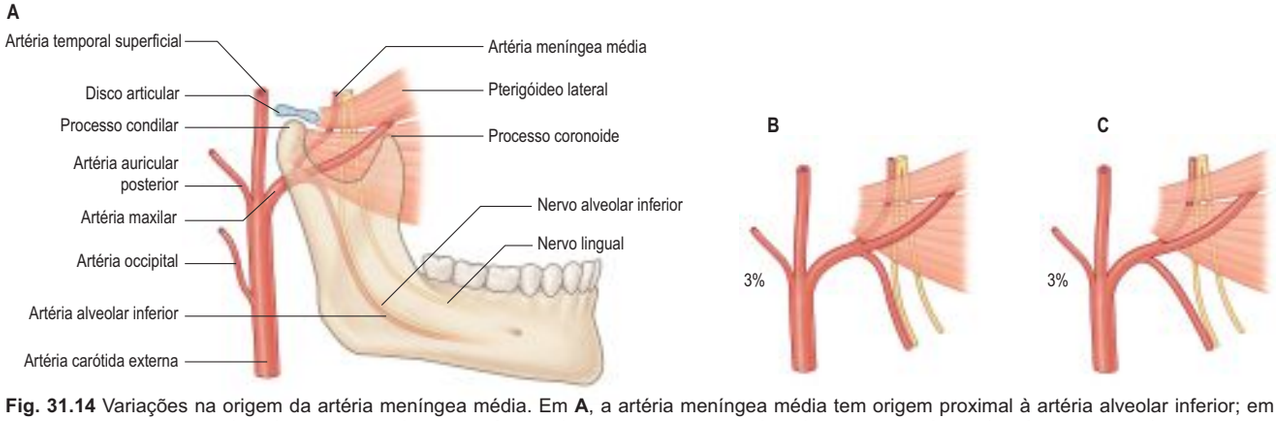


Fig. 31.14 Variações na origem da artéria meníngea média. Em **A**, a artéria meníngea média tem origem proximal à artéria alveolar inferior; em **B**, a artéria tem origem em oposição à artéria alveolar inferior; em **C**, a artéria com origem distal à artéria alveolar inferior. (De Sobotta, 2006.)

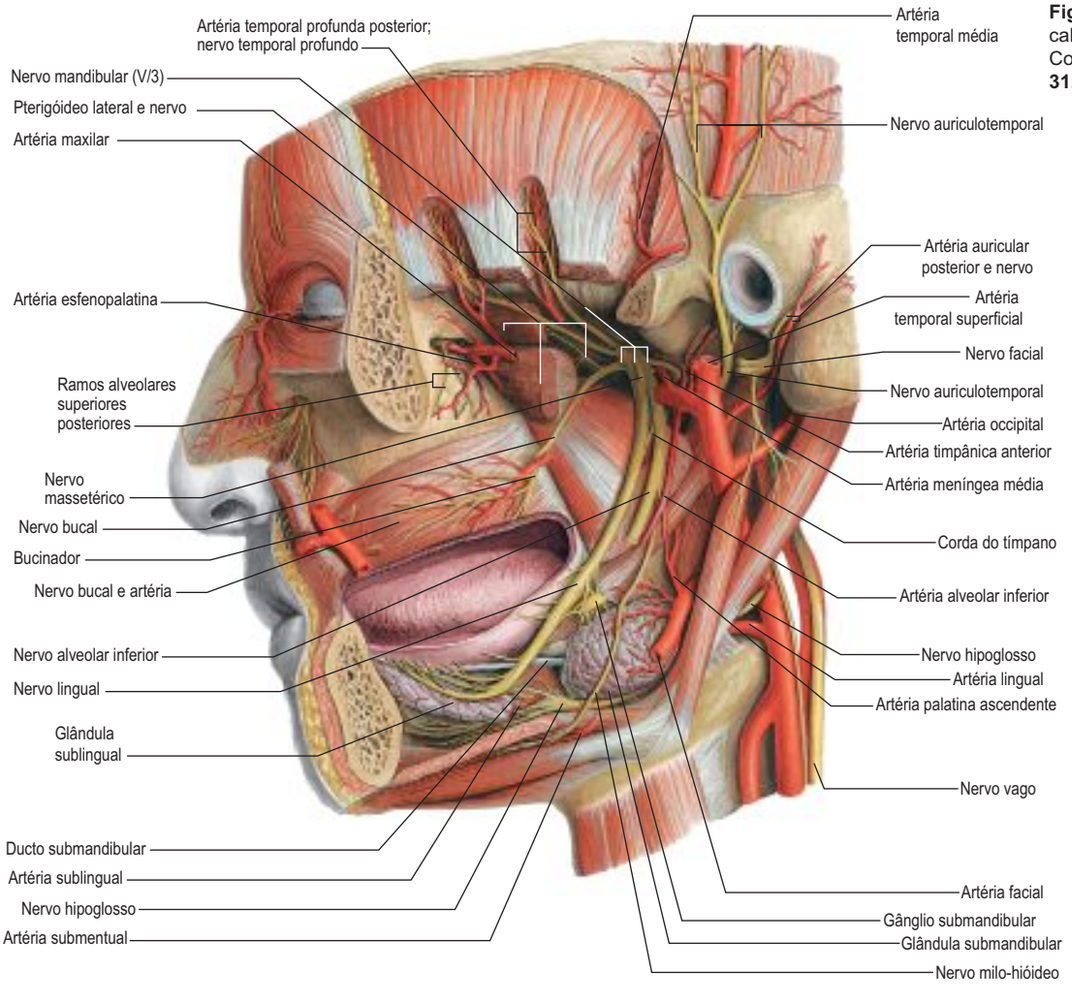


Fig. 31.15 Artérias e nervos da cabeça, regiões laterais profundas. Comparar com as **Figuras 31.12** e **31.13A**. (De Sobotta, 2006.)

emerge da parte lateral do gânglio trigeminal e sai da cavidade do crânio através do forame oval. A pequena raiz motora passa sob o gânglio e através do forame oval, unindo-se à raiz sensorial apenas fora do crânio. À medida que desce a partir do forame oval, o nervo em geral fica a 4 cm da superfície e um pouco anterior ao colo da mandíbula. O nervo mandibular imediatamente passa entre o tensor do véu palatino, que é medial, e o pterigóideo lateral, que é lateral, e dá origem a um ramo meníngeo e ao nervo para o pterigóideo medial a partir de seu lado medial. O nervo então se divide em um tronco anterior pequeno e um tronco posterior grande. A divisão anterior dá origem a ramos para os quatro principais músculos da mastigação e um ramo bucal que é sensorial para a bochecha. A divisão posterior dá origem a três ramos sensoriais principais, o auriculotemporal e os nervos alveolares lingual e inferior, e fibras motoras para suprir o milo-hióideo e o ventre anterior do digástrico.

Ramo meníngeo (nervo espinhoso)

O ramo meníngeo retorna ao crânio pelo forame espinhoso junto à artéria meníngea média. Divide-se em ramos anterior e posterior, que acompanham as principais divisões da artéria meníngea média e suprem a dura-máter na fossa média do crânio e, em menor extensão, na fossa anterior e calvária.

Nervo pterigóideo medial

O nervo pterigóideo medial é um ramo delgado, que entra na face profunda do músculo. Fornece um ou dois filamentos que passam pelo gânglio ótico sem interrupção (ramos para o gânglio ótico) para suprir o tensor do tímpano (nervo para o músculo tensor do tímpano) e o tensor do véu palatino (nervo para o músculo tensor do véu palatino).

Tronco anterior do nervo mandibular

O tronco anterior do nervo mandibular dá origem ao nervo bucal, que é sensorial, e aos nervos massetérico, temporal profundo e pterigóideo lateral, que são todos motores.

Nervo bucal

O nervo bucal passa entre as duas cabeças do pterigóideo lateral. Ele desce profundamente ao tendão do temporal, passa lateral e anteriormente ao músculo masseter e anastomosa-se com os ramos bucais do nervo facial. Carrega as fibras motoras para o pterigóideo lateral, que são distribuídas à medida que o nervo bucal passa através do músculo. Também pode dar origem ao nervo temporal profundo anterior. O nervo bucal conduz a sensação da pele sobre a parte anterior do bucinador e da mucosa bucal, juntamente com a parte posterior da gengiva vestibular, adjacente aos segundo e terceiro molares.

Nervo massetérico

O nervo massetérico passa lateralmente acima do pterigóideo lateral, sob a base do crânio, anteriormente à articulação temporomandibular e posteriormente ao tendão do temporal. Atravessa a parte posterior da incisura da mandíbula junto à artéria massetérica, ramifica-se e entra na superfície profunda do músculo masseter. Também fornece ramos articulares que suprem a articulação temporomandibular.

Nervos temporais profundos

Os nervos temporais profundos geralmente consistem em dois ramos, anterior e posterior, embora possa haver um ramo médio. Eles passam acima do pterigóideo lateral, penetrando a superfície profunda do temporal. O nervo anterior frequentemente surge como um ramo do nervo bucal. Um pequeno nervo posterior por vezes surge em comum com o nervo massetérico.

Nervo pterigóideo lateral

O nervo para o pterigóideo lateral entra na superfície profunda do músculo. Pode surgir separadamente do tronco anterior do nervo mandibular ou do nervo bucal.

Tronco posterior do nervo mandibular

O tronco posterior do nervo mandibular é maior do que o anterior e é principalmente sensorial, embora receba fibras da raiz motora para o nervo ao milo-hióideo. Ele divide-se em nervos auriculotemporal, lingual e alveolar inferior (dental).

Nervo auriculotemporal

O nervo auriculotemporal geralmente tem duas raízes que circundam a artéria meníngea média. Corre posteriormente sob o pterigóideo lateral na superfície do tensor do véu palatino, passa entre o ligamento do

esfenomandibular e o colo da mandíbula, então corre em direção lateral e passa por trás da articulação temporomandibular relacionada com a parte superior da glândula parótida. Emergindo da parte posterior da articulação, sobe além da raiz posterior do zigoma, posteriormente aos vasos temporais superficiais, e divide-se nos ramos temporais superficiais. Comunica-se com o nervo facial e com o gânglio ótico. Os ramos para o nervo facial, geralmente dois, passam anterolateralmente por trás do colo da mandíbula para se juntar ao nervo facial na margem posterior do masseter. Os filamentos que partem do gânglio ótico reúnem as raízes do nervo auriculotemporal perto de sua origem. A distribuição sensorial do nervo auriculotemporal sobre a face é descrita no Capítulo 29.

Nervo lingual

O nervo lingual é sensorial para a mucosa dos dois terços anteriores da língua, assoalho da boca e gengivas linguais da mandíbula. Origina-se no tronco posterior do nervo mandibular e primeiramente corre profundamente ao pterigóideo lateral e superficialmente ao tensor do véu palatino, onde se reúne ao nervo corda do tímpano, ramo do nervo facial, frequentemente por um ramo do nervo alveolar inferior. Emergindo sob o pterigóideo lateral, o nervo lingual corre então para baixo e para a frente sobre a superfície do pterigóideo medial e é, assim, progressivamente conduzido à proximidade da superfície medial do ramo da mandíbula. Torna-se intimamente relacionado ao osso, a alguns milímetros abaixo e posteriormente à junção do ramo vertical e do corpo horizontal da mandíbula. Aqui o nervo lingual situa-se anterior e ligeiramente mais profundo do que o nervo alveolar inferior (dental). Em seguida, passa abaixo da inserção mandibular do constritor superior da faringe e rafe pterigomandibular, intimamente aplicado ao periósteo da superfície medial da mandíbula, até alcançar o lado oposto à raiz distal do terceiro molar, onde é coberto somente pelo muco periósteo gengival. Neste ponto, geralmente se situa de 2-3 mm abaixo da crista alveolar e 0,6 mm do osso, porém em 5% dos casos fica acima da crista alveolar. Passa então medialmente à origem do milo-hióideo, o que o distancia progressivamente da mandíbula e o separa a partir do osso alveolar, cobrindo a raiz mesial do terceiro molar. O restante do nervo é descrito juntamente com a boca e a cavidade oral no Capítulo 30.

Nervo alveolar inferior (dentário)

O nervo alveolar inferior desce atrás do pterigóideo lateral. Na margem inferior do músculo, o nervo passa entre o ligamento esfenomandibular e o ramo da mandíbula para entrar no canal da mandíbula, através do seu forame. Abaixo do pterigóideo lateral, é acompanhado pela artéria alveolar inferior, um ramo da primeira parte da artéria maxilar, que também entra no canal com veias a ela associadas. O curso posterior do nervo alveolar inferior é descrito no Capítulo 30.

Gânglio ótico

É um gânglio pequeno, oval, plano, de cor cinza-avermelhada, situado imediatamente abaixo do forame oval. É um gânglio parassimpático periférico relacionado topograficamente com o nervo mandibular, mas funcionalmente conectado com o nervo glossofaríngeo. Próximo a sua junção com a raiz motora do trigêmeo, o nervo mandibular situa-se lateralmente ao gânglio; o tensor do véu palatino situa-se medialmente, separando o gânglio da parte cartilaginosa da tuba auditiva, e a artéria meníngea média é posterior ao gânglio. O gânglio ótico geralmente envolve a origem do nervo para o pterigóideo medial.

Como todos os gânglios parassimpáticos, existem três raízes, a motora, a simpática e a sensorial. Apenas as fibras parassimpáticas situam-se no gânglio. A raiz motora, parassimpática, do gânglio ótico é o nervo petroso menor, que conduz fibras pré-ganglionares a partir do nervo glossofaríngeo que se originam dos neurônios no núcleo salivatório inferior. O nervo petroso menor corre intracranialmente na fossa média do crânio sobre a superfície anterior da parte petrosa do osso temporal antes de passar pelo forame oval para se juntar ao gânglio ótico. O nervo sofre sinapse no gânglio ótico, as fibras pós-ganglionares passam por um ramo comunicante com o nervo auriculotemporal e, assim, para a glândula parótida. A raiz simpática advém de um plexo sobre a artéria meníngea média. Contém fibras pós-ganglionares a partir do gânglio simpático cervical superior, que atravessam o gânglio ótico sem troca de fibras que emergem com as fibras parassimpáticas na conexão com o nervo auriculotemporal para suprir os vasos sanguíneos no interior da glândula parótida. As fibras sensoriais da glândula derivam do nervo auriculotemporal. Observações clínicas sugerem que em humanos a glândula também recebe fibras secretomotoras através da corda do tímpano.

Ramos

Um ramo conecta o gânglio ótico ao nervo da corda do tímpano, enquanto outro ramo sobe para se juntar ao nervo do canal pterigóideo. Estes ramos podem formar uma via adicional pela qual as fibras gustativas dos dois terços anteriores da língua podem atingir o gânglio geniculado sem atravessar a orelha média, e não fazem sinapse no gânglio ótico. Os ramos motores para o tensor do véu palatino e para o tensor do tímpano, derivados do nervo pterigóideo medial, também passam pelo gânglio sem fazer sinapse.

Corda do tímpano

O nervo corda do tímpano entra na região da fossa infratemporal, passando pela extremidade medial da fissura petrotimpânica atrás da cápsula da articulação temporomandibular. O nervo desce medialmente à espinha do osso esfenoide – que por vezes sulca –, situando-se posterolateralmente ao tensor do véu palatino. É cruzado lateralmente pela artéria meníngea média, por raízes do nervo auriculotemporal e pelo nervo alveolar inferior (Fig. 31.15). O corda do tímpano junta-se à face posterior do nervo lingual em um ângulo agudo. Transporta fibras gustativas para os dois terços anteriores da língua e fibras parassimpáticas pré-ganglionares eferentes (secretomotoras) destinadas ao gânglio submandibular no assoalho da boca.

DISSEMINAÇÃO DA INFECÇÃO A PARTIR DA FOSSA INFRATEMPORAL

Infecções da maior parte dos dentes superiores ou da parte da anterior da mandíbula em geral drenam de maneira inofensiva para a cavidade oral, seja através do vestíbulo, através do palato ou da mucosa lingual. Em contrapartida, uma pericoronarite que afeta um terceiro molar inferior que se comunica com a cavidade oral, ou, menos frequentemente, um abscesso dentário associado a este dente, ou até uma infecção pós-operatória podem se espalhar ao longo dos planos teciduais. A disseminação pode ser bucal, submassetérica, parafaríngea, submandibular ou, mais raramente, infratemporal. O principal sintoma causado pela infecção da região pterigomandibular é o trismo (espasmo muscular doloroso reflexo), que geralmente afeta o pterigóideo medial. Quando as áreas submandibular, sublingual e submentual são principalmente afetadas (angina de Ludwig), existe o risco de que as vias respiratórias possam ficar obstruídas. A infecção pode (potencialmente) disseminar-se, seja ao longo dos espaços teciduais pescoço abaixo, seja ao longo dos planos teciduais face acima, quando pode até mesmo atingir a órbita através da fissura orbital inferior. Quando na órbita, a disseminação direta através da fissura orbital superior em direção à cavidade do crânio, resultando em uma trombose do seio cavernoso ameaçadora da vida, permanece como possibilidade remota. A infecção também pode disseminar para o seio cavernoso a partir do plexo pterigóideo e das veias oftálmicas.

FOSSA PTERIGOPALATINA

A fossa pterigopalatina é um pequeno espaço piramidal abaixo do ápice da órbita na face lateral do crânio. O limite posterior é a raiz do processo pterigoide e a superfície anterior adjacente da asa maior do esfenoide, e o limite anterior é a parte superomedial da face infratemporal da maxila. A lâmina perpendicular do osso palatino, com seus processos orbital e esfenoidal, forma o limite medial e a fissura pterigomaxilar é o limite lateral. A fossa comunica-se com a cavidade nasal através do forame esfenopalatino, com a órbita através da extremidade medial da fissura orbital inferior e com a fossa infratemporal através da fissura pterigomaxilar, que se situa entre a parte posterior da maxila e o processo pterigoide do esfenoide e transmite a artéria maxilar. Também se comunica com a cavidade oral, através do canal palatino maior, que se abre na face posterolateral do palato duro. Existem duas aberturas na parede posterior da fossa pterigopalatina, o forame redondo, que transmite o nervo maxilar, e o canal pterigóideo, que transmite o nervo do canal pterigóideo (nervo Vidiano). Quando a face anterior da lâmina pterigoide é examinada em um esfenoide desarticulado, o forame redondo é observado acima e lateralmente ao canal pterigóideo (Fig. 31.2).

O principal conteúdo da fossa pterigopalatina é a terceira parte da artéria maxilar, o nervo maxilar e muitos de seus ramos e o gânglio pterigopalatino.

Artéria maxilar

A artéria maxilar atravessa a fissura pterigomaxilar a partir da fossa infratemporal em direção à fossa pterigopalatina, onde termina como uma terceira parte da artéria maxilar. Dá origem a inúmeros ramos, como as artérias alveolar superior posterior, infraorbital, esfenopalatina e palatina maior.

Artéria alveolar superior posterior

A artéria alveolar superior posterior origina-se da artéria maxilar no interior da fossa pterigopalatina e percorre a fissura pterigomaxilar em direção

ao túber da maxila. Dá origem aos ramos que aí penetram o osso para suprir os dentes molares e pré-molares e o seio maxilar, bem como outros ramos que suprem a mucosa bucal. Ocasionalmente, a artéria alveolar superior posterior origina-se da artéria infraorbital.

Artéria infraorbital

A artéria infraorbital entra na órbita através da fissura orbital inferior. Percorre o assoalho da órbita no sulco infraorbital e canal infraorbital e emerge sobre a face no forame infraorbital para suprir a pálpebra inferior, parte da bochecha, o lado do nariz externo e o lábio superior. Ainda no interior do canal infraorbital, dá origem à artéria alveolar superior anterior, que corre para baixo para suprir os dentes anteriores e a parte anterior do seio maxilar. Uma artéria alveolar superior média também é frequentemente descrita. Quando presente, ramifica-se a partir da artéria infraorbital dentro do canal infraorbital e corre inferiormente ao longo da parede lateral do seio maxilar em direção à região dos caninos e dos incisivos laterais, e anastomosa-se com as artérias alveolares superiores anterior e posterior.

Artéria do canal pterigóideo

A artéria do canal pterigóideo (artéria Vidiana) surge como um ramo seja da parte distal da artéria maxilar (70%), seja do segmento petroso da artéria carótida interna (30%). Ela passa através do canal pterigóideo e anastomosa-se com os ramos faríngeos e artérias etmoidal e esfenopalatina. Na fossa pterigopalatina, anastomosa-se com o ramo acessório da artéria meníngea média e com as artérias faríngea ascendente, palatina ascendente e palatina descendente (ocasionalmente), artérias da orofaringe e da periferia da tuba auditiva. Através destas anastomoses complexas, a artéria do canal pterigóideo contribui para o suprimento de parte da tuba auditiva, da cavidade timpânica, bem como da parte superior da faringe. Também pode se anastomosar com a artéria do forame redondo e, então, comunicar-se com os ramos da parte cavernosa da artéria carótida interna.

Artéria faríngea

O ramo faríngeo da artéria maxilar atravessa o canal palatovaginal, acompanhando o nervo de mesmo nome, e é distribuído para a mucosa do teto nasal, nasofaringe, seio esfenoidal e tuba auditiva.

Artéria palatina maior (descendente)

A artéria palatina maior deixa a fossa pterigopalatina através do canal palatino maior (anterior), no interior do qual dá origem a duas ou três artérias palatinas menores. A artéria palatina maior supre o meato nasal inferior e, em seguida, passa para o teto do palato duro, no forame palatino maior (anterior), e corre para a frente suprindo o palato duro e as gengivas palatinas dos dentes maxilares. Dá origem a um ramo que corre para o interior do canal incisivo, anastomosando-se com a artéria esfenopalatina, e assim contribui para o suprimento arterial do septo nasal. As artérias palatinas menores emergem no palato através do forame palatino menor (posterior), ou forames, e suprem o palato mole.

Artéria esfenopalatina

A artéria esfenopalatina da artéria maxilar passa pelo forame esfenopalatino e entra na cavidade nasal posteriormente ao meato superior. Dali originam-se as artérias nasais posteriores laterais, que se ramificam ao longo das conchas e meatos, anastomosando-se com as artérias etmoidais e ramos nasais da artéria palatina maior para suprir os seios frontal, maxilar, etmoidal e esfenoidal. A artéria esfenopalatina em seguida cruza anteriormente sobre a superfície inferior do esfenoide e termina no septo nasal, em uma série de ramos septais posteriores que se anastomosam com as artérias etmoidais. Um ramo desce pelo vômer até o canal incisivo para se anastomosar com a artéria palatina maior e o ramo do septo nasal da artéria labial superior.

Nervo maxilar

A divisão maxilar do nervo trigêmeo é inteiramente sensitiva (Fig. 31.16). Deixa o crânio através do forame redondo, que a leva diretamente para a parede posterior da fossa pterigopalatina. Cruzando a sua parte superior, o nervo dá origem a dois grandes ramos ganglionares que contêm fibras destinadas para o nariz, o palato e a faringe, que passam através do gânglio pterigopalatino sem fazer sinapse. Em seguida, inclina acentuadamente para a lateral sobre a superfície posterior do processo orbital do osso palatino e na parte superior da superfície posterior da maxila na fissura orbital inferior (que é contínua posteriormente com a fossa pterigopalatina): situa-se fora do periósteo da órbita, dá origem ao nervo zigomático e em seguida aos ramos alveolares superiores posteriores. Na metade do caminho entre o ápice e a margem orbital, o nervo maxilar gira medialmente para entrar no canal infraorbital como nervo infraorbital. O curso subsequente do nervo maxilar é descrito no Capítulo 29.

O nervo maxilar dá origem a muitos de seus ramos na fossa pterigopalatina. Eles podem ser divididos naqueles que provêm diretamente do nervo e naqueles que estão associados ao gânglio pterigopalatino parassimpático. Os ramos nomeados que partem do tronco principal são o ramo meníngeo, o ramo para o gânglio pterigopalatino, o nervo zigomático, os nervos alveolares superiores e respectivos ramos posteriores, médios e anteriores, e o nervo infraorbital. Os ramos nomeados do gânglio pterigopalatino são os ramos orbitais, o nervo nasopalatino, os ramos nasais posteriores superolaterais e superomediais, o nervo palatino maior (anterior), nervos palatinos menores (posteriores) e o nervo faríngeo.

Nervo meníngeo

O ramo meníngeo do nervo maxilar surge no interior da fossa média do crânio e corre com os vasos meníngeos médios. Contribui para a inervação da dura-máter.

Ramos para o gânglio pterigopalatino

Em geral, existem dois ramos que conectam o nervo maxilar ao gânglio pterigopalatino.

Nervo zigomático

O nervo zigomático do nervo maxilar deixa a fossa pterigopalatina pela fissura orbital inferior, juntamente com o nervo maxilar. Seu curso subsequente é descrito no Capítulo 29.

Nervo alveolar superior posterior

O nervo alveolar superior posterior deixa o nervo maxilar na fossa pterigopalatina. Seu curso subsequente e sua distribuição são descritos em pormenores no Capítulo 30.

Nervo infraorbital

O nervo infraorbital pode ser considerado o ramo terminal do nervo maxilar. Ele deixa a fossa pterigopalatina para entrar na órbita pela fissura orbital inferior, e seu curso subsequente e sua distribuição são descritos no Capítulo 29.

Gânglio pterigopalatino

O gânglio pterigopalatino é o maior dos gânglios parassimpáticos periféricos. Está localizado profundamente, próximo ao forame esfenopalatino, anteriormente ao canal pterigóideo e ao forame redondo (Fig. 31.16B). É achatado, de coloração cinza-avermelhada, e fica logo abaixo do nervo maxilar quando cruza a fossa pterigopalatina. A maioria dos "ramos" do gânglio está a ele morfológica, mas não funcionalmente conectada, pois trata-se essencialmente de ramos sensitivos do nervo maxilar. Assim, passam através do gânglio sem fazer sinapse e entram no nervo maxilar pelos seus ramos ganglionares, mas conduzem algumas fibras parassimpáticas às glândulas palatinas, faríngeas e nasais da mucosa nasal.

As fibras pré-ganglionares parassimpáticas destinadas ao gânglio pterigopalatino correm inicialmente pelo nervo petroso maior, ramo do nervo facial e, em seguida, pelo nervo do canal pterigóideo (nervo Vidiano), após o petroso maior se unir ao nervo petroso profundo. O nervo do canal pterigóideo entra no gânglio posteriormente. Fibras parassimpáticas pós-ganglionares deixam o gânglio e juntam-se ao nervo maxilar através do ramo para o gânglio pterigopalatino, em seguida trafegam através do nervo zigomático e seu ramo zigomaticotemporal, que são os ramos do nervo maxilar para a glândula lacrimal. Fibras secretomotoras pré-ganglionares de origem incerta também trafegam pelo nervo do canal pterigóideo. Fazem sinapse no gânglio pterigopalatino e fibras pós-ganglionares são distribuídas para as glândulas palatinas, faríngeas e nasais através dos nervos palatinos e dos ramos nasais do nervo maxilar.

As fibras simpáticas pós-ganglionares passam através do gânglio sem fazer sinapse e suprem os vasos sanguíneos e o músculo orbital. Originam-se no gânglio cervical superior e trafegam através do plexo carótico interno e do nervo petroso profundo para entrar no gânglio pterigopalatino no interior do nervo do canal pterigóideo.

As fibras sensitivas gerais destinadas à distribuição pelos ramos orbitais e nervos nasopalatino, alveolares superiores, palatino maior e faríngeo, todos ramos da divisão maxilar do trigêmeo, correm através do gânglio sem fazer sinapse.

Ramos orbitais

Os delgados ramos orbitais entram na órbita através da fissura orbital inferior e suprem o periósteo da órbita. Algumas fibras também passam através do forame etmoidal posterior para suprir os seios esfenoidal e etmoidal. Os ramos orbitais provavelmente se reúnem aos ramos do nervo carótico interno, formando um plexo "retro-orbitário" a partir do qual as estruturas da órbita, como a glândula lacrimal e o músculo orbital, recebem inervação autonômica.

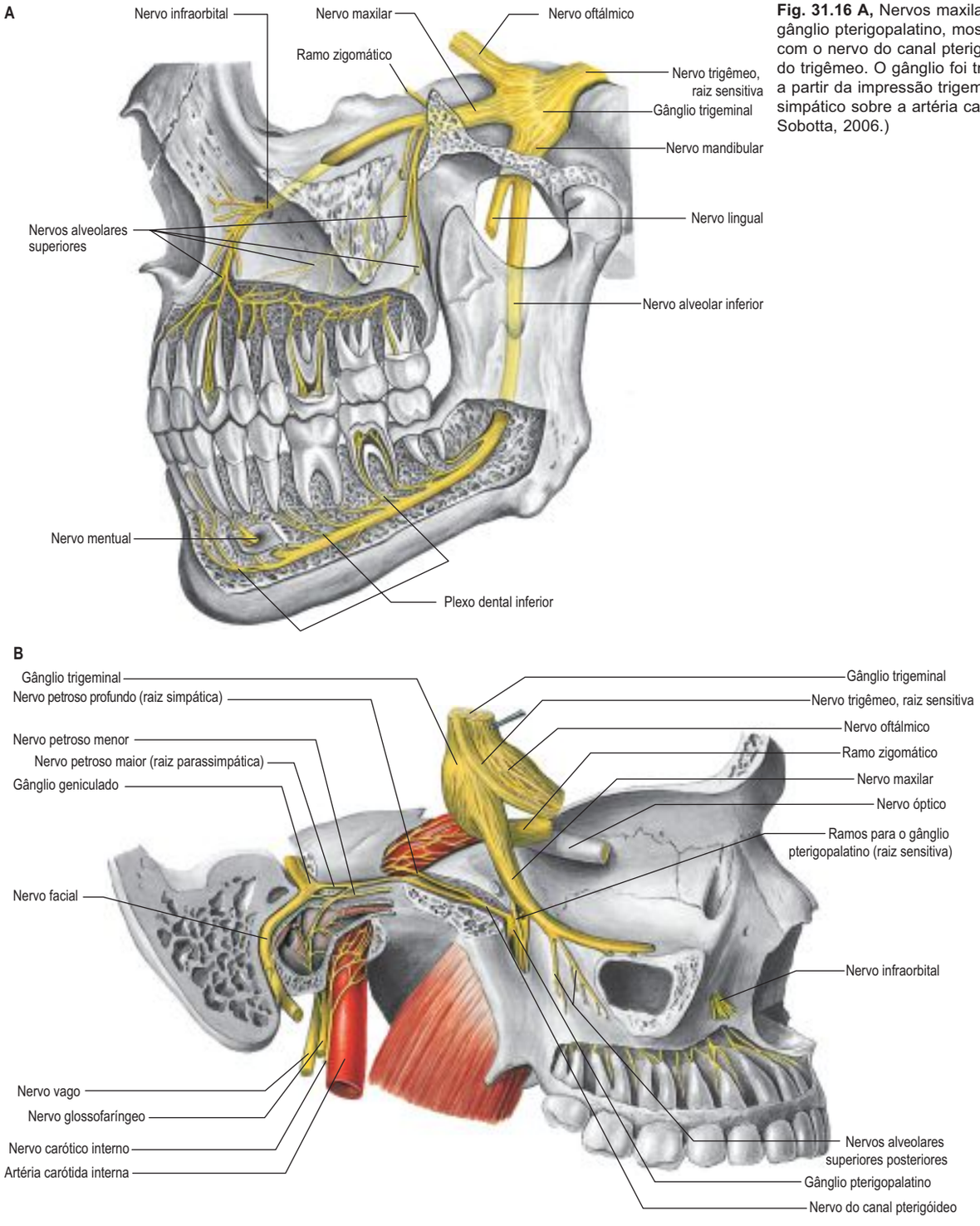


Fig. 31.16 A, Nervos maxilar e mandibular; **B,** gânglio pterigopalatino, mostrando suas conexões com o nervo do canal pterigóideo e divisão maxilar do trigêmeo. O gânglio foi tracionado anteriormente a partir da impressão trigeminal. Observar o plexo simpático sobre a artéria carótida interna. (De Sobotta, 2006.)

Nervo nasopalatino

O nervo nasopalatino deixa a fossa pterigopalatina através do forame esfenopalatino e entra na cavidade nasal. Ele cruza toda a cavidade desde a parte posterior do septo nasal, inferior e anteriormente em um sulco no vômer e, então, vira para baixo passando através da fossa incisiva na parte anterior do palato duro para entrar no teto da cavidade oral. Quando existem forames incisivos anterior e posterior nesta fossa, o nervo nasopalatino esquerdo passa através do anterior e o direito passa através do posterior. O nervo nasopalatino supre a parte inferior do septo nasal e a parte anterior do palato duro, onde se comunica com o nervo palatino maior.

Ramos nasais posteriores superolaterais e superomediais

Os ramos nasais posteriores superiores penentram na parte posterior da cavidade nasal através do forame esfenopalatino. Os ramos nasais posteriores superolaterais (cerca de seis) inervam a mucosa que reveste a parte posterior das conchas nasais superior e média e as células etmoidais posteriores. Dois ou três ramos nasais posteriores superomediais cruzam o teto da cavidade nasal abaixo da abertura do seio esfenoidal para suprir a mucosa da parte posterior do teto e do septo nasal.

Nervos palatinos (maior e menores)

Os nervos palatinos maior e menores passam para baixo a partir do gânglio pterigopalatino através do canal palatino maior. O nervo palatino maior desce através do canal palatino maior, emerge no palato duro a partir do forame palatino maior e corre para a frente em um sulco sobre a superfície inferior do palato ósseo quase até os dentes incisivos. Supre as gengivas, a mucosa e as glândulas do palato duro e também se comunica com os filamentos terminais do nervo nasopalatino. No canal, o nervo palatino maior dá origem aos ramos nasais posteroinferiores que emergem através da lâmina perpendicular do osso palatino e ramifica-se sobre a concha nasal inferior e as paredes dos meatos nasais médio e inferior. À medida que sai do canal palatino maior, dá origem aos ramos que são distribuídos para ambas as superfícies da parte adjacente do palato mole.

Os nervos palatinos menores (médio e posterior) são muito menores do que o nervo palatino maior. Descem através do canal palatino maior, a partir do qual divergem para baixo, emergindo através dos forames palatinos menores no processo piramidal do osso palatino. Eles inervam a úvula, as tonsilas palatinas e o palato mole.

As fibras que transmitem os estímulos gustativos a partir do palato provavelmente passam através dos nervos palatinos até o gânglio pterigopalatino. Passam pelo gânglio sem fazer sinapse e deixam-no através do nervo petroso maior. Seus corpos celulares estão localizados no gânglio geniculado do nervo facial e seus prolongamentos centrais passam através da raiz sensitiva do nervo facial (nervo intermédio) para o núcleo gustativo do núcleo do trato solitário.

Nervo faríngeo

O ramo faríngeo do nervo maxilar deixa o gânglio pterigopalatino posteriormente. Passa pelo canal palatovaginal com o ramo faríngeo da artéria maxilar e supre a mucosa da nasofaringe posteriormente à tuba auditiva.

REFERÊNCIAS

Barker BCW, Davies PL 1972 The applied anatomy of the pterygomandibular space. Br J Surg 10: 43–55.
Descreve as relações das estruturas no interior do espaço pterigomandibular, com referência particular à anestesia associada a um bloqueio de nervo alveolar inferior.

Bertilsson O, Strom D 1995 A literature survey of a hundred years of anatomic and functional lateral pterygoid muscle research. J Orofac Pain 9: 17–23.

De Bont LGM, Boering G, Havinga P, Liem RSB 1984 Spacial arrangement of collagen fibrils in the articular cartilage of the mandibular condyle. J Oral Maxillofac Surg 42: 306–313.

Hansson T, Oberg T, Carlsson GE, Kopp S 1977 Thickness of the soft tissue layers and the articular disc in the temporomandibular joint. Acta Odont Scand 35: 77–83.

Hollingshead WH 1968 The Head and Neck. In: Anatomy for Surgeons, vol. 1, 2nd edn. New York: Harper & Row.

Lang J 1995 Clinical Anatomy of the Masticatory Apparatus and Peripharyngeal Spaces. New York: Thième Medical Publishers.
Fornece informações anatômicas detalhadas (como quantidade) sobre a fossa infratemporal, relacionando essas informações com a clínica.

Langdon JD, Patel MF (eds) 1998 Operative Maxillofacial Surgery. London: Chapman and Hall.

Langdon JD, Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 The Surgical Anatomy of the Infratemporal Fossa. London: Dunitz.

Orchardson R, Cadden W 1998 Mastication. In: Linden RWA (ed) The Scientific Basis of Eating. Taste and Smell, Salivation, Mastication and Swallowing and their Dysfunctions. Frontiers of Oral Biology Series Vol 9. Basel: Karger: 76–121.

Osborn JW 1995 Internal derangement and the accessory ligaments around the temporomandibular joint. J Oral Rehab 22: 731–40.
Analisa a anatomia dos ligamentos associados à articulação mandibular e como eles controlam os movimentos do côndilo durante movimentos marginais da mandíbula associados à abertura da mandíbula e etiologia da luxação mandibular e luxação discal.

Pogrel MA, Renaut A, Schmidt B, Ammar A 1995 The relationship of the lingual nerve to the mandibular third molar region. J Oral Maxillofac Surg 53: 1178–81.

Robinson PD 1993 Articular cartilage of the temporomandibular joint – can it regenerate? Ann R Coll Surg Engl 75: 231–6.

Toller PA 1974 Temporomandibular arthropathy. Proc Roy Soc Med 67: 153–9.

Turker KS 2002 Reflex control of human jaw muscles. Crit Rev Oral Biol Med 13: 85–104.

Nariz, cavidade nasal e seios paranasais

CAPÍTULO 32

O nariz é a primeira parte das vias aéreas superiores e é responsável pelo aquecimento, umidificação e, de certa forma, pela filtragem do ar inspirado. Ele também abriga o epitélio olfatório, que contém neurônios receptores olfatórios, responsáveis pela detecção de moléculas odoríferas transmitidas pelo ar.

O nariz pode ser subdividido em nariz externo, que se abre anteriormente para a face através das narinas, e uma câmara interna, dividida sagitalmente por um septo em cavidades esquerda e direita, que se abrem posteriormente para a parte nasal da faringe através das aberturas nasais posteriores chamadas de cóanos. As cavidades nasais estão alojadas em uma estrutura de suporte composta de osso e cartilagens fibroelásticas. Os ossos maiores desta armação contêm espaços preenchidos por ar e revestidos por epitélio respiratório, descritos coletivamente como seios paranasais. Os seios paranasais e os ductos lacrimonasais drenam para a cavidade nasal através de aberturas em suas paredes laterais (Fig. 32.1).

NARIZ EXTERNO

As proporções do nariz e da face, tanto a partir da frente como do lado, são de enorme importância para o cirurgião rinoplástico.

A forma do nariz externo varia consideravelmente entre os indivíduos. Trata-se de uma estrutura piramidal localizada na face, sobre a linha mediana e inserida no esqueleto facial. O seu ângulo superior ou raiz do nariz é contínuo com a fronte e a sua extremidade livre forma o ápice do nariz, que se projeta anteriormente. Sua base contém duas aberturas elipsoidais, as narinas, que se abrem para a sua face inferior, separadas pelo septo nasal e pela columela. A forma geral das narinas é muito variável. Elas geralmente medem 1,5-2 cm anteroposteriormente e 0,5-1 cm transversalmente e são mais estreitas na frente. As faces laterais do nariz unem-se no plano mediano formando o dorso do nariz. O sulco da asa do nariz é um sulco na pele que delimita a asa do nariz acima e liga-se ao sulco nasolabial. Abaixo, ele se curva em direção ao ápice do nariz, mas não o atinge.

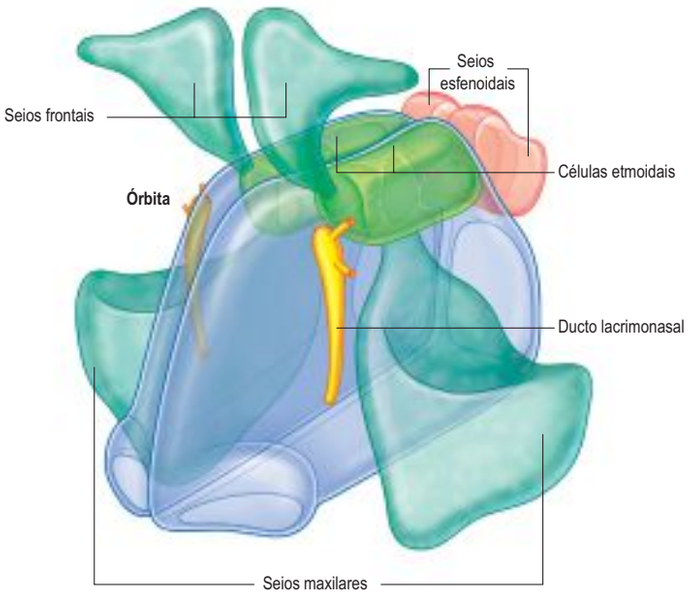


Fig. 32.1 Visão geral das relações espaciais entre a cavidade nasal, seios paranasais e ductos lacrimonasais. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

PELE E TECIDOS MOLES

A pele e os tecidos moles que cobrem o dorso do nariz geralmente são finos, especialmente na junção osteocartilagínea, e estão frouxamente ligados à aponeurose nasal e às fibras musculares que se espalham dentro dela. A pele sobre o ápice do nariz é frequentemente mais espessa nos homens e possui inúmeras glândulas sebáceas grandes, mas isso varia consideravelmente. Essas variações afetam o contorno final do nariz e o perfil após aumento nasal.

OSSO E CARTILAGEM

Esqueleto ósseo do nariz externo

A abertura piriforme possui extremidades cortantes. É delimitada abaixo e lateralmente pela maxila e acima pelos ossos nasais (Fig. 32.2). A parte lateral da margem inferior da abertura piriforme funde-se em sua parede lateral, que é formada pelo processo frontal da maxila. É delimitada acima pela parte nasal do osso frontal e superomedialmente pela margem lateral do osso nasal. O septo nasal ósseo se articula com a superfície interna dos ossos nasais e fornece suporte para o dorso do nariz. Os ossos nasais variam em espessura e largura, o que é importante no planejamento de osteotomias. Eles são espessos e mais largos na sutura frontonasal, estreitos no ângulo frontonasal antes de alargar, e tornam-se mais finos 9-12 mm abaixo do ângulo frontonasal.

Fraturas dos ossos nasais A lesão mais comum do esqueleto da face é a fratura dos ossos nasais. Nas fraturas simples, o rompimento geralmente ocorre no processo frontal da maxila, e não na sutura frontonasal. O ramo terminal do nervo etmoidal anterior e seus vasos acompanhantes estão em risco quando as lesões envolvem o dorso do nariz.

Esqueleto cartilagíneo do nariz externo

O arcabouço cartilagíneo consiste nos processos laterais da cartilagem do septo nasal, na cartilagem alar maior e em várias cartilagens alares menores (Fig. 32.2).

Processo lateral da cartilagem do septo nasal

O processo lateral da cartilagem do septo nasal é triangular, e sua margem anterior é mais espessa do que a margem posterior. A parte superior é contínua com a cartilagem do septo nasal, mas anteroinferiormente pode ser separada dela por uma fissura estreita. A margem superior do processo lateral da cartilagem do septo nasal é fixada ao osso nasal e ao processo frontal da maxila, e a margem inferior está ligada por tecido fibroso ao ramo lateral da cartilagem alar maior.

Cartilagem alar maior

A cartilagem alar maior é uma lâmina fina e flexível. Encontra-se abaixo do processo lateral da cartilagem do septo nasal e curva-se bastante ao redor da parte anterior das narinas. O estreito ramo medial (processo septal) está frouxamente ligado por tecido fibroso à sua contraparte contralateral e à parte anteroinferior da cartilagem do septo nasal. O ramo intermediário forma a margem do ápice da narina. O ramo lateral situa-se lateral às narinas e se estende superolateralmente distanciando-se da margem da asa do nariz. A margem superior do ramo lateral da cartilagem alar maior está fixada por tecido fibroso à margem inferior do processo lateral da cartilagem do septo nasal. Sua margem lateral está ligada ao processo frontal da maxila por uma membrana fibrosa resistente que contém três ou quatro cartilagens alares menores. A junção entre o ramo lateral da cartilagem alar maior e o processo lateral da cartilagem do septo nasal é variável: as duas extremidades podem localizar-se lado a lado ou sobreporem-se, caso em que o ramo lateral é então o mais lateral na junção. O ramo lateral da cartilagem alar maior é mais curto do que a

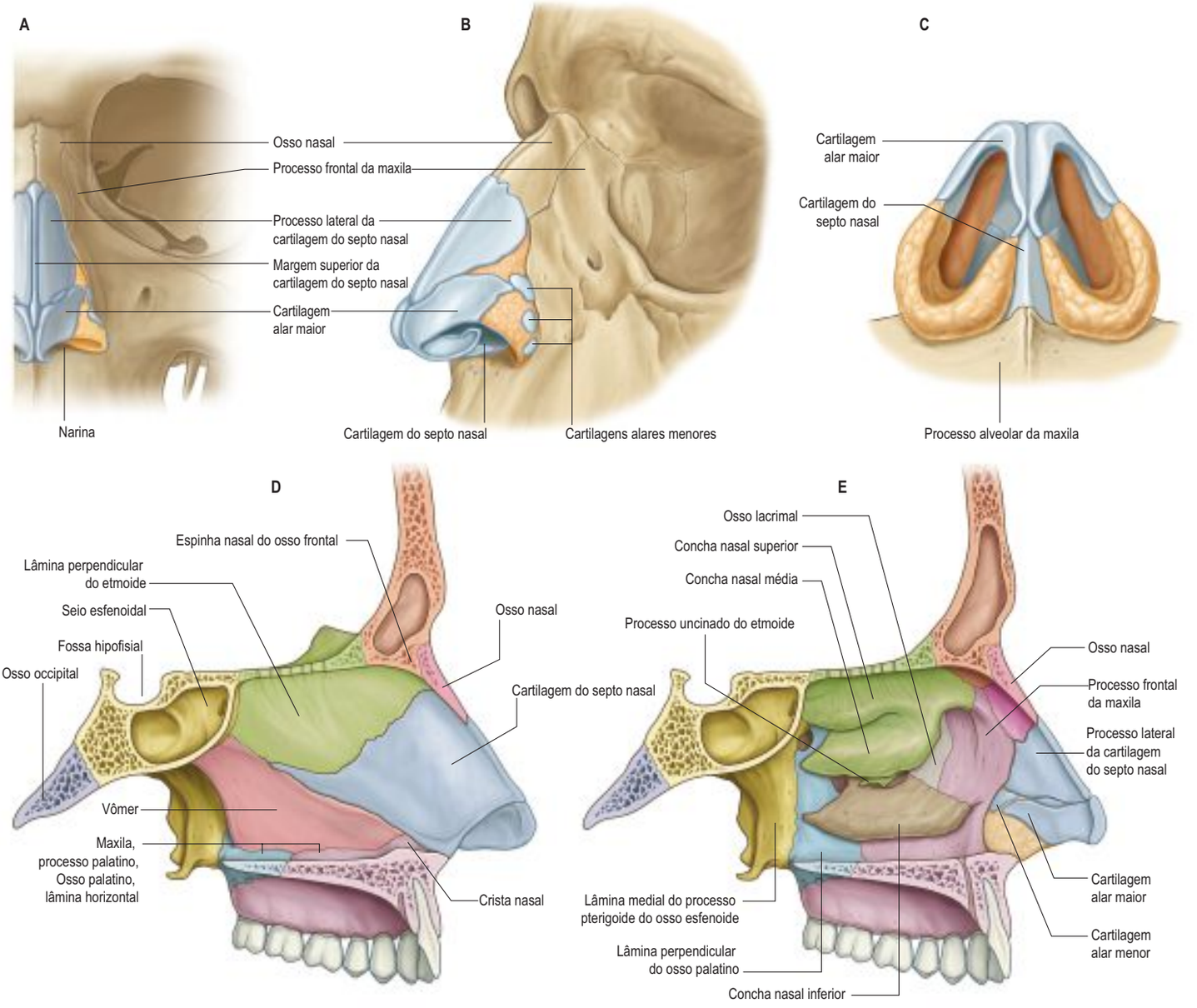


Fig. 32.2 Esqueletos ósseo e cartilagíneo do nariz. **A.** Nariz externo, vista frontal; **B**, Nariz externo, vista lateral; **C**, Vista inferior das cartilagens; **D**, Cavidade nasal, parede medial; **E**, Cavidade nasal, parede lateral (lado esquerdo).

margem lateral das narinas e se afasta da margem da asa do nariz. A parte lateral da margem da asa do nariz é constituída por tecido fibroadiposo coberto por pele. Na frente, as angulações ou "cúpulas" entre os ramos medial e lateral das cartilagens alares maiores são separadas por uma incisura palpável no ápice do nariz.

MÚSCULOS

O grupo de músculos nasais inclui o prócero, o nasal, o dilatador anterior das narinas, o abaixador do septo nasal e o levantador do lábio superior e da asa do nariz (Fig. 32.3). Estes músculos estão envolvidos na respiração, na expressão facial e na produção de alguns sons durante a fala, quando suas atividades são dependentes da atividade do músculo orbicular da boca e do tipo de som (Clark *et al.*, 1998). Qualquer um ou todos esses músculos podem estar ausentes nas deformidades da fenda labial, com consequências estéticas e funcionais.

Músculo prócero

O prócero é um músculo piramidal pequeno que se situa perto e muitas vezes parcialmente misturado com o lado medial do ventre frontal do músculo occipitofrontal. Ele origina-se em uma fáscia aponeurótica fixada ao periósteo que cobre a parte inferior do osso nasal e ao pericôndrio que cobre a parte superior do processo lateral da cartilagem do septo nasal e a aponeurose da parte transversa do músculo nasal. Está fixado na pele da região da glabela, sobre a parte inferior da testa, entre as sobrancelhas.

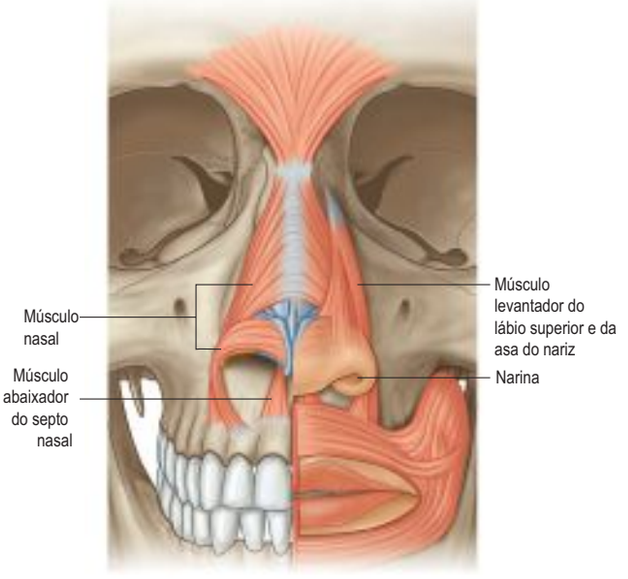


Fig. 32.3 Musculatura nasal. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Suprimento vascular O músculo prócero é suprido principalmente por ramos da artéria facial.

Inervação O músculo prócero é suprido pelos ramos temporal e zigomático do nervo facial (um suprimento a partir do ramo bucal também tem sido descrito).

Ações O músculo prócero puxa o ângulo medial da sobrancelha para baixo e produz rugas transversais sobre o dorso do nariz. É ativo no franzimento da testa e durante a "concentração" e ajuda a reduzir os reflexos da claridade da luz do sol.

Músculo nasal

O músculo nasal consiste nas partes transversa e alar. A parte transversa ("compressor das narinas") está fixada na maxila lateral à fossa incisiva e à parte alar. Suas fibras passam para cima e medialmente, e expandem-se em uma aponeurose fina que se funde com o seu homólogo através do dorso do nariz. As aponeuroses fundidas misturam-se com as aponeuroses do músculo prócero e com fibras do músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz. Fibras da parte transversa também podem se misturar com a pele das pregas nasolabial e alar. A parte alar ("dilatador posterior das narinas") está fixada na maxila acima do incisivo lateral e do canino, lateral à inserção óssea do músculo abaixador do septo nasal, e medial à parte transversa, com a qual se funde parcialmente. Suas fibras passam anterossuperiormente e são fixadas à pele da asa do nariz acima do ramo lateral da cartilagem alar maior, e na região posterior da parte móvel do septo nasal. A parte alar ajuda a formar a parte superior da crista do filtro.

Suprimento vascular O músculo nasal é suprido pelos ramos da artéria facial e pela artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar.

Inervação O músculo nasal é inervado pelo ramo bucal do nervo facial. Também pode ser suprido pelo ramo zigomático do nervo facial.

Ações A parte transversa comprime as narinas na junção do vestíbulo do nariz com o restante da cavidade nasal. As partes alares movem as partes alar e posterior da columela para baixo e lateralmente; assim, ajudam no alargamento das narinas e no alongamento do nariz. Elas são ativadas imediatamente antes da inspiração.

"Músculo dilatador anterior das narinas"

O "músculo dilatador anterior das narinas" (também conhecido como *apicis nasi* ou "músculo dilatador do curto nariz") é um músculo muito pequeno fixado no processo lateral da cartilagem do septo nasal, na parte alar do músculo nasal e à margem caudal do ramo lateral da cartilagem alar maior. Circunda as narinas e atua como um dilatador primário da narina.

O "músculo dilatador anterior das narinas" e a parte alar do músculo nasal ("dilatador posterior das narinas") provavelmente têm como função evitar o colapso da válvula nasal durante a inspiração. Sua atividade na EMG é diretamente proporcional à resistência ventilatória e é modificada por sinais que trafegam dos mecanorreceptores pulmonares e receptores de pressão através das vias vagais aferentes para o centro respiratório do tronco encefálico: a parte eferente do arco reflexo corre no nervo facial.

Músculo abaixador do septo nasal

O músculo abaixador do septo nasal fica imediatamente abaixo da túnica mucosa do lábio superior. Geralmente, é fixado no periósteo que cobre a maxila, acima dos incisivos central e lateral e da espinha nasal anterior, e nas fibras do músculo orbicular da boca acima do incisivo central. Suas fibras passam para a columela, para a parte móvel do septo nasal e para a base do ramo medial da cartilagem alar maior. Alguns feixes de músculo podem passar entre os ramos mediais das cartilagens alares maiores em direção ao ápice do nariz. O músculo abaixador do septo nasal pode estar ausente ou ser rudimentar.

Suprimento vascular O músculo abaixador do septo nasal é irrigado pela artéria labial superior, ramo da artéria facial.

Inervação O músculo depressor do septo é inervado pelo ramo bucal e, por vezes, pelo ramo zigomático do nervo facial.

Ações O músculo abaixador do septo nasal puxa a columela, o ápice do nariz e o septo nasal para baixo. Ele tensiona o septo nasal no início da inspiração nasal e, com a parte alar do músculo nasal, alarga as narinas, fazendo também com que o nariz "incline para baixo" quando algumas pessoas sorriem.

Músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz

O músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz origina-se da parte superior do processo frontal da maxila e, passando obliquamente para baixo e lateralmente, divide-se em fascículos medial e lateral. O fascículo medial funde-se com o pericôndrio do ramo lateral da cartilagem alar maior do nariz e a pele sobre ele. O fascículo lateral é prolongado em direção à parte lateral do lábio superior, onde se combina com os músculos levantador do lábio superior e orbicular da boca. As fibras superficiais do fascículo lateral se curvam lateralmente na frente do músculo levantador do lábio superior e fixam-se ao longo do assoalho da derme na parte superior do sulco e da crista nasolabiais.

Suprimento vascular O músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz é irrigado pela artéria facial e pela artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar.

Inervação O músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz é inervado pelos ramos zigomático e bucal superior do nervo facial.

Ações O fascículo lateral eleva e everte o lábio superior e eleva, aprofunda e aumenta a curvatura da parte superior do sulco nasolabial. O fascículo medial puxa o ramo lateral superiormente, desloca o sulco circumalar lateralmente, e altera a sua curvatura: trata-se de um dilatador das narinas. O músculo abaixador do septo nasal e o fascículo medial do músculo levantador do lábio superior e da asa do nariz são por vezes descritos como dilatadores nasais secundários: há pouca evidência de que estes músculos tenham alguma influência direta sobre a válvula nasal.

Músculos nasais anômalos

Músculos nasais anômalos e inconstantes têm sido descritos. Incluem o músculo anômalo da narina, fixado ao processo frontal da maxila, ao músculo prócero, à parte transversa do músculo nasal e ao processo lateral da cartilagem do septo nasal (ou seja, em uma região normalmente desprovida de músculo); e o músculo compressor menor da narina, que passa entre a parte anterior da cartilagem alar maior e a pele perto das margens das narinas. A existência de um pequeno músculo levantador do septo nasal tem sido questionada.

SUPRIMENTO VASCULAR CUTÂNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

A pele do nariz recebe o seu suprimento sanguíneo dos ramos das artérias facial, oftálmica e infraorbital. As asas do nariz e a porção inferior do septo nasal são irrigadas pelos ramos nasal lateral e do septo nasal provenientes da artéria facial, enquanto que as faces laterais e o dorso do nariz são irrigados pela artéria dorsal do nariz, ramo da artéria oftálmica, e pela artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar. As redes venosas que drenam o nariz externo não correm paralelas às artérias, mas correspondem a territórios arteriovenosos da face. A região centromediana da face, incluindo o nariz, drena para a veia facial, e a área orbitopalpebral da face, incluindo a raiz do nariz, drena para as veias oftálmicas. As conexões das veias do nariz, do lábio superior e da bochecha com a área de drenagem das veias oftálmicas são clinicamente importantes porque podem ser o caminho de disseminação de infecções e de início da trombose dos seios paranasais maiores. A drenagem linfática é primariamente para o grupo de linfonodos submandibulares, embora, a partir da raiz do nariz, ela ocorra para os linfonodos parotídeos superficiais. Há evidências experimentais de que os vasos linfáticos do nariz podem desempenhar um papel importante no transporte de LCS em animais como as ovelhas: atualmente, há poucas evidências de que exista uma via semelhante em seres humanos (Johnston *et al.*, 2004).

INERVAÇÃO CUTÂNEA

A pele do nariz é inervada pelo nervo infratroclear, pelo ramo nasal externo do nervo nasociliar e pelo ramo nasal do nervo infraorbital.

CAVIDADE NASAL

A cavidade nasal é um espaço irregular entre o teto da cavidade oral e a base do crânio. É mais ampla abaixo do que acima e tem sua maior extensão e profundidade vertical na sua região central, onde é dividida por um septo osteocartilagíneo vertical que tem posição aproximadamente mediana. A parte óssea do septo atinge o limite posterior da cavidade.

A cavidade nasal comunica-se com o seio frontal, com as células etmoidais, com o seio maxilar e com o seio esfenoidal e se abre na parte nasal da faringe através de um par de aberturas ovais, os cóanos. Os cóanos são separados pela margem posterior do vômer, e cada um é limitado superiormente pelo processo vaginal das lâminas mediais do processo pterigoide, lateralmente pela lâmina perpendicular do osso palatino e pela lâmina medial do processo pterigoide, e inferiormente pela lâmina horizontal do osso palatino (Fig. 32.4). O cóano do adulto mede tipicamente 2,5 cm de altura na vertical e 1,3 cm transversalmente: o tamanho em

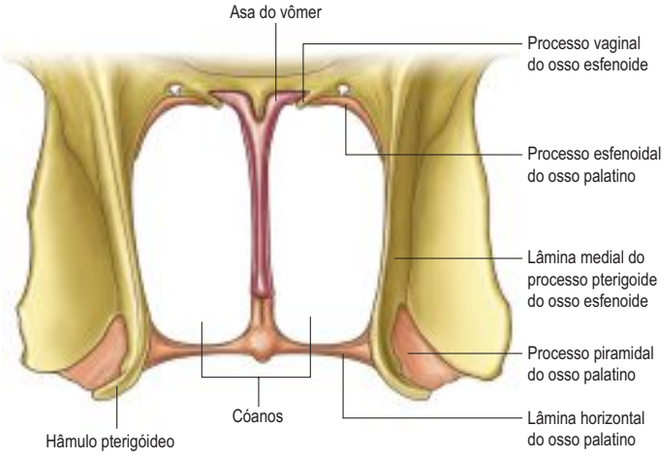


Fig. 32.4 Vista posterior dos cóanos.

geral não é afetado por desvios do septo nasal. Os canais vomerovaginal e palatovaginal são encontrados no teto desta região.

Cada metade da cavidade nasal tem um teto, um assoalho, paredes medial (septal) e lateral, e um vestíbulo.

TETO

O teto é horizontal na sua parte central e inclina para baixo na frente e atrás (Fig. 32.3). A inclinação anterior é formada pela espinha nasal dos ossos frontais e pelos ossos nasais. A região central é formada pela lâmina cribriforme do osso etmoide que separa a cavidade nasal do assoalho da fossa anterior do crânio. Contém inúmeras perfurações pequenas, que fornecem passagem aos filamentos do nervo olfatório e suas bainhas meníngeas, e um forame anterior separado, que fornece passagem ao nervo e aos vasos etmoidais anteriores. A inclinação posterior é formada pela face anterior do corpo do esfenoide, interrompida em cada lado pela abertura do seio esfenoidal e pela concha esfenoidal.

ASSOALHO

O assoalho da cavidade nasal é liso e côncavo transversalmente, e inclina-se para cima a partir da abertura anterior até a posterior. A parte maior é formada pelos processos palatinos das maxilas que se articulam posteriormente com as lâminas horizontais dos ossos palatinos na sutura palatomaxilar. Anteriormente, perto do septo nasal, uma abertura infundibular pequena no osso do assoalho da cavidade nasal leva aos canais incisivos que descem para a fossa incisiva: esta abertura é marcada por uma ligeira depressão na túnica mucosa sobrejacente.

O assoalho da cavidade nasal pode ser deficiente como resultado de fenda congênita do palato duro e/ou mole.

PAREDE MEDIAL

A parede medial de cada cavidade nasal é o septo nasal, uma lâmina fina de osso (posteriormente) e cartilagem (anteriormente) que se situa entre o teto e o assoalho da cavidade (Fig. 32.2D).

Parte óssea do septo nasal

A parte óssea do septo nasal em geral é relativamente inexpressiva, mas às vezes apresenta cristas ou esporões ósseos. A região posterossuperior do septo nasal e sua margem posterior são formadas pelo vômer, que se estende desde o corpo do esfenoide até o palato duro (Cap. 29). Sua superfície é marcada pelos sulcos dos nervos e vasos nasopalatinos. A região anterossuperior do septo é formada pela lâmina perpendicular do osso etmoide, que é contínua acima com a lâmina cribriforme. Outros ossos que dão contribuições menores para a parte óssea do septo nasal nos limites superior e inferior da parede medial são os ossos nasais e a espinha nasal dos ossos frontais (anterossuperiores), o rostro e a crista esfenoidal do esfenoide (posterossuperior), e as cristas nasais da maxila e os ossos palatinos (inferior).

Parte cartilagínea do septo nasal

A cartilagem do septo nasal é quase quadrilátera e pode estender-se para trás (sobretudo em crianças) por determinada distância entre o vômer e a lâmina perpendicular do etmoide. Sua margem anterossuperior está ligada superiormente à margem posterior da sutura internasal, e a extremidade distal da sua porção superior é contínua com os processos laterais da cartilagem do septo nasal. Em cada lado, a margem anteroinferior é ligada por tecido fibroso aos ramos mediais da cartilagem alar maior. A margem posterossuperior se junta à lâmina perpendicular do etmoide, enquanto que a margem posteroinferior é fixada ao vômer e anteriormente à crista nasal e à espinha nasal anterior da maxila. A região anteroinferior do septo nasal, entre as narinas, é desprovida de cartilagem e é, portanto, chamada de parte membranácea do septo nasal: é contínua com a columela anteriormente.

Acima dos canais incisivos, na extremidade inferior da cartilagem do septo nasal, há uma depressão apontando para baixo e para a frente que representa tudo o que resta do canal nasopalatino que ligava as cavidades nasal e oral no início da vida fetal. Próximo a este recesso, um orifício minúsculo leva de volta a um túbulo cego, de 2-6 mm de comprimento, que reside em cada lado do septo nasal e abriga remanescentes do órgão vomeronasal.

Órgão vomeronasal

Na maioria dos anfíbios, répteis e mamíferos, o órgão vomeronasal é o órgão sensorial periférico do sistema olfatório acessório. Nestes animais, órgãos vomeronasais pares estão localizados na base do septo nasal ou no teto da cavidade oral, e estão envolvidos na comunicação química que frequentemente, mas não exclusivamente, é mediada através de feromônios. Em muitos animais macrossomáticos, o órgão vomeronasal consiste em um ducto vomeronasal que contém células quimiossensoriais e um nervo vomeronasal que termina no bulbo olfatório acessório no SNC. Ainda há controvérsia em relação à presença de um órgão vomeronasal em humanos adultos; alega-se que o ducto algumas vezes persiste além da fase embrionária (para revisões detalhadas, consultar Meredith, 2001, Witt & Hummel 2006), mas nenhuma conexão neural parece estar presente em seres humanos após o nascimento.

PAREDE LATERAL

A parede lateral da cavidade nasal é formada anteroinferiormente pela maxila e seus fontículos anterior e posterior (deficiências ósseas na parede medial da maxila que são obliteradas em diferentes graus por tecido fibroso); posteriormente pela lâmina perpendicular do osso palatino; e superiormente pelo labirinto etmoidal do osso etmoide. Ela contém três projeções de tamanho variável: as conchas nasais inferior, média e superior (Figs. 32.2E e 32.5). As conchas nasais geralmente se curvam inferomedialmente, cada uma sendo teto de um sulco, ou meato nasal, que é aberto para a cavidade nasal. As conchas nasais médias também podem se curvar inferolateralmente, ser ampliadas por uma célula aérea encapsulada para formar a chamada "concha bolhosa" (30% dos indivíduos), ou apresentar uma superfície côncava medial, conhecida como concha paradoxal (10% dos indivíduos).

Concha nasal e meato nasal inferiores

A concha nasal inferior é um osso independente, fino e curvado (Cap. 29). Ela se articula com a face nasal da maxila e com a lâmina perpendicular do osso palatino. Sua margem inferior livre é suavemente curvada e o meato nasal inferior subjacente atinge o assoalho da cavidade nasal. O meato nasal inferior é o maior dos meatos e estende-se ao longo de quase toda a parede lateral da cavidade nasal. É mais profundo na junção dos seus terços anterior e médio, onde admite a abertura inferior do canal lacrimonasal (Cap. 39). O canal é formado pelas articulações entre o sulco lacrimal da maxila, o "processo descendente" do osso lacrimal e o processo lacrimal da concha nasal inferior. Durante o desenvolvimento pós-natal, o óstio do ducto lacrimonasal se move para cima e é progressivamente escondido sob a concha nasal inferior, que faz um arco sobre ele.

Concha nasal e meato nasal médios

A concha nasal média é um processo medial do labirinto etmoidal e pode ser pneumatizada (seio da concha). Estende-se de volta articulando com a lâmina perpendicular do osso palatino. A região abaixo dela é o meato nasal médio, que é mais profundo na frente do que atrás, encontra-se abaixo e lateral à concha nasal média e continua anteriormente em direção a uma fossa rasa acima do vestíbulo do nariz, denominada átrio do meato médio.

As principais características da parede lateral da cavidade nasal são uma elevação arredondada, a bolha etmoidal, e uma fenda curvada, o hiato semilunar, formado pela extremidade posterior do processo uncinado, que constitui o limite medial do infundíbulo etmoidal, um espaço semelhante a uma fenda que conduz em direção à abertura do seio maxilar. A abertura do seio maxilar normalmente é encontrada lateral-

mente à face anteroinferior do processo uncinado. Este último pode estar inserido na parede lateral da cavidade nasal (50% dos casos), na fossa anterior do crânio (25%) ou na concha nasal média (25%). O local de inserção do processo uncinado determina se o seio frontal drena lateralmente ao infundíbulo etmoidal ou em direção a ele. Se o processo uncinado estiver inserido na parede lateral, o seio frontal irá drenar para o meato nasal médio, e não para o infundíbulo etmoidal; mas, com as outras configurações, o seio irá drenar para o infundíbulo etmoidal e, portanto, próximo ou em direção à abertura do seio maxilar. Células "agger nasi" é o nome dado às células etmoidais anteriores que se encontram anteriormente à bolha etmoidal (Figs. 32.5 e 32.12). O fontículo posterior situa-se posteriormente ao processo uncinado na parede medial do seio maxilar onde não existe osso, inferoposterior ao hiato semilunar; frequentemente possui uma abertura acessória.

Forame esfenopalatino

O forame esfenopalatino, que na verdade é uma fenda, pode ser abordado cirurgicamente através do meato nasal médio. Está localizado posteriormente ao meato nasal médio, permitindo a passagem da artéria esfenopalatina, do nervo nasopalatino e dos ramos nasais posteriores superiores a partir da fossa pterigopalatina (Cap. 31). É delimitado superiormente pelo corpo do esfenoide e pela concha esfenoidal, inferiormente pela margem superior da lâmina perpendicular do osso palatino, e anterior e posteriormente pelos processos orbital e esfenoidal do osso palatino, respectivamente.

Concha nasal e meato nasal superiores

A concha nasal superior é um processo medial do labirinto etmoidal e apresenta-se como uma pequena lâmina curvada posterossuperior à concha nasal média. Cobre o meato nasal superior e é a mais curta e mais rasa das três conchas nasais. Acima da concha nasal superior, o seio esfenoidal se abre para o recesso esfenoetmoidal triangular, que separa a concha nasal superior e a face anterior do corpo do esfenoide. O meato nasal superior é uma passagem oblíqua curta que se estende até aproximadamente a metade da margem superior da concha nasal média. As células etmoidais posteriores abrem-se, através de um número variável de aberturas, na direção de sua parte anterior.

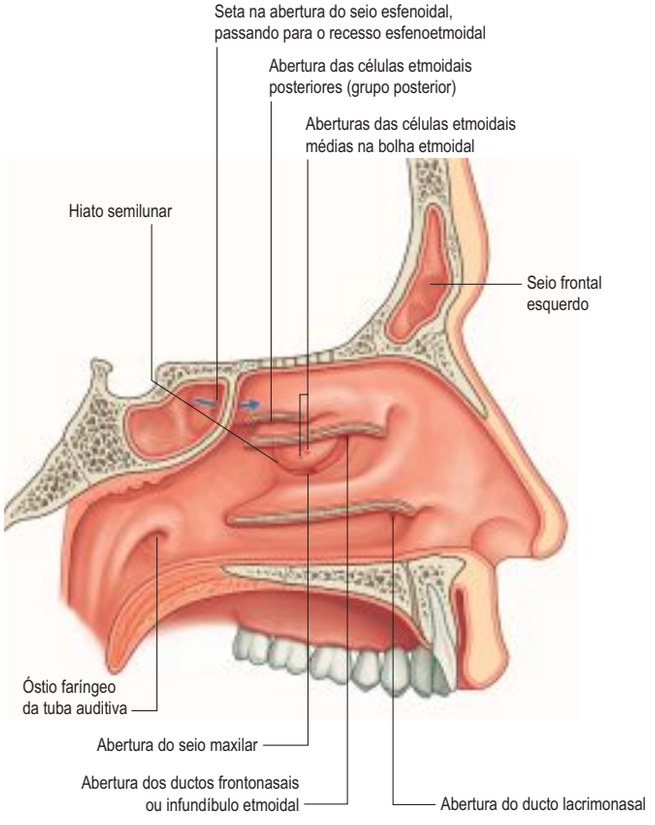


Fig. 32.5 Parede lateral da cavidade nasal. As conchas nasais foram removidas para mostrar as posições das aberturas dos seios paranasais e do ducto lacrimonasal. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Concha nasal suprema

Ocasionalmente, uma quarta concha, a concha nasal suprema, aparece na parede lateral do recesso esfenoetmoidal. A passagem imediatamente abaixo dela é chamada de meato nasal supremo; ela pode conter uma abertura para a célula etmoidal posterior.

Vestíbulo do nariz

O vestíbulo do nariz situa-se no interior das narinas. É limitado superior e posteriormente por uma crista curvada, o limiar do nariz, observada em autorrelevo onde o ramo lateral da cartilagem alar maior se sobrepõe à extremidade inferior do processo lateral da cartilagem do septo nasal de cada lado. No lado septal da cavidade nasal, a extremidade superior do ramo medial da cartilagem alar maior (a "intumescência medial") marca o limite entre o vestíbulo do nariz e a cavidade nasal. A parede medial do vestíbulo do nariz é formada por um septo móvel que consiste na columela (que não contém cartilagem) e nos ramos mediais subjacentes das cartilagens alares maiores.

Obstrução nasal

O septo nasal pode ser deslocado por lesão ou por crescimento desproporcional da cartilagem do septo nasal, que pode fazer com que ele se dobre; algumas vezes, o desvio pode causar obstrução nasal unilateral. As variações na anatomia da parede lateral do nariz, geralmente associadas a variações no tamanho e na posição das células etmoidais anteriores, podem obstruir a drenagem do seio frontal ou maxilar; estas variações podem ser, por exemplo, células frontais, células etmoidais supraorbitais e infraorbitais ou células de Haller, que representam uma extensão da pneumatização etmoidal anterior ao longo da margem infraorbital, por vezes dentro do teto do seio maxilar (ver adiante).

TÚNICAS MUCOSAS NASAL E OLFATÓRIA

Túnica mucosa nasal

O revestimento da parte anterior da cavidade nasal e do vestíbulo do nariz é contínuo com a pele e é constituído por epitélio pavimentoso estratificado queratinizado, que é sobrejacente à lâmina própria do tecido conjuntivo. Inferiormente, a pele sustenta pelos grossos (vibrissas) que se curvam em direção às narinas e ajudam a reter a passagem de partículas no ar inspirado. No sexo masculino, depois da meia-idade, estes pelos aumentam consideravelmente de tamanho. Ainda mais posteriormente, no limiar do nariz, eles se estendem para o interior da túnica mucosa, que inicialmente é revestida por epitélio pavimentoso estratificado não queratinizado e, em seguida, por epitélio ciliado (respiratório) pseudoestratificado com células caliciformes. O epitélio respiratório forma a maior parte da superfície da cavidade nasal, ou seja, cobre as conchas nasais, os meatos nasais, o septo nasal, o assoalho e o teto da cavidade nasal, exceto superiormente na "fenda olfatória", onde o epitélio olfatório está presente. É aderente ao periósteo ou pericôndrio das estruturas esqueléticas circunvizinhas. Em algumas áreas, as células do epitélio respiratório podem ser cilíndricas baixas ou cúbicas, e a proporção entre células ciliadas e não ciliadas é variável.

Existem inúmeras glândulas seromucosas dentro da lâmina própria da túnica mucosa nasal. Suas secreções tornam a superfície pegajosa de maneira que ela aprisiona partículas no ar inspirado. A película da túnica mucosa é continuamente movida por ação ciliar (movimento mucociliar ou corrente de rejeição) posteriormente em direção à parte nasal da faringe a uma taxa de 6 mm por minuto. Os movimentos palatais transferem o muco e suas partículas aprisionadas até a parte oral da faringe para a deglutição, mas algumas também entram no vestíbulo do nariz anteriormente. As secreções da túnica mucosa nasal contêm os bactericidas lisosima, β-defensina e lactoferrina, e também secretam imunoglobulinas (IgA). A túnica mucosa da cavidade nasal é contínua com a túnica mucosa da parte nasal da faringe através dos cóanos, com a conjuntiva através do ducto lacrimonasal e canalículos lacrimais, e com a túnica mucosa do seio esfenoidal, das células etmoidais, do seio frontal e do seio maxilar através das suas aberturas para os meatos nasais.

A túnica mucosa nasal é mais espessa e mais vascularizada sobre as conchas nasais, em especial em suas extremidades, e também sobre as partes anterior e posterior do septo nasal e entre as conchas nasais. A túnica mucosa nasal é muito fina nos meatos nasais, sobre o assoalho da cavidade nasal e nos seios paranasais. Sua espessura reduz significativamente o volume da cavidade nasal e suas aberturas. A lâmina própria contém tecido vascular cavernoso com sinusoides venosos grandes.

Túnica mucosa olfatória

A túnica mucosa olfatória (Fig. 32.6) cobre cerca de 5 cm^2 das partes posterossuperiores da parede lateral da cavidade nasal, incluindo a parte superior da porção vertical da concha nasal média (onde é intercalada com epitélio respiratório como um tabuleiro de xadrez), a parte oposta

do septo nasal, a concha nasal superior, o recesso esfenoetmoidal, a parte superior da lâmina perpendicular do etmoide e a parte do teto da cavidade nasal que arqueia entre o septo nasal e a parede lateral, incluindo a parte inferior da lâmina cribriforme (que constitui a fenda olfatória). É constituída por um epitélio pseudoestratificado pigmentado marrom amarelado que contém neurônios receptores olfatórios, células de sustentação e duas classes de células basais, situando-se sobre a lâmina própria subepitelial que contém glândulas olfatórias subepiteliais (de Bowman) e feixes de axônios derivados dos neurônios receptores olfatórios que cursam sobre a túnica mucosa em seu caminho em direção à lâmina cribriforme. As glândulas secretam um líquido predominantemente seroso através de ductos que se abrem para a superfície epitelial. Essas secreções formam uma fina camada de líquido na qual cílios sensoriais e as microvilosidades das células de sustentação são incorporados.

Neurônios receptores olfatórios Os neurônios receptores olfatórios são bipolares. Seus corpos e núcleos celulares estão localizados na zona média do epitélio olfatório. Cada neurônio tem um único dendrito apical sem ramificações, de 2 µm de diâmetro, que passa na direção oposta, penetra na lâmina basal e entra na lâmina própria. As pontas dos dendritos projetam-se para o líquido secretor sobrejacente e são expandidas em direção a terminações típicas (botões) (Fig. 32.6B). Grupos de até 20 cílios irradiam da circunferência de cada terminação e estendem-se por longas distâncias paralelos à superfície epitelial. Internamente, a parte proximal curta de cada cílio tem o padrão "9 + 2" de microtúbulos típico dos cílios móveis, enquanto a extremidade posterior distal mais longa contém apenas o par central de microtúbulos. Os cílios olfatórios não têm braços de dineína e são considerados não móveis; o seu principal objetivo é aumentar a área de superfície de membrana receptora sensorial disponível para a detecção eficaz de moléculas odoríferas transferidas em toda a túnica mucosa por proteínas de ligação a odorantes. Os neurônios olfatórios maduros expressam proteína marcadora olfatória (OMP), uma proteína citoplasmática abundante envolvida na transdução do sinal olfatório (Fig. 32.6D). Cada neurônio receptor olfatório expressa receptores para uma única (ou muito poucas) molécula odorífera. Nos seres humanos,

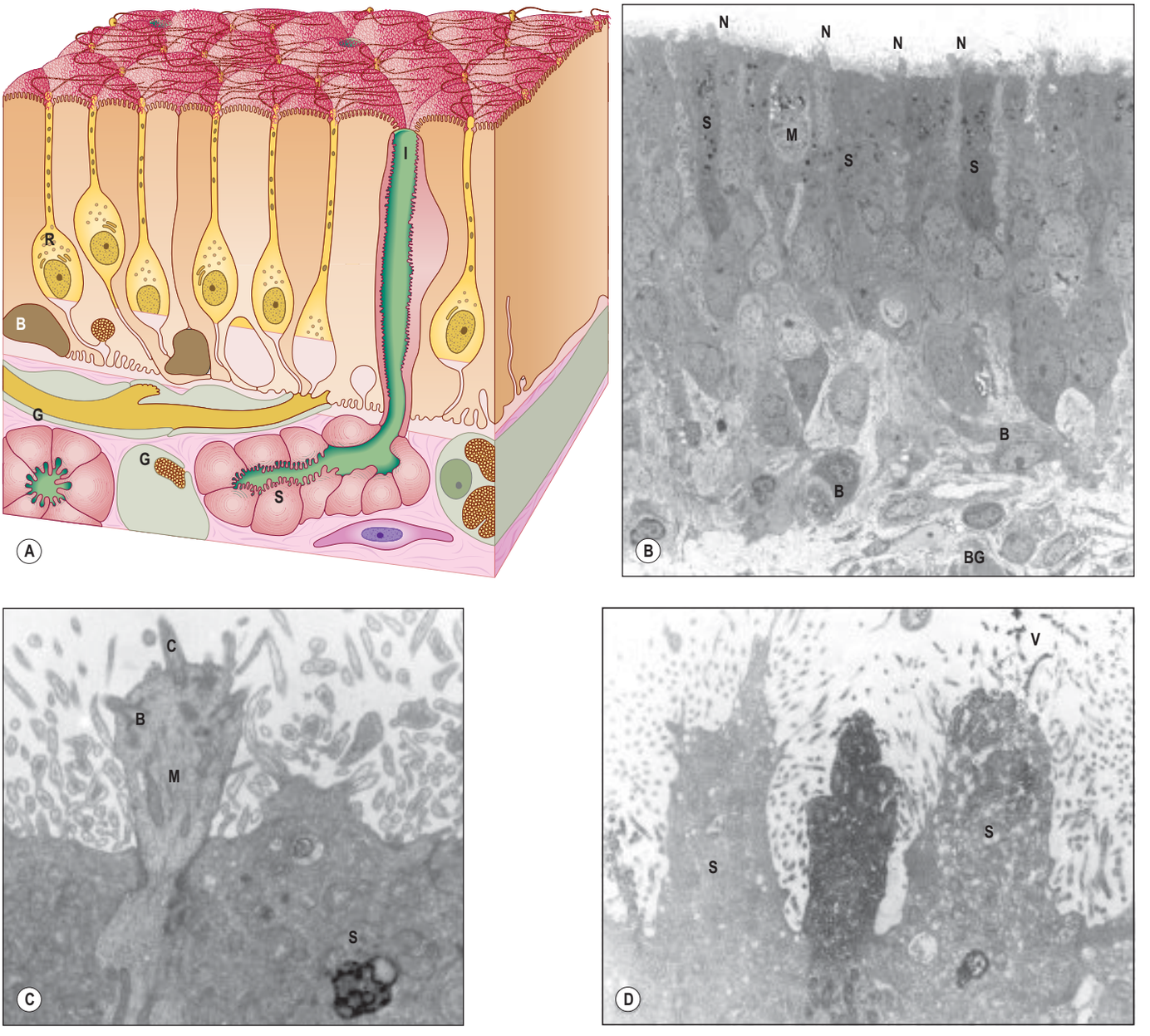


Fig. 32.6 A, Principais características citológicas do epitélio olfatório. Células receptoras (neurônios) (R) situam-se entre as células de sustentação cilíndricas. Os axônios das células receptoras originam-se no epitélio em feixes envolvidos por células gliais (G) de embainhamento. Células basais (B) globosas arredondadas e células basais horizontais achatadas (não mostradas) situam-se na lâmina basal, e glândulas subepiteliais (de Bowman) (S) abrem-se para a superfície através de seus ductos intraepiteliais (I). Na superfície estão os cílios das células receptoras e microvilosidades das células de apoio. **B, C** e **D** são cortes longitudinais através do epitélio olfatório humano: **B**, Neurônios receptores olfatórios ciliados com extremidades expandidas típicas (N) se projetam para a luz da cavidade nasal. M, célula com microvilos; S, células de sustentação que contêm material elétron-denso; B, células basais que se situam sobre a lâmina basal. A extremidade de uma glândula de Bowman (GB) situa-se mais profundamente na lâmina própria. **C**, Visão mais ampliada da extremidade expandida de um neurônio receptor olfatório. Acredita-se que o material osmiofílico elétron-denso no interior da célula de apoio adjacente (S) contribui para a pigmentação do epitélio olfatório. C, cílio olfatório; B, corpo basal com "pés" projetados. **D**, Corte do epitélio olfatório humano imunocorado com antiOMP (proteína marcadora olfatória): um neurônio receptor olfatório imunopositivo situa-se entre duas células de apoio (S) não coradas. V, microvilosidades. (Partes **B, C** e **D** por cortesia do Professor Bruce Jafek, Department of Otolaryngology, University of Colorado, Denver, USA.)

mais de 1.000 genes codificam receptores odoríferos funcionais; o número de genes funcionais é muito mais elevado em animais macrosmóticos (Buck & Axel, 1991). Embora neurônios com a mesma especificidade do receptor sejam distribuídos aleatoriamente dentro de zonas anatômicas do epitélio, todos os seus axônios convergem para o mesmo glomérulo no bulbo olfatório. Odores específicos ativam um espectro exclusivo de neurônios receptores que, por sua vez, ativam grupos restritos de glomérulos e seus neurônios de segunda ordem.

Os axônios formam pequenos fascículos intraepiteliais entre os processos de células de sustentação e basais. Os fascículos penetram na lâmina basal, e são imediatamente cercados por células olfatórias de embainhamento. Grupos de até 50 destes fascículos juntam-se para formar filamentos maiores do nervo olfatório que passam pela lâmina cribriforme do osso etmoide envoltos em bainhas meníngeas. Eles imediatamente entram nos bulbos olfatórios sobrejacentes, onde sofrem sinapse em glomérulos com células mitrais e, em menor medida, com células menores em grupos.

Células com microvilos As células com microvilos ocupam uma posição superficial no epitélio olfatório. Elas têm forma de frasco e são elétron-lucentes, e a extremidade apical de cada célula apical dá origem a um grupo de microvilosidades que se projetam para a camada de muco que reveste a cavidade nasal (Fig. 32.6B). Contagens de células em cortes longitudinais revelam que as células com microvilos ocorrem com uma densidade que é de aproximadamente um décimo da densidade de neurônios olfatórios ciliados: a sua função e origem ainda não foram determinadas.

Células de sustentação As células de sustentação, ou de apoio, são células cilíndricas que se separam e formam parcialmente uma bainha em torno dos neurônios receptores olfatórios. Seus grandes núcleos formam uma camada superficial aos núcleos neuronais dentro do epitélio. As células são cobertas por numerosas microvilosidades longas e irregulares que se situam na camada de líquido secretor que cobre a superfície do epitélio, intercaladas com as extremidades posteriores dos cílios nas terminações receptoras olfatórias. Suas bases expandidas contêm numerosos corpos densos lamelados, que são os remanescentes dos lisossomos secundários e que contribuem significativamente para a pigmentação da área olfatória (Fig. 32.6B, C). Os grânulos gradualmente acumulam-se com a idade e, pelo fato de estas células serem de vida longa, a intensidade da pigmentação também aumenta com a idade. Células de sustentação circunvizinhas são ligadas por desmossomos perto da superfície epitelial, uma disposição que contribui para a estabilidade mecânica do epitélio. As células de sustentação e os neurônios receptores olfatórios estão ligados por junções de oclusão (zônulas de oclusão) no nível da superfície epitelial.

Células basais Existem células basais horizontais e globosas. As células basais horizontais são achatadas contra a lâmina basal. Seus núcleos são condensados e seu citoplasma de coloração escura contém numerosos filamentos intermediários da família da citoqueratina, inseridos em desmossomos entre as células basais e as células de sustentação circundantes. As células globosas apresentam-se de forma arredondada ou elíptica, e têm núcleos pálidos e eucromáticos, e citoplasma pálido. Elas formam uma zona distinta que é ligeiramente interna à superfície basal do epitélio e caracterizada por figuras mitóticas: células basais globosas são a fonte imediata de novos neurônios receptores olfatórios.

Células olfatórias de embainhamento As células olfatórias de embainhamento partilham propriedades com os astrócitos e células de Schwann não mielinizantes, mas também possuem características distintas que indicam que são uma classe separada de células da glia. Em termos de desenvolvimento, são derivadas do placoide olfatório, e não da crista neural. Elas formam a bainha dos axônios olfatórios de maneira exclusiva em todo o seu curso e os acompanham em direção ao bulbo olfatório, onde contribuem para a glia limitante. Nos últimos anos, as células olfatórias de embainhamento têm sido o foco de uma intensa pesquisa experimental em busca de uma fonte de células da glia transplantáveis capazes de sustentar a regeneração neuronal dentro do SNC, possivelmente no tratamento de paraplegia.

Glândulas olfatórias As glândulas olfatórias (de Bowman) são estruturas tubuloalveolares ramificadas que se situam abaixo do epitélio olfatório e secretam os seus produtos em direção à superfície epitelial através de ductos estreitos e verticais. Suas secreções, que incluem substâncias defensivas, lisozima, lactoferrina, IgA e proteoglicanos sulfatados, juntamente com proteínas de ligação a odorantes que aumentam a eficiência da detecção do odor, banham as terminações dendríticas e os cílios dos receptores olfatórios. O líquido age como um solvente para moléculas odoríferas, possibilitando sua difusão para os receptores sensoriais.

Renovação dos neurônios receptores olfatórios Os neurônios receptores olfatórios são perdidos e substituídos durante toda a vida. As células receptoras isoladas têm uma duração variável, acreditando-se que atinja uma média 1-3 meses. Células-tronco situadas perto da base do epitélio sofrem divisão mitótica periódica ao longo da vida, dando origem a novos neurônios receptores olfatórios que então desenvolvem um dendrito para a superfície olfatória e um axônio para o bulbo olfatório. Os corpos celulares destes novos neurônios receptores se movem de maneira gradual, apicalmente, até atingirem a região imediatamente abaixo dos núcleos celulares de suporte. Quando eles se degeneram, os neurônios mortos são descartados a partir do epitélio ou são fagocitados por células de sustentação. A taxa de perda e substituição de célula receptora aumenta após a exposição a estímulos nocivos, mas declina lentamente com a idade, um fenômeno que provavelmente contribui para a diminuição da função sensorial olfatória na velhice. Amostras de biópsia de adultos normósmicos revelaram que uma substituição incompleta de epitélio olfatório por respiratório ocorre mesmo em adultos jovens saudáveis (Paik *et al.*, 1992, Holbrook *et al.*, 2005).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DA CAVIDADE NASAL

Muitos dos vasos e nervos que suprem as cavidades nasais surgem dentro da fossa pterigopalatina e essas origens são descritas no Capítulo 31.

Artérias

Os ramos das artérias oftálmica, maxilar e facial irrigam diferentes territórios dentro das paredes, assoalho e teto da cavidade nasal (Fig. 32.7A, B). Eles se ramificam formando plexos anastomóticos dentro e abaixo da túnica mucosa do nariz. Anastomoses também ocorrem entre alguns ramos arteriais maiores. As artérias etmoidais anterior e posterior, ramos da artéria oftálmica, suprem as células etmoidais, os seios frontais e do teto da cavidade nasal (incluindo o septo nasal). A artéria etmoidal anterior em geral corre dentro do osso na parte anterior da base do crânio, a menos que esta esteja bem pneumatizada com uma célula supraorbital, caso em que a artéria fica mais propensa a estar posicionada afastada da base do crânio e mais suscetível a danos cirúrgicos. O ramo esfenopalatino da artéria maxilar supre a túnica mucosa das conchas nasais, dos meatos nasais e da parte posteroinferior do septo nasal, ou seja, é o principal vaso que supre a túnica mucosa da cavidade nasal. A artéria sai por uma fenda (erroneamente chamada de forame) e normalmente divide-se antes de entrar na cavidade nasal por trás da crista etmoidal. O número e a distribuição de seus ramos apresentam grande variação. A artéria palatina maior, ramo oriundo da artéria maxilar, supre a região do meato nasal inferior. A sua parte terminal sobe através do canal incisivo se anastomosando no septo nasal com os ramos das artérias esfenopalatinas e etmoidais anteriores e com o ramo do septo nasal da artéria labial superior. Esta região do septo nasal (área de Little) é um local comum de sangramento do nariz. A artéria infraorbital e as artérias alveolar superior anterior e alveolar superior posterior, ramos da artéria maxilar, suprem a túnica mucosa do seio maxilar. O ramo faríngeo da artéria maxilar supre o seio esfenoidal.

Veias

Um rico plexo cavernoso submucoso é especialmente denso na parte posterior do septo nasal e nas conchas nasais média e inferior (Fig. 32.8). Há presença de numerosas anastomoses arteriovenosas na camada profunda da túnica mucosa e em torno das glândulas mucosas. O plexo cavernoso das conchas assemelha-se aos plexos no tecido erétil: a cavidade nasal é suscetível ao bloqueio, caso possa tornar-se ingurgitada. As veias da parte posterior do nariz geralmente passam para a veia esfenopalatina, que corre de volta através do forame esfenopalatino drenando para o plexo pterigóideo. A parte anterior do nariz é drenada principalmente através de veias que acompanham as artérias etmoidais anteriores e estas veias, subsequentemente, passam para as veias oftálmicas ou faciais. Algumas veias passam através da lâmina cribriforme conectando-se com as veias da superfície orbital dos lobos frontais do cérebro. Quando o forame ceco é patente, ele fornece passagem a uma veia da cavidade nasal para o seio sagital superior.

Sangramentos nasais

A grande maioria das hemorragias nasais, particularmente em crianças, ocorre como resultado de um traumatismo digital da anastomose de arteríolas e veias na área de Little (plexo de Kiesselbach), sobre o septo nasal no interior do vestíbulo do nariz. Em pacientes mais velhos, pode ocorrer sangramento mais rápido, como resultado da ruptura espontânea das artérias na parte mais posterior do nariz. Este pode ser controlado através da aplicação de pressão com uma bolsa nasal, mas quando isso falhar, o conhecimento do padrão de suprimento sanguíneo arterial para a cavidade nasal possibilita a interrupção do suprimento sanguíneo adequado por embolização ou ligadura do vaso de alimentação. A artéria esfenopalatina pode ser ligada sob visualização endoscópica, uma vez que

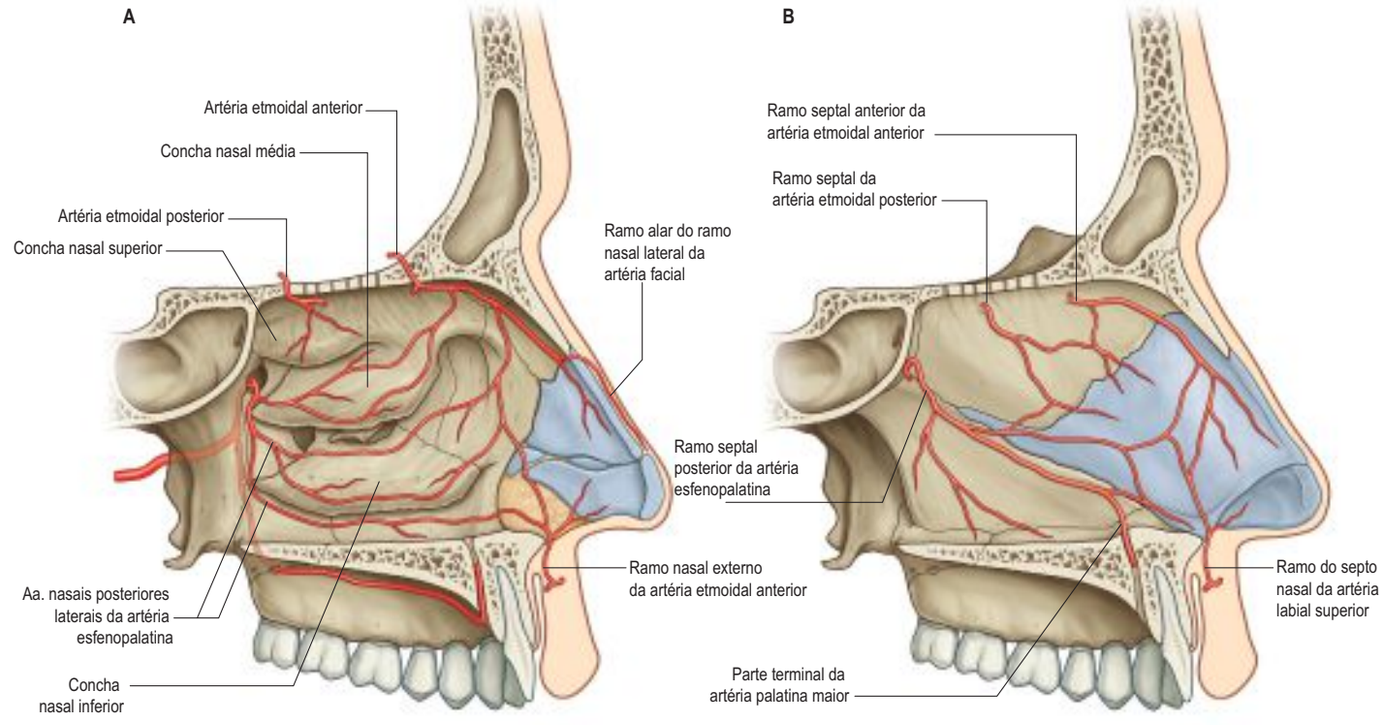


Fig. 32.7 Suprimento arterial da cavidade nasal. **A,** Parede lateral da cavidade nasal esquerda; **B,** Parede medial da cavidade nasal esquerda. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

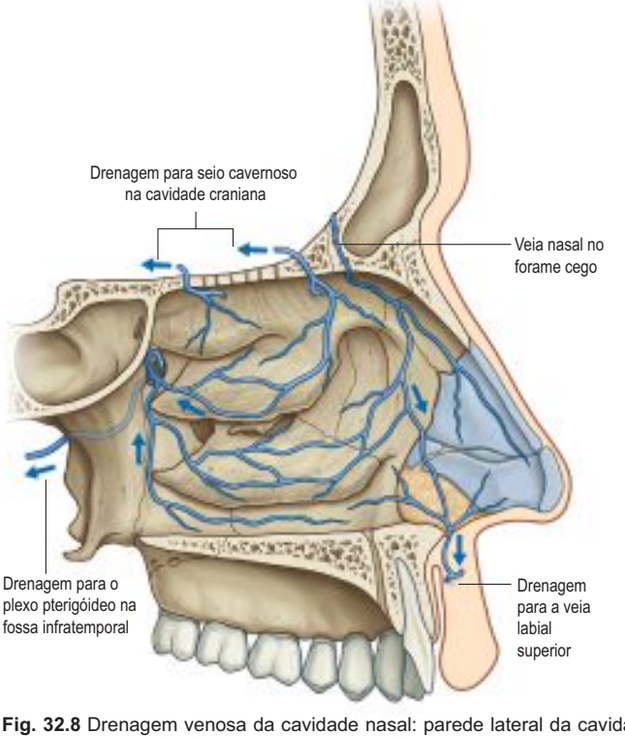


Fig. 32.8 Drenagem venosa da cavidade nasal: parede lateral da cavidade nasal esquerda. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

entra no nariz. As artérias etmoidais podem ser expostas dentro da órbita e ligadas para deter o sangramento até na cavidade nasal. A artéria maxilar pode ser exposta cirurgicamente por detrás da parede posterior do seio maxilar e ligada, ou, alternativamente, identificada radiologicamente, usando um corante radiopaco para que ela possa ser bloqueada por embolização.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos da região anterior da cavidade nasal passam superficialmente juntando-se àqueles que drenam a pele do nariz externo e terminam nos linfonodos submandibulares. O restante da cavidade nasal, os seios paranasais, a parte nasal da faringe e a extremidade faríngea da tuba auditiva drenam para os linfonodos cervicais profundos superiores quer diretamente, quer através dos linfonodos retrofaríngeos. O assoalho da parte posterior da cavidade nasal provavelmente drena para os linfonodos parotídeos.

INERVAÇÃO DA CAVIDADE NASAL

O olfato é mediado através dos nervos olfatórios. As sensações gerais (tato, dor e temperatura) a partir da túnica mucosa nasal são percebidas pelos ramos das divisões oftálmica e maxilar dos nervos trigêmeos (Fig. 32.9). As fibras trigeminais próximas e no interior da camada epitelial são sensíveis a produtos químicos nocivos, por exemplo, amônia e dióxido de enxofre. As fibras autônomas inervam glândulas mucosas e controlam a atividade vasomotora cíclica e reativa.

Inervação do trigêmeo

O nervo etmoidal anterior, ramo do nervo nasociliar, sai da cavidade craniana através de uma pequena fenda perto da crista etmoidal e entra no teto da cavidade nasal, onde corre em um sulco na superfície interna do osso nasal, inervando o teto da cavidade nasal. Ele dá origem a um ramo nasal lateral interno que inerva a parte anterior da parede lateral e um ramo nasal medial interno para as partes anterior e superior do septo nasal, antes de emergir na margem inferior do osso nasal como ramo nasal externo para inervar a pele do nariz externo até o ápice do nariz. O nervo infraorbital inerva o vestíbulo do nariz. Os ramos alveolares superiores anteriores inervam parte do septo nasal, o assoalho próximo da espinha nasal anterior e a parte anterior da parede lateral até a abertura do seio maxilar; os ramos nasais posteriores superolaterais e os ramos nasais posteroinferiores do nervo palatino maior, juntos, inervam os três quartos posteriores da parede lateral, do teto e do assoalho da cavidade nasal; os nervos nasais posteriores superomediais e o nervo nasopalatino inervam a parte inferior do septo nasal; e ramos do nervo do canal pterigóideo inervam as partes superior e posterior do teto da cavidade nasal e o septo nasal.

Inervação autônoma

As fibras vasomotoras simpáticas pós-ganglionares são distribuídas para os vasos sanguíneos nasais. As fibras parassimpáticas pós-ganglionares derivadas do gânglio pterigopalatino fornecem inervação secretomotora para as glândulas mucosas nasais, e são distribuídas através dos ramos dos nervos maxilares.

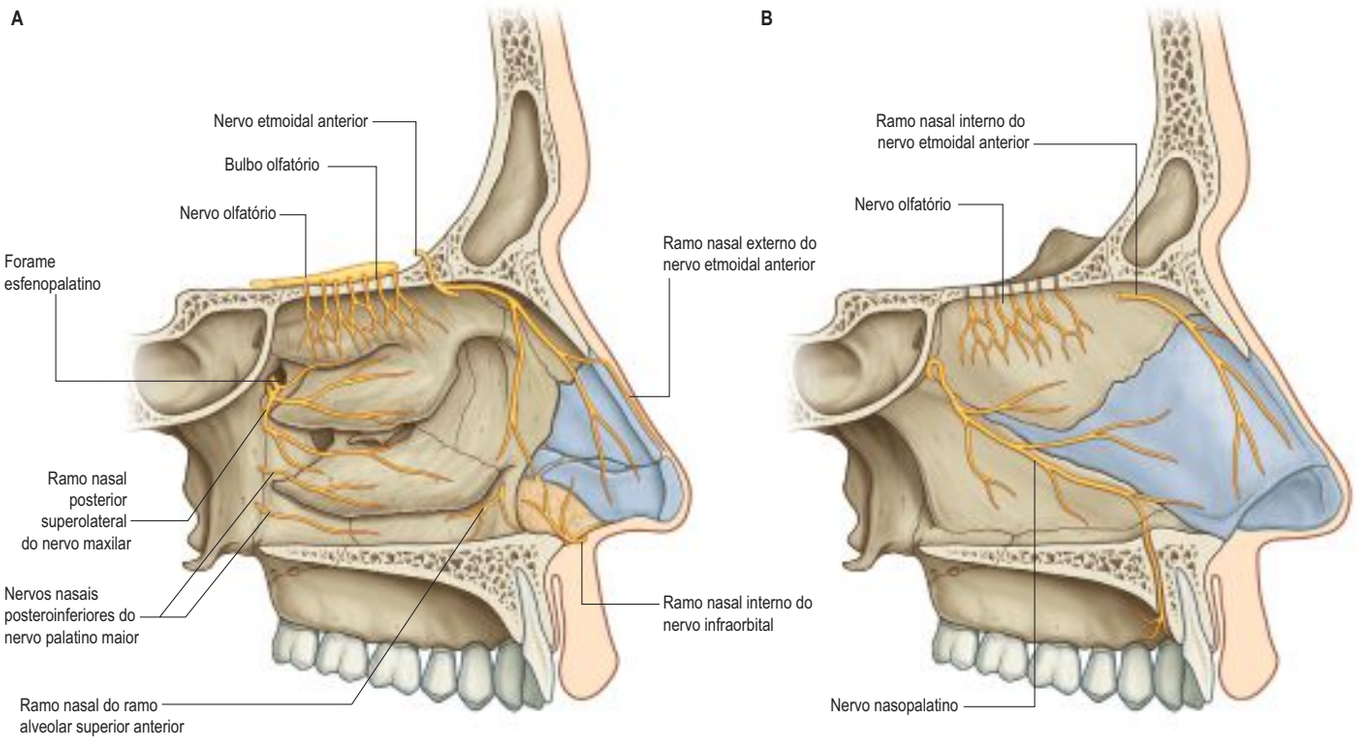


Fig. 32.9 Inervação da cavidade nasal. **A**, Parede lateral da cavidade nasal esquerda. **B**, Parede medial da cavidade nasal esquerda. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Nervos olfatórios

Os nervos olfatórios são feixes de axônios muito pequenos derivados de neurônios receptores olfatórios na túnica mucosa olfatória. Os axônios são desmielinazados e em diferentes estágios de maturidade, o que reflete a constante renovação dos neurônios olfatórios que ocorre no epitélio olfatório. Feixes de axônios circundados por células olfatórias de embainhamento formam uma rede plexiforme na lâmina própria subepitelial da túnica mucosa. Os feixes unem-se em até 20 ramos que cruzam a lâmina cribriforme nos grupos lateral e medial, e entram no bulbo olfatório sobrejacente onde terminam nos glomérulos. Cada ramo é revestido pela bainha formada pela dura-máter e pela leptomeninge à medida que passa através da lâmina cribriforme. A dura-máter, subsequentemente, torna-se contínua com o periósteo nasal, e a leptomeninge se funde com as bainhas do tecido conjuntivo que circundam os feixes nervosos, um arranjo que pode favorecer a disseminação da infecção para a cavidade craniana a partir da cavidade nasal.

Em lesões graves envolvendo a fossa anterior do crânio, o bulbo olfatório pode ser separado dos nervos olfatórios ou os nervos podem sofrer laceração, produzindo anosmia, ou seja, a perda do olfato. As fraturas podem envolver as meninges, de modo que o líquido cerebrospinal pode vazar para o nariz, resultando em rinorreia cerebrospinal. Tais lesões abrem vias para a infecção intracraniana a partir da cavidade nasal.

FLUXO DE AR NASAL E O CICLO NASAL

As válvulas nasais pares são reguladores importantes do fluxo aéreo e da resistência nasal. Cada uma é dividida em porções externas e internas, embora muitas vezes apenas a parte interna seja considerada como a "válvula nasal" ou segmento limitador do fluxo. A válvula externa é formada pela asa do nariz, pela pele do vestíbulo do nariz, pelo dorso do nariz e pelo contorno do ramo medial da cartilagem alar maior. A válvula externa tem uma tendência de queda em altas taxas de fluxo, mesmo em indivíduos normais.

Os processos laterais da cartilagem do septo nasal estão em continuidade com a margem superior do septo nasal. Há um mecanismo semelhante a uma válvula na sua extremidade distal que regula o fluxo aéreo nasal. A área da válvula nasal e a válvula nasal interna são duas entidades que não devem ser confundidas. A área da válvula nasal é a porção mais estreita da passagem nasal. É delimitada medialmente pelo septo nasal e pelo tubérculo de Zuckerkandl, superior e lateralmente pela margem caudal dos processos laterais da cartilagem do septo nasal, pela sua inserção fibroadiposa à abertura piriforme, pela extremidade anterior da concha nasal inferior, e inferiormente é formada pelo assoalho da abertura piriforme.

A área completa da válvula nasal tem uma média de 55 mm^2 a 64 mm^2. A válvula nasal, por outro lado, é o segmento específico do tipo fenda entre a margem caudal do processo lateral da cartilagem do septo nasal e o septo nasal. É medida em graus e varia normalmente entre 10° e 15°. O músculo dialator anterior das narinas e a parte alar do músculo nasal sustentam as válvulas nasais.

As dinâmicas do fluxo aéreo são reconhecidas como desempenhando um papel fundamental no condicionamento (isto é, aquecimento, umidificação e filtragem) do ar inspirado, porém estas dinâmicas são ainda pouco compreendidas (Churchill *et al.*, 2004, Boyce & Eccles, 2006). Geralmente, aceita-se que o fluxo de ar dentro do nariz é tanto laminar como turbulento. O ar inspirado é forçado a passar através da válvula nasal e, em seguida, expande-se à medida que passa mais adiante para a cavidade nasal, que oferece pouca resistência ao fluxo aéreo. Esta mudança repentina na velocidade e pressão produz turbulência e redemoinhos. Estas correntes possibilitam o contato adequado do ar inspirado com o epitélio respiratório e facilitam o transporte de odorantes para a área olfatória. A mastigação também afeta o fluxo aéreo nasal: pulsos de ar carregados de aroma são bombeados para fora da boca para a região retronasal a partir de cada mastigação.

A área transversal da via respiratória nasal depende das dimensões da partição septal e das conchas nasais inferiores, que são moduladas por mudanças nas dimensões do tecido erétil que as cobre, e da estabilidade das paredes nasais laterais durante a respiração. O ciclo nasal é uma oscilação de alternância de ingurgitamento nasal e fluxo aéreo através das fossas nasais, com duração dos períodos variando em cerca de 1 a 5 horas. Tal mecanismo envolve alterações no tônus simpático para o tecido erétil venoso da túnica mucosa nasal; e o aumento da vasoconstrição simpática provoca resistência à queda. Estas alterações na espessura e contornos das superfícies da túnica mucosa são visíveis como um edema ou retração do revestimento nasal e podem servir para proteger a túnica mucosa do ressecamento. Acredita-se que o marcapasso para o ciclo situa-se no interior do núcleo supraquiasmático. A periodicidade do ciclo diminui com a idade.

Os distúrbios do padrão de fluxo aéreo normal, se produzidos por alterações mucocutâneas ou esqueléticas dentro do nariz, afetam a respiração nasal normal e em geral são percebidos como uma forma de obstrução nasal.

SEIOS PARANASAIS

Os seios paranasais são o seio frontal, as células etmoidais, o seio esfenoidal e o seio maxilar, alojados no interior dos ossos de mesmo nome (Figs. 32.1, 32.10-32.13). Eles são todos abertos para a parede lateral da cavidade nasal por pequenas aberturas que permitem tanto o equilíbrio do ar entre os diferentes espaços aéreos como a depuração do muco dos seios

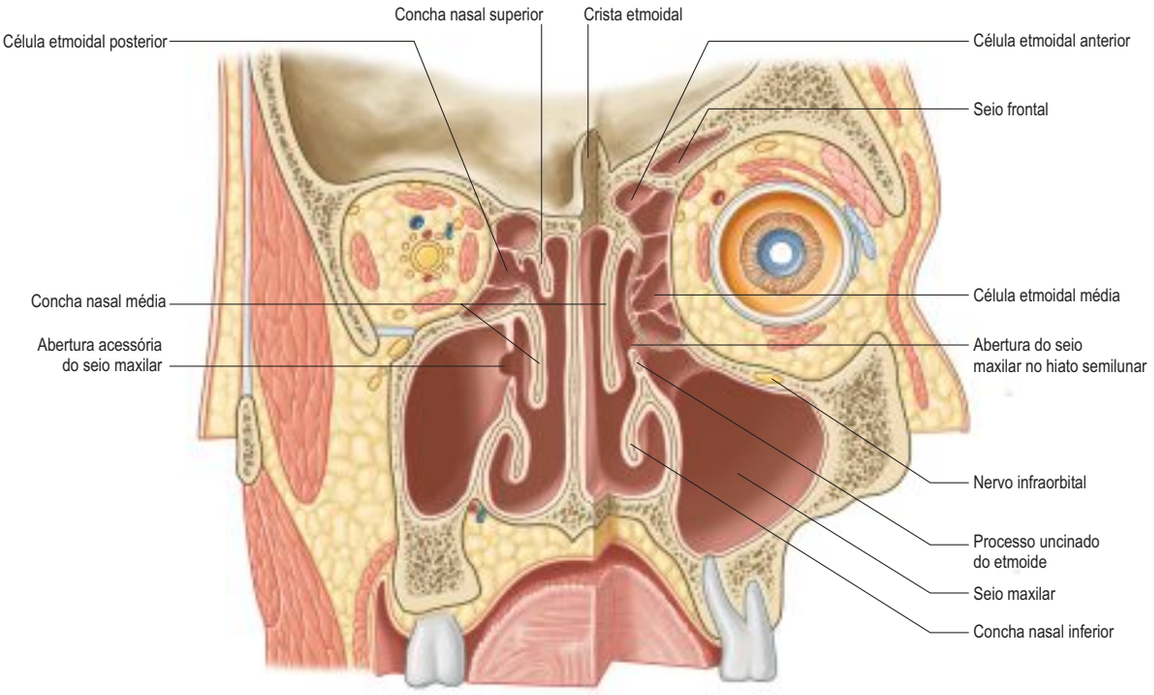


Fig. 32.10 Corte frontal (coronal) através da cavidade nasal, observado a partir da face posterior. O plano do corte no lado direito é mais anterior. A abertura normal do seio maxilar é mostrada no lado direito e uma abertura acessória, no lado esquerdo.

para a cavidade nasal através do movimento mucociliar. A posição detalhada destas aberturas, bem como a forma e o tamanho exatos de cada um dos seios, varia enormemente entre os indivíduos. O epitélio respiratório estende-se através das aberturas dos seios paranasais revestindo suas cavidades, uma característica que, infelizmente, favorece a disseminação de infecções. A túnica mucosa dos seios é mais fina, menos vascularizada e tem menos células caliciformes do que a túnica mucosa nasal. Os cílios estão sempre presentes na túnica mucosa próximo às aberturas, mas menos uniformemente distribuídos em outras partes dos seios.

A maioria dos seios paranasais é rudimentar ou ausente no nascimento, mas aumenta consideravelmente durante a erupção dos dentes permanentes e após a puberdade, eventos que alteram de maneira significativa o tamanho e a forma da face.

As funções dos seios paranasais ainda são objeto de especulação. Eles claramente acrescentam alguma ressonância à voz, e também possibilitam o alargamento de áreas específicas do crânio, ao mesmo tempo que minimizam um aumento correspondente na massa óssea. É provável que estas alterações relacionadas com o crescimento sirvam para fortalecer regiões específicas, como, por exemplo, o processo alveolar da maxila quando há erupção da dentição secundária, mas elas também podem agir desenhando o contorno da cabeça para fornecer sinais visuais que indicam o estado do indivíduo em um contexto social (por exemplo, sexo, maturidade sexual e identidade grupal).

SEIO FRONTAL

Os seios frontais formam um par, são posteriores aos arcos superciliares e estão entre as lâminas externa e interna do osso frontal (Figs. 32.10, 32.11, 32.13A). Em geral, cada um é subjacente a uma área triangular na superfície da face. Seus ângulos são formados pelo násio, por um ponto 3 cm acima do násio, e pelo local da junção do terço medial e dos dois terços laterais da margem supraorbital. Os dois seios frontais raramente são simétricos, uma vez que o septo entre eles geralmente afasta-se do plano mediano. Cada seio pode ser subdividido em um grande número de recessos que se comunicam através de septos ósseos incompletos.

As dimensões médias do seio frontal de um adulto são: altura de 3,2 cm, largura de 2,6 cm, profundidade de 1,8 cm. Geralmente, cada um tem uma parte frontal, que se estende acima da parte medial da sobrancelha, e uma porção orbital, que se estende de volta para a parte medial do teto da órbita. Em 4% dos casos, um ou ambos os seios podem ser hipoplásicos ou mesmo inexistentes; diferenças raciais têm sido relatadas. A proeminência dos arcos superciliares não é indicação da presença ou tamanho dos seios frontais. Um seio frontal pode estender-se posteriormente até a asa menor do osso esfenoide, mas não o invade. A morfologia do seio frontal pode ser suficientemente específica para possibilitar a identificação dos indivíduos a partir de evidências radiológicas para fins forenses.

A abertura de cada seio frontal abre tanto para a parte anterior do meato nasal médio correspondente através do infundíbulo etmoidal, como também por um recesso frontonasal (e não um ducto) ou medialmente ao hiato semilunar se o processo uncinado estiver inserido na parede lateral da cavidade nasal ou a uma célula "agger nasi".

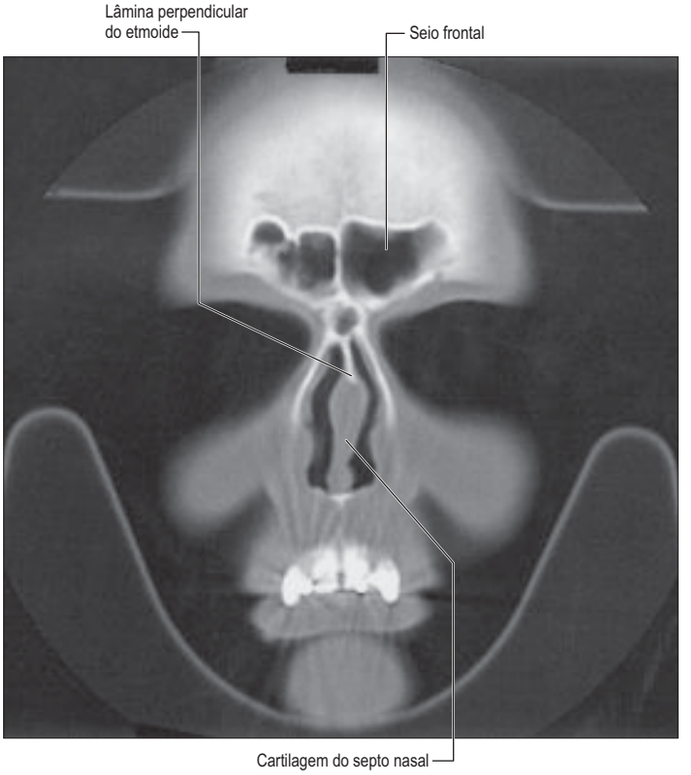


Fig. 32.11 TC coronal mostrando o seio frontal. (Por cortesia do Dr N Drage.)

Os seios frontais são rudimentares ou ausentes no nascimento, geralmente bem desenvolvidos entre o sétimo e oitavo anos de vida, mas atingem o tamanho total apenas após a puberdade. São mais proeminentes nos homens e conferem uma obliquidade à testa que contrasta com o perfil vertical ou convexo típico das crianças e mulheres. Na presença de uma sutura metópica persistente, os seios frontais desenvolvem-se separadamente em cada lado da sutura, o que pode ser útil na exclusão de fraturas frontais. (O osso frontal é descrito no Capítulo 29.)

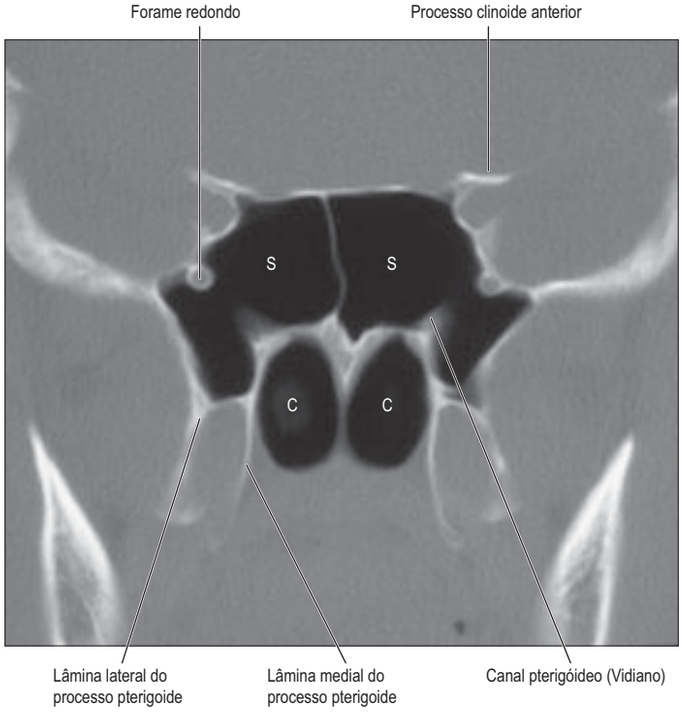


Fig. 32.12 TC coronal mostrando o seio esfenoidal. S, Seio esfenoidal; C, Cóanos, posteriormente.

Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação

Os seios frontais recebem seu suprimento arterial das artérias supraorbital e etmoidal anterior. As veias drenam para uma veia anastomótica na incisura supraorbital que liga as veias supraorbital e oftálmica superior. A drenagem linfática é para os linfonodos submandibulares. Os seios paranasais são inervados pelos ramos dos nervos supraorbitais (sensibilidade geral) e pelos ramos orbitais dos gânglios pterigopalatinos (fibras parassimpáticas secretomotoras).

SEIO ESFENOIDAL

Os seios esfenoidais são duas cavidades irregulares grandes dentro do corpo do esfenoide e, portanto, situam-se posteriores à parte superior da cavidade nasal (Figs. 32.12-32.15). Cada um abre para o recesso esfenoetmoidal correspondente através de uma abertura no topo da parede anterior do seio. No nascimento, os seios são cavidades minúsculas e seu principal desenvolvimento ocorre após a puberdade. As dimensões médias nos adultos são: altura vertical de 2 cm; largura transversal de 1,8 cm; profundidade anteroposterior de 2,1 cm. Os seios são geralmente separados por um septo que se afasta da linha mediana em 75% dos casos, de modo que são desiguais em tamanho e forma. Suas cavidades podem ser parcialmente divididas por lâminas ósseas, septos acessórios, especialmente na região das sincondroses anteriores. Ocasionalmente, um seio sobrepõe-se ao outro acima e, raramente, eles intercomunicam-se. Sulcos ósseos, produzidos pela artéria carótida interna, pelo canal pterigóideo, pelo ramo maxilar do nervo trigêmeo e, em 15% dos indivíduos, pelo nervo óptico, podem projetar-se para os seios a partir das suas paredes laterais. Deiscências nas paredes ósseas de um ou outro seio podem ocasionalmente deixar sua túnica mucosa em contato com a dura-máter sobrejacente.

O grau de pneumatização do osso circundante é altamente variável. Em quase 50% dos crânios, um recesso lateral pode estender-se para as asas maior e menor do esfenoide ou para os processos pterigoides, e pode até invadir a parte basilar do osso occipital quase até o forame magno. Um seio etmoidal posterior pode estender-se posterossuperiormente aos seios esfenoidais relativamente menores. Os seios esfenoidais estão relacionados superiormente com o quiasma óptico e com a glândula hipófise e, de cada lado, com a artéria carótida interna e com o seio cavernoso (Cap. 27). Um ou ambos os seios podem circundar parcialmente o canal óptico.

A forma e a posição do seio esfenoidal têm importância clínica na abordagem cirúrgica transesfenoidal à glândula hipófise. Os seios podem ser classificados em três tipos principais: selar, o tipo mais comum, onde o seio estende-se por uma distância variável além do tubérculo da sela; pré-selar, onde o seio ocasionalmente estende-se posteriormente em direção a, mas não além do tubérculo da sela; conchal, o tipo mais raro, onde um seio pequeno é separado da sela turca por 10 mm do osso tra-

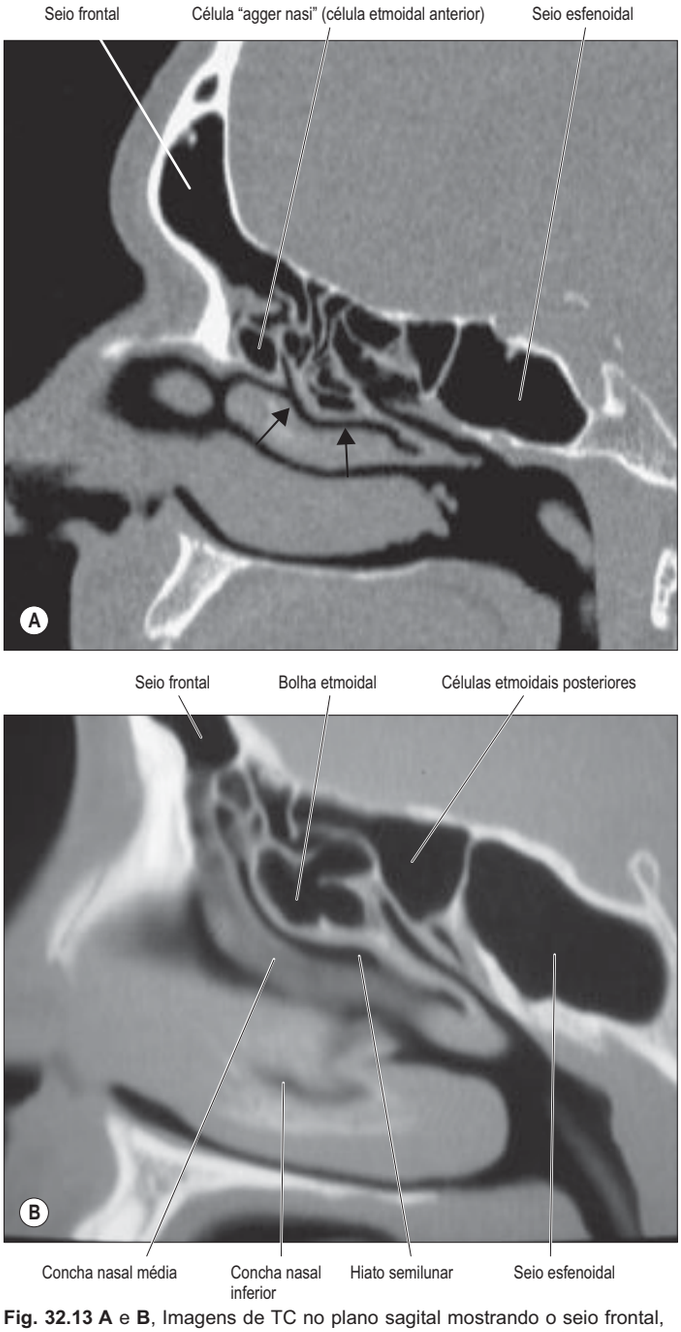


Fig. 32.13 A e **B**, Imagens de TC no plano sagital mostrando o seio frontal, as células etmoidais e o seio esfenoidal. As setas indicam o hiato semilunar em **A**. (**A** por cortesia do Professor D Bell.)

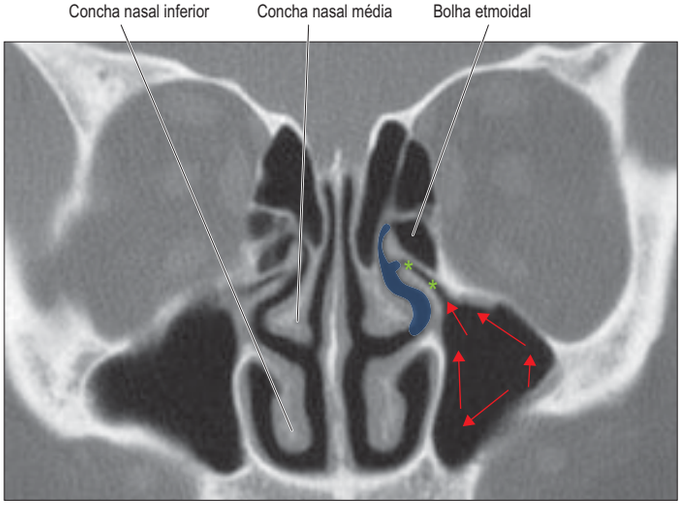


Fig. 32.14 TC no plano frontal (coronal) através do complexo ostiomeatal. As setas vermelhas mostram a direção do fluxo mucociliar; a área azul, o meato nasal médio; as estrelas verdes, o infundíbulo etmoidal.

Fig. 32.15 Corte horizontal da cabeça mostrando as células etmoidais e o seio esfenoidal. (Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 Head and Neck Anatomy. London: Martin Dunitz.)

becular. O septo anterior da linha mediana torna-se muitas vezes desviado para um lado posteriormente: a identificação desta septação é importante antes da cirurgia.

Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação

Os seios esfenoidais recebem seu suprimento arterial da artéria etmoidal posterior, ramo da artéria oftálmica, e das artérias nasais posteriores laterais, ramos das artérias esfenopalatinas. A drenagem venosa é feita através das veias etmoidais posteriores que drenam para as veias oftálmicas superiores. A drenagem linfática é para os linfonodos retrofaríngeos. Os seios são inervados pelo nervo etmoidal posterior, pelo ramo do nervo oftálmico (sensibilidade geral) e pelos ramos orbitais dos gânglios pterigopalatinos (fibras parassimpáticas secretomotoras).

CÉLULAS ETMOIDAIS

As células etmoidais diferem dos outros seios paranasais na medida em que são formadas por várias cavidades de paredes finas no labirinto etmoidal (Figs. 32.10, 32.13-32.15) (para mais informações, consultar o Capítulo 29). O número e tamanho das cavidades variam de três a 18 seios pequenos de cada lado. Situam-se entre a parte superior da cavidade nasal e a órbita, e estão separados desta última pela lâmina papirácea, que tem a espessura de uma folha de papel, ou lâmina orbital do etmoide (esta apresenta uma fraca barreira à infecção, que pode, portanto, disseminar para a órbita). A pneumatização pode estender-se para a concha nasal média, ou para o corpo e asas do osso esfenoide lateralmente ao seio esfenoidal.

As células etmoidais são divididas clinicamente em grupos anterior e posterior de cada lado, distinguidos pelos seus locais de comunicação com a cavidade nasal. (Células previamente designadas como pertencentes ao grupo do meio são agora incluídas no grupo anterior.) Os grupos anterior e posterior são separados uns dos outros pela lamela basal da concha nasal média; esta pode ser recortada por células de um ou outro grupo e, portanto, forma uma barreira bastante tortuosa entre eles. Em cada grupo as células são apenas parcialmente separadas por septos ósseos incompletos. As células têm importância clínica no nascimento porque são suscetíveis à inflamação. Elas crescem rapidamente entre as idades de 6 e 8 anos e após a puberdade.

Grupo anterior

Seios peri-infundibulares (células etmoidais anteriores) Até 11 células etmoidais anteriores drenam tanto para o infundíbulo etmoidal quanto para o ducto frontonasal através de um ou mais orifícios. O grupo mais anterior, as células "agger nasi", são relações mediais do saco e ducto lacrimal e invaginam anteriormente abaixo das cristas do nariz na parede lateral da cavidade nasal. As células etmoidais anteriores e médias maiores, as células de Haller, podem se desenvolver medialmente abaixo do assoalho da órbita. As células etmoidais supraorbitais mais anteriores podem invadir o seio frontal.

Seios bolhosos (células etmoidais médias) Geralmente, existem menos de três células etmoidais médias. Elas se abrem no meato nasal médio por um ou mais orifícios em cima ou acima da bolha etmoidal.

Grupo posterior

Até sete células etmoidais posteriores drenam, geralmente, por um único orifício no meato nasal superior; uma pode drenar para o meato nasal supremo, quando presente, e uma ou mais para o seio esfenoidal. O grupo posterior encontra-se muito próximo do canal e do nervo ópticos: uma lesão do nervo óptico é uma complicação potencialmente devastadora durante a cirurgia endoscópica sinusal, especialmente se houver presença de uma célula esfenoetmoidal ou de Onodi. A incidência relatada de uma célula de Onodi varia amplamente (3,5 a 51%), de acordo com o grupo racial: ela é mais comum em indivíduos não caucasianos. A célula de Onodi geralmente é considerada a célula etmoidal posterior que pneumatiza lateral e superior ao seio esfenoidal e está intimamente associada ao nervo óptico: ela pode conter um tubérculo do nervo óptico, onde o canal óptico se abaula em direção à parede da célula.

Suprimento vascular e inervação

As células etmoidais recebem seu suprimento arterial das artérias nasais posteriores, ramos da artéria esfenopalatina, e artérias etmoidais anterior e posterior, ramos da artéria oftálmica. A drenagem venosa é realizada pelas veias correspondentes. Os linfáticos do grupo anterior drenam para os linfonodos submandibulares e os do grupo posterior, para os linfonodos retrofaríngeos. As células são inervadas pelos nervos etmoidais anterior e posterior, pelo ramo do nervo oftálmico (sensibilidade geral) e pelos ramos orbitais dos gânglios pterigopalatinos (fibras parassimpáticas secretomotoras).

SEIO MAXILAR

O seio maxilar é o maior dos seios paranasais. Ele preenche o corpo da maxila (Capítulo 29) e tem forma piramidal (Figs. 32.10, 32.14). A base é medial e forma grande parte da parede lateral da cavidade nasal. O assoalho, que frequentemente se situa abaixo do assoalho da cavidade nasal, é formado pelo processo alveolar e parte do processo palatino da maxila. Ele está relacionado com as raízes dos dentes, especialmente o segundo pré-molar e primeiro molar, mas pode estender-se posteriormente até o terceiro molar e/ou anteriormente incorporando o primeiro pré-molar e, algumas vezes, o canino. Defeitos no osso sobrejacente às raízes não são incomuns. O teto do seio constitui a parte principal do assoalho da órbita. Contém o canal infraorbital, que pode apresentar deiscências. O vértice lateral truncado da pirâmide estende-se em direção ao processo zigomático da maxila e pode chegar ao osso zigomático, caso em que forma o recesso zigomático, que lança uma sombra em forma de V sobre o seio em radiografia lateral.

A superfície facial da maxila forma sua parede anterior, e é sulcada internamente por um canal delicado (canal sinuoso) que abriga o nervo e os vasos alveolares anteriores superiores à medida que eles passam adiante a partir do canal infraorbital. A parede posterior é formada pela superfície infratemporal da maxila: ela contém canais alveolares que podem produzir cristas no seio e que também conduzem os vasos e nervos alveolares superiores posteriores até os dentes molares. A parede medial é deficiente posterossuperiormente no hiato maxilar, uma grande abertura que é parcialmente fechada em um crânio articulado por porções da lâmina perpendicular do osso palatino, pelo processo uncinado do osso etmoide, pela concha nasal inferior, pelo osso lacrimal, e pela túnica mucosa nasal sobrejacente, formando um óstio e fontículos anterior e posterior. O óstio geralmente abre na parte inferior do infundíbulo etmoidal, e daí para o meato nasal médio, através do hiato semilunar (o hiato forma a área acima da extremidade superior do processo uncinado). Os fontículos são cobertos apenas pelo periósteo e pela túnica mucosa e podem conter óstios acessórios que podem ser visíveis em TC. Todas as aberturas estão mais próximas do teto do que do assoalho do seio, o que significa que a drenagem natural do seio maxilar é dependente de um movimento mucociliar íntegro: os cílios do mucoperiósteo do seio normalmente se movimentam em direção ao óstio.

O seio maxilar pode ser dividido de maneira incompleta por septos; os septos completos são muito raros. O aspecto delgado de suas paredes é clinicamente significativo na determinação da disseminação de tumores do seio maxilar. Um tumor pode empurrar o assoalho da órbita e deslocar

o bulbo do olho; pode se projetar para a cavidade nasal, provocando obstrução e sangramento nasal; pode se projetar sobre a bochecha, provocando edema e dormência caso o nervo infraorbital seja lesionado; pode disseminar de volta em direção à fossa infratemporal, causando restrição de abertura bucal decorrente de lesão e dor no músculo pterigóideo, ou pode se disseminar para baixo em direção à boca, amolecendo os dentes e provocando má oclusão. A extração dos dentes molares pode lesionar o assoalho e o impacto pode fraturar suas paredes. A hipoplasia de um dos seios maxilares está presente em até 0,3% da população.

Complexo ostiomeatal

O termo complexo ostiomeatal, ou unidade ostiomeatal, refere-se à área que inclui o óstio do seio maxilar, o infundíbulo etmoidal e o hiato semilunar (Fig. 32.14). É o caminho comum para a drenagem de secreções do seio maxilar e do grupo anterior das células etmoidais; no local onde o processo uncinado insere-se à parede nasal lateral, o complexo também drena o seio frontal.

Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação

O suprimento arterial da maxila é proveniente principalmente das artérias alveolares superiores anterior, "média" e posterior, dos ramos das artérias maxilares, e das artérias infraorbital e palatina maior. Os ramos da artéria alveolar superior posterior e da artéria infraorbital formam uma anastomose na parede óssea do seio, que também supre a túnica mucosa que reveste as câmaras nasais. Frequentemente, existe uma anastomose extraóssea entre a artéria alveolar superior posterior e a artéria infraorbital. As anastomoses intra e extraósseas formam uma arcada arterial dupla que supre a parede lateral do seio maxilar e, em parte, o processo alveolar.

As veias correspondentes às artérias drenam para a veia facial ou para o plexo venoso pterigóideo de cada lado. A drenagem linfática é para os linfonodos submandibulares. Os seios são inervados pelos ramos dos nervos alveolares superiores (ramos alveolares superiores anterior, médio e posterior) oriundos dos nervos maxilares (sensibilidade geral) e pelos ramos nasais dos gânglios pterigopalatinos (fibras parassimpáticas secretomotoras).

Para mais detalhes sobre as dimensões dos vários seios paranasais e o tamanho e as posições das suas aberturas, o leitor deve consultar Lang (1989).

EXAMES DE IMAGEM DOS SEIOS PARANASAIS

As imagens radiológicas padrões não são mais recomendadas para o diagnóstico de rinossinusite devido à sua fraca especificidade e sensibilidade, embora possam ser utilizadas para confirmar a presença de sinusite maxilar ou frontal aguda que não respondem ao tratamento clínico e requerem drenagem urgente. A TC define as variações anatômicas, mas não deve ser utilizada isoladamente para o diagnóstico porque um em cada três indivíduos assintomáticos apresenta alterações incidentais da túnica mucosa. A TC em espiral fornece imagens axial, coronal e sagital de boa qualidade que facilitam uma avaliação do tamanho e relação dos seios paranasais.

DISSEMINAÇÃO DA INFECÇÃO PARA A CAVIDADE CRANIANA

O estado de saúde dos seios paranasais depende da imunidade, da depuração mucociliar e aeração dos seios. O meato nasal médio forma a via comum de drenagem para as células etmoidais anteriores, para o seio frontal e para o seio maxilar, e pode ser facilmente analisado com um endoscópio de fibra óptica (Simmen & Jones, 2005). As células etmoidais posteriores e o seio esfenoidal drenam para o meato nasal superior e para o recesso esfenoetmoidal. O exame endoscópico em geral irá mostrar o muco infectado que drena destas áreas. A infecção do seio maxilar também pode disseminar a partir de dentes infectados.

REFERÊNCIAS

Boyce J, Eccles R 2006 Do chronic changes in nasal airflow have any physiological or pathological effect on the nose and paranasal sinuses? A systematic review. Clin Otolaryngol 31: 15–19.

Buck L, Axel R. 1991 A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. Cell 65: 175–87.
O Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina de 2004 foi concedido a Axel e Buck por suas descobertas sobre os determinantes genéticos dos receptores olfatórios e a organização do sistema olfatório em seres humanos.

Churchill SE, Shackelford LL, Georgi JN, Black MT 2004 Morphological variation and airflow dynamics in the human nose. Am J Hum Biol 16: 625–38.

Doig TN, McDonald SW, McGregor OA 1998 Possible routes of spread of carcinoma of the maxillary sinus to the oral cavity. Clin Anat 11: 149–56.

Emanuel JM 1998 Epistaxis. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology Head and Neck Surgery, vol. 2, 3rd edn. St Louis: Mosby: 852–65.
Descreve o suprimento sanguíneo para o nariz e as abordagens cirúrgicas para controle da epistaxe.

Holbrook EH, Leopold DA, Schwob JE 2005 Abnormalities of axon growth in human olfactory mucosa. Laryngoscope 115: 2144–54.

Jafek, BW 1983 Ultrastructure of human nasal mucosa. Laryngoscope 93: 1576–99.

Johnston M, Zakharov A, Papaiconomou C, Salmasi G, Armstrong D 2004 Evidence of connections between cerebrospinal fluid and nasal lymphatic vessels in humans, non-human primates and other mammalian species. Cerebrospinal Fluid Res 1: 2.

Lang J 1989 Clinical Anatomy of the Nose, Nasal Cavity and Paranasal Sinuses. Stuttgart: Thième.

McGowan DA, Baxter PW, James J 1993 The Maxillary Sinus. Oxford: Wright.

Meredith M 2001 Human vomeronasal organ function: a critical review of best and worst cases. Chem Senses 26: 433–45.

Navarro JAC 1997 The Nasal Cavity and Paranasal Sinuses: Surgical Anatomy. Berlin: Springer.

Paik SI, Lehman MN, Seiden AM, Duncan HJ, Smith DV 1992 Human olfactory biopsy. The influence of age and receptor distribution. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 118: 731–8.

Simmen D, Jones N 2005 Manual of endoscopic sinus surgery and its extended applications. Stuttgart: Thieme.

Stammberger H, Kennedy DW (eds) 1995 Paranasal sinuses: anatomic terminology and nomenclature. Ann Otol Rhinol Laryngol (Suppl 167) 104(10) Part 2: 7–16.

Traxler H, Windisch A, Geyerhofer U, Surd R, Solar P, Firbas W 1999 Arterial blood supply of the maxillary sinus. Clin Anat 12: 417–21.

Witt M, Hummel T 2006 Vomeronasal versus olfactory epithelium: is there a cellular basis for human vomeronasal perception? Internat Rev Cytol 248: 209–259.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
33

Faringe

A faringe é um tubo musculomembranoso longo de 12-14 cm de comprimento moldado como um cone invertido. Ela estende-se desde a base do crânio até a margem inferior da cartilagem cricóidea (no nível da sexta vértebra cervical), onde se torna contínua com o esôfago. A largura da faringe varia constantemente, pois é dependente do tônus muscular, especialmente dos constritores: em repouso, a junção faringoesofágica é fechada como resultado do fechamento tônico do esfíncter esofágico superior, e durante o sono o tônus muscular e as dimensões da faringe são acentuadamente reduzidos (o que pode dar origem a ronco e apneia do sono). A faringe é delimitada acima pela parte posterior do corpo do esfenoide e pela parte basilar do osso occipital, e é contínua com o esôfago abaixo. Posteriormente, é separada da parte cervical da coluna vertebral e da lâmina pré-vertebral que cobre o longo do pescoço e o longo da cabeça por tecido conjuntivo frouxo no espaço retrofaríngeo, superiormente, e no espaço retrovisceral, inferiormente.

Os músculos da faringe são três constritores circulares e três levantadores longitudinais. Os constritores podem ser considerados como três cones sobrepostos que surgem de estruturas nas regiões laterais da cabeça e pescoço e passam posteriormente, inserindo-se em uma faixa fibrosa mediana, a rafe da faringe. O suprimento arterial para a faringe é derivado dos ramos da artéria carótida externa, particularmente a artéria faríngea ascendente, mas também dos ramos palatino ascendente e tonsilar da artéria facial, artéria maxilar (artérias palatina maior e faríngea e artéria do canal pterigoide) e ramos dorsais da língua da artéria lingual. As veias faríngeas começam em um plexo externo à faringe, recebem veias meníngeas e uma veia do canal pterigóideo, e geralmente terminam na veia jugular interna. Os vasos linfáticos da faringe e do esôfago cervical passam para os linfonodos cervicais profundos, quer diretamente, quer através dos linfonodos retrofaríngeos paratraqueais. A inervação motora e sensorial ocorre principalmente através dos ramos do plexo faríngeo.

A faringe situa-se posteriormente às cavidades nasal, oral e laríngea, e comunica-se com elas através da nasofaringe, orofaringe e laringofaringe, respectivamente (Figs. 33.1, 33.2). Sua mucosa de revestimento é contínua com aquela que reveste os tubos faringotimpânicos, cavidade nasal, cavidade oral e laringe.

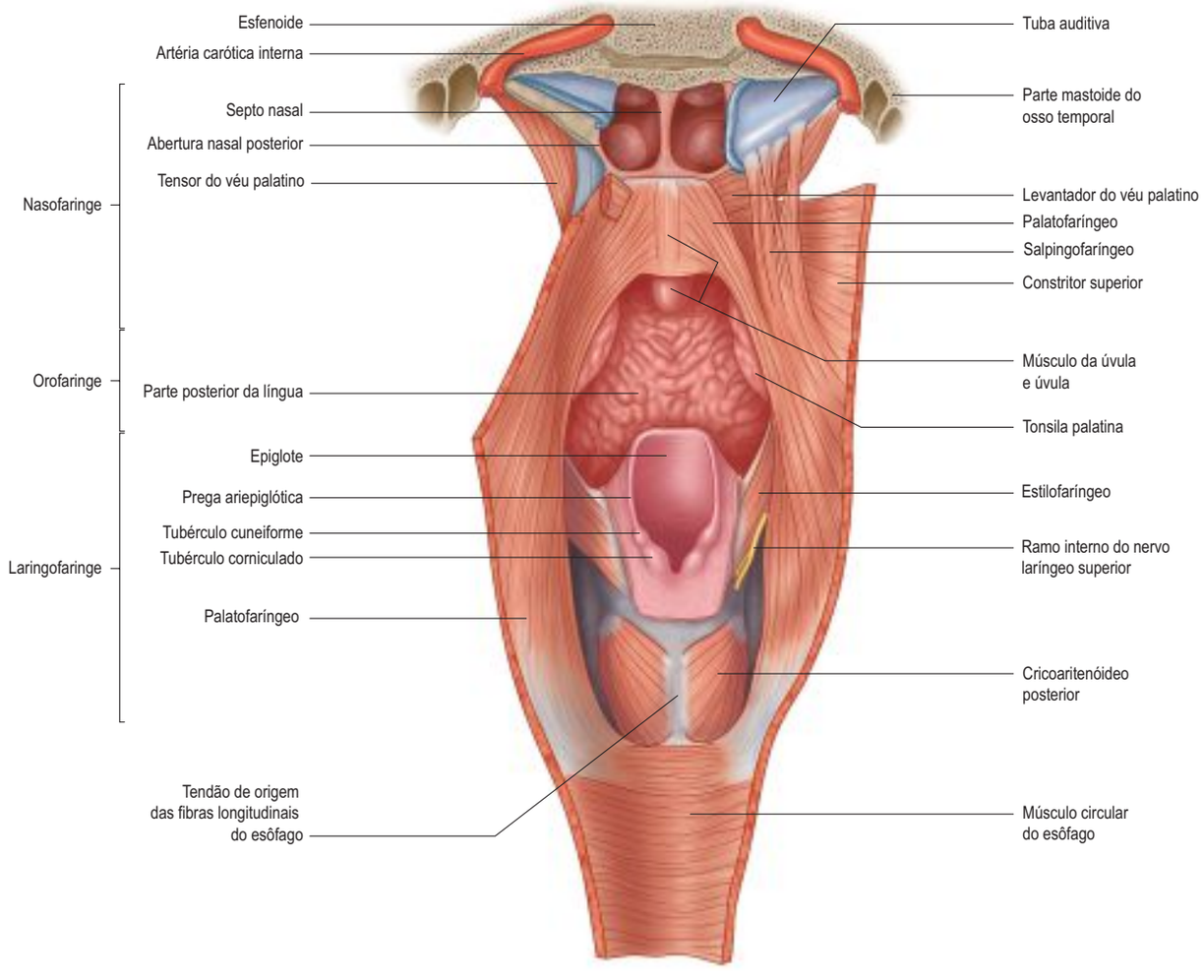
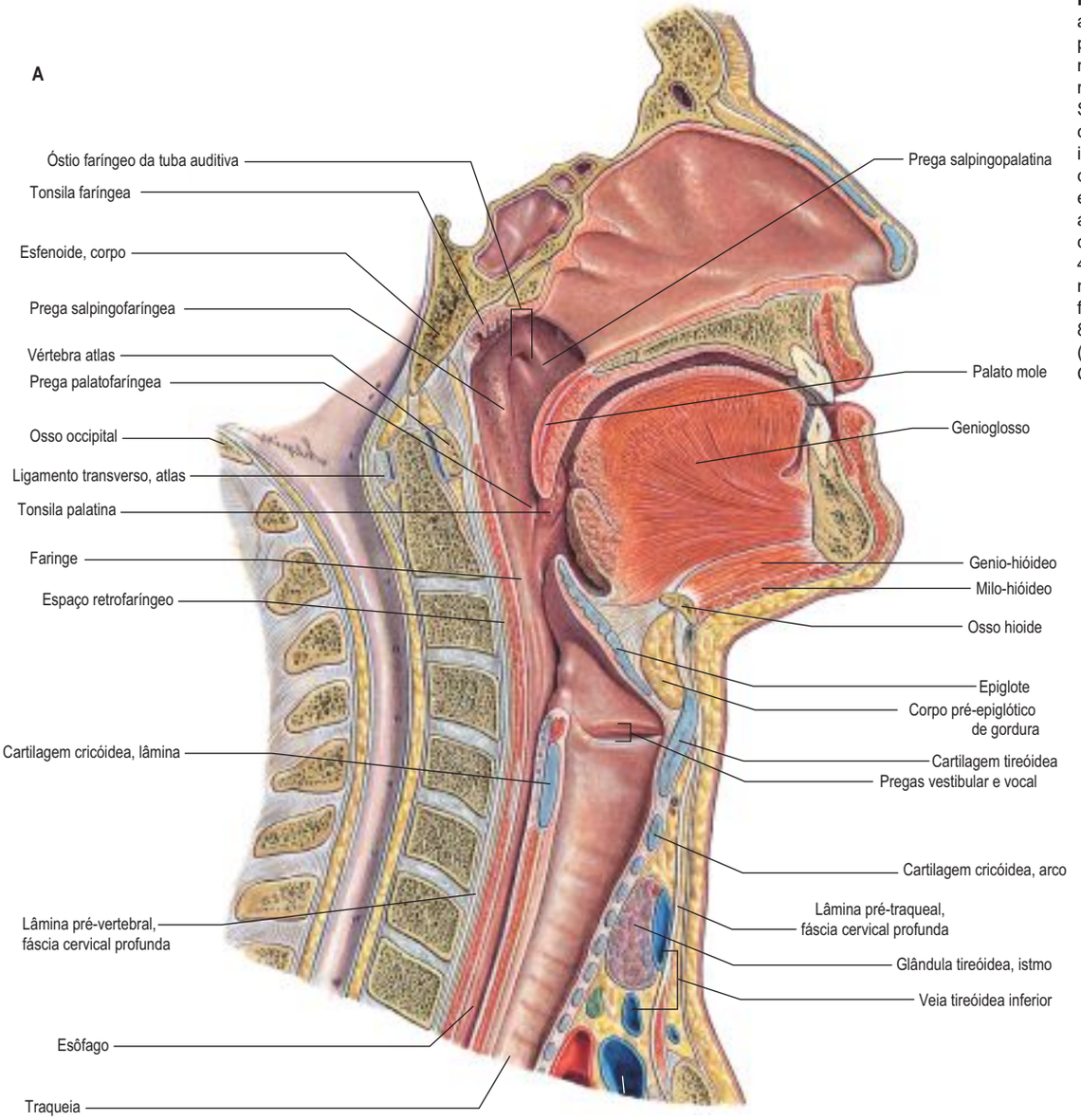


Fig. 33.1 Nasofaringe, orofaringe e laringofaringe, expostas a partir de um corte da rafe faríngea mediana e do rebatimento dos músculos constritores lateralmente em cada lado, vista posterior.



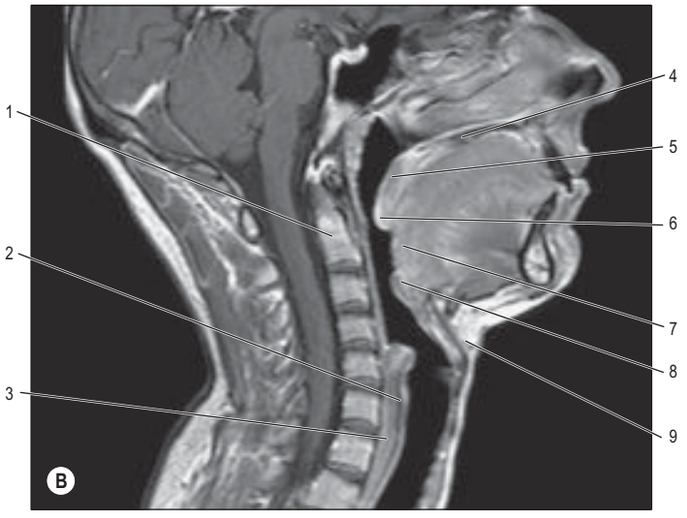


Fig. 33.2 A, Corte sagital através da cabeça e do pescoço, incluindo cavidades nasal e oral, mas excluindo região intracraniana (de Sobotta, 2006). **B,** RMN correspondente, também inclui fossa posterior do crânio, cerebelo e medula espinal cervical. 1. Dente do áxis. 2. Lâmina da cartilagem cricóidea. 3. Esôfago. 4. Palato duro. 5. Palato mole. 6. Úvula. 7. Parte faríngea da língua. 8. Epiglote. 9. Osso hioide. (**B,** Cortesia de Dr Roger JS Chinn.)

NASOFARINGE

LIMITES

A nasofaringe fica superiormente ao palato mole e posteriormente às coanas, o que possibilita a passagem respiratória livre entre as cavidades nasais e da nasofaringe (Figs. 33.1, 33.2). O septo nasal posterior separa as coanas, sendo que cada um deles mede aproximadamente 25 mm verticalmente e 12 mm transversalmente. No interior destas aberturas situam-se as extremidades posteriores das conchas nasais inferior e média. A nasofaringe tem um teto, uma parede posterior, duas paredes laterais e um assoalho. Eles são rígidos (exceto o assoalho, que pode ser elevado ou deprimido pelo palato mole) e a cavidade da nasofaringe, portanto, nunca é obliterada pela ação muscular, ao contrário das cavidades do oro e laringofaringe. As partes nasal e oral da faringe comunicam-se através do istmo da faringe, que se situa entre a margem posterior do palato mole e a parede faríngea posterior. A elevação do palato mole e a constrição do esfíncter palatofaríngeo fecham o istmo durante a deglutição.

O teto e a parede posterior formam um declive côncavo contínuo que vai inferiormente, a partir do septo nasal até a orofaringe. É delimitado acima pela mucosa sobrejacente à parte posterior do corpo do esfenoide, e ainda mais posteriormente pela parte basilar do osso occipital, até o tubérculo faríngeo. Mais inferiormente, a mucosa é sobrejacente à fáscia faringobasilar e às fibras superiores do constritor superior e, por trás delas, ao arco anterior do atlas. Uma massa linfoide, a adenoide, situa-se na mucosa da parte superior do teto e parede posterior da linha média.

As paredes laterais da nasofaringe exibem uma série de importantes características superficiais. Em cada uma das duas paredes recebe a abertura do tubo faringotimpânico (também chamado de tuba auditiva ou tuba de Eustáquio), situada 10-12 mm posterior e um pouco inferior do nível da extremidade posterior da concha nasal inferior (Fig. 33.2). O óstio faríngeo da tuba auditiva é aproximadamente em forma triangular, e é delimitado superoposteriormente pela elevação tubária, o toro tubário, que consiste na mucosa sobrejacente à extremidade faríngea em protrusão da cartilagem do tubo faringotimpânico. Uma prega vertical da mucosa, a prega salpingofaríngea, desce a partir do toro tubário posteriormente à abertura (Fig. 33.2) e cobre o salpingofaríngeo na parede da faringe (Fig. 33.4); uma prega salpingopalatina menor estende-se desde o ângulo anterossuperior do toro tubário até o palato mole anterior à abertura. À medida que o levantador do véu palatino entra no palato mole, ele produz uma elevação da mucosa imediatamente ao redor do óstio faríngeo da tuba auditiva (Fig. 33.4). Uma massa variável pequena de tecido linfoide, a tonsila tubária, situa-se na mucosa imediatamente posterior à abertura da tuba auditiva, e ainda mais posteriormente à elevação tubária há uma depressão variável na parede lateral, o recesso faríngeo (fosseta de Rosenmüller). O assoalho da nasofaringe é formado pela superfície nasal superior do palato mole.

MICROESTRUTURA DA NASOFARINGE NÃO TONSILAR

O epitélio nasofaríngeo anteriormente é ciliado, do tipo respiratório com células caliciformes (Fig. 2.2). Os ductos das glândulas seromucosas da mucosa e submucosa abrem-se em direção a sua superfície. Posteriormente, o epitélio respiratório muda para epitélio escamoso estratificado não queratirizado que continua na orofaringe em direção à orofaringe e laringofaringe. A zona de transição entre os dois tipos de epitélio consiste em epitélio colunar com microvilos curtos em vez de cílios. Superiormente, esta zona encontra-se com o septo nasal; lateralmente, ela cruza o orifício do tubo faringotimpânico; e passa posteriormente na união do palato mole e a parede lateral. Inúmeras glândulas mucosas circundam os orifícios tubários.

INERVAÇÃO

Grande parte da mucosa da nasofaringe posterior à tuba auditiva é suprida pelo ramo faríngeo do gânglio pterigopalatino, que atravessa o canal palatovaginal com o ramo faríngeo da artéria maxilar.

ADENOIDE OU TONSILA FARÍNGEA

A adenoide, ou tonsila faríngea, é uma massa mediana de tecido linfoide associada à mucosa (MALT) situada no teto e na parede posterior da nasofaringe (Fig. 33.3). Em seu tamanho máximo (durante os primeiros anos de vida), é moldada como uma pirâmide truncada, frequentemente com uma fenda mediana orientada verticalmente, de modo que o seu ápice aponta para o septo nasal e sua base para a junção do teto e parede posterior da nasofaringe.

A superfície livre da tonsila faríngea é marcada por pregas que irradiam anterior e lateralmente a partir de um recesso cego mediano, a bolsa faríngea (bolsa de Luschka), que se estende posteriormente. O recesso está presente no feto e nos jovens, mas apenas ocasionalmente ocorre no adulto, e marca a extremidade rostral do notocórdio embriológico. O número e a posição das pregas e das fissuras profundas que as separam variam. Uma prega mediana pode passar anteriormente a partir da bolsa faríngea em direção ao septo nasal, ou em vez disto uma fissura pode se estender anteriormente a partir da bolsa, dividindo a tonsila nasofaríngea em duas metades distintas que refletem as suas origens de desenvolvimento em pares (Fig. 33.3).

As origens pré-natais da tonsila nasofaríngea são descritas na página 604. Após o nascimento, ela inicialmente cresce rapidamente, mas em geral passa por um grau de involução e atrofia a partir dos 8-10 anos de idade (embora ainda possa ocorrer hipoplasia em adultos até a sétima década). Relativamente ao volume da nasofaringe, o tamanho da tonsila é maior aos cinco anos, o que pode contribuir para a frequência de problemas respiratórios nasais nas crianças em idade pré-escolar e a incidência de adenoidectomia nesta faixa etária.

Suprimento vascular e drenagem linfática

O suprimento arterial da tonsila faríngea é proveniente das artérias faríngea ascendente e palatina ascendente, dos ramos tonsilares da artéria facial, do ramo faríngeo da artéria maxilar e da artéria do canal pterigóideo (Figs. 33.5, 33.6). Além disso, um vaso nutriente ou emissário para o osso circunvizinho, ramo das artérias hipofisárias inferiores, supre o leito da tonsila faríngea e é uma possível causa de hemorragia persistente pós-adenoidectomia em alguns pacientes.

Inúmeras veias comunicantes drenam a tonsila faríngea em direção aos plexos venosos submucosos internos e faríngeos externos. Elas originam-se a partir da superfície lateral profunda da tonsila palatina, juntam-se às veias palatinas externas (paratonsilares) e perfuram o constritor, seja para se juntar ao plexo venoso faríngeo, seja para formar um único vaso que entra na veia facial ou jugular interna; elas também podem se conectar com o plexo venoso pterigóideo.

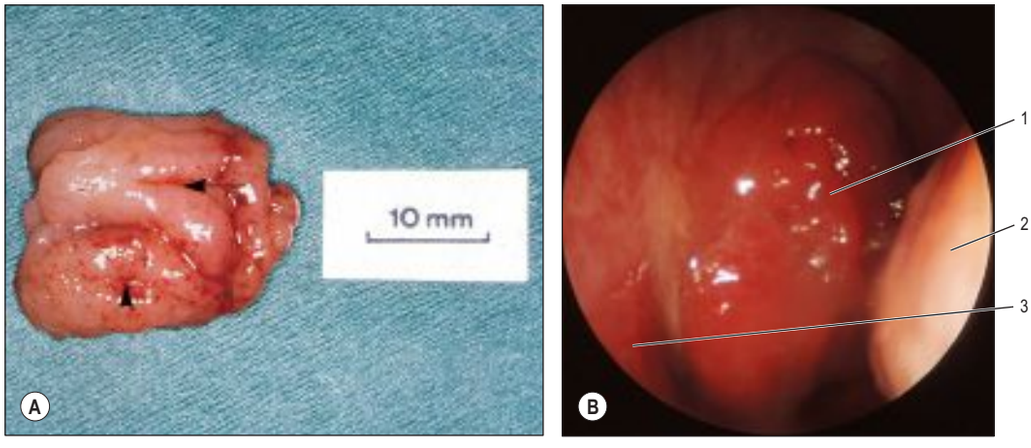


Fig. 33.3 A, Tonsila faríngea após adenoidectomia por curetagem. A superfície rostral fica à esquerda; as pregas da superfície irradiam anteriormente a partir de um recesso mediano (seta). Neste exemplo, a impressão deixada pelo contato com o coxim de Eustáquio é evidente lateralmente (ponta da seta). **B,** Vista endoscópica transnasal da adenide. **1.** Adenoide (na narina posterior). **2.** Concha nasal inferior (vista posterior). **3.** Extremidade posterior do septo nasal. (**A,** Amostra fornecida pelo Professor MJ Gleeson, School of Medicine, King's College London; **B,** por cortesia do Mr Simon A Hickey.)

Microestrutura da tonsila faríngea

A adenoide é coberta lateral e inferiormente principalmente por epitélio respiratório ciliado, que contém pequenas placas dispersas de epitélio escamoso estratificado não queratinizado. Sua superfície superior é separada do periósteo do esfenoide e osso occipital por uma hemicápsula de tecido conjuntivo. A estrutura fibrosa da tonsila, constituída por uma malha de fibras de colágeno tipo III (reticular) que sustenta um parênquima linfoide semelhante àquele na tonsila palatina, é ancorada à hemicápsula.

O epitélio nasofaríngeo reveste uma série de pregas da mucosa em torno das quais o parênquima linfoide é organizado em folículos e áreas extrafoliculares. Internamente, a tonsila é subdividida em quatro a seis lobos por septos de tecido conjuntivo, que se originam na hemicápsula e penetram o parênquima linfoide. Glândulas seromucosas situam-se no interior do tecido conjuntivo e seus ductos estendem-se através do parênquima, atingindo a superfície nasofaríngea.

Funções da tonsila faríngea

A tonsila faríngea forma parte do anel linfoide circunfaríngeo (anel de Waldeyer) e, portanto, presumivelmente contribui para a defesa das vias respiratórias superiores. Os territórios servidos pelos seus linfócitos são incertos, mas podem incluir as cavidades nasais, nasofaringe, tubas auditivas e orelhas média e interna.

Adenoidectomia

A remoção cirúrgica da adenoide é comumente realizada para resolver obstrução nasofaríngea e como parte do tratamento de otite média secretora crônica. Uma variedade de métodos é empregada, como diatermia por sucção, microdebridamento por sucção e, mais comumente, curetagem cega. Ao utilizar esta última, é importante evitar a hiperextensão da coluna cervical, pois isto desloca o arco do atlas em proeminência e pode resultar em lesão da lâmina pré-vertebral e ligamentos espinhais anteriores, com consequente infecção e instabilidade cervical. A curetagem lateral extrema pode resultar em lesão do orifício tubário e sangramento excessivo, porque a vasculatura é mais densa lateralmente. A remoção da adenoide em crianças pode resultar em uma diminuição na capacidade do palato mole para fechar completamente o istmo faríngeo (insuficiência velofaríngea, IVF), provocando nasalidade excessiva da fala.

TUBA AUDITIVA

A tuba auditiva (Fig. 36.7) liga a cavidade timpânica à nasofaringe e possibilita a passagem de ar entre esses espaços, a fim de equalizar a pressão do ar em ambas as faces da membrana timpânica. Ela tem cerca de 36 mm de comprimento e desce anteromedialmente da cavidade timpânica à nasofaringe em um ângulo de aproximadamente 45° com o plano sagital e 30° com o horizontal (esses ângulos aumentam com a idade e alongamento da base do crânio). É formada em parte por cartilagem e tecido fibroso e em parte por osso.

A parte cartilaginosa, que tem aproximadamente 24 mm de comprimento, é formada por uma placa de cartilagem triangular, sendo que a maior parte fica na parede posteromedial da tuba. Seu ápice é fixo por tecido fibroso à circunferência do aro denteado da parte óssea da tuba, e sua base está diretamente sob a mucosa da parede lateral nasofaríngea, formando uma elevação tubária (toro tubário) posteriormente ao orifício faríngeo da tuba auditiva (Figs. 30.1, 33.2). A parte superior da cartilagem é curvada lateralmente para o interior, produzindo uma lâmina medial larga e uma lâmina lateral estreita. Em corte transversal, é semelhante a um gancho e incompleta inferior e lateralmente, onde o canal é composto de tecido fibroso. A cartilagem é fixa à base do crânio, no sulco entre a parte petrosa do osso temporal e a asa maior do esfenoide, e termina junto à raiz da lâmina medial do processo pterigoide. As partes óssea e cartilaginosa da tuba não estão no mesmo plano, sendo que a parte cartilaginosa desce de maneira um pouco mais acentuada do que a óssea. O diâmetro da tuba é maior no orifício faríngeo, menos na junção das duas partes (o istmo), e aumenta novamente em direção à cavidade timpânica.

A parte óssea, com cerca de 12 mm de comprimento, é oblonga em corte transversal, sendo que sua maior dimensão fica no plano horizontal. Começa a partir da parede timpânica anterior e estreita gradualmente, terminando na junção das partes escamosa e petrosa do osso temporal, onde tem uma margem denticulada para a inserção da parte cartilaginosa. O canal carótico situa-se medialmente.

A mucosa da tuba auditiva é contínua com as mucosas nasofaríngea e timpânica. Ela é revestida por um epitélio colunar ciliado e fina na parte óssea, mas espessada por glândulas mucosas na parte cartilaginosa. Próximo ao óstio faríngeo da tuba auditiva, há uma massa linfoide variável, mas, por vezes considerável, denominada tonsila tubária.

Ao nascimento, a tuba auditiva tem cerca da metade do seu tamanho adulto, é mais horizontal e sua parte óssea é relativamente mais curta, mas muito mais larga. O óstio faríngeo da tuba auditiva é uma fenda estreita, nivelado com o palato e sem uma elevação tubária.

Relações O músculo salpingofaríngeo insere-se na parte inferior do tubo cartilaginoso próximo de seu óstio faríngeo. Posteromedialmente, estão a parte petrosa do osso temporal e o levantador do véu palatino, que se origina, em parte, da lâmina medial do tubo. Anterolateralmente, o tensor do véu palatino separa o tubo do gânglio ótico, do nervo mandibular e seus ramos, do nervo corda do tímpano e da artéria meníngea média. Algumas fibras do tensor do véu palatino são inseridas na lâmina lateral da cartilagem e na parte fibrosa e são muitas vezes chamadas de tubos dilatadores. A tuba auditiva é aberta durante a deglutição, mas o mecanismo é incerto: os tubos dilatadores, auxiliados pelo salpingofaríngeo, podem ser os responsáveis. O levantador do véu palatino eleva a parte cartilaginosa da tuba auditiva e, portanto, pode possibilitar a abertura passiva, liberando tensão sobre a cartilagem.

Suprimento vascular As artérias para a tuba auditiva originam-se do ramo faríngeo ascendente da artéria carótida externa, e da artéria meníngea média e da artéria do canal pterigoide, ambas as quais são ramos da artéria maxilar. As veias da tuba auditiva geralmente drenam para o plexo venoso pterigóideo.

Inervação A tuba auditiva é inervada por fibras do plexo timpânico e do ramo faríngeo do gânglio pterigopalatino. O plexo timpânico ramifica-se sobre o promontório na cavidade da orelha média e é formado pelo nervo timpânico do glossofaríngeo e nervos caroticotimpânicos de origem simpática (Cap. 36).

OROFARINGE

LIMITES

A orofaringe estende-se da parte inferior do palato mole até a margem superior da epiglote (Figs. 33.1, 33.2). Ela abre-se para a cavidade oral através do istmo orofaríngeo, demarcada pelo arco palatoglosso e olhando para a face faríngea da língua. Sua parede lateral consiste no arco palatofaríngeo e tonsila palatina (Fig. 30.3). Posteriormente, está ao nível dos corpos da segunda e parte superior da terceira vértebras cervicais (Fig. 33.2).

PALATO MOLE

O palato mole é uma margem móvel suspensa a partir da margem posterior do palato duro, inclinada inferior e posteriormente entre as partes oral e nasal da faringe (Figs. 33.2, 33.4). O limite entre os palatos duro e mole é facilmente palpável e pode ser distinguido por uma mudança de cor, sendo o palato mole vermelho mais escuro com tonalidade amarelada. O palato mole é uma prega espessa de mucosa que envolve aponeurose, tecido muscular, vasos, nervos, tecido linfoide e glândulas mucosas; quase metade da sua espessura é representada por inúmeras glândulas mucosas situadas entre os músculos e a superfície oral do palato mole. Este último é coberto por um epitélio escamoso estratificado, enquanto a superfície nasal é coberta por um epitélio colunar ciliado. Na maioria dos indivíduos, duas pequenas depressões, as fóveas palatinas, podem ser observadas, uma de cada lado da linha média: elas representam os orifícios dos ductos de algumas das glândulas mucosas menores do palato. Na sua posição relaxada e pendente habitual, a superfície anterior (via oral) do palato mole é côncava e tem uma rafe mediana. A face posterior é convexa e contínua com o assoalho nasal, a margem anteroposterior está inserida na margem posterior do palato duro e as partes laterais misturam-se com a parede faríngea. A margem inferior é livre e suspensa entre a cavidade oral e faringe. Um processo cônico mediano, a úvula, projeta-se para baixo a partir de sua margem posterior (Fig. 30.3). São encontradas papilas gustativas na face oral do palato mole.

O terço anterior do palato mole contém pouco músculo e consiste principalmente na aponeurose palatina. Esta região é menos móvel e mais horizontal do que o restante do palato mole e é a principal área de ação do tensor do véu palatino.

Uma pequena proeminência óssea, produzida pelo hâmulo pterigóideo, pode ser palpada posterior e medialmente a cada processo alveolar superior, na parte lateral da região anterior do palato mole. A rafe pterigomandibular (uma faixa tendínea entre o bucinador e o constritor superior) passa inferior e externamente ao hâmulo para a terminação posterior

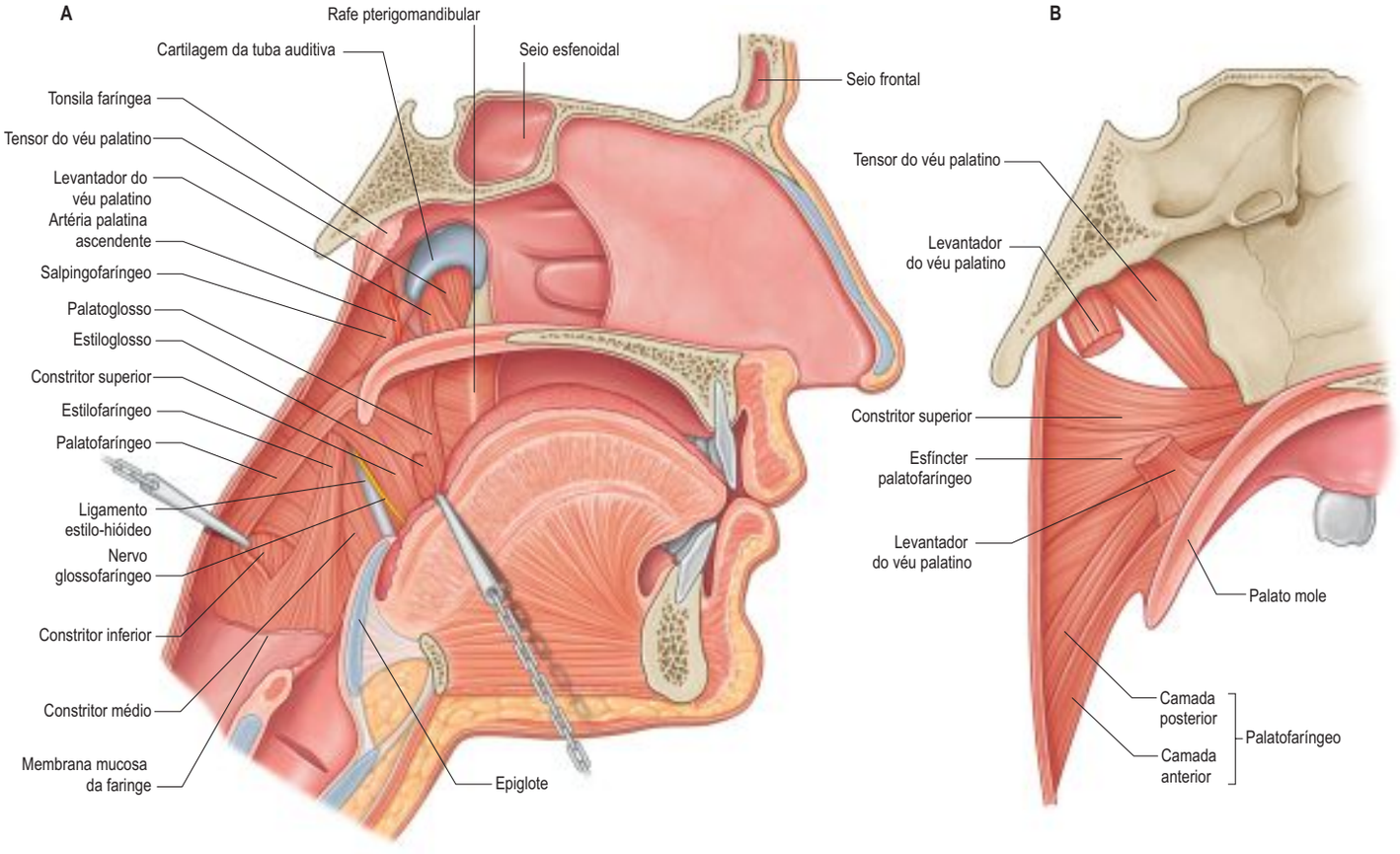


Fig. 33.4 A, Interior da faringe, exposto pela remoção da membrana mucosa, corte sagital. Os corpos das vértebras cervicais foram removidos, a parede posterior da faringe foi seccionada e retraída dorsolateralmente e o músculo palatofaríngeo refletido dorsalmente para mostrar as fibras cranianas do constritor inferior. O dorso da língua foi tracionado ventralmente para mostrar uma parte do estiloglosso no intervalo angular entre as fibras mandibulares e linguais de origem do constritor superior. **B,** Músculos da metade esquerda do palato mole e parte adjacente da parede da faringe, corte sagital.

da linha milo-hióidea. Quando a boca é amplamente aberta, este rafe levanta uma prega da mucosa que indica o limite interno, posterior da bochecha; é uma referência importante para o bloqueio do nervo alveolar inferior.

Aponeurose palatina

Uma aponeurose palatina fina fibrosa, composta pelos tendões expandidos dos músculos tensores do véu palatino, reforça o palato mole. Insere-se na margem posterior e superfície inferior do palato duro posteriormente a qualquer crista palatina e estende-se medialmente a partir da região posterior dos forames palatinos maiores. É espessa nos dois terços anteriores do palato mole, mas muito mais delgada posteriormente. Perto da linha mediana, inclui o músculo da úvula. Todos os outros músculos palatinos são inseridos na aponeurose.

Arcos palatoglossos e palatofaríngeos

A parede lateral da orofaringe apresenta duas pregas proeminentes, as pregas palatoglosso e palatofaríngea (pilares anterior e posterior das fauces, respectivamente) (Fig. 30.3). O arco palatoglosso, a prega anterior, corre a partir do palato mole até a parte lateral da língua e contém o palatoglosso. O arco palatofaríngeo, a prega posterior, projeta-se mais medialmente e passa a partir do palato mole, fundindo-se com a parede lateral da faringe; contém o palatofaríngeo. Uma fossa tonsilar triangular (seio tonsilar) reside em cada lado da orofaringe entre os arcos divergentes palatofaríngeo e palatoglosso e contém a tonsila palatina.

Suprimento vascular

O suprimento arterial do palato mole em geral se origina do ramo palatino ascendente da artéria facial. Às vezes ele é substituído ou complementado por um ramo da artéria faríngea ascendente que desce anteriormente entre a margem superior do constritor superior e o levantador do véu palatino, e acompanha este último até o palato mole. As veias do palato mole geralmente drenam para o plexo venoso pterigóideo.

Inervação

A sensação geral da maior parte do palato mole é transportada pelos ramos do nervo palatino menor (um ramo do nervo maxilar) e a partir da parte posterior do palato pelos ramos faríngeos do nervo glossofaríngeo e do plexo ao redor da tonsila (formado pelos ramos tonsilares dos nervos glossofaríngeo e palatino menor). A sensação especial do paladar a partir dos botões gustativos na superfície oral do palato mole é transportada no nervo palatino menor: as fibras do paladar inicialmente trafegam no nervo petroso maior (um ramo do nervo facial) e atravessam o gânglio pterigopalatino sem sofrer sinapse. O nervo palatino menor também carrega o suprimento secretomotor para a maior parte da mucosa do palato mole, através de ramos pós-ganglionares do gânglio pterigopalatino. As fibras parassimpáticas secretomotoras pós-ganglionares podem passar para as partes posteriores do palato mole a partir do gânglio ótico (que recebe fibras pré-ganglionares através do nervo petroso menor do nervo glossofaríngeo). Fibras simpáticas pós-ganglionares correm a partir do plexo carótico ao longo dos ramos arteriais suprindo o palato.

Uvulopalatofaringoplastia

As vias respiratórias faríngeas são mantidas desobstruídas no paciente que está acordado por meio da ação dilatadora combinada do genioglosso, tensor do véu palatino, genio-hióideo e estilo-hióideo, que agem em reação à pressão negativa gerada na luz da faringe durante a inspiração. O tônus nos músculos é reduzido durante o sono, e também é afetado pelo álcool e outros sedativos, hipotireoidismo e uma variedade de distúrbios neurológicos. Se o tônus muscular do dilatador for insuficiente, as paredes da faringe podem tornar-se próximas. A obstrução faríngea intermitente pode causar ronco e a obstrução completa pode causar apneia, hipóxia e hipercarbia, que levam ao despertar e a distúrbios do sono.

Técnicas cirúrgicas envolvendo redução do comprimento do palato mole, a remoção das tonsilas e o enrugamento dos pilares tonsilares podem ser usados para aumentar o tônus dilatador intrínseco na parede da faringe e para reduzir o volume do (e para enrijecer o) palato mole. Isto irá reduzir a tendência do palato mole para vibrar e gerar ruído durante períodos de colapso incipiente da faringe. Um tratamento alternativo é distribuir ar para a faringe acima da pressão atmosférica através

de uma máscara bem ajustada, insuflando, assim, a faringe e contrariando a sua tendência ao colapso.

TONSILA PALATINA

As tonsilas palatinas direita e esquerda formam parte do anel linfoide circunfaríngeo. Cada tonsila é uma massa ovoide de tecido linfoide situada na parede lateral da orofaringe (Figs. 30.3, 30.5, 33.5). O tamanho varia de acordo com idade, características individuais e estado patológico (tonsilas podem ser hipertrofiadas e/ou inflamadas). Por isso, é difícil definir a aparência normal das tonsilas palatinas. Nos primeiros cinco ou seis anos de vida, as tonsilas aumentam rapidamente de tamanho. Elas geralmente atingem um máximo na puberdade, quando apresentam diâmetros médios de 20-25 mm na vertical e 10-15 mm na transversal, e projetam-se visivelmente para a orofaringe. A involução tonsilar começa na puberdade, quando o tecido linfoide reativo começa a atrofiar e, na idade avançada, apenas pouco tecido linfoide permanece.

O eixo longo da tonsila é direcionado superior, inferior e posteriormente. Sua superfície medial livre geralmente apresenta uma aparência com depressões. As depressões, em número de 10-20, levam a um sistema de fundo cego, com frequência altamente ramificado, criptas que se estendem por toda a espessura da tonsila e quase atingem a hemicápsula do tecido conjuntivo. Em uma tonsila saudável, as aberturas das criptas são semelhantes a fendas e as paredes da luz da cripta dobram-se para entrar em contato uma com a outra. A tonsila humana é policríptica. O sistema de ramificação da cripta atinge seu tamanho máximo e complexidade durante a infância. A abertura de uma fenda tonsilar profunda (fenda intratonsilar, recesso palatino) é voltada para a parte superior da superfície medial da tonsila. É muitas vezes chamada, erroneamente, de fossa supratonsilar e, no entanto, não se situa acima da tonsila, mas dentro da sua substância. A abertura da fenda é semilunar, curvando-se paralelamente para o dorso convexo da língua, no plano sagital. A parte superior da parede do recesso contém tecido linfoide, que se estende para o palato mole como a parte palatina da tonsila palatina. Após os cinco anos de idade, esta parte embutida da tonsila diminui de tamanho. Existe uma tendência para que toda a tonsila involua a partir dos 14 anos de idade e para que o leito tonsilar se aplaine. Durante a vida adulta jovem, uma prega mucosa, a prega triangular, estende-se para trás do arco palatoglosso inferiormente até a língua. É infiltrada por tecido linfoide e frequentemente representa a porção mais proeminente (anteroinferior) da tonsila. Ela raramente persiste na meia-idade.

A superfície lateral ou profunda da tonsila estende-se inferior, superior e anteriormente. Inferiormente, invade o dorso da língua, superiormente, o palato mole e, anteriormente, pode estender-se por determinada distância sob o arco palatoglosso. Esta face lateral profunda é coberta por uma camada de tecido fibroso, a hemicápsula tonsilar, que é separável na maior parte de sua extensão a partir da parede muscular subjacente da faringe, que, por sua vez, é formada pelo constritor superior e, por vezes, pelas fibras anteriores do palatofaríngeo, com o estiloglosso em sua face lateral (Fig. 33.5). Anteroinferiormente, a hemicápsula adere à região lateral da língua e ao palatoglosso e palatofaríngeo. Nesta região, a artéria tonsilar, um ramo da artéria facial, penetra o constritor superior entrando na tonsila, acompanhada pelas veias acompanhantes (Fig. 33.5). Uma veia importante e, por vezes, grande, a veia palatina externa, ou veia paratonsilar, desce a partir do palato mole lateral até a hemicápsula tonsilar antes de perfurar a parede faríngea. A hemorragia deste vaso a partir do ângulo superior da fossa tonsilar pode complicar a tonsilectomia. A parede muscular da fossa tonsilar separa a tonsila da artéria palatina ascendente e, ocasionalmente, da própria artéria facial tortuosa, que pode estar próximo à parede faríngea no nível tonsilar inferior. O nervo glossofaríngeo situa-se imediatamente lateral à parede muscular da fossa tonsilar (Figs. 33.4A, 33.5): está em risco se a parede for perfurada e, comumente, é temporariamente afetado por edema após tonsilectomia. A artéria carótida interna situa-se cerca de 25 mm posterior e lateral à tonsila. Em alguns indivíduos, o processo estiloide pode ser alongado e desviado para o leito tonsilar.

Microestrutura das tonsilas palatinas

Cada tonsila é uma massa de tecido linfoide associada à mucosa orofaríngea e fixa em sua posição, ao contrário da maioria dos outros exemplos de tecido linfoide associado à mucosa. É coberta, em sua face orofaríngea, por epitélio escamoso estratificado não queratinizado. O conjunto da tonsila é sustentado internamente por uma delicada malha de finas fibras colágenas do tipo III (reticulina), que são condensadas em locais de maneira a formar septos de tecido conjuntivo mais resistente, que também contêm elastina. Estes septos separam o parênquima tonsilar e fundem-se em suas extremidades com a densa hemicápsula fibrosa irregular na face profunda da tonsila e com a lâmina própria sobre a superfície faríngea. Vasos sanguíneos, linfáticos e nervos ramificam-se ou juntam-se no interior das condensações do tecido conjuntivo. A hemicápsula forma seu limite lateral com a parede orofaríngea e com a mucosa que cobre sua superfície livre altamente invaginada.

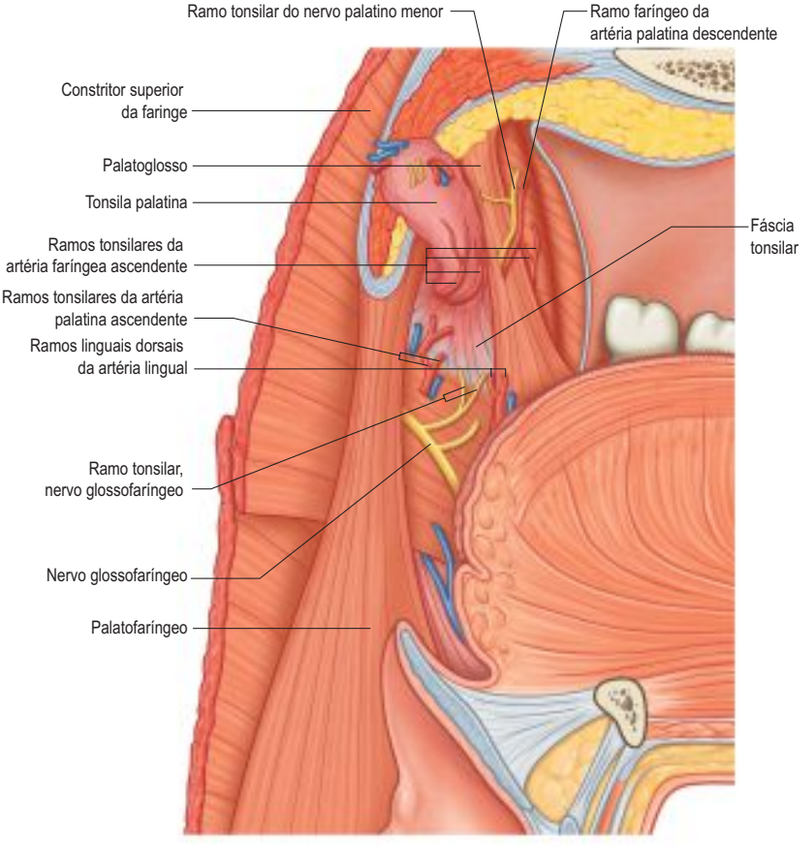


Fig. 33.5 Leito tonsilar, corte sagital.

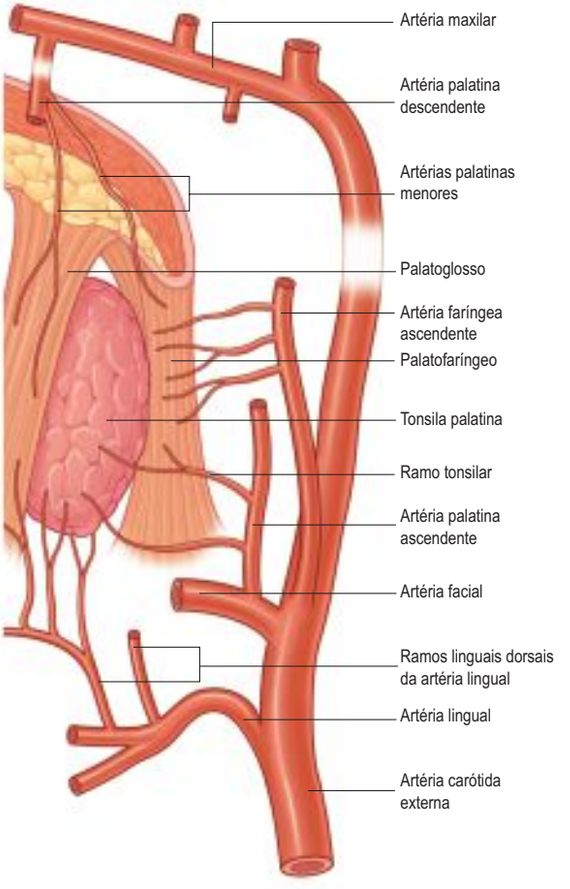


Fig. 33.6 Suprimento arterial para a tonsila palatina.

As 10-20 criptas formadas por invaginação da mucosa de superfície livre são divertículos epiteliais tubulares estreitos que frequentemente se ramificam no interior da tonsila e frequentemente são concentrados em tampões de células epiteliais derramadas, linfócitos e bactérias, que podem calcificar. O epitélio que reveste as criptas é essencialmente semelhante ao da superfície orofaríngea, ou seja, escamoso estratificado, mas também existem placas de epitélio reticulado, que é muito mais fino, e que tem uma estrutura complexa de grande importância na função imunológica da tonsila.

Epitélio reticulado O epitélio reticulado não possui a estrutura laminar organizada do epitélio escamoso estratificado. Sua base é profundamente invaginada de uma maneira tão complexa que as células epiteliais, com seus processos citoplasmáticos ramificados delgados, fornecem uma malha grossa que acomoda os linfócitos e macrófagos infiltrantes. A lâmina basal do epitélio é descontínua. Embora a superfície orofaríngea seja ininterrupta, o epitélio pode tornar-se extremamente delgado em alguns locais, de modo que apenas uma camada citoplasmática tênue separa a luz faríngea dos linfócitos subjacentes. As células epiteliais são mantidas juntas por desmossomos pequenos, ancorados em feixes de filamentos de queratina. As células dendríticas interdigitantes (células apresentadoras de antígeno, APC) também estão presentes. A íntima associação entre células epiteliais e linfócitos facilita o transporte direto de antígeno do ambiente externo para as células linfoides tonsilares, ou seja, células epiteliais reticuladas são funcionalmente semelhantes às células com microvilosidades (M) do intestino. A área de superfície total do epitélio reticulado é muito grande, devido à natureza ramificada complexa das criptas tonsilares, e tem sido estimada em 295 cm^2 para uma tonsila palatina média.

Tecido linfoide tonsilar Existem quatro compartimentos linfoides nas tonsilas palatinas. Folículos linfoides, muitos com centros germinativos, são dispostos em fileiras quase paralelas aos septos de tecido conjuntivo circunvizinhos. Seu tamanho e conteúdo celular variam proporcionalmente à atividade imunológica da tonsila. As zonas do manto dos folículos, cada uma com linfócitos pequenos intimamente concentrados, formam uma cobertura densa, sempre situada ao lado do folículo, mais próximo da superfície mucosa. Estas células são produtos da proliferação de linfócitos B dentro dos centros germinativos. Áreas extrafoliculares, ou linfócitos T, contêm uma microvasculatura especializada que inclui vênulas de endotélio alto (HEV), através da qual os linfócitos circulantes entram no parênquima tonsilar. O tecido linfoide reticulado do epitélio reticulado da cripta contém predominantemente linfócitos B produtores de IgG e IgA (incluindo algumas células plasmáticas maduras), linfócitos T e células apresentadoras de antígeno. Existem inúmeras alças capilares nesta região da subsuperfície.

Suprimento vascular e drenagem linfática

O suprimento sanguíneo arterial para a tonsila palatina é derivado dos ramos da artéria carótida externa (Figs. 33.5, 33.6). Três artérias penetram na tonsila em seu polo inferior. A maior é a artéria tonsilar, que é um ramo da artéria facial ou, por vezes, da palatina ascendente. Ela sobe entre o pterigóideo medial e o estiloglosso, perfura o constritor superior na margem superior do estiloglosso e ramifica-se na tonsila e musculatura lingual posterior (Figs. 35.5, 33.6). As outras artérias encontradas no polo inferior são os ramos linguais dorsais da artéria lingual, que entram anteriormente, e um ramo da artéria palatina ascendente, que entra posteriormente suprindo a parte inferior da tonsila palatina. O polo superior da tonsila também recebe ramos da artéria faríngea ascendente, que penetra na tonsila posteriormente e da artéria palatina descendente e seus ramos, as artérias palatinas maior e menor. Todas estas artérias entram na superfície profunda da tonsila, ramificam-se nos septos do tecido conjuntivo, estreitam tornando-se arteríolas e, em seguida, dão origem a alças capilares para os folículos, áreas interfoliculares e cavidades no interior da base do epitélio reticulado. Os capilares juntam-se novamente formando vênulas, muitos deles com endotélio alto, e as veias retornam no interior dos tecidos septais para a hemicápsula como tributárias da drenagem faríngea. A artéria tonsilar e suas veias acompanhantes frequentemente se situam no interior da prega triangular ou palatoglossal e podem sofrer hemorragia caso esta prega seja lesionada durante cirurgia.

Ao contrário dos linfonodos, as tonsilas palatinas não possuem linfáticos aferentes ou seios linfáticos. Em vez disso, os plexos densos de vasos linfáticos finos circundam cada folículo e formam linfáticos eferentes que passam em direção à hemicápsula, perfurando o constritor superior, e drenam para os linfonodos cervicais profundos superiores direta (especialmente os linfonodos jugulodigástricos) ou indiretamente através dos linfonodos retrofaríngeos. Os linfonodos jugulodigástricos são tipicamente aumentados na tonsilite, quando se projetam além da margem anterior do esternocleidomastóideo e são palpáveis superficialmente 1-2 cm abaixo do ângulo da mandíbula: quando aumentados, representam o edema mais comum de pescoço.

Inervação

A região tonsilar é inervada por ramos tonsilares dos nervos maxilar e glossofaríngeo (Fig. 33.5). As fibras do nervo maxilar atravessam o gânglio pterigopalatino, mas não sofrem sinapse nele; são distribuídas através dos nervos palatinos menores e formam um plexo (o círculo tonsilar) ao redor da tonsila, juntamente com os ramos tonsilares do nervo glossofaríngeo. As fibras nervosas deste plexo também são distribuídas para o palato mole e região do istmo orofaríngeo. O ramo timpânico do nervo glossofaríngeo supre o revestimento da membrana mucosa da cavidade timpânica. Infecção, malignidade e inflamação pós-operatória da tonsila e fossa tonsilar podem, portanto, ser acompanhadas de dor referida no ouvido.

Tonsilectomia

A remoção cirúrgica das tonsilas faríngeas é comumente realizada para evitar a recorrência de tonsilite aguda ou para tratar a obstrução das vias aéreas por tonsilas palatinas hipertrofiadas ou inflamadas. Ocasionalmente, as tonsilas podem ser removidas para o tratamento de um abscesso peritonsilar agudo, que é um acúmulo de pus entre o constritor superior e a hemicápsula tonsilar. Muitos métodos têm sido utilizados, sendo o mais comum a dissecção no plano de uma hemicápsula fibrosa seguida por ligadura ou eletrocautério para os vasos divididos durante a dissecção. O suprimento do nervo para a tonsila é tão difuso que a tonsilectomia sob anestesia local é realizada com êxito por meio de infiltração local e não por bloqueio dos nervos principais. O acesso cirúrgico ao nervo glossofaríngeo pode ser atingido através da separação das fibras do constritor superior.

Anel de Waldeyer

O anel de Waldeyer é um anel circunfaríngeo do tecido linfoide associado à mucosa que circunda as aberturas para os tratos digestório e respiratório. É composto anteroinferiormente pela tonsila lingual, lateralmente pelas tonsilas palatinas e tubária, e posterossuperiormente pela tonsila nasofaríngea e acúmulos menores de tecido linfoide nos intervalos intertonsilares.

LARINGOFARINGE

LIMITES

A laringofaringe está situada posteriormente a todo o comprimento da laringe (conhecida clinicamente como o hipofaringe) e estende-se a partir da margem superior da epiglote, onde é delineada a partir da orofaringe pelas pregas glossoepiglóticas laterais, até a margem inferior da cartilagem cricóidea, onde se torna contínua com o esôfago (Figs. 33.1, 33.2). A abertura da laringe situa-se na parte superior de sua parede anterior incompleta e as superfícies posteriores das cartilagens aritenóidea e cricóidea situam-se abaixo dessa abertura.

Recesso piriforme Um pequeno recesso piriforme situa-se em cada lado da abertura laríngea, delimitada medialmente pela prega ariepiglótica e lateralmente pela cartilagem tireóidea e membrana tireo-hióidea. Fibras do ramo interno do nervo laríngeo superior situam-se abaixo da membrana mucosa. Em repouso, a laringofaringe estende-se posteriormente a partir da parte inferior do terceiro corpo vertebral cervical para a parte superior do sexto. Durante a deglutição, pode ser consideravelmente elevada pelos levantadores hióideos.

Abertura da laringe A abertura oblíqua da laringe encontra-se na parte anterior da laringofaringe e é delimitada acima pela epiglote, abaixo pelas cartilagens aritenóideas da laringe e lateralmente pelas pregas ariepiglóticas (Fig. 33.1). Abaixo da abertura, a parede anterior da laringofaringe é formada pela superfície posterior da cartilagem cricóidea.

FÁSCIA FARÍNGEA

As duas camadas nomeadas de fáscia na faringe são as fáscias faringobasilar e bucofaríngea. A camada fibrosa que sustenta a mucosa faríngea é espessada acima do constritor superior, formando a fáscia faringobasilar (Fig. 33.9). Insere-se na parte basilar do osso occipital e parte petrosa do osso temporal medial à tuba auditiva, e à parte posterior da lâmina lateral do processo pterigoide e à rafe pterigomandibular. Inferiormente, diminui de espessura, mas é reforçada posteriormente por uma banda fibrosa inserida ao tubérculo faríngeo do osso occipital que desce como rafe

faríngea mediana dos constritores. Esta camada fibrosa é na verdade a cobertura epimisial interna dos músculos e sua inserção aponeurótica à base do crânio. A parte externa mais fina do epimísio é a fáscia bucofaríngea, que recobre o constritor superior e passa anteriormente sobre a rafe pterigomandibular, cobrindo o bucinador.

ESPAÇOS TECIDUAIS FARÍNGEOS

Espaços dos tecidos faríngeos podem ser subdivididos em espaços perifaríngeos e intrafaríngeos. A parte anterior do espaço perifaríngeo é formada pelos espaços submandibular e submentual, posteriormente pelo espaço retrofaríngeo e lateralmente pelos espaços parafaríngeos. O espaço retrofaríngeo é uma área de tecido conjuntivo frouxo situada posteriormente à faringe e anteriormente à lâmina pré-vertebral, que se estende superiormente até a base do crânio e inferiormente até o espaço retrovisceral na parte infra-hióidea do pescoço. Cada espaço parafaríngeo passa lateralmente ao redor da faringe e é contínuo com o espaço retrofaríngeo. No entanto, ao contrário do espaço retrofaríngeo, é um espaço que está restrito à região supra-hióidea. É delimitado medialmente pela faringe, lateralmente pelo músculo pterigóideo (onde é parte da fossa infratemporal) e pela fáscia da glândula parótida, superiormente pela base do crânio e inferiormente pelas estruturas supra-hióideas, particularmente a fáscia da glândula submandibular. Um espaço intrafaríngeo sai potencialmente entre a superfície interna da musculatura constritora da faringe e mucosa. Infecções neste espaço são localmente restritas ou disseminadas através da faringe até os espaços retrofaríngeos ou parafaríngeos. O espaço peritonsilar é uma parte importante do espaço intrafaríngeo: situa-se em torno da tonsila palatina entre os pilares das fauces. Infecções no espaço intratonsilar em geral disseminam acima ou abaixo do espaço intrafaríngeo, ou através da faringe até o espaço parafaríngeo.

Os espaços de tecido entre as camadas da fáscia cervical são descritos no Capítulo 28; os espaços teciduais em torno da laringe são descritos no Capítulo 34.

DISSEMINAÇÃO DE INFECÇÃO

A infecção que se disseminar para o espaço parafaríngeo produzirá dor e trismo. Pode haver inchaço na orofaringe, que se estende até a úvula, deslocando-a para o lado contralateral, e disfagia. A disseminação posterior a partir do espaço parafaríngeo em direção ao espaço retrofaríngeo produzirá abaulamento da parede faríngea posterior, dispneia e rigidez de nuca. O envolvimento da bainha carótica pode produzir sintomas causados por trombose da veia jugular interna e sintomas do nervo craniano envolvendo os nervos glossofaríngeo, vago, raiz craniana do acessório e hipoglosso. Se a infecção continuar a se propagar de maneira descontrolada, será sucedida por mediastinite. Uma infecção virulenta no espaço retrofaríngeo pode se espalhar através da lâmina pré-vertebral até o espaço pré-vertebral subjacente: a infecção neste espaço tecidual pode descer para o tórax e até mesmo abaixo do diafragma, e resulta em dor no peito, dispneia grave e desconforto retroesternal.

A infecção faríngea de tecidos linfáticos associados à mucosa, tais como as tonsilas palatinas, ou como resultado de uma lesão penetrante (p. ex., da ingestão de corpo estranho) pode resultar na propagação da infecção para os espaços teciduais do pescoço adjacentes à faringe. Esta é uma situação extremamente perigosa, porque existe um potencial para a rápida propagação através do pescoço e, mais perigosamente, para o mediastino superior, causando infecção esmagadora com risco de vida.

TUMORES DO ESPAÇO PARAFARÍNGEO

Os tumores que se desenvolvem no espaço do tecido parafaríngeo podem permanecer assintomáticos por algum tempo. Quando eles se fazem presentes, podem ser com um padrão difuso de sintomas, refletindo os efeitos de compressão nos nervos cranianos inferiores, como disartria, resultante da incapacidade de movimentos da língua secundários à lesão do nervo hipoglosso; disfagia, com derrame e aspiração de material ingerido nas vias respiratórias, decorrente da perda da informação sensorial a partir do território dos nervos do plexo faríngeo; disfunção motora da faringe e laringe, resultante da perda da inervação motora, através do plexo faríngeo e ramo laríngeo recorrente do vago até os músculos intrínsecos da laringe.

MÚSCULOS DO PALATO MOLE E FARINGE

Os músculos do palato mole e faringe são levantador do véu palatino, tensor do véu palatino, palatoglosso, palatofaríngeo, músculo da úvula, salpingofaríngeo, estilofaríngeo e os constritores superior, médio e inferior.

Levantador do véu palatino

O levantador do véu palatino origina-se de um pequeno tendão de uma área quadrilátera áspera na extremidade medial da superfície inferior da parte petrosa do osso temporal, anterior à abertura inferior do canal carótico (Figs. 33.4, 33.7, 33.8, 33.9). Outras fibras surgem a partir da visão inferior da parte cartilaginosa da tuba auditiva e do processo vaginal do osso esfenoide. Na sua origem, o músculo é inferior e não medial à tuba auditiva e só a cruza medialmente ao nível da lâmina medial do processo pterigoide. Passa medialmente à margem superior do constritor superior e anteriormente ao salpingofaríngeo. Suas fibras espalham-se para o terço médio do palato mole entre as duas faixas do palatofaríngeo, inserindo-se na superfície da aponeurose palatina até a linha média, onde se entrelaçam com as do músculo contralateral. Assim, os dois músculos levantadores formam um feixe superior e imediatamente posterior à aponeurose palatina.

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo do levantador do véu palatino é proveniente do ramo palatino ascendente da artéria facial e do ramo palatino maior da artéria maxilar.

Inervação O levantador do véu palatino é inervado a partir da raiz craniana do nervo acessório, através do plexo faríngeo.

Ações O papel principal dos músculos levantadores do véu palatino é elevar a parte posterior quase vertical do palato mole e tracioná-la ligeiramente para trás: durante a deglutição, o palato mole é elevado para que toque a parede posterior da faringe, separando a nasofaringe da orofaringe. Ao tracionar adicionalmente as paredes laterais da nasofaringe posterior e medialmente, os músculos levantadores do véu palatino também estreitam esse espaço. O músculo tem pouco ou nenhum efeito sobre a tuba auditiva, embora possa possibilitar a abertura passiva.

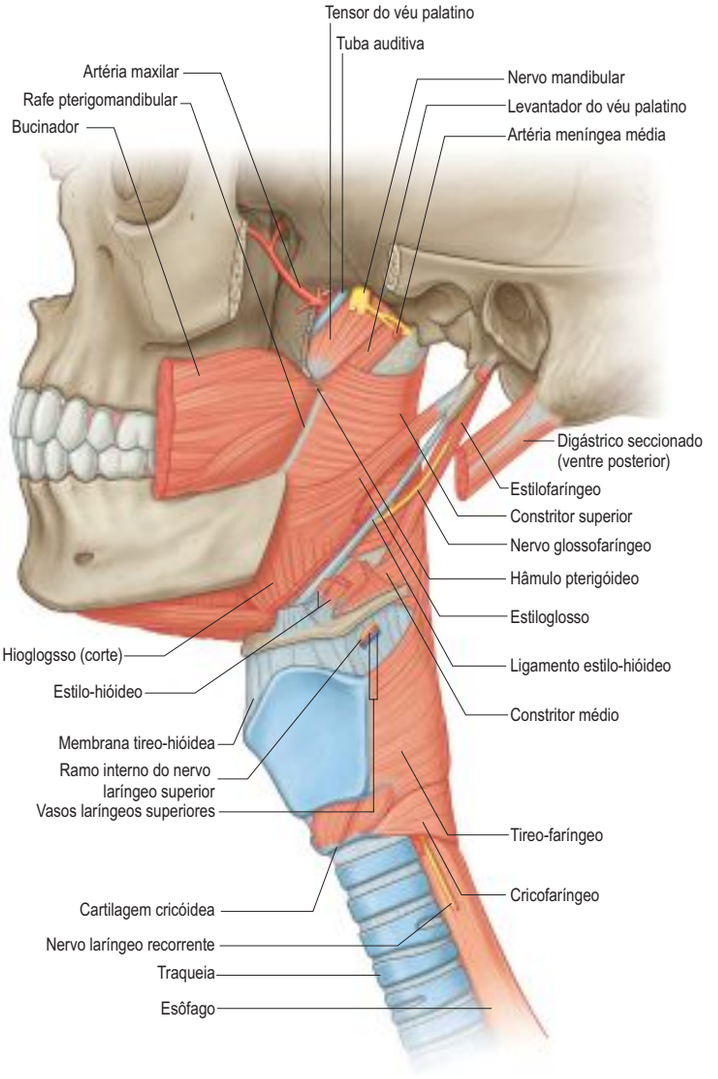


Fig. 33.7 Músculos da faringe, vista lateral.

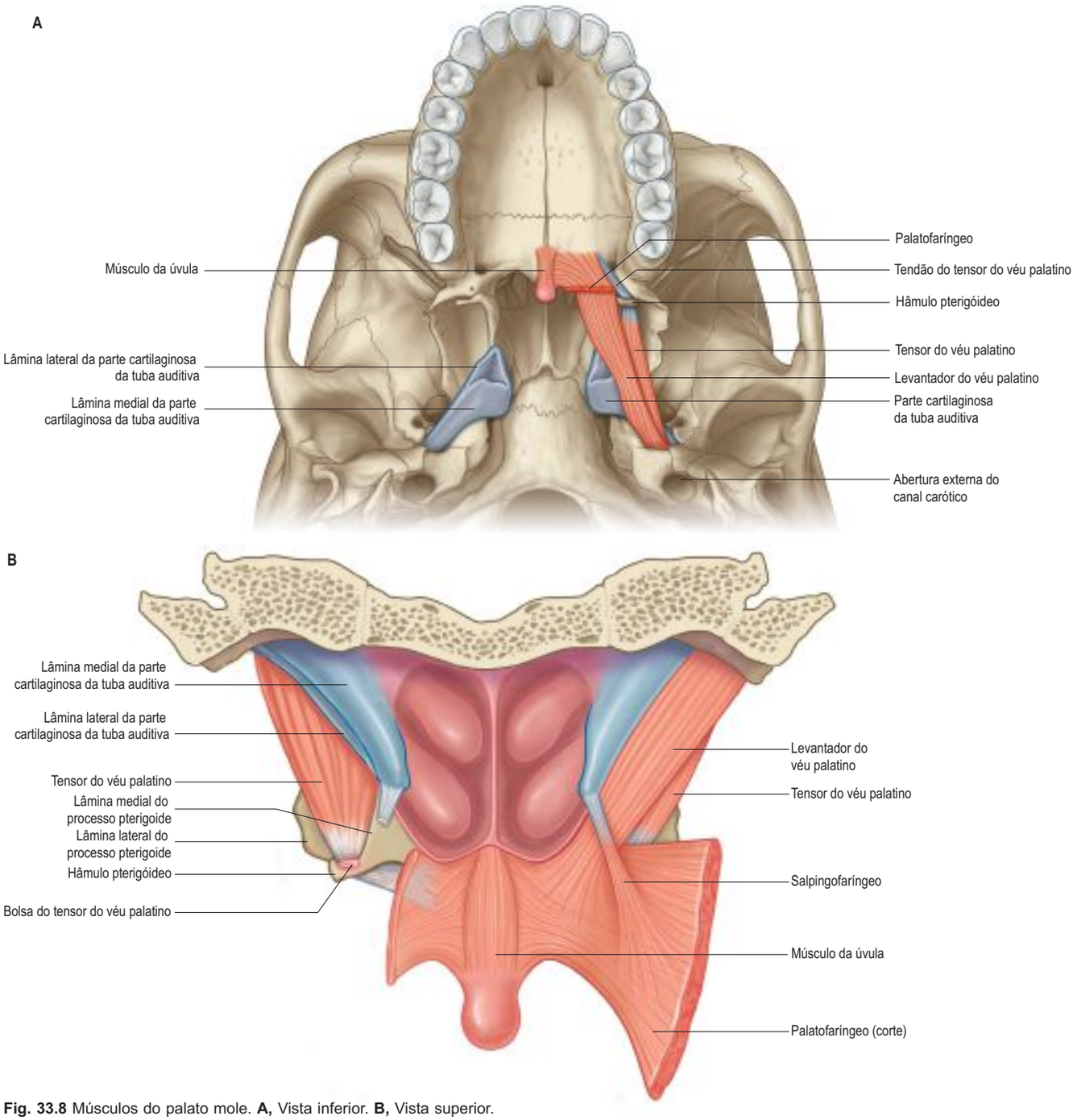


Fig. 33.8 Músculos do palato mole. **A,** Vista inferior. **B,** Vista superior.

Tensor do véu palatino

O tensor do véu palatino origina-se na fossa escafoide do processo pterigoide e posteriormente a partir da face medial da espinha do osso esfenoide (Figs. 30.6, 33.4, 33.7, 33.8, 33.9). Entre estes dois locais, é inserido à parede membranosa anterolateral da tuba auditiva (incluindo o seu istmo estreito onde os dois terços mediais cartilaginosos encontram o terço lateral ósseo). Algumas fibras podem ser contínuas com as do tensor do tímpano. Inferiormente, as fibras convergem em um delicado tendão que gira em torno do hâmulo pterigóideo, passando através da inserção do bucinador até a aponeurose palatina e a superfície óssea posterior à crista palatina na lâmina horizontal do osso palatino. Existe uma pequena bolsa entre o tendão e o hâmulo pterigóideo.

O músculo é fino e triangular e situa-se lateralmente à lâmina medial do processo pterigoide, tuba auditiva e levantador do véu palatino. Sua superfície lateral entra em contato com a parte superior e anterior do pterigóideo medial, os nervos mandibular, auriculotemporal e corda do tímpano, o gânglio ótico e as artérias meníngeas médias.

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo do tensor do véu palatino deriva do ramo palatino ascendente da artéria facial e do ramo palatino maior da artéria maxilar.

Inervação A inervação motora do tensor do véu palatino é proveniente do nervo mandibular, via nervo para o músculo pterigóideo medial, e reflete o desenvolvimento do músculo, a partir do primeiro arco branquial.

Ações Agindo em conjunto, os músculos tensores do véu palatino estiram os músculos do palato mole, principalmente sua parte anterior, e deprimem-no, achatando seu arco. Atuando unilateralmente, o músculo traciona o palato mole para um lado. Embora a contração dos dois músculos abaixe ligeiramente a parte anterior do palato mole, frequentemente se supõe que o aumento da rigidez ajuda o fechamento palatofaríngeo. No entanto, atualmente se acredita que o papel principal do tensor é abrir a tuba auditiva, como durante a deglutição e o bocejo. Desta forma, o músculo equaliza a pressão do ar entre a orelha média e nasofaringe.

Palatoglosso

O palatoglosso é mais estreito na sua parte central do que em suas extremidades (Fig. 33.4). Juntamente com a sua mucosa sobrejacente, forma o arco ou a prega palatoglossos (Fig. 30.3). Origina-se na superfície da aponeurose palatina, onde é contínuo com o músculo contralateral. Esten-

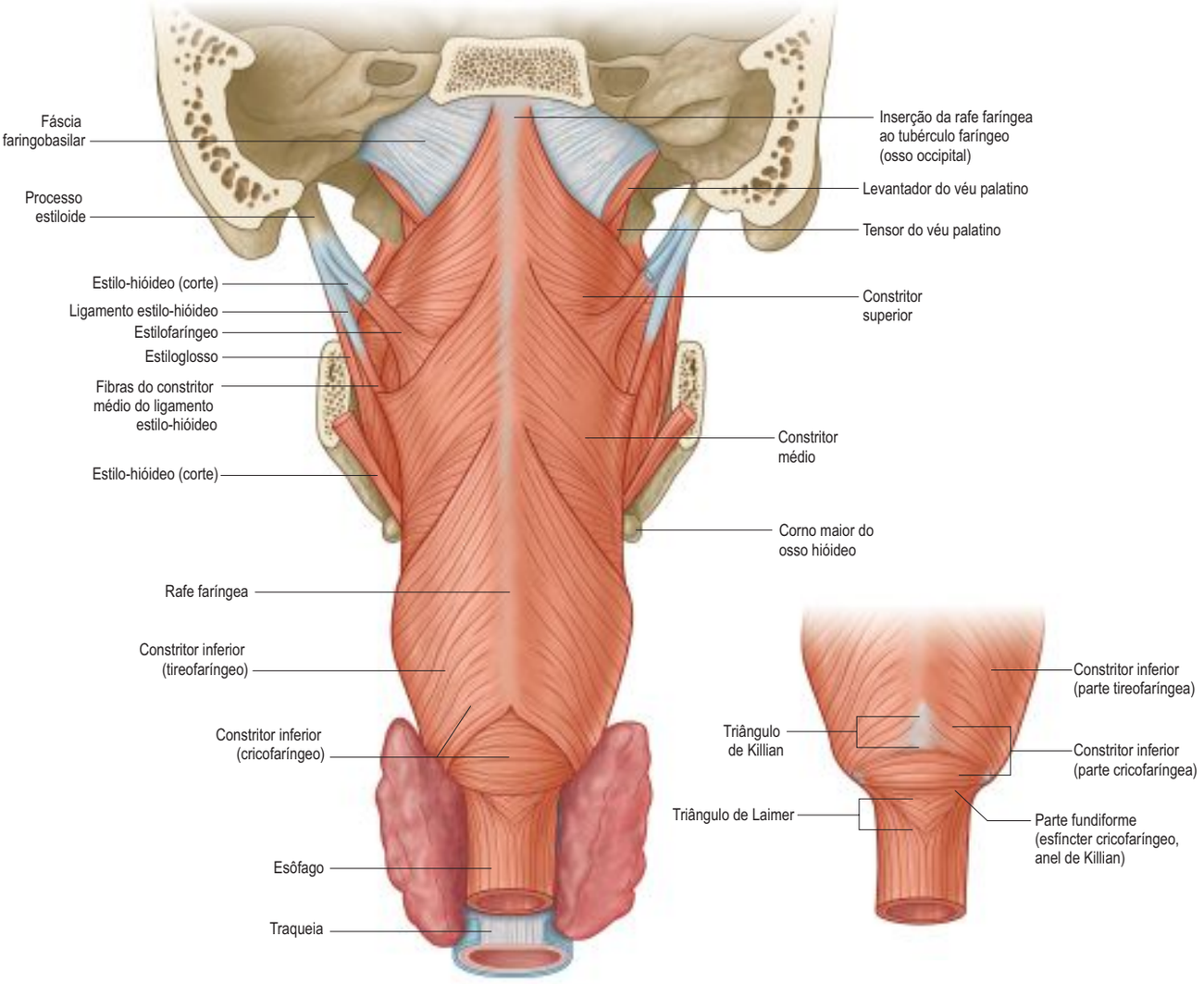


Fig. 33.9 Músculos da faringe e fáscia faringobasilar, vista posterior.

de-se anterior, inferior e lateralmente na frente da tonsila palatina até a margem da língua. Algumas das suas fibras espalham-se sobre o dorso da língua, outras passam profundamente em sua parte principal até entrelaçar-se com fibras do músculo transverso da língua (intrínseco).

Suprimento vascular O palatoglosso recebe seu suprimento sanguíneo do ramo palatino ascendente da artéria facial e a partir da artéria faríngea ascendente.

Inervação O palatoglosso é suprido pela raiz craniana do nervo acessório através do plexo faríngeo e, portanto, é diferente de todos os outros músculos da língua, que são supridos pelo nervo hipoglosso.

Ações O palatoglosso eleva a raiz da língua e aproxima o arco palatoglosso do seu contralateral, fechando, assim, a cavidade oral da orofaringe.

Palatofaríngeo

O palatofaríngeo e sua mucosa sobrejacente formam o arco palatofaríngeo (Fig. 30.3). No interior do palato mole, o palatofaríngeo é composto de dois fascículos que estão ligados à superfície superior da aponeurose palatina; eles situam-se no mesmo plano, mas são separados um do outro pelo levantador do véu palatino (Figs. 33.4, 33.8). O fascículo anterior mais espesso origina-se na margem posterior do palato duro, bem como da aponeurose palatina, onde algumas fibras se entrelaçam ao longo da linha média. O fascículo posterior está em contato com a mucosa da face faríngea do palato e junta-se à banda posterior do músculo contralateral na linha média. As duas camadas unem-se na margem lateral do palato mole e são unidas por fibras do salpingofaríngeo. Passando lateral e inferiormente, posterior à tonsila, o palatofaríngeo desce posteromedialmente a e em estreito contato com o estilofaríngeo, inserindo-se com ele à margem posterior da cartilagem tireóidea. Algumas fibras terminam lateralmente à faringe, inseridas no tecido fibroso faríngeo, e outras cruzam a linha média posteriormente, cruzando com as do músculo contralateral. O palatofaríngeo, assim, forma uma camada muscular longitudinal interna incompleta na parede da faringe.

Músculo de Passavant (esfíncter palatofaríngeo) A existência do músculo de Passavant permanece controversa. Ele tem sido descrito como uma parte do constritor superior e dos músculos palatofaríngeos. Uma visão alternativa afirma que ele é um músculo palatino distinto que se origina nas partes anterior e lateral da superfície superior da aponeurose palatina, situa-se lateralmente ao levantador do véu palatino, mistura-se internamente com a margem superior do constritor superior e circunda a faringe como um músculo semelhante ao esfíncter (Figs. 33.4, 33.8). Seja qual for a sua origem, contraído, ele forma uma crista (crista de Passavant), quando o palato mole é elevado. A mudança de epitélio "respiratório" colunar ciliado para epitélio escamoso estratificado que ocorre na face superior do palato mole ocorre ao longo da linha de inserção do esfíncter palatofaríngeo no palato. O músculo é hipertrofiado nos casos de fenda palatina completa.

Suprimento vascular O palatofaríngeo recebe seu suprimento arterial do ramo palatino ascendente da artéria facial, do ramo palatino maior da artéria maxilar e do ramo faríngeo da artéria faríngea ascendente.

Inervação O palatofaríngeo é inervado pela raiz craniana do nervo acessório através do plexo faríngeo.

Ações Agindo em conjunto, os músculos do palatofaríngeo tracionam a faringe superior, anterior e medialmente, encurtando-a, assim, durante

a deglutição. Eles também aproximam os arcos palatofaríngeos e trazem-nos anteriormente.

Músculo da úvula

O músculo da úvula origina-se na espinha nasal posterior do osso palatino e superfície superior da aponeurose palatina, e situa-se entre as duas lâminas da aponeurose (Figs. 33.1, 33.8). Corre posteriormente superior ao feixe formado pelo levantador do véu palatino e insere-se inferior à mucosa da úvula. Os dois lados do músculo estão unidos ao longo da maior parte de seu comprimento.

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo do músculo da úvula é derivado do ramo palatino ascendente da artéria facial e ramo palatino descendente da artéria maxilar.

Inervação O suprimento nervoso para o músculo da úvula é proveniente da raiz craniana do nervo acessório, através do plexo faríngeo.

Ações Por retração da massa uvular e espessamento do terço médio do palato mole, o músculo da úvula auxilia o levantador do véu palatino no fechamento palatofaríngeo. Os dois músculos correm perpendicularmente um ao outro e sua contração levanta uma "eminência do levantador" que ajuda a fechar a nasofaringe.

Salpingofaríngeo

O salpingofaríngeo origina-se da parte inferior da cartilagem da tuba auditiva próximo do seu óstio faríngeo e passa inferiormente no interior da prega salpingofaríngea, misturando-se com o palatofaríngeo (Figs. 33.1, 33.4A, 33.8).

Suprimento vascular O salpingofaríngeo recebe seu suprimento arterial do ramo palatino ascendente da artéria facial, do ramo palatino maior da artéria maxilar e do ramo faríngeo da artéria faríngea ascendente.

Inervação O salpinofaríngeo é inervado pela raiz craniana do nervo acessório do plexo faríngeo.

Ações O salpingofaríngeo eleva a faringe e pode também ajudar o tensor do véu palatino a abrir a extremidade cartilaginosa da tuba auditiva durante a deglutição.

Estilofaríngeo

O estilofaríngeo é um longo músculo delgado, cilíndrico superiormente e plano inferiormente. Origina-se a partir do lado medial da base do processo estiloide, desce ao longo das regiões laterais da faringe e passa entre os constritores superior e médio, espalhando-se inferiormente à membrana mucosa (Figs. 30.6, 33.4, 33.9). Algumas fibras fundem-se nos constritores e na prega glossoepiglótica lateral, enquanto outras juntam-se às fibras do palatofaríngeo e inserem-se na margem posterior da cartilagem tireóidea. O nervo glossofaríngeo curva-se ao redor da margem posterior e parte lateral do estilofaríngeo, e passa entre os constritores superior e médio, atingindo a língua.

Suprimento vascular O estilofaríngeo recebe seu suprimento arterial do ramo faríngeo da artéria faríngea ascendente.

Inervação O estilofaríngeo é inervado pelo nervo glossofaríngeo.

Ações O estilofaríngeo eleva a faringe e a laringe.

Constritor superior

O constritor superior é uma lâmina quadrilátera de músculo e é mais fino do que os outros dois constritores. Insere-se anteriormente no hâmulo pterigóideo (e por vezes à margem posterior adjacente da lâmina medial do processo pterigoide), margem posterior da rafe pterigomandibular, extremidade posterior da linha milo-hióidea da mandíbula e, por algumas poucas fibras, na margem da língua (Figs. 30.6, 33.1, 33.4, 33.5, 33.7, 33.9). As fibras curvam-se posteriormente em uma rafe faríngea mediana que é anexada superiormente ao tubérculo faríngeo sobre a parte basilar do osso occipital.

Relações A margem superior do constritor superior é separada da base do crânio por um intervalo em meia-lua que contém o levantador do véu palatino, a tuba auditiva e uma projeção superior da fáscia faringobasilar. A margem inferior é separada do constritor médio pelo estilofaríngeo e nervo glossofaríngeo (Fig. 33.8). Anteriormente, a rafe pterigomandibular separa o constritor superior do bucinador e, posteriormente, o constritor superior situa-se sobre os músculos pré-vertebrais e fáscia, a partir da qual está separado pelo espaço retrofaríngeo. A artéria faríngea ascendente, plexo venoso faríngeo, nervos glossofaríngeo e lingual, estiloglosso, constritor médio, pterigóideo medial, estilofaríngeo e ligamento estilo-hióideo: todos estes situam-se lateralmente, e palatofaríngeo, cápsula tonsilar e fáscia faringobasilar situam-se internamente.

Suprimento vascular O suprimento arterial do constritor superior é proveniente principalmente dos ramos faríngeos da artéria faríngea ascendente e do ramo tonsilar da artéria facial.

Inervação O constritor superior é inervado pela raiz craniana do nervo acessório a partir do plexo faríngeo.

Ações O constritor superior contrai a parte superior da faringe.

Constritor médio

O constritor médio é uma lâmina em forma de leque inserido anteriormente no corno menor do hioide e parte inferior do ligamento estilo-hióideo (a parte condrofaríngea do músculo), e ao conjunto da margem superior do corno maior do hioide (parte queratofaríngea) (Figs. 30.6, 33.4A, 33.7, 33.9). As fibras inferiores descem abaixo do constritor inferior, atingindo a extremidade inferior da faringe; as fibras médias passam transversalmente e as fibras superiores sobem e sobrepõem-se ao constritor superior. Todas as fibras inserem-se posteriormente na rafe faríngea mediana.

Relações Os nervos glossofaríngeo e estilofaríngeo passam através de um pequeno intervalo entre os constritores médio e superior, e o ramo interno do nervo laríngeo superior e do ramo laríngeo da artéria tireóidea superior passam entre os constritores médio e inferior. A lâmina pré-vertebral e os músculos longo do pescoço e longo da cabeça são posteriores, o constritor superior, estilofaríngeo e palatofaríngeo são internos, e os vasos caróticos, plexo faríngeo de nervos e alguns linfonodos são laterais. Próximo de sua inserção ao hioide, o constritor médio situa-se inferiormente ao hioglosso, a partir do qual é separado pela artéria lingual.

Suprimento vascular O suprimento arterial do constritor médio é proveniente principalmente do ramo faríngeo da artéria faríngea ascendente e ramo tonsilar da artéria facial.

Inervação O constritor médio é inervado pela raiz craniana do nervo acessório a partir do plexo faríngeo.

Ações O constritor médio contrai a parte média da faringe durante a deglutição.

Constritor inferior

O constritor inferior é o mais espesso dos três músculos constritores e é geralmente descrito em duas partes: tireofaríngeo e cricofaríngeo (Figs 30.6, 33.4A, 33.7, 33.9). O tireofaríngeo origina-se na linha oblíqua da lâmina da tireóidea, uma faixa da lâmina por trás dela, e por uma faixa pequena a partir do corno inferior. Algumas outras fibras surgem a partir de uma corda tendínea que forma uma alça sobre o cricotireóideo. O cricofaríngeo origina-se lateralmente à cartilagem cricóidea entre a inserção do cricotireóideo e a face articular para o corno inferior da tireoide. Alguns autores têm descrito o cricofaríngeo como uma porção oblíqua superior superficial, a parte oblíqua, e uma porção transversa inferior, mais profunda, a parte fundiforme. A parte superior insere-se na rafe mediana, enquanto a parte inferior forma uma banda circular que não possui uma rafe mediana. A área demarcada pela parte oblíqua e parte fundiforme do cricofaríngeo é denominada deiscência de Killian (ou triângulo de Killian). Uma segunda área triangular, o triângulo de Laimer, pode ser identificada abaixo do cricofaríngeo entre as fibras longitudinais do esôfago, à medida que passam lateralmente em um ou outro lado, inserindo-se à cartilagem cricóidea: apenas o músculo circular do esôfago forma a parede aqui. Postula-se que ambos os triângulos sejam locais de fraqueza na parede da faringe e esôfago e sejam, portanto, áreas onde o divertículo poderia potencialmente se formar. Tanto o cricofaríngeo como o tireofaríngeo estendem-se posteromedialmente, juntando-se ao músculo contralateral. O tireofaríngeo é inserido na rafe faríngea mediana e suas fibras superiores sobem obliquamente, sobrepondo o constritor médio; no entanto, o cricofaríngeo mistura-se com as fibras esofágicas circulares ao redor da parte mais estreita da faringe.

Relações A fáscia bucofaríngea é externa, a fáscia e os músculos pré-vertebrais são posteriores, a glândula tireoide, a artéria carótida comum e o esternotireóideo são laterais, e o constritor médio, o estilofaríngeo, o

palatofaríngeo e a lâmina fibrosa são internos. O ramo interno do nervo laríngeo superior e o ramo laríngeo da artéria tireóidea superior atingem a membrana tireo-hióidea, passando entre os constritores inferior e médio. O ramo externo do nervo laríngeo superior desce sobre a região superficial do músculo, logo posterior à sua inserção tireóidea, e penetra a sua parte inferior. O nervo laríngeo recorrente e o ramo laríngeo da artéria tireóidea inferior sobem abaixo de sua margem inferior entrando na laringe.

Suprimento vascular O suprimento arterial do constritor inferior é proveniente principalmente do ramo faríngeo da artéria faríngea ascendente e dos ramos musculares da artéria tireóidea inferior.

Inervação As duas partes do constritor inferior em geral são supridas pela raiz craniana do nervo acessório a partir do plexo faríngeo. Embora controversa, a evidência disponível nos seres humanos sugere que o cricofaríngeo também é suprido pelo nervo laríngeo recorrente e ramo externo do nervo laríngeo superior.

Ações O tireofaríngeo contrai a parte inferior da faringe. O cricofaríngeo é o principal componente do esfíncter esofágico superior, ou zona faringoesofágica de alta pressão, sendo que as outras partes são o tireofaríngeo e esôfago cervical proximal. (A extensão até a qual as fibras inferiores do tireofaríngeo e as fibras superiores da musculatura esofágica estão envolvidas no fechamento da extremidade superior do esôfago parece depender do estado fisiológico, enquanto o cricofaríngeo sempre participa do fechamento.) O esfíncter esofágico superior é definido manometricamente como uma região de pressão intraluminal elevada, 2-4 cm de comprimento, situada na junção da hipofaringe e esôfago cervical.

O cricofaríngeo contém cerca de 40% do tecido conjuntivo endomisial, sendo grande parte dele elástica, mas sem fusos musculares. Ele contém tanto fibras de contração lenta (*slow-twitch*) tipo I como de contração rápida (*fast-twitch*) do tipo II, uma disposição estrutural que alicerça as diversas funções do esfíncter esofágico superior, ou seja, mantém o tônus basal constante, sendo ainda capaz de relaxar e contrair rapidamente durante deglutição, arroto e vômito. A atividade tônica do cricofaríngeo entre deglutições impede a entrada de ar durante a inspiração e a aspiração traqueobrônquica e o refluxo faríngeo do conteúdo esofágico durante a peristalse esofágica. Para aprofundamento do tema, consultar Lang e Shaker (2000).

Divertículos hipofaríngeos

A mucosa faríngea, que se situa entre o cricofaríngeo e o tireofaríngeo, é relativamente não sustentada pelos músculos faríngeos e é chamada de deiscência de Killian. O atraso no relaxamento do cricofaríngeo, que pode ocorrer quando o mecanismo de deglutição torna-se descoordenado, gera uma zona de alta pressão adjacente à mucosa na deiscência. O resultado é o desenvolvimento de um divertículo de pulsão (uma bolsa mucosa em prolapso), que rompe a fina parede muscular adjacente até a sexta vértebra cervical e expande-se, geralmente um pouco para o lado esquerdo, em direção ao potencial espaço parafaríngeo. Isto pode prender porções do (ou todo o) bolo alimentar que está passando, resultando em regurgitação de alimentos antigos, pneumonia aspirativa, halitose e perda de peso. O tratamento pode envolver excisão aberta ou inversão da bolsa para evitar que ela encha, juntamente com a divisão das fibras circulares do cricofaríngeo para evitar o acúmulo de pressão na região e recidiva da bolsa.

PLEXO FARÍNGEO

Quase todo o suprimento nervoso para a faringe, seja ele motor ou sensorial, é proveniente do plexo faríngeo, que é formado pelos ramos faríngeos dos nervos vago e glossofaríngeo, com contribuições do gânglio simpático cervical superior. O plexo situa-se sobre a superfície externa da faringe, principalmente sobre o constritor médio. Filamentos do plexo sobem ou descem externamente aos constritores superiores e inferiores antes da ramificação dentro da camada muscular e da mucosa da faringe.

O ramo faríngeo do vago supre todos os músculos da faringe (excluindo estilofaríngeo, que é suprido pelo nervo glossofaríngeo) e do palato mole (excluindo o tensor do véu palatino, que é suprido pela divisão mandibular do trigêmeo, através do nervo para o pterigóideo medial). Ele origina-se na parte superior do gânglio inferior do vago e consiste principalmente em filamentos derivados do nervo craniano acessório; quase todos os corpos celulares neuronais estão no núcleo ambíguo. O nervo passa entre as artérias carótidas interna e externa, atingindo a margem superior do constritor faríngeo médio e, posteriormente, divide-se em inúmeros filamentos que contribuem para o plexo faríngeo. Além disso, dá origem a um filamento minúsculo, o ramo lingual do vago, que se junta ao nervo hipoglosso quando se curva ao redor da artéria occipital.

ANATOMIA DA DEGLUTIÇÃO

A deglutição envolve uma série de atividades que ocorrem em uma questão de segundos. Tradicionalmente descrita como um reflexo, o processo é mais propriamente considerado como um comportamento motor programado. A deglutição é iniciada quando alimento ou líquido estimulam nervos sensoriais na orofaringe. Em um período de 24 horas, uma pessoa normal engole entre 600 e 1.000 vezes, mas, destas deglutições, apenas cerca de 150 estão relacionadas com alimentação; as restantes ocorrem para eliminar a saliva continuamente produzida e são menos frequentes à noite.

Comer e beber são prazeres humanos básicos e os problemas associados à deglutição podem influenciar drasticamente a qualidade de vida. Os distúrbios de deglutição em geral são sintomas de outras doenças complexas: uma incapacidade de engolir pode afetar adversamente o estado nutricional e, portanto, indiretamente agravar a doença subjacente. Ao lado do risco de asfixia por engasgo, os distúrbios de deglutição também podem ser uma causa direta de morbidade e mortalidade como resultado de aspiração de alimentos, líquidos ou, possivelmente, refluxo de conteúdo de ácido gástrico, causando infecção bacteriana ou lesão tecidual.

A deglutição no adulto humano tem sido tradicionalmente estudada em relação à deglutição de alimentos sólidos ou líquidos realizada após comando. Para fins descritivos, o processo foi dividido em quatro fases: preparatória oral, trânsito/transferência oral, faríngea e esofágica. No entanto, os limites entre essas fases não são totalmente evidentes, de modo que a demarcação entre a primeira e a segunda fases é definida principalmente por convenção. Além disso, embora há muito tempo se acredite que a fase oral e faríngea da deglutição sejam claramente separadas, alguns autores consideram que o início do engolir implica tanto movimentos orais como faríngeos, especialmente quando se engolem alimentos sólidos, e não saliva ou outros líquidos.

A comida é reduzida na boca para uma consistência adequada para deglutição e forma-se um bolo coeso (fase oral preparatória). O bolo é levado à orofaringe (fase de trânsito/transferência oral), transportado inferiormente pela parte faríngea das vias respiratórias e através do esfíncter esofágico superior (fase faríngea) e, em seguida, transportado inferiormente pelo esôfago até o estômago (fase esofágica). As fases preparatória e de trânsito/transferência oral são voluntárias e sob controle cortical, enquanto as fases faríngea e esofágica são involuntárias e controladas pelo tronco encefálico. A proteção das vias respiratórias é fundamental durante a fase faríngea.

FASE PREPARATÓRIA ORAL

Na fase preparatória oral, a ação essencial é a da mastigação: a mandíbula é movida pela ação dos elevadores e depressores do maxilar (Cap. 31), o alimento é reduzido pela ação de trituração dos dentes e, simultaneamente, misturado com saliva. Os lábios são mantidos como um selante labial justo pela contração do orbicular da boca: o bucinador desempenha uma função semelhante para as bochechas. Desta forma, os sulcos são fechados, o vestíbulo normalmente continua vazio e qualquer alimento que entra no vestíbulo é retornado para a cavidade oral propriamente dita. O bucinador também mantém as bochechas tensas, garantindo-as afastadas das superfícies oclusais dos dentes durante a mastigação; a perda do suprimento nervoso para o bucinador como resultado de lesão ao nervo facial resulta em lacerações dolorosas e repetidas das bochechas.

O palato mole é deprimido durante essa fase e o derramamento prematuro de alimentos é comum. O derramamento ocorre porque o palato mole não está em contato contínuo com a parte posterior da língua, como se pensava anteriormente (Hiiemae & Palmer, 1999). A formação do bolo parece envolver vários ciclos de alimento a serem transportados a partir da parte anterior até a parte posterior da língua, através dos arcos palatoglosso e palatofaríngeo, até que um bolo se acumule na superfície orofaríngea da língua (carga retrolingual). Ao longo desta fase, os movimentos da língua laterais e rotatórios que distribuem os alimentos para os dentes para trituração e redução são cruciais para a formação do bolo normal. Se os movimentos eficazes da língua não ocorrem, a mastigação será comprometida. O final desta fase da deglutição é marcado pela contenção do bolo alimentar pela língua que foi formado contra o palato duro em disponibilidade de transporte para a parte posterior da cavidade bucal.

FASE ORAL DE TRÂNSITO/TRANSFERÊNCIA

Na fase oral de trânsito/fase de transferência, o bolo formado na fase preparatória oral é finalmente transportado através dos arcos palatoglosso e palatofaríngeo na orofaringe.

O genioglosso eleva tanto o ápice da língua como a parte da língua imediatamente posterior ao ápice. O palato mole é então completamente abaixado pela contração do palatoglosso e palatofaríngeo, e a parte posterior da língua é simultaneamente elevada: o palato mole anteriormente e a língua formam um selante firme que ajuda a evitar a entrada prematura do bolo na faringe. O orbicular da boca e o bucinador permanecem contraídos, mantendo desta maneira lábios e bochechas tensos e o bolo alimentar no centro da cavidade oral. O bolo é acomodado em um canal na linha média que se forma ao longo do dorso da língua, provavelmente como resultado de cocontração do estiloglosso e do genioglosso, auxiliados pelas fibras longitudinal superior e transversa dos músculos intrínsecos.

A mandíbula é elevada e a cavidade oral é fechada. O assoalho da cavidade oral e as porções anterior e média da língua são elevados, por cocontração do grupo de músculos supra-hióideos (milo-hióideo, digástrico, genio-hióideo e estilo-hióideo): a eficácia dos músculos supra-hióideos é maior à medida que se contraem contra uma mandíbula fixa (a cavidade oral não tem de ser fechada para engolir, mas é muito mais difícil engolir com ela aberta). A contração do estilo-hióideo eleva as partes mais posteriores da língua e esvazia o canal longitudinal. Ao mesmo tempo, a língua achata-se, provavelmente como resultado da contração do hioglosso e de alguns dos músculos linguais intrínsecos, especialmente as fibras verticais. A língua elevada, achatada, empurra o bolo contra o palato duro, as margens da língua selam contra os processos alveolares maxilares, ajudando a mover o bolo mais posteriormente. A contração do estiloglosso e do milo-hióideo completa a elevação da parte posterior da língua. Ao mesmo tempo, o fechamento oral posterior relaxa e a língua posterior move-se anteriormente: o efeito geral é semelhante à ação de um ressalto da língua, varrendo ou apertando o bolo em direção aos pilares das fauces, finalmente o levando para a orofaringe, onde a abertura faríngea é inicialmente aumentada e depois fechada.

FASE FARÍNGEA

A distribuição do bolo para a orofaringe desencadeia a fase faríngea da deglutição. Esta fase, que é involuntária e a mais crítica da deglutição, envolve a mudança da faringe de um canal de ar (entre as narinas posteriores e a abertura laríngea) para um canal alimentar (desde as fauces até a extremidade superior do esôfago). A via respiratória está protegida de aspiração durante a deglutição por elevação hiolaríngea e pelo restabelecimento do ritmo respiratório, de maneira que o fluxo aéreo cessa brevemente quando o bolo passa através da hipofaringe; o tempo total que decorre desde o desencadeamento da fase faríngea pelo bolo até o restabelecimento das vias respiratórias é de quase um segundo.

A nasofaringe é isolada da orofaringe pela ativação do constritor faríngeo superior e pela contração de um subconjunto de fibras palatofaríngeas formando uma estrutura variável, semelhante a uma crista (crista de Passavant) contra a qual o palato mole é elevado. A partir de uma perspectiva evolucionária, esta crista representa o resquício de um esfíncter que circundou uma laringe mais altamente situada: uma posição elevada da laringe é comum em outros mamíferos e no lactente humano (ver adiante), mas não no humano adulto. Curiosamente, a crista faríngea torna-se hipertrófica em um lactente com fenda palatina, provavelmente em uma tentativa de produzir um vedamento para a via respiratória nasal. O fechamento ineficaz velofaríngeo pode resultar em regurgitação nasal de alimentos.

A via respiratória é fechada na abertura laríngea pelo fechamento da glote (Cap. 34), e a epiglote é retroflexa sobre o ádito da laringe como resultado da pressão passiva a partir da base da língua e contração ativa da musculatura ariepiglótica. A visão convencional de que o fechamento laríngeo durante a deglutição ocorre a partir do inferior para o superior, ou seja, as pregas vocais aduzem primeiro e a epiglote cobre os aritenoides e glote por último, tem sido contestada por estudos utilizando eletromiografia simultânea e avaliação endoscópica com fibra óptica da deglutição, FEES, que têm relatado que as pregas ariepiglóticas se fecham antes da adução da prega vocal durante a deglutição. Provavelmente, é razoável supor que a sequência de eventos que fecham a glote pode alterar-se em função do tipo de deglutição e da consistência do bolo. O que não está em causa é que o osso hioide e a laringe são levantados e tracionados anteriormente pelos músculos supra-hióideos e pelos músculos longitudinais da faringe, de maneira que a abertura laríngea é trazida anteriormente sob a convexidade da parte posterior da língua, ou seja, fora do caminho do bolo. Esta ação contribui para a expansão do espaço hipofaríngeo e para o relaxamento do esfíncter esofágico superior, que também é levantado em vários centímetros. O bolo passa sobre a superfície anterior refletida da epiglote e é arrastado através da laringofaringe para o esfíncter esofágico superior.

Frequentemente, supõe-se que a contração sequencial dos três músculos faríngeos constritores é a força propulsora do bolo para o esôfago. No entanto, indícios de que a parte principal do bolo alimentar se move mais rapidamente do que a onda de contração faríngea sugerem que, pelo menos em algumas situações, a energia cinética resultante para o bolo à medida que é expulso da cavidade oral em direção à orofaringe pode ser suficiente para transportá-lo através da faringe. Esta energia é gerada por gradientes de pressão criados dentro da faringe pela força motriz da língua, pela bomba de sucção hipofaríngea e pela "ação de esvaziamento" dos constritores faríngeos.

A força motriz da língua, ou força de pressão da propulsão da língua, é uma pressão positiva que aperta o bolo em direção à laringofaringe. É gerada pelo movimento ascendente da língua pressionando o bolo contra a parede faríngea de contração e exige um vedamento nasofaríngeo firme (criado pela elevação do palato mole). Existe um ponto de vista de que a força motriz da língua é o fator mais importante responsável pela movimentação do bolo em direção à faringe. A bomba de sucção hipofaríngea é causada pela elevação e pelo movimento anterior do osso hioide e da laringe, que criam uma pressão negativa na laringofaringe, que leva o bolo em direção ao esôfago auxiliada por uma pressão mais negativa no interior do esôfago. Os constritores faríngeos geram uma onda de pressão positiva posteriormente ao bolo. A sua contração sequencial pode facilitar a depuração ("esvaziamento") das paredes faríngeas e recessos piriformes; se isto ocorre, os resíduos que permanecem na valécula têm de refletir a geração de força inadequada da língua no final da fase oral da deglutição.

Reflexo do vômito

Tradicionalmente, o estímulo para desencadear uma deglutição tem sido considerado como o contato com a parede posterior da faringe, uma vez que ele geralmente se encontra onde o reflexo do vômito é desencadeado (pág. 263 e Fig. 19.12). No entanto, tornou-se claro que muitas regiões da orofaringe, quando adequadamente estimuladas pela presença de alimentos ou líquidos, são capazes de desencadear uma deglutição, embora algumas regiões sejam mais sensíveis do que outras, como a área ao longo dos arcos palatoglossos. Além disso, parece haver pouca relação entre um reflexo do vômito ativo e a capacidade para deglutir normalmente. Indivíduos com um reflexo do vômito reduzido ou ausente podem engolir com segurança; ao contrário, a presença de um reflexo do vômito rápido e evidente nem sempre é associada à capacidade de engolir normalmente.

FASE ESOFÁGICA

A terceira fase, ou fase esofágica, começa após o relaxamento do esfíncter esofágico superior ter possibilitado ao bolo entrar no esôfago. As ondas sequenciais de contrações da musculatura esofágica subsequentemente propulsionam o bolo inferiormente até o esfíncter esofágico inferior, que se abre momentaneamente recebendo o bolo no estômago. A fase esofágica da deglutição é muito mais variável do que as outras fases e dura entre 8 e 20 segundos.

GERADOR DO PADRÃO DE DEGLUTIÇÃO

O padrão e a sincronização da contração do músculo estriado durante a deglutição são gerados no nível do tronco encefálico em uma rede de circuitos neurais que coletivamente formam um gerador de deglutição padrão (GDP) central. Estudos experimentais neurofisiológicos e investigatórios em animais demonstraram que o GDP inclui vários núcleos do tronco encefálico e dois grupos de interneurônios nas medulas dorsal e ventral, um grupo de deglutição dorsal (GDD) e um grupo de deglutição ventral (GDV). O GDD está localizado no núcleo do trato solitário e, possivelmente, na formação reticular adjacente, e contém neurônios que produzem o padrão de deglutição, provavelmente desencadeado por informações convergentes dos impulsos cortical e periférico. O *feedback* aferente dos ramos do nervo laríngeo superior, que inervam a valécula, a epiglote e parte supraglótica da laringe, e que transmitem através do núcleo do trato solitário, facilita o fechamento da laringe durante a deglutição (Jafari *et al.*, 2003). O GDV fica na medula ventrolateral acima do núcleo ambíguo e contém neurônios que funcionam como "interruptores", distribuindo o impulso de deglutição para os reservatórios de moto-

neurônios nos núcleos trigeminais, faciais e hipoglossais e no núcleo ambíguo.

Os padrões de ativação no músculo liso da parte inferior do esôfago são gerados localmente nos plexos intramurais impulsionados pelos autônomos vagais.

Influência supramedular na deglutição

Técnicas que incluem estimulação magnética transcraniana, potenciais evocados corticais, tomografia com emissão de pósitrons e ressonância magnética funcional (RMNf) têm sido exploradas no estudo da deglutição voluntária em seres humanos. Até agora, estes estudos têm demonstrado que inúmeras regiões corticais e subcorticais são recrutadas na deglutição, embora, por enquanto, as contribuições funcionais feitas por cada região ainda não tenham sido estabelecidas e não se saiba como elas influenciam o GDP. A ativação cortical mais coerente ocorre no córtex motor e somatossensorial primários. Talvez não surpreendentemente, a maior área de ativação da RMNf do córtex motor primário ocorre sobre a porção do giro pré-central onde a face, a língua e a faringe são representadas; há evidências de assimetria funcional entre os córtex sensórios motores direito e esquerdo (Martin *et al.*, 2004). A atividade do GPD é coordenada com outros reflexos medulares, por isso, por exemplo, é difícil produzir uma deglutição quando os centros corticais mastigatórios são estimulados.

DEGLUTIÇÃO NO RECÉM-NASCIDO

No adulto, o ápice da epiglote é significativamente menor do que a extremidade inferior do palato mole. No recém-nascido, a laringe é alta na região do pescoço e a epiglote pode estender-se acima do palato mole de modo que a via respiratória laríngea esteja em continuidade direta com as narinas posteriores (Fig. 33.10): um espaço potencial é, portanto, formado entre o palato mole superiormente, a epiglote posteriormente e a língua anteroinferiormente. Em outros mamíferos com uma anatomia orofaríngea semelhante à do latente humano, até 14 ciclos de movimento da língua ou fases orais causam acúmulo de alimentos neste espaço. O esvaziamento subsequente do espaço é um único evento seguido pelo movimento do bolo inferiormente em direção ao esôfago. A razão de ciclos de acúmulo para eventos de deglutição no recém-nascido humano é de aproximadamente 1,5:1, que é inferior à de outros mamíferos, mas ainda implica acúmulo temporário. No caso de um bolo líquido, o material acumulado pode ser passado lateralmente para a epiglote através dos recessos piriformes e não sobre a flexão da epiglote, embora não se saiba se isso acontece no lactente humano.

A segurança na deglutição é fundamental em todas as idades. No recém-nascido, onde a coordenação da amamentação, da deglutição e da respiração não está completamente desenvolvida, o risco potencial de obstrução das vias respiratórias e/ou aspiração de leite ingerido ou de outro material durante a deglutição é reduzido, porque a laringe intranarial evita que o bolo entre na laringe antes e depois de uma deglutição (Cap. 34). A mudança para a anatomia adulta e a coordenação das fases da deglutição começa alguns meses após o nascimento. O crescimento diferencial do comprimento da faringe humana faz a laringe adotar sua posição baixa no adulto e a epiglote perder o contato com o palato mole: a laringe atinge sua posição final por volta da época da puberdade. A anatomia do adulto não possibilita que ocorra qualquer acúmulo significativo de alimentos imediatamente anterior à epiglote, o que significa que o transporte de alimentos através da fauce tem de sustentar uma relação de 1:1 para o trânsito faríngeo e esofágico. Além disso, a laringe rebaixada compromete a via respiratória anteriormente protegida: o osso hioide e a laringe, portanto, são elevados e puxados para a frente durante uma deglutição, a fim de minimizar o risco de aspiração deglutiva.

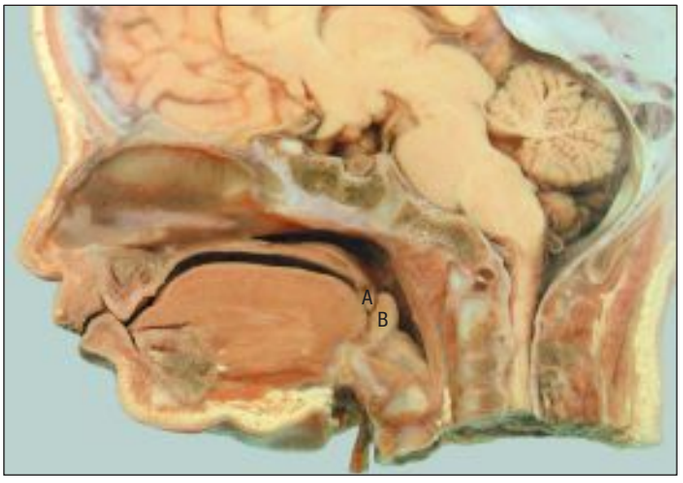


Fig. 33.10 Corte sagital da cabeça de um recém-nascido. Observar a posição relativamente elevada da laringe, sendo que a abertura fica ao nível do palato mole **A, B,** epiglote. (Com permissão da Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ 2002 Oral Anatomy, Embriology and Histology, 3rd edn. Edinburgh: Mosby.)

FARINGOSTOMIA E EPIGLOTOPEXIA

A perda do controle da fase faríngea da deglutição, decorrente, por exemplo, de doença neurológica ou cirurgia ablativa de cabeça e pescoço, pode resultar em aspiração de alimentos, especialmente líquidos, que leva à pneumonia. Este problema pode ser tratado cirurgicamente por faringostomia ou epiglotopexia. Na faringostomia, uma sonda de alimentação de fino calibre é passada em direção à parte inferior do esôfago ou estômago através do nariz ou da parede abdominal anterior. Alternativamente, um tubo pode ser passado através da pele cervical, fáscia e platisma diretamente para o recesso piriforme. Isto é conseguido passando uma pinça curvada em direção ao recesso piriforme e empurrando-a lateralmente, deslocando o conteúdo da bainha carótica e elevando o platisma e a pele cervical a partir da parte interna. Reduzindo até a pinça, é possível alcançar a sonda de alimentação e puxá-la para o recesso piriforme antes de levá-la até o esôfago. O trato formado por esta perfuração epitelializa e pode ser utilizado para alimentação de longo prazo. Na epiglotopexia, o pescoço e a faringe são abertos para expor a abertura da laringe, retira-se a mucosa das pregas ariepiglóticas para estimular a aderência e a epiglote é suturada em direção descendente até as pregas ariepiglóticas para proteger a entrada da laringe. O comprometimento resultante da via respiratória pode ser compensado pela criação de uma via respiratória alternativa através de uma traqueostomia. A parede da faringe e a pele cervical são reconstituídas por sutura.

REFERÊNCIAS

Bluestone CD 1998 Anatomy and physiology of the Eustachian tube. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology: Head and Neck Surgery, vol 4, 3rd edn. St Louis: Mosby: 3003–25.

Bonnington A, Mahon M, Whitmore I 1988 A histological study of the cricopharyngeus muscle in man. J Anat 156: 27–37.

Brownlow H, Whitmore I, Willan PLT 1989 A quantitative study of the histochemical and morphometric characteristics of the human cricopharyngeus muscle. J Anat 166: 67–75.
As duas referências anteriores fornecem uma descrição da anatomia detalhada do cricofaríngeo em relação a sua função como a parte principal do esfíncter esofágico superior.

Freelander E 1992 Blood supply of the human levator and tensor veli palatini muscles. Clin Anat 5: 34–44.

Graney DO, Retruzzelli GJ, Myers EW 1998 Anatomy. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology: Head and Neck Surgery, vol 2, 3rd edn. St Louis: Mosby: 1327–1348.
Fornece uma descrição concisa da anatomia da faringe, salientando as características de relevância clínica.

Gray SD, Pinborough-Zimmerman J 1998 Velopharyngeal incompetence. In: Cummings CW et al (eds) Otolaryngology: Head and Neck Surgery, vol 5: Pediatric Otolaryngology, 3rd edn. St Louis: Mosby: 174–187.

Harris ML, Julyan P, Kulkarni B et al 2005 Mapping metabolic brain activation during human volitional swallowing: a positron emission tomography study using [18F]fluorodeoxyglucose. J Cereb Blood Flow Metab 25: 520–526.

Hiiemae KM, Palmer JB 1999 Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. Dysphagia 14: 31–42.

Jafari S, Prince RA, Kim DY, Paydarfar D 2003 Sensory regulation of swallowing and airway protection: a role for the internal superior laryngeal nerve in humans. J Physiol 550: 287–304.

Lang IM, Shaker R 2000 An overview of the upper esophageal sphincter. Curr Gastroenterol Rep 2: 185–190.

Martin RE, MacIntosh BJ, Smith RC et al 2004 Cerebral areas processing swallowing and tongue movement are overlapping but distinct: a functional magnetic resonance imaging study. J Neurophysiol. 92: 2428–2443.

Sade J (ed) 1989 Basic Aspects of the Eustachian Tube and Middle Ear Disease. Geneva: Kugler & Ghedini.

Thexton A 1998 Some aspects of swallowing. In: Harris M, Edgar M, Meghji S (eds) Clinical Oral Science. Oxford: Wright: 150–166.

Thexton AJ, Crompton AW 1998 The control of swallowing. In: Linden RWA (ed) The Scientific Basis of Eating. Taste and Smell, Salivation, Mastication and Swallowing and their Dysfunctions. Frontiers of Oral Biology Series, vol 9. Basel: Karger: 168–222.

Wood-Jones I 1940 The nature of the soft palate. J Anat 77: 147–170.
Descreve a estrutura do palato mole e seus movimentos durante a deglutição.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
34

Laringe

A laringe é uma passagem de ar, um esfíncter e um órgão de fonação, e estende-se desde a língua até a traqueia. Projeta-se ventralmente entre os grandes vasos do pescoço e é coberta anteriormente por pele, fáscias e músculos infra-hióideos. Acima, ela abre-se na laringofaringe e forma sua parede anterior; abaixo, continua em direção à traqueia (Fig. 33.2). É móvel durante a deglutição. Em repouso, a laringe situa-se em oposição à terceira e à sexta vértebras cervicais em adultos do sexo masculino, e é ligeiramente mais elevada em crianças e adultos do sexo feminino. Em crianças entre 6 e 12 meses, o ápice da epiglote (parte mais alta da laringe) está um pouco acima da junção do dente e do corpo da vértebra áxis. Até a puberdade, as laringes no sexo masculino e feminino têm tamanhos semelhantes. Após a puberdade, a laringe no sexo masculino aumenta consideravelmente em comparação com a do sexo feminino: todas as cartilagens aumentam tanto em tamanho como em peso, a cartilagem tireóidea projeta-se na linha média anterior do pescoço e seu diâmetro sagital quase duplica. A cartilagem tireóidea no sexo masculino continua a aumentar de tamanho até 40 anos de idade, após o que não ocorre mais nenhum crescimento.

ESQUELETO DA LARINGE

A estrutura do esqueleto da laringe é formada por uma série de cartilagens interligadas por ligamentos e membranas fibrosas, e movida por inúmeros músculos (Figs. 34.1-34.3). O osso hioide é inserido na laringe; é geralmente considerado como uma estrutura separada com funções distintas e é descrito na página 436. As cartilagens laríngeas são as cartilagens ímpares tireóidea, cricóidea e epiglótica, e as cartilagens pares aritenóidea, cuneiforme, corniculada e tritícea.

Em relação à anatomia de superfície da laringe, os níveis das cartilagens laríngeas dignos de nota são: C3 (nível do corpo do osso hioide e seu corno maior), junção C3-4 (nível da margem superior da cartilagem tireóidea e bifurcação da artéria carótida comum), junção C4-5 (nível da cartilagem tireóidea), C6 (nível da cartilagem cricoide).

As cartilagens corniculada, cuneiforme, tritícea e epiglótica e os ápices da aritenóidea são compostos por fibrocartilagem elástica, com pouca tendência à calcificação. As cartilagens tireóidea, cricóidea e a maior parte das cartilagens aritenóideas consistem em cartilagem hialina e podem sofrer calcificação com aspecto mosqueado à medida que a idade avança, começando por volta do 25º ano na cartilagem tireóidea e um pouco mais tarde na cricóidea e na aritenóidea. Até o 65º ano, estas cartilagens comumente aparecem em lâminas densas nas radiografias.

EPIGLOTE

A epiglote é uma lâmina fina semelhante a uma folha de fibrocartilagem elástica que se projeta obliquamente para cima atrás da língua e corpo do hioide, e na frente da abertura laríngea (Figs. 34.2, 34.3, 34.5). A sua extremidade livre, que é ampla e redonda e ocasionalmente entalhada na linha mediana, é direcionada para cima. Sua parte inserida, ou pedículo (pecíolo), é longa e estreita e é ligada pelo ligamento tireoepiglótico elástico à parte de trás da proeminência laríngea da cartilagem tireóidea logo abaixo da incisura tireóidea. Seus lados são inseridos às cartilagens aritenóideas pelas pregas ariepiglóticas (que contêm o músculo ariepiglótico). Sua superfície anterossuperior, ou lingual, está coberta por mucosa (o epitélio é escamoso estratificado não queratinizado), que se reflete sobre a face faríngea da língua e paredes faríngeas laterais como uma prega glossoepiglótica mediana, e duas pregas glossoepiglóticas laterais. Há uma depressão, a valécula, de cada lado da prega mediana. A parte inferior da sua superfície anterior, atrás do osso hioide e da membrana tireóidea, está ligada à margem superior do osso hioide por um ligamento elástico hioepiglótico, e separada da membrana tireo-hióidea pelo tecido adiposo, que constitui o espaço pré-epiglótico. A superfície posterior, ou laríngea, lisa, é transversalmente côncava e verticalmente côncavo-convexa, e é coberta pela mucosa respiratória ciliada: sua parte inferior projetada é chamada de tubérculo. Esta superfície forma a parede anterior oblíqua do vestíbulo laríngeo. A cartilagem é deprimida posteriormente por pequenas glândulas mucosas (Fig. 34.3D) e é perfurada por ramos do nervo laríngeo interno e tecido fibroso, o que significa que a superfície posterior da epi-

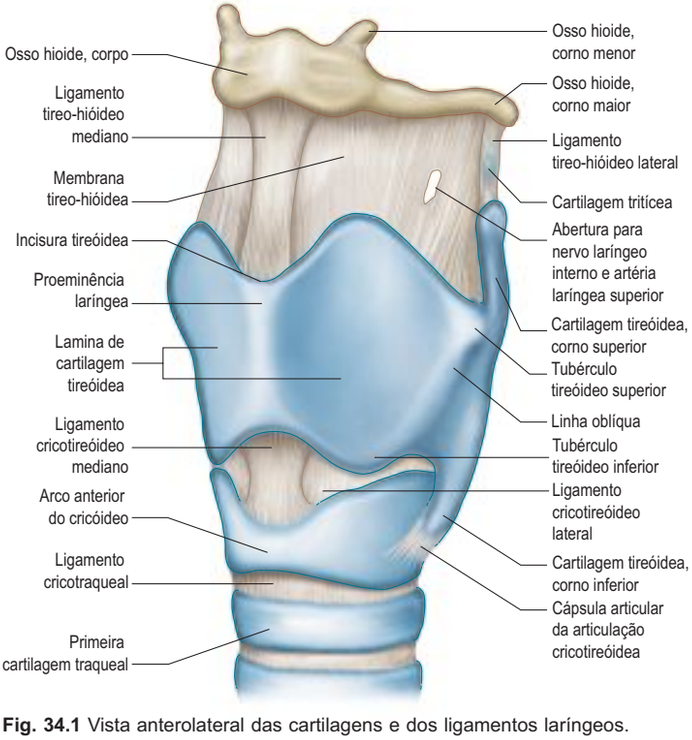


Fig. 34.1 Vista anterolateral das cartilagens e dos ligamentos laríngeos.

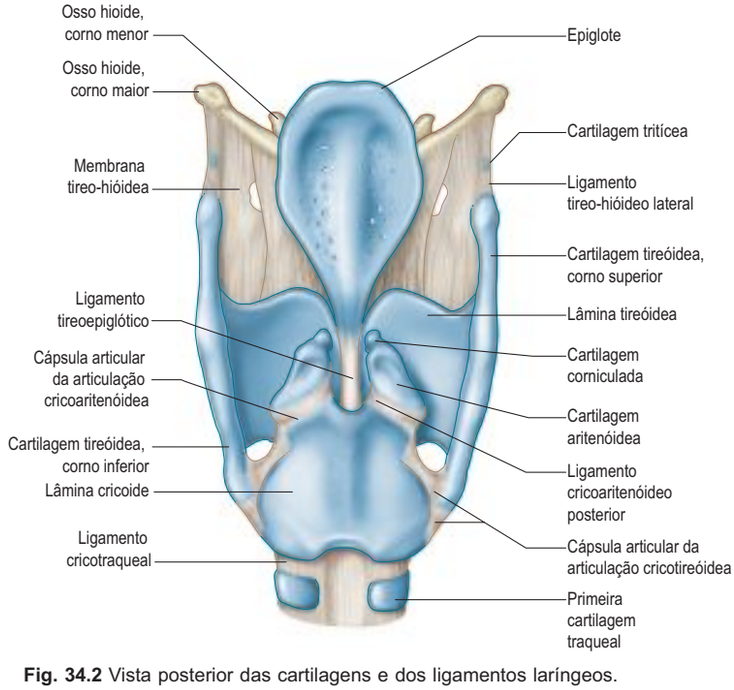


Fig. 34.2 Vista posterior das cartilagens e dos ligamentos laríngeos.

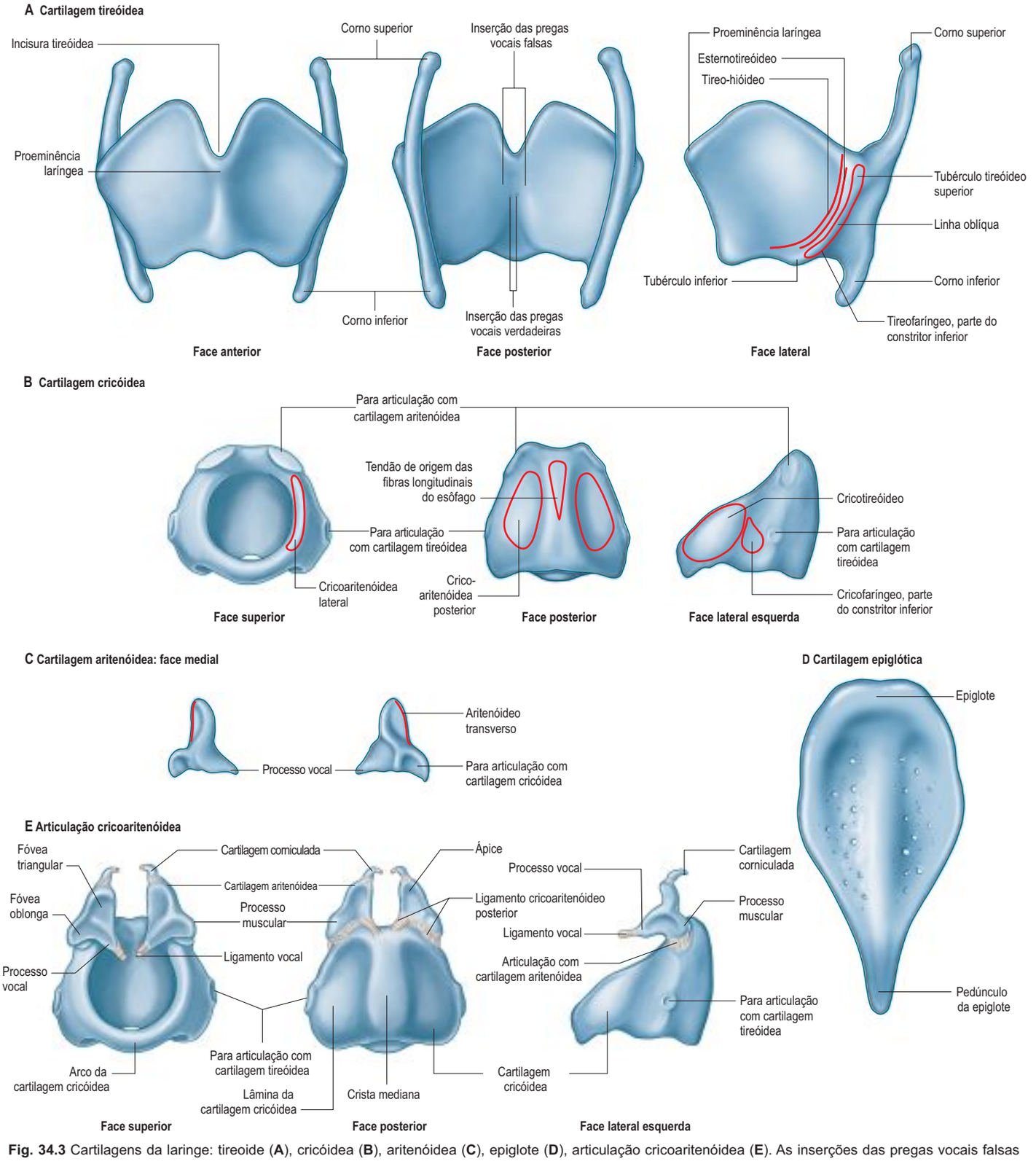


Fig. 34.3 Cartilagens da laringe: tireoide (**A**), cricóidea (**B**), aritenóidea (**C**), epiglote (**D**), articulação cricoaritenóidea (**E**). As inserções das pregas vocais falsas (ligamentos vestibulares) e as pregas vocais verdadeiras (ligamentos vocais) (abaixo) são mostradas em **A,** face posterior. Observar superfície em depressão da epiglote (**D**).

glote está em continuidade através dessas perfurações com o espaço pré-epiglótico.

Funções da epiglote

Durante a deglutição, o osso hioide move-se para cima e para a frente, e a epiglote é dobrada posteriormente como resultado da pressão passiva a partir da base da língua e contração ativa dos músculos ariepiglóticos. Embora a epiglote não seja essencial para a deglutição, que pode ocorrer com o mínimo de aspiração, mesmo se a epiglote for destruída por uma doença, ela desvia alimentos e líquidos para longe da entrada laríngea e em direção aos canais alimentares laterais. Não é essencial para a respiração e a fonação.

CARTILAGEM TIREÓIDEA

A cartilagem tireóidea é a maior das cartilagens laríngeas (Figs. 34.1-34.3). É constituída por duas lâminas quadriláteras com margens anteriores que

se fundem ao longo de seus dois terços inferiores em um ângulo mediano formando a proeminência laríngea subcutânea ("pomo de Adão"). Esta projeção é mais distinta na sua extremidade superior e está bem marcada em homens, mas é pouco visível em mulheres. Acima, as lâminas são separadas por uma incisura tireóidea superior em forma de V. Posteriormente, as lâminas divergem e suas margens posteriores são prolongadas como cornos delgados, os cornos superior e inferior. Uma crista rasa, a linha oblíqua, curva-se para baixo e em frente na superfície externa de cada lâmina: ela corre a partir do tubérculo tireóideo superior até a raiz do corno superior, até o tubérculo tireóideo inferior na margem inferior da lâmina. Os músculos esternotireóideo, tireo-hióideo e tireofaríngeo (parte do constritor inferior da faringe) são inseridos na linha oblíqua, geralmente um pouco mais que um tendão (Fig. 34.3A).

A superfície interna da lâmina é lisa. Acima e por trás, é ligeiramente côncava e coberta por mucosa. O ligamento tireoepiglótico, os ligamentos e os vocais, o tireoaritenóideo, músculos tireoepiglótico e vocal, bem como o pedículo da epiglote estão inseridos na superfície interna da cartilagem, no ângulo entre as lâminas. As pregas vocais verdadeiras situam-se 6-9 mm abaixo da incisura tiróidea mediana. A margem superior de cada lâmina é côncava atrás e convexa na frente, e a membrana tireo-hióidea insere-se ao longo desta extremidade (Figs. 34.1, 34.2). A margem inferior de cada lâmina é côncava atrás e quase reta na frente, e as duas partes são separadas pelo tubérculo tireóideo inferior. Anteriormente, a cartilagem tireóidea é conectada à cartilagem cricoide pelo ligamento cricotireóideo anterior (mediano), que é uma porção espessada da membrana cricotireóidea.

As margens anteriores de cada lâmina tireóidea fundem-se em um ângulo de aproximadamente 90° em homens e aproximadamente 120° em mulheres. O ângulo mais raso em homens está associado à proeminência laríngea maior, ao comprimento maior das pregas vocais e ao consequente timbre de voz mais profundo. A margem posterior é espessa e arredondada e recebe fibras dos músculos estilofaríngeo e palatofaríngeo. O corno superior, que é longo e estreito, curva-se para cima, para trás e medialmente, e termina em um ápice cônico ao qual o ligamento lateral tireo-hióideo está inserido. O corno inferior é curto e espesso, e curva-se para baixo e ligeiramente anteromedialmente. Sobre a superfície medial de sua extremidade inferior, existe uma pequena faceta oval para a articulação com a lateral da cartilagem cricoide; esta faceta é variável e apenas algumas vezes está bem definida.

Durante a infância, uma faixa estreita romboide flexível, a cartilagem intratireóidea, situa-se entre as duas lâminas e junta-se a elas por tecido fibroso.

CARTILAGEM CRICÓIDEA

A cartilagem cricóidea é inserida, abaixo, na traqueia, e articula-se com a cartilagem tireóidea e as duas cartilagens aritenóideas pelas articulações sinoviais. Forma um anel completo ao redor da via respiratória, a única cartilagem da laringe que o faz (Fig. 34.3B). É menor, porém mais espessa e mais forte do que a cartilagem tireóidea, e tem um arco anterior curvado estreito e uma lâmina posterior ampla e mais achatada.

Arco da cartilagem cricóidea

O arco da cartilagem cricóidea é verticalmente estreito na frente (5-7 mm de altura) e posteriormente se amplia em direção à lâmina. O cricotireóideo é anexado à face externa da sua frente e lados, e o cricofaríngeo (parte do constritor faríngeo inferior) é anexado atrás do cricotireóideo. O arco é palpável abaixo da proeminência laríngea, a partir da qual é separado por uma depressão que contém a resiliente membrana cricotireóidea. A margem inferior da cartilagem é quase horizontal e tem delineamento circular, ao passo que a margem superior é mais elíptica.

Lâmina da cartilagem cricóidea

A lâmina da cartilagem cricóidea tem um delineamento aproximadamente quadrilátero e 2-3 cm em dimensão vertical. Tem uma crista vertical mediana posterior que cria concavidades posteriores em um ou outro lado. Os dois fascículos da camada longitudinal de fibras musculares esofágicas (muscular externa) são ligados por um tendão à parte superior da crista. A cricoaritenóidea posterior insere-se em uma depressão rasa de cada lado da crista.

Uma faceta sinovial circular discernível, na face posterolateral, algumas vezes marca a junção da lâmina e do arco: ela indica o local onde o cricóideo se articula com o corno tireóideo inferior. A margem inferior do cricóideo é horizontal e ligada à primeira cartilagem traqueal pelo ligamento cricotraqueal (Fig. 34.1). A margem superior corre obliquamente para cima e para trás, e promove a inserção, anteriormente, à parte mediana espessa da membrana cricotireóidea, e lateralmente às partes membranosas da membrana cricotireóidea (Fig. 34.1) e cricoaritenóidea lateral. A face posterossuperior da lâmina apresenta uma incisura mediana rasa, sendo que em cada lado há uma faceta lisa, oval e convexa, direcionada para cima e lateralmente, para articulação com a base de uma cartilagem aritenóidea.

A superfície interna da cartilagem cricóidea é lisa e revestida por mucosa.

Estenose subglótica

Uma malformação congênita da cartilagem cricóidea pode resultar em estreitamento grave da via respiratória subglótica e em obstrução respiratória que, nos casos mais graves, está presente desde o nascimento. É o terceiro distúrbio congênito mais comum da laringe. A estenose subglótica adquirida é mais comum e é resultado de traumatismo e formação de cicatrizes após entubação endotraqueal prolongada para efeito de ventilação de bebês prematuros em unidades de terapia intensiva.

CARTILAGEM ARITENÓIDEA

Os pares de cartilagens aritenóideas articulam-se com as partes laterais da margem superior da lâmina cricóidea (Figs. 34.2, 34.3). Cada um deles é piramidal e possui três superfícies, dois processos, uma base e um ápice. A superfície posterior, que é triangular, lisa e côncava, é coberta pelo músculo aritenóideo transverso. A superfície anterolateral é áspera e convexa e sustenta, perto do ápice da cartilagem, uma elevação a partir da qual uma crista se curva para trás, para baixo e, em seguida, para a frente em direção ao processo vocal. A parte inferior desta crista arqueada separa duas depressões (fóveas). A parte superior é triangular (fóvea triangular) e o ligamento vestibular é ligado a ela. A parte inferior é oblonga (fóvea oblonga) e a vocal e a cricoaritenóidea lateral estão ligadas a ela. A superfície medial é estreita, lisa e plana, e é coberta pela mucosa: a sua extremidade inferior forma o limite lateral da parte intercartilaginosa da rima glótica. A base é côncava, com uma superfície lisa para a articulação com a parte lateral da margem superior da lâmina cricoide. Seu ângulo lateral proeminente redondo, ou processo muscular, projeta-se para trás e lateralmente: promove a inserção ao cricoaritenóideo posterior e ao cricoaritenóideo lateral na frente. O ligamento vocal é inserido no ângulo anterior pontiagudo (processo vocal), que se projeta horizontalmente para a frente. O ápice curva-se para trás e medialmente e articula-se com a cartilagem corniculada.

CARTILAGENS CORNICULADAS

As cartilagens corniculadas são dois nódulos cônicos de fibrocartilagem elástica que se articulam com os ápices das cartilagens aritenóideas, prolongando-os posteromedialmente (Fig. 34.3E). Situam-se nas partes posteriores das pregas mucosas ariepiglóticas e às vezes são fundidas com as cartilagens aritenóideas.

CARTILAGENS CUNEIFORMES

As cartilagens cuneiformes são dois nódulos de fibrocartilagem elástica pequenos, alongados, semelhantes a uma baqueta, uma em cada prega ariepiglótica anterossuperior às cartilagens corniculadas, e são visíveis como elevações esbranquiçadas através da mucosa (Fig. 34.5).

CARTILAGENS TRITÍCEAS

As cartilagens tritíceas são dois nódulos pequenos de cartilagem elástica, situados um em cada lado acima da laringe no interior da extremidade posterior livre da membrana tireo-hióidea, a cerca de meio caminho entre o corno superior da cartilagem tireóidea e a ponta do corno maior do osso hioide (Figs. 34.1, 34.2). Suas funções são desconhecidas, embora possam servir para reforçar essa ligação.

CALCIFICAÇÃO DAS CARTILAGENS LARÍNGEAS

As cartilagens tireóidea, cricóidea e a maioria das cartilagens aritenóideas consistem em cartilagem hialina e podem, portanto, tornar-se calcificadas. Este processo normalmente começa por volta dos 18 anos de idade. Inicialmente, envolve a parte inferior e posterior da cartilagem tireóidea e, posteriormente, se dissemina envolvendo as cartilagens restantes, sendo

que a calcificação da cartilagem aritenóidea começa em sua base. O grau e a frequência da calcificação das cartilagens tireóidea e cricóidea parecem ser menores em mulheres. Há alguns indícios que sugerem que uma predileção por invasão tumoral pode ser reforçada por calcificação das cartilagens da laringe.

A ponta e a parte superior do processo vocal da cartilagem aritenóidea consistem em cartilagem elástica não calcificante. Ela pode ter importância funcional considerável: o processo vocal pode se dobrar na cartilagem elástica durante adução e abdução, e as duas cartilagens aritenóideas entrarão em contato principalmente em suas porções "elásticas" superiores durante adução.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO CRICOTIREÓIDEA

As articulações entre o corno inferior da cartilagem tireóidea e os lados da cartilagem cricoide são sinoviais. Cada uma delas é envolta por um ligamento capsular reforçado posteriormente por bandas fibrosas (Figs 34.1, 34.2, 34.4). Tanto as cápsulas como os ligamentos são ricos em fibras de elastina. O primeiro movimento na articulação é a rotação em torno de um eixo transversal que passa transversalmente através de ambas as articulações cricotireóideas. O efeito desta rotação é mover as cartilagens cricóidea e tireóidea uma em relação à outra, de maneira que se reúnam a lâmina da cartilagem tireóidea e o arco da cartilagem cricóidea ("fechamento do visor"). Existe alguma controvérsia quanto à cartilagem que se move, mas parece mais provável que a cartilagem cricóidea gira em maior medida. Quando a articulação está em uma posição neutra, os ligamentos ficam frouxos e a cricóidea pode deslizar, de maneira limitada, em diferentes direções nos cornos tireóideos. O efeito destes movimentos é o prolongamento as pregas vocais, desde que as cartilagens aritenóideas estejam estabilizadas na articulação cricoaritenóidea, o que também pode aumentar a tensão da prega vocal.

ARTICULAÇÃO CRICOARITENÓIDEA

As articulações cricoaritenóideas são um par de articulações sinoviais entre as facetas sobre as partes laterais da margem superior da lâmina da cartilagem cricóidea e as bases das aritenóideas. Cada articulação é envolta por um ligamento capsular e reforçada por um ligamento que, embora tradicionalmente denominado ligamento cricoaritenóideo posterior, é em grande medida de posição medial (Figs. 34.1-34.4).

As facetas cricóideas são elípticas, convexas e obliquamente direcionadas lateralmente, anteriormente e para baixo. Os eixos longos das duas facetas interseccionam-se posteriormente em um ângulo de aproximadamente 50°. Ocorrem dois movimentos nesta articulação. O primeiro é a rotação das cartilagens aritenóideas em ângulo reto em relação ao eixo longitudinal da faceta cricóidea (dorso-médio-craniana para ventro-latero-caudal) que, devido à sua obliquidade, faz com que cada processo vocal balance lateral ou medialmente, aumentando ou diminuindo desta maneira a largura da rima glótica. Esse movimento é por vezes chamado de movimento do balanço das cartilagens aritenóideas. Existe também um movimento de deslizamento, pelo qual as aritenóideas se aproximam ou se afastam uma da outra, sendo que a direção e a inclinação das suas superfícies articulares impõem um movimento para a frente e para baixo em deslizamento lateral. Os movimentos de deslize e rotação estão associados, ou seja, o deslize medial ocorre com rotação medial e o deslize lateral com a rotação lateral, resultando em adução ou abdução das pregas vocais, respectivamente. Quando visto de cima, uma dimensão reduzida pode dar a ilusão de que as cartilagens aritenóideas estão girando ao redor de seus eixos verticais, mas a forma das facetas impede que este movimento ocorra. Os ligamentos cricoaritenóideos posteriores limitam os movimentos para a frente das cartilagens aritenóideas na cartilagem cricóidea. Tem sido sugerido que a posição de "repouso" do ligamento cricoaritenóideo é um fator importante determinante da posição de uma corda vocal denervada.

ARTICULAÇÕES ARITENOCORNICULADAS

As articulações sinoviais ou cartilaginosas ligam as cartilagens aritenóidea e corniculada.

INERVAÇÃO DAS ARTICULAÇÕES CRICOTIREÓIDEA, CRICOARITENÓIDEA E ARITENOCORNICULADA

As articulações cricotireóidea, cricoaritenóidea e aritenocorniculada são inervadas por ramos diretos dos nervos laríngeos recorrentes, ou por ramos secundários, que são provenientes da inervação dos músculos laríngeos. As cápsulas das articulações laríngeas contêm inúmeros corpúsculos de Pacini, corpúsculos de Ruffini e terminações nervosas livres.

TECIDOS MOLES

A estrutura esquelética da laringe é ligada a estruturas adjacentes por membranas extrínsecas. É também interligada por ligamentos intrínsecos e membranas fibroelásticas, dos quais as membranas tireo-hióideas, quadrangulares e cricotireóideas e o cone elástico são os mais significativos. A membrana tireóidea é externa à laringe, enquanto as membranas pares quadrangulares, a membrana cricotireóidea e o cone elástico são internos. Os ligamentos nomeados são o ligamento cricotireóideo mediano (anterior), os ligamentos hioepiglóticos e tireoepiglóticos e o ligamento cricotraqueal.

LIGAMENTOS E MEMBRANAS EXTRÍNSECOS

Membrana tireo-hióidea

A membrana tireo-hióidea é uma camada ampla fibroelástica, inserida, abaixo, à margem superior da lâmina da cartilagem tireóidea e à frente de seu corno superior e, acima, à margem superior do corpo e corno maior do osso hioide (Figs. 34.1, 34.2, 34.5). Assim, sobe por detrás da superfície côncava posterior do osso hioide, separada do seu corpo por uma bolsa que facilita a subida da laringe durante a deglutição. As partes mais espessas e mais laterais são perfuradas pelos vasos laríngeos superiores e nervos

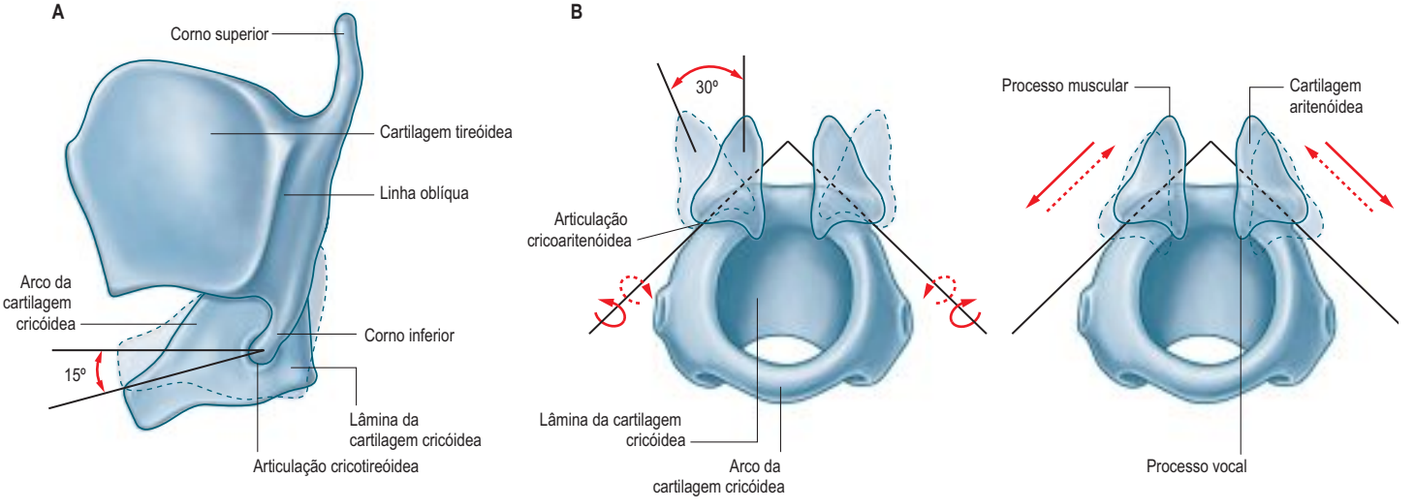


Fig. 34.4 A, Vista lateral da articulação cricotireóidea. **B,** Vista anterossuperior da articulação cricoaritenóidea.

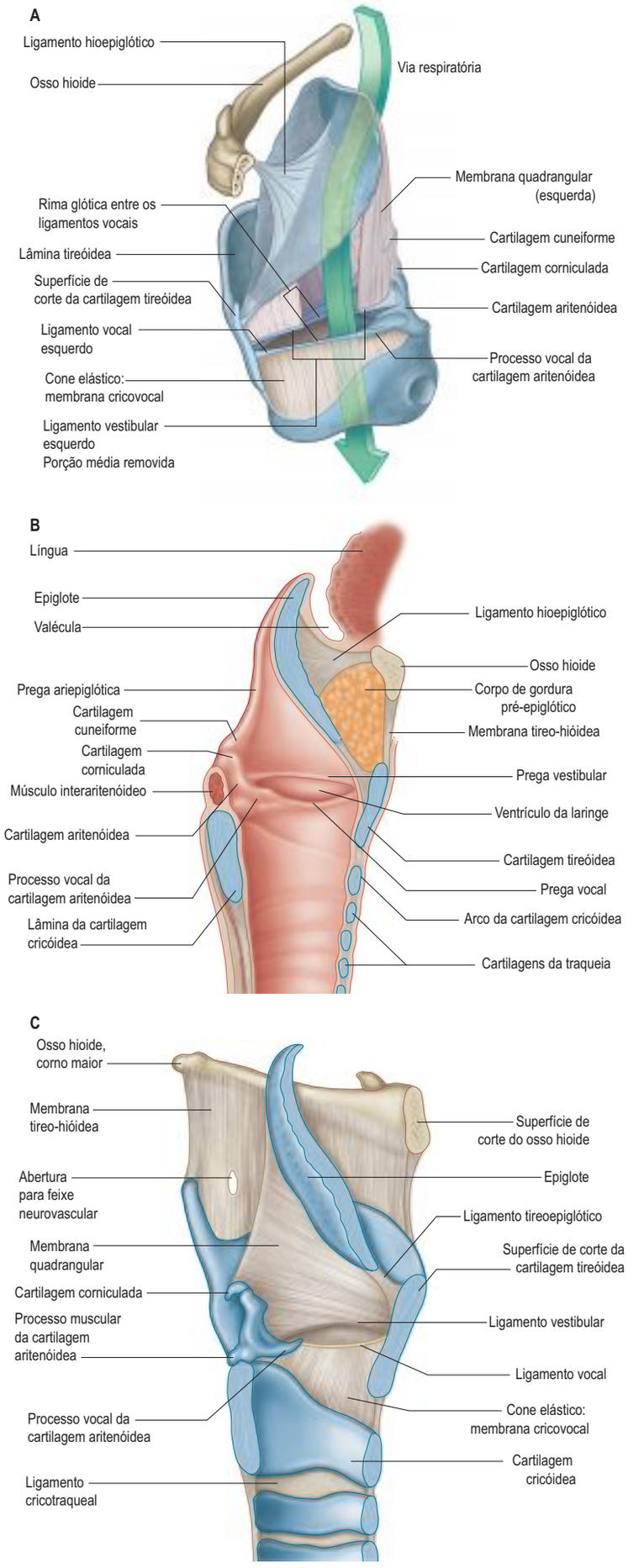


Fig. 34.5 A e **B,** Cortes sagitais do lado esquerdo da laringe, mostrando membranas laríngeas (**A**) e face interior (**B**) da metade esquerda da laringe. **C,** Membrana quadrangular observada a partir do lado esquerdo. (**A,** De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

laríngeos internos (Fig. 34.1). Externamente, ela está em contato com o tireo-hióideo e o omo-hióideo e com o corpo do osso hioide. Sua superfície interna está relacionada com a superfície lingual da epiglote e as fossas piriformes da faringe. Os ligamentos elásticos tireo-hióideos laterais redondos, semelhantes à corda, formam as margens posteriores da membrana tireo-hióidea e ligam as pontas dos cornos tireóideos superiores às extremidades posteriores dos cornos hióideos maiores (Fig. 34.1).

Ligamentos hioepiglóticos e tireoepiglóticos

A epiglote está inserida no osso hioide e na cartilagem tireóidea pelos ligamentos hioepiglótico extrínseco e tireoepiglótico intrínseco, respectivamente.

Ligamento cricotraqueal

O ligamento cricotraqueal une a margem inferior do cricoide à primeira cartilagem traqueal e é, portanto, contínuo com o pericôndrio da traqueia (Fig. 34.1).

LIGAMENTOS E MEMBRANAS INTRÍNSECAS

A membrana fibroelástica da laringe situa-se dentro do esqueleto cartilaginoso da laringe, abaixo da mucosa da laringiana (Fig. 34.5). Forma uma lâmina descontínua separada em ambos os lados da laringe por uma fenda horizontal entre os ligamentos vestibular e vocal. Sua parte superior, a membrana quadrangular, estende-se entre as cartilagens aritenóideas e os lados da epiglote. A sua parte inferior, a membrana cricotireóidea e o cone elástico, liga as cartilagens tireóidea, cricóidea e aritenóidea.

Membrana quadrangular

Cada membrana quadrangular passa a partir da margem lateral da epiglote até a cartilagem aritenóidea ipsilateral. É muitas vezes mal definida, especialmente em sua porção superior. As margens superior e inferior da membrana são livres. A margem superior inclina-se posteriormente, formando o ligamento ariepiglótico, que constitui o componente central da prega ariepiglótica. Posteriormente, ela passa através do plano fascial do ligamento esofágico suspensório e ajuda a formar o ligamento corniculofaríngeo mediano que se estende para a submucosa adjacente até a cartilagem cricóidea. Este ligamento pode exercer tração vertical sobre os tecidos da laringofaringe. As cartilagens cuneiformes situam-se no interior das pregas ariepiglóticas. A margem inferior da membrana quadrangular forma a prega vestibular.

Membrana cricotireóidea e cone elástico

O ligamento cricotireóideo é composto principalmente por tecido elástico. Consiste em duas partes: a membrana cricotireóidea abaixo e o cone elástico acima.

Membrana cricotireóidea e ligamento cricotireóideo mediano (anterior) A membrana cricotireóidea passa para cima a partir da margem superior da cartilagem cricóidea até a margem inferior da cartilagem tireóidea. Anteriormente, é espessada, formando o ligamento cricotireóideo mediano (anterior), que é mais amplo abaixo e mais estreito acima.

Cone elástico No todo ou em parte, o cone elástico tem sido descrito de maneira diversa como uma membrana cricovocal, ligamento cricotireóideo ou ligamento cricotireóideo lateral. O cone elástico é mais fino do que o ligamento cricotireóideo anterior. Ele surge por baixo da membrana cricotireóidea em ambos os lados a partir da superfície interna da cartilagem cricoide, próximo à sua margem inferior, e passa para cima abaixo da margem inferior da cartilagem tireóidea. Insere-se anteriormente à superfície interna do ângulo da cartilagem tireóidea (logo abaixo do seu ponto médio) e posteriormente à ponta do processo vocal da cartilagem aritenóidea. Entre estas inserções, a extremidade superior do cone elástico é livre, alinhada horizontalmente e espessada formando o ligamento vocal, que se situa dentro da prega vocal coberta por mucosa. Ela está coberta por mucosa internamente, e externamente pela cricoaritenóidea lateral e tireoaritenóidea. O nome "cone elástico" deriva da forma de cone ou funil produzida pela curvatura superior e medial de suas paredes entre suas inserções inferiores e superiores. Diz-se que isto maximiza o fluxo eficiente de ar em direção à rima glótica durante a fonação.

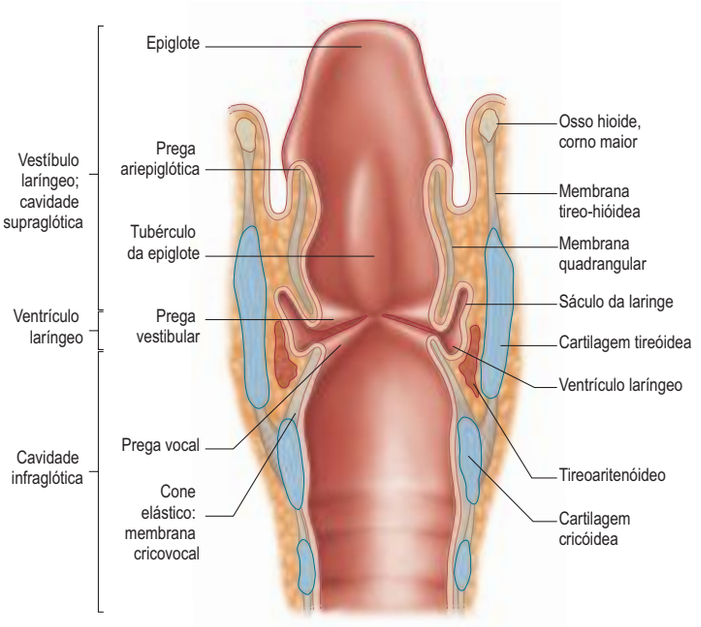


Fig. 34.6 Corte coronal através da laringe e extremidade craniana da traqueia: face posterior.

CAVIDADE LARÍNGEA

A cavidade laríngea estende-se desde a abertura da laringe (a partir da faringe) até a margem inferior da cartilagem cricóidea, onde continua em direção à traqueia (Figs. 34.5, 34.6). As paredes da cavidade são formadas pelas membranas fibroelásticas descritas anteriormente e são revestidas por membranas mucosas que se dobram sobre as extremidades destas membranas fibroelásticas dentro da laringe. De cada lado, a continuidade da membrana fibroelástica é interrompida entre as pregas superiores e inferiores.

As pregas projetam-se para a luz da cavidade e dividem-na em parte superior e inferior, separadas por uma porção média entre os dois conjuntos de dobras que levam até o ventrículo laríngeo. As pregas superiores são as pregas vestibulares (ventricular ou vocal falsa); a abertura mediana que elas protegem é a rima vestibular. O par inferior são as (verdadeiras) pregas vocais (ou cordas vocais) e a fissura entre elas é a rima glótica ou glote. As pregas vocais verdadeiras são a fonte primária de fonação, enquanto as pregas vestibulares normalmente não contribuem diretamente para a produção do som. O termo clínico "supraglote" refere-se à parte da laringe que se situa acima da glote e compreende a abertura da laringe formada pela superfície laríngea da epiglote e cartilagens aritenóideas e as faces laríngeas das pregas ariepiglóticas, vestíbulo laríngeo (intróito) e pregas vestibulares.

MICROESTRUTURA DA LARINGE

A mucosa laríngea é contínua com a da faringe acima e com a da traqueia abaixo. Reveste toda a superfície interna da laringe, incluindo o ventrículo e o sáculo, e é espessada sobre as pregas vestibulares, onde é o principal componente. Ao longo das pregas vocais, é fina e está solidamente ligada aos ligamentos vocais subjacentes. É frouxamente aderente à superfície anterior da epiglote, mas solidamente ligada à sua superfície anterior e ao assoalho da valécula. Nas pregas ariepiglóticas, é reforçada por uma quantidade considerável de tecido conjuntivo fibroso e adere bem às superfícies laríngeas das cartilagens cuneiforme e aritenóideas.

O epitélio laríngeo é principalmente um epitélio respiratório ciliado, pseudoestratificado onde cobre as faces internas da laringe, incluindo a superfície laríngea posterior da epiglote, e promove um mecanismo de depuração mucociliar partilhada com a maior parte do trato respiratório (Cap. 57). No entanto, as pregas vocais são cobertas por epitélio escamoso estratificado não queratinizado, epitélio escamoso estratificado onde entram em contato uns com os outros; esta variação importante protege os tecidos contra os efeitos dos consideráveis estresses mecânicos que atuam sobre as superfícies das pregas vocais. As superfícies exteriores da laringe, que se mesclam com a laringofaringe e orofaringe (incluindo a superfície lingual anterior da epiglote e as pregas ariepiglóticas), estão sujeitas aos efeitos abrasivos do alimento deglutido e são, portanto, cobertas por epitélio escamoso estratificado não queratinizado.

A mucosa laríngea tem inúmeras glândulas mucosas, especialmente sobre a epiglote, onde deprimem a cartilagem, e ao longo das margens das pregas ariepiglóticas anteriores às cartilagens aritenóideas, onde são conhecidas como glândulas aritenóideas. Muitas glândulas grandes nos sáculos da laringe secretam periodicamente sobre as pregas vocais durante a fonação. As extremidades livres destas pregas são desprovidas de glândulas e o seu epitélio estratificado é vulnerável a ressecamento e necessita de secreções das glândulas circunvizinhas; a rouquidão decorrente do falar excessivo é causada por uma falha temporária parcial desta secreção. As superfícies epiteliais estão sulcadas, o que pode ajudar a conservar as secreções lubrificantes sobre as superfícies das margens das pregas. Pregas de lubrificação precária oferecem maior resistência ao fluxo aéreo, o que significa que pressões subglóticas mais altas são necessárias para iniciar a fonação. Os botões gustativos, como os da língua, ocorrem na superfície posterior da epiglote, pregas ariepiglóticas e menos frequentemente em outras regiões da laringe.

PARTE SUPERIOR

A parte superior da cavidade laríngea contém uma abertura laríngea (ádito), a prega ariepiglótica e o vestíbulo laríngeo (introito).

Abertura laríngea (ádito)

Entra-se na parte superior da cavidade laríngea pela abertura laríngea (ádito laríngeo), a abertura entre a laringe e a faringe. Ela é voltada para trás e um pouco para cima, porque a parede anterior da laringe é muito mais longa do que a posterior (e inclina-se para baixo e em frente em sua parte superior, devido à inclinação oblíqua da epiglote). A abertura é delimitada anteriormente pela extremidade superior da epiglote, posteriormente pela prega de mucosa transversa entre as duas aritenóideas (comissura posterior) e em cada lado pela extremidade de uma crista mucosal, a prega ariepiglótica, que circula entre o lado da epiglote e o ápice da cartilagem aritenóidea. O sulco da linha mediana entre os dois tubérculos corniculados é denominado incisura interaritenóidea.

Prega ariepiglótica

A prega ariepiglótica contém fibras ligamentosas e musculares. As fibras ligamentosas representam a margem superior livre da membrana quadrangular (Fig. 34.5). As fibras musculares são continuações das aritenóideas oblíquas. A parte posterior da prega ariepiglótica contém duas tumefações ovais, uma acima e à frente, outra atrás e abaixo, que marcam as posições das cartilagens cuneiformes e corniculadas subjacentes respectivamente. Elas estão separadas por um sulco vertical raso, que é contínuo abaixo com a abertura do ventrículo laríngeo.

Vestíbulo laríngeo (introito)

O vestíbulo é um termo clínico que denota o espaço entre a abertura laríngea e as pregas vestibulares. É largo acima, estreito abaixo e maior anterior do que posteriormente. A sua parede anterior é formada pela superfície posterior da epiglote, sendo que sua parte inferior (tubérculo epiglótico) arqueia um pouco para trás. Suas paredes laterais, que são mais altas na frente e rasas atrás, são formadas pelas superfícies mediais das pregas ariepiglóticas. Sua parede posterior consiste na mucosa interaritenóidea acima das pregas ventriculares.

PARTE MÉDIA

A parte média da cavidade laríngea é a menor e estende-se a partir da rima vestibular acima até a rima glótica abaixo. Em cada lado contém as pregas vestibulares, o ventrículo e o sáculo da laringe.

Pregas vestibulares e ligamentos

O estreito ligamento vestibular representa a margem inferior espessada da membrana quadrangular (Fig. 34.5). É fixada na frente ao ângulo tireóideo abaixo da cartilagem epiglótica e atrás à superfície anterolateral da cartilagem aritenóidea acima do seu processo vocal. Com a sua cobertura de mucosa, é denominada prega vestibular (ventricular ou vocal falsa) (Figs. 34.5, 34.6). A presença de uma mucosa vascular frouxa confere às pregas vestibulares uma aparência rosada *in vivo*, pois elas situam-se acima e lateralmente às pregas vocais.

Ventrículo (seio) da laringe

O ventrículo laríngeo é uma fenda entre as pregas vestibular e vocal (Figs. 34.5, 34.6). Ele abre-se em um recesso fusiforme de cada lado da laringe

e estende-se para cima na parede laríngea lateralmente à prega vestibular, abrindo-se para o sáculo.

Sáculo da laringe

O sáculo é uma bolsa que sobe para a frente a partir do ventrículo, entre a prega vestibular e cartilagem tireóidea e, por vezes, atinge a margem superior da cartilagem (Fig. 34.6). É cônico e curva-se ligeiramente para trás; 60-70 glândulas mucosas, localizadas na submucosa, abrem-se para a sua superfície luminal. O orifício do sáculo é protegido por uma delicada prega de mucosa, a prega ventriculossacular.

O sáculo tem uma cápsula fibrosa que é contínua abaixo com o ligamento vestibular. É coberta medialmente por alguns fascículos musculares a partir do ápice da cartilagem aritenóidea que passam para a frente entre o sáculo e a mucosa vestibular em direção à prega ariepiglótica e, lateralmente, é separado da cartilagem tireóidea pelo músculo tireoepiglótico. Este último comprime o sáculo, produzindo secreção para as pregas vocais, que não possuem glândulas, lubrificando e protegendo-as contra desidratação e infecção. Os sáculos ocasionalmente se projetam através da membrana tireo-hióidea.

Laringoceles e cistos saculares

Laringoceles e cistos saculares são aumentos do sáculo por preenchimento de ar ou líquidos. Uma laringocele é uma hérnia da mucosa sacular. A etiologia é incerta: pressões transglóticas altas repetidas contínuas (como quando se toca trompete) podem ser uma possível causa de sintomas adquiridos e, em alguns casos, podem ser o resultado de aumento congênito do sáculo. O crescimento de uma laringocele é limitado pelos tecidos circundantes, e assim ele se expande para cima em direção ao espaço paraglótico anterior à fossa piriforme, e superiormente expandindo a prega ariepiglótica e chegando à valécula (laringocele interna). Pode ainda se estender para a membrana tireo-hióidea, que pode perfurar, formando uma laringocele externa, e onde pode ser palpável no pescoço. Os sintomas incluem rouquidão, estridor e disfagia. O sáculo laríngeo também pode se tornar patologicamente ampliado como resultado de obstrução do adito ventricular por inflamação, cicatrizes ou compressão por um tumor: forma-se um cisto alargado preenchido com muco à medida que as secreções glandulares se acumulam. Estes cistos saculares preenchidos com muco podem se expandir em uma direção semelhante a uma laringocele e podem também perfurar a membrana tireo-hióidea. Além de rouquidão e estridor, pode ocorrer obstrução respiratória aguda, especialmente nos jovens, se o conteúdo do cisto se tornar infectado.

Pregas (cordas) vocais e ligamentos

A extremidade superior espessada livre do cone elástico forma o ligamento vocal. Ela alonga-se de volta em um ou outro lado a partir do nível médio do ângulo da tireoide até os processos vocais das cartilagens aritenóideas. Quando coberta pela mucosa, ela é chamada de prega vocal ou corda vocal (corda é o termo clínico preferido) (Figs. 34.5, 34.6). As pregas vocais formam as extremidades anterolaterais da rima glótica e estão envolvidas na produção do som. Cada dobra é constituída por cinco camadas, a saber, a mucosa, a lâmina própria (três camadas) e o músculo vocal (Fig. 34.7).

A mucosa sobrejacente do ligamento vocal é fina e inserida na lâmina própria subjacente por uma membrana basal. Situa-se diretamente sobre o ligamento e, por isso, a prega vocal parece de um branco perolado *in vivo*. A lâmina própria é composta por três camadas. A mais superficial é constituída por colágeno frouxo e fibras elásticas, e é apenas frouxamente inserida ao ligamento vocal subjacente, um arranjo que produz um espaço potencial (espaço de Reinke) que se estende ao longo do comprimento da margem livre do ligamento vocal e um pouco sobre a superfície superior da corda: líquido do edema acumula-se facilmente neste local em caso de doença. A camada intermédia é constituída por fibras elásticas e a camada profunda é formada por fibras de colágeno; estas duas camadas formam coletivamente o ligamento vocal. As fibras do músculo vocal formam a quinta camada das pregas vocais. O local onde as pregas vocais se encontram anteriormente é conhecido como a comissura anterior, e é a região onde as fibras do ligamento vocal passam através da cartilagem tireóidea, misturando-se com o pericôndrio sobrejacente e formando o ligamento de Broyle. Como o ligamento de Broyle contém vasos sanguíneos e linfáticos, ele representa uma via potencial para a fuga dos tumores malignos da laringe.

Edema de Reinke

A membrana mucosa é frouxamente inserida em toda a laringe e pode acomodar considerável edema que pode comprometer as vias respiratórias em caso de infecções agudas. Na extremidade das pregas vocais verdadeiras, a mucosa de revestimento está estreitamente vinculada ao ligamento subjacente, de forma que o líquido do edema não passa entre os compartimentos superior e inferior da mucosa da corda vocal. Qualquer edema tecidual acima da prega vocal aumenta o espaço potencial abaixo da

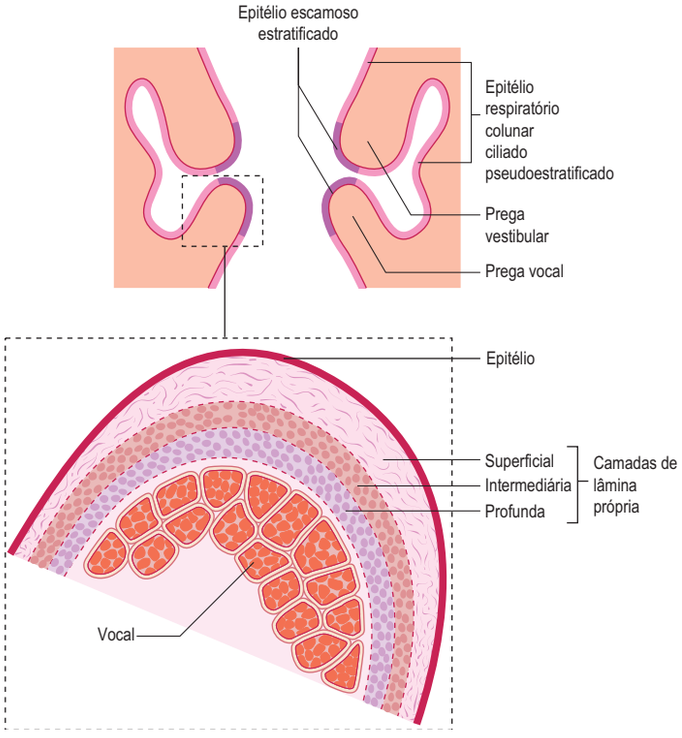


Fig. 34.7 Vista coronal da cavidade da laringe, mostrando a distribuição da membrana mucosa na cavidade laríngea; detalhe mostra a estrutura das verdadeiras pregas vocais.

mucosa (espaço de Reinke), provocando acúmulo de líquido extracelular e edema flácido das pregas vocais (edema de Reinke). O edema pode persistir devido à drenagem linfática precária na região da laringe. Abuso vocal pode desencadear estas mudanças, mas a condição é quase sempre restrita aos fumantes.

Nódulos nas pregas vocais

Os nódulos nas pregas vocais são lesões crônicas das pregas vocais e desenvolvem-se mais comumente como resultado de uso excessivo e persistente da voz, que tenha provocado um aumento da tensão na corda vocal e uma adução mais forçada. Eles normalmente se desenvolvem no ponto de máximo contato das pregas vocais, ou seja, na junção do terço anterior e dos dois terços posteriores do ligamento vocal. Traumatismo excessivo, neste ponto, como quando se canta com técnica precária ou se força a voz, inicialmente produz hemorragia subepitelial ou hematomas; com o tempo, isto resulta em alterações patológicas, tais como cicatrizes subepiteliais ("nódulos de cantor" ou "nódulos do clérigo"). Os nódulos aumentam a massa da prega vocal e afetam seu fechamento; a abertura glótica posterior persistente causa rouquidão, uma voz soprosa, redução da intensidade vocal e uma incapacidade de produzir frequências de vibração mais altas. Estas mudanças podem provocar um ciclo no qual é necessário um esforço vocal crescente por meio de compensação, o que agrava o problema.

Rima glótica

A rima glótica ou glote é a fissura entre as pregas vocais anteriormente e as cartilagens aritenóideas posteriormente (Figs. 34.8, 34.9). É delimitada atrás pela mucosa que passa entre as cartilagens aritenóideas no nível das pregas vocais. A glote é usualmente dividida em duas regiões, uma parte anterior intermembranosa, que corresponde a cerca de três quintos do seu comprimento anteroposterior e é formada pelo ligamento vocal subjacente, e uma parte posterior intercartilaginosa, formada pelos processos vocais das cartilagens aritenóideas. É a parte mais estreita da laringe, tendo uma média de diâmetro sagital, em adultos do sexo masculino, de 23 mm e, em mulheres adultas, de 17 mm: sua largura e formato variam de acordo com os movimentos das pregas vocais e cartilagens aritenóideas durante a respiração e fonação (pág. 590).

PARTE INFERIOR

A parte inferior da cavidade laríngea, a subglote ou cavidade infraglótica, estende-se desde as pregas vocais até a margem inferior do cricoide. Em corte transversal, é elíptica acima e mais ampla e circular abaixo, e é contínua com a traqueia. Suas paredes são revestidas por mucosa respiratória

e sustentadas pelo ligamento cricotireóideo acima e cartilagem cricóidea abaixo. Diz-se que as paredes desta parte da cavidade laríngea são exponencialmente curvadas, uma característica que pode servir para acelerar o fluxo de ar em direção à glote com o mínimo de perdas de energia.

EXAME LARINGOSCÓPICO

A abertura laríngea, as estruturas em torno dela e a cavidade da laringe podem ser inspecionadas usando endoscopia com fibra óptica, através da boca ou da nasofaringe. A epiglote é observada em dimensões reduzidas, mas seu tubérculo é visível. A partir das margens epiglóticas, as pregas ariepiglóticas podem ser rastreadas posteromedialmente e as elevações cuneiformes e corniculadas reconhecidas. As pregas vestibulares rosadas e as pregas vocais de cor branca perolada são visíveis e, quando a rima glótica está bem aberta, podem-se observar o arco anterior da cartilagem cricoide, a mucosa traqueal e as cartilagens (Fig. 34.8). As fossas piriformes também podem ser inspecionadas.

OBSTRUÇÃO E TRAUMATISMO LARÍNGEOS

A mucosa da parte superior da laringe é extremamente sensível e o contato com corpos estranhos provoca tosse imediata. Os corpos estranhos grandes podem obstruir a abertura da laringe ou rima glótica e pode ocorrer asfixia. Os objetos menores podem entrar na traqueia ou nos brônquios, ou alojar-se no ventrículo laríngeo e causar fechamento reflexo da glote com asfixia subsequente. Inflamação da parte superior da laringe, por exemplo, secundária à infecção, ou os efeitos da inalação de fumaça podem inchar a mucosa pelo derrame de líquidos no tecido submucoso frouxo (edema da supraglote). O derrame não envolve nem se estende abaixo das pregas vocais, pois aqui a mucosa está vinculada diretamente aos ligamentos vocais e não há tecido submucoso. Para restaurar uma das vias respiratórias livres, podem ser necessárias laringotomia abaixo das pregas vocais através do ligamento cricotireóideo ou traqueotomia abaixo da cartilagem cricóidea.

Feridas suicidas geralmente são feitas através da membrana tireo-hióidea, lesionando epiglote, vasos tireóideos superiores, artérias carótidas interna e externa e veias jugulares internas. Menos frequentemente, estas feridas são infligidas acima do osso hioide, a fim de que os músculos linguais e vasos linguais e faciais sejam lesionados.

LARINGE DO LACTENTE

A laringe do lactente difere acentuadamente de seu homólogo adulto. Embora tenha cerca de um terço do tamanho adulto, é proporcionalmente maior. Sua luz é curta e em forma de funil e desproporcionalmente mais estreita do que a do adulto. Encontra-se mais elevada no pescoço do que a laringe dos adultos (Fig. 33.10). Em repouso, a margem superior da epiglote do lactente está no nível da segunda ou terceira vértebras cervicais; quando a laringe é elevada, ela atinge o nível da primeira vértebra cervical. Esta posição alta possibilita que um lactente use sua via respiratória nasal para respirar enquanto é amamentado. A epiglote tem forma de X, com um pecíolo dobrado, e as cartilagens laríngeas são mais moles e mais flexíveis do que a laringe nos adultos (que pode predispor ao colapso das vias aéreas, na inspiração, levando ao quadro clínico de laringomalácia). A cartilagem tireóidea é mais curta e mais larga e fica mais perto do osso hioide no recém-nascido, o que significa que o ligamento tireo-hióideo é relativamente curto. Nem a incisura superior nem a proeminência da laringe são tão marcadas como nos adultos. A cartilagem cricóidea tem a mesma forma da de um adulto. As cartilagens aritenóideas são mais proeminentes e as pregas ariepiglóticas são desproporcionalmente grandes. As pregas vocais têm 4-4,5 mm de comprimento, o que é relativamente mais curto do que na infância ou na idade adulta. O ventrículo da laringe é pequeno, enquanto o sáculo da laringe é com frequência consideravelmente maior do que na vida adulta.

A mucosa da supraglote é mais frouxamente inserida do que na laringe do adulto e exibe várias glândulas submucosas. A inflamação da supraglote, assim, rapidamente resultará em grande edema. A mucosa também é frouxa na subglote, a parte mais estreita da laringe do lactente (3,5 mm de diâmetro em recém-nascidos). Inchaço neste ponto rapidamente resulta em obstrução respiratória grave, devido à luz desproporcionalmente mais estreita. Ao contrário do adulto, a cavidade subglótica do recém-nascido estende-se tanto posterior quanto inferiormente, o que é uma consideração importante quando se passa um tubo endotraqueal.

Por volta do terceiro ano, as diferenças sexuais tornam-se evidentes: a laringe é maior no sexo masculino, embora o ângulo entre as lâminas da tireoide seja mais pronunciado nas meninas. Na puberdade, estas mudanças aumentam e há um maior alargamento da laringe masculina.

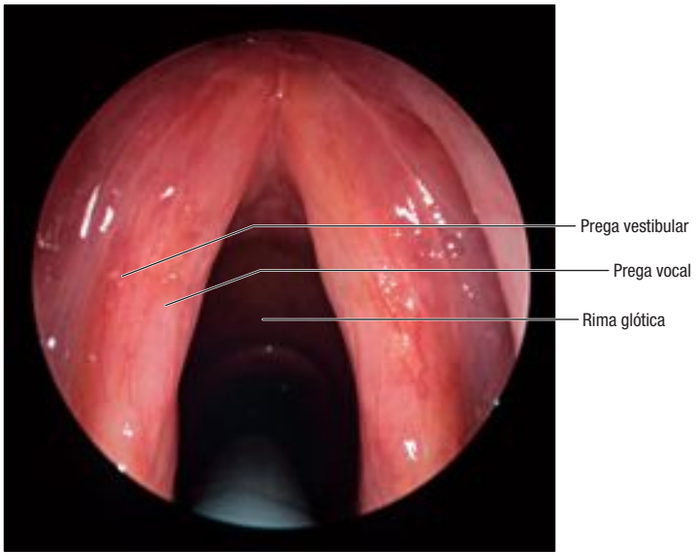


Fig. 34.8 Verdadeiras pregas vocais visualizadas através de um endoscópio com fibra. (Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 Head na Neck Anatomy. London: Martin Dunitz.)

ESPAÇO PARALUMINAIS

Há inúmeros espaços potenciais entre as cartilagens laríngeas e os ligamentos e membranas que as sustentam. Os três principais são os espaços pré-epiglóticos, paraglóticos e subglóticos. A sua definição precisa e a extensão até a qual eles se comunicam uns com os outros permanecem controversas. Eles não são compartimentos fechados e, portanto, sua existência não impede a propagação de tumores. A consciência da anatomia destes espaços, bem como as vias potenciais de disseminação de tumores a partir deles têm influenciado significativamente a abordagem cirúrgica à doença nesta região.

ESPAÇO PRÉ-EPIGLÓTICO

Seu nome indica que o espaço pré-epiglótico situa-se anterior à epiglote; na realidade, ele também se estende para além das margens laterais da epiglote, um arranjo que lhe dá a forma de uma ferradura. O espaço é primariamente preenchido com tecido adiposo e parece não conter qualquer linfonodo.

O limite superior é formado pela fraca membrana hioepiglótica, reforçada medialmente como o ligamento hioepiglótico mediano. O limite anterior é a membrana tireo-hióidea, reforçada medialmente como o ligamento tireo-hióideo mediano, e o limite inferior é o ligamento tireo-epiglótico, contínuo lateralmente com a membrana quadrangular atrás. O corno maior do osso hioide forma sua margem lateral superior. Inferolateralmente, o espaço pré-epiglótico está em continuidade com o espaço paraglótico, a partir de onde é frequentemente invadido pelo sáculo laríngeo. Está também em continuidade com a mucosa da superfície laríngea da epiglote através de múltiplas perfurações na cartilagem da epiglote. Neoplasias malignas da superfície laríngea da epiglote podem invadir a gordura e o tecido areolar do espaço pré-epiglótico através dessas perfurações.

ESPAÇO PARAGLÓTICO

O espaço paraglótico é uma região de tecido adiposo que contém o nervo laríngeo interno, o ventrículo laríngeo e todo ou parte do sáculo laríngeo. É limitada lateralmente pela cartilagem tireóidea e a membrana tireo-hióidea, superomedialmente pela membrana quadrangular, inferomedialmente pelo cone elástico e posteriormente pela fossa piriforme. A margem inferior da cartilagem tireóidea é inferior e o espaço paraglótico é contínuo inferiormente com o espaço entre as cartilagens cricóidea e tireóidea. Anteroinferiormente, existem deficiências na fenda paramediana na parte lateral do ligamento cricotireóideo anterior e, posteroinferiormente, tecido adiposo estende-se em direção à articulação cricotireóidea. Algumas autoridades excluem a tireoaritenóidea do espaço paraglótico. Superiormente,

o espaço geralmente é contínuo com o espaço pré-epiglótico, embora os dois espaços sejam separados por um septo fibroso.

Os tumores supraglóticos podem se espalhar para o espaço paraglótico e atingir a subglote, ou estenderem-se além dos limites da laringe. Os tumores ventriculares podem obstruir o fluxo de muco do sáculo e provocar sua expansão dentro do espaço paraglótico, formando um cisto sacular; o tumor em si também pode se espalhar transgloticamente e, assim, fixar a corda vocal, quer através de invasão da articulação cricoaritenóidea quer através de lesão do nervo laríngeo recorrente. A fixação da corda vocal é um bom indicador de um tumor no interior do espaço paraglótico. A proximidade da mucosa na fossa piriforme torna obrigatória a sua remoção em cirurgia para essa doença.

ESPAÇO SUBGLÓTICO

O espaço subglótico é limitado lateralmente pela membrana cricovocal, medialmente pela mucosa da região subglótica e, acima, pela parte de baixo do ligamento de Broyle na linha média. É contínua abaixo com a superfície interna da cartilagem cricóidea e sua mucosa.

MÚSCULOS

Os músculos da laringe podem ser divididos em grupos extrínsecos e intrínsecos. Os músculos extrínsecos da laringe ligam a laringe a estruturas vizinhas e são responsáveis por seu movimento vertical durante a fonação e a deglutição. Eles incluem os músculos infra-hióideos, tireo-hióideos, esternotireóideos e esterno-hióideos e o músculo constritor inferior da faringe. Dois dos três músculos levantadores da faringe, estilofaríngeo e palatofaríngeo, são também diretamente ligados à cartilagem tireóidea, principalmente ao aspecto posterior da lâmina tiróidea e cornos.

O papel dos músculos extrínsecos durante a respiração parece ser variável: tem-se observado que a laringe sobe, desce ou quase não se move durante a inspiração. Os músculos extrínsecos podem afetar o tom e a qualidade da voz através do aumento ou abaixamento da laringe, e o genio-hióideo eleva-se e desloca anteriormente a laringe, particularmente durante a deglutição.

Os músculos intrínsecos são o cricotireóideo, cricoaritenóideo posterior e lateral, aritenóideo transversal e oblíquo, ariepiglótico, tireoaritenóideo e sua parte subsidiária, vocal e tireoepiglótico: todos estão restritos à laringe em suas inserções e todos, exceto o aritenóideo transverso e o oblíquo, são pares (Fig. 34.9). Enquanto a maior parte dos músculos intrínsecos situa-se internamente, sob a cobertura da cartilagem tireóidea ou da mucosa, o cricotireóideo aparece na face externa da laringe.

Os músculos intrínsecos da laringe podem ser colocados em três grupos, de acordo com as suas ações principais. Os cricoaritenóideos posterior e lateral e os aritenóideos oblíquos e transversos variam as dimensões da rima glótica. Os cricotireóideos, cricoaritenóideos posteriores, tireoaritenóideos e vocais regulam a tensão dos ligamentos vocais. Na realidade, a obliquidade das facetas cricoaritenóideas significa que uma determinada sobreposição funcional entre estes dois grupos musculares é inevitável. Assim, alterações nas dimensões da rima glótica produzirão pequenas alterações no comprimento da prega vocal e o encurtamento das pregas vocais também resultará em um grau de adução. Os músculos aritenóideos oblíquos, ariepiglóticos e tireoepiglóticos modificam a abertura laríngea. Os pares bilaterais de músculos normalmente agem em consonância uns com os outros.

Os fusos neuromusculares foram encontrados em todos os músculos da laringe humana, sendo que o número máximo (23) foi encontrado no aritenóideo transverso. O controle da fonação exige uma coordenação neuromuscular bastante considerável e a propriocepção eficaz pareceria essencial para esta capacidade. A massa muscular relacionada com a adução compensa, de longe, a relacionada com abdução. Neste contexto, é de interesse observar que laringes normais revelaram evidências de algumas alterações degenerativas na região posterior do cricoaritenóideo, o único músculo associado à abdução, mas nenhuma delas nos músculos restantes.

MÚSCULOS INTRÍNSECOS

Aritenóideo oblíquo e ariepiglótico

Os aritenóideos oblíquos situam-se superficialmente ao aritenóideo transverso, e por vezes são considerados parte dele. Os aritenóideos cruzam entre si obliquamente na parte de trás da laringe, cada um estendendo-se a partir da parte de trás do processo muscular de uma cartilagem aritenóidea até o ápice do oposto. Algumas fibras continuam lateralmente ao redor do ápice do aritenóideo até a prega ariepiglótica, formando o músculo ariepiglótico.

Suprimento vascular O aritenóideo oblíquo recebe o seu suprimento sanguíneo dos ramos laríngeos das artérias tireóidea superior e inferior.

Inervação O aritenóideo oblíquo é inervado pelo nervo laríngeo recorrente.

Ações Os músculos aritenóideos oblíquos e ariepiglóticos agem como um esfíncter da abertura laríngea, aduzindo as pregas ariepiglóticas e aproximando as cartilagens aritenóideas ao tubérculo da epiglote. O seu desenvolvimento precário limita sua capacidade de agir como um esfíncter da abertura. Os interaritenóideos oblíquos são adutores fracos das pregas vocais e podem ser mais eficazes nesta ação do que os interaritenóideos transversos, devido à vantagem mecânica superior.

(Inter-)Aritenóideo transverso

O aritenóideo transverso é um músculo único, não pareado abaixo dos interaritenóideos oblíquos (Fig. 34.9C). Liga a fenda na parte posterior da laringe entre as duas cartilagens aritenóideas e preenche suas superfícies côncavas posteriores. É inserido na parte de trás do processo muscular e na margem lateral adjacente dos dois aritenóideos.

Suprimento vascular O aritenóideo transverso recebe o seu suprimento sanguíneo dos ramos laríngeos das artérias tireóidea superior e inferior.

Inervação O aritenóideo transverso é inervado pelos nervos laríngeos recorrentes. Também recebe ramos do nervo laríngeo interno, embora exista um debate sobre se estes ramos contêm algum impulso motor distinto. Os nervos formam um plexo denso, mas extremamente variável.

Ações O aritenóideo transverso puxa as cartilagens aritenóideas uma para a outra, fechando a parte posterior, intercartilaginosa da rima glótica, como ocorre durante um sussurro (Fig. 34.9C). Essa ação é realizada levando os aritenóideos para cima para que deslizem ao longo do declive dos ombros da lâmina cricóidea, sem rotação.

Cricoaritenóideo posterior

O cricoaritenóideo posterior origina-se na superfície da lâmina cricóidea (Fig. 34.9A). Suas fibras sobem lateralmente e convergem, inserindo-se nas superfícies superior e posterior do processo muscular da cartilagem aritenóidea ipsilateral. As fibras mais altas correm quase horizontalmente, o meio obliquamente e as mais baixas são quase verticais: algumas atingem a superfície anterolateral da cartilagem aritenóidea. Uma faixa adicional de músculo, ceratocricóidea, é por vezes observada em relação à margem inferior do cricoaritenóideo posterior, originando-se da cartilagem cricóidea e inserindo-se na face posterior do corno inferior da cartilagem tireóidea.

Suprimento vascular O cricoaritenóideo posterior recebe o seu suprimento sanguíneo dos ramos laríngeos das artérias tireóideas superior e inferior.

Inervação O cricoaritenóideo posterior é inervado pelo ramo laríngeo recorrente do vago.

Ações Os cricoaritenóideos posteriores são os únicos músculos da laringe que abrem a glote. Eles giram as cartilagens aritenóideas lateralmente em torno de um eixo que passa através das articulações cricoaritenóideas, produzindo a separação dos processos vocais e as pregas vocais em anexo (Fig. 34.9A). Eles também puxam os aritenóideos para trás, ajudando os cricotireóideos a alongar as pregas vocais. As fibras mais laterais levam as cartilagens aritenóideas lateralmente, e assim a rima glótica torna-se triangular quando os músculos cricoaritenóideos posteriores se contraem. Os cricoaritenóideos posteriores são ativos na produção de sons surdos.

Cricoaritenóideos laterais

O cricoaritenóideo lateral é inserido anteriormente à margem superior do arco cricoide. Ele sobe obliquamente para trás, inserindo-se à frente do processo muscular da cartilagem aritenóidea ipsilateral (Fig. 34.9B).

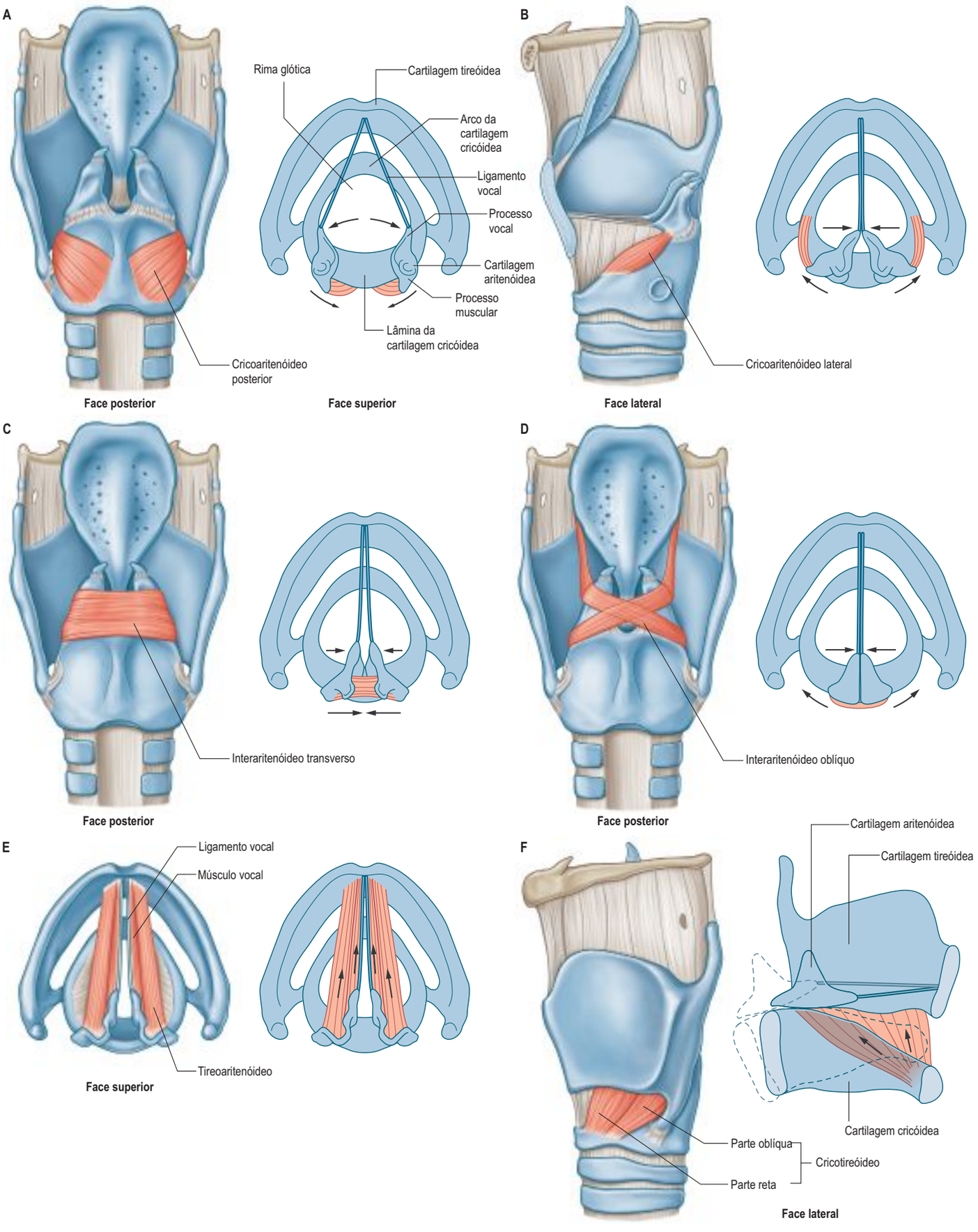


Fig. 34.9 Músculos intrínsecos da laringe nas vistas posteriores ou laterais com suas ações mostradas ao lado em uma vista superior. As setas indicam a direção do movimento da cartilagem em cada caso.

Suprimento vascular O cricoaritenóideo lateral recebe o seu suprimento sanguíneo dos ramos laríngeos das artérias tireóideas superior e inferior.

Inervação O cricoaritenóideo lateral é inervado por um a seis ramos da divisão terminal anterior do nervo laríngeo recorrente, sendo o padrão mais frequente constituído por três ramos. Na maioria dos casos, esses ramos originam-se sobre o músculo em si.

Ações O cricoaritenóideo lateral gira a cartilagem aritenóidea em uma direção oposta à do cricoaritenóideo posterior e, por isso, fecha a rima glótica (Fig. 34.9B). Quando o faz, junta as pontas dos processos vocais,

fechando a parte ligamentar da rima glótica, uma ação conhecida como compressão medial. A ação do cricoaritenóideo lateral em aduzir as pregas vocais é, portanto, distinta e complementar à dos músculos interaritenóideos. A contração do cricoaritenóideo lateral também resulta em encurtamento e relaxamento das pregas vocais.

Cricotireóideo

O cricotireóideo insere-se anteriormente no aspecto externo do arco da cartilagem cricóidea (Fig. 34.9F). Suas fibras passam para trás e divergem em dois grupos, uma parte "oblíqua" inferior que se inclina para trás e lateralmente até a margem anterior do corno inferior da tireoide, e uma parte superior "reta" que sobe mais acentuadamente para trás até a parte posterior da margem inferior da lâmina da tireoide. As margens mediais dos pares cricotireóideos são separadas anteriormente por uma fenda triangular ocupada pelo ligamento cricotireóideo mediano.

Suprimento vascular O cricotireóideo é suprido pela artéria cricotireóidea, um ramo da artéria tireóidea superior, que atravessa alta sobre o ligamento cricotireóideo para se comunicar com seus homólogos contralaterais.

Inervação Ao contrário dos outros músculos intrínsecos da laringe, o cricotireóideo é inervado pelo ramo externo do nervo laríngeo superior, e não pelo nervo laríngeo recorrente.

Ações O cricotireóideo alonga-se e afeta a tensão nas pregas vocais. E o faz através de um encurtamento do espaço entre a margem inferior da cartilagem tireóidea e cartilagem cricóidea, uma ação que aumenta a distância entre a ponta do processo vocal da cartilagem aritenóidea e a superfície posterior da lâmina tireóidea. A rotação ocorre na articulação cricotireóidea: ainda não se sabe qual cartilagem gira em maior medida, embora o consenso pareça ser de que a rotação predominante é pela cricóidea. Ao mesmo tempo, a parte posterior do cricotireóideo puxa a cartilagem tireóidea para a frente, e esta ação de deslizamento também alonga as pregas vocais.

Tireoaritenóideo e vocal

O tireoaritenóideo é um músculo largo e fino, que se situa lateralmente à prega vocal, ao cone elástico, ao ventrículo laríngeo e ao sáculo (Fig. 34.9E). Insere-se anteriormente na metade inferior do ângulo da cartilagem tireóidea e no ligamento cricotireóideo. Suas fibras passam para trás, lateralmente e para cima até a superfície anterolateral da cartilagem aritenóidea. As fibras inferiores e mais profundas formam uma banda que, em corte coronal, aparece como um feixe triangular inserido na superfície lateral do processo vocal e na impressão inferior da superfície anterolateral da cartilagem aritenóidea. Este feixe, o músculo vocal, é paralelo e imediatamente lateral ao ligamento vocal. Diz-se que é mais espesso atrás do que na frente, porque muitas fibras mais profundas começam no ligamento vocal e não se estendem para a cartilagem tireóidea. (Uma visão alternativa é que todas as suas fibras formam uma alça e entrelaçam-se à medida que passam da tireoide para a cartilagem aritenóidea.) Algumas fibras estendem-se ao longo da parede do ventrículo a partir da margem lateral da cartilagem aritenóidea até o lado da epiglote. O tireoaritenóideo superior, um músculo pequeno inconstante, situa-se na face lateral da massa principal do tireoaritenóideo; quando presente, estende-se obliquamente a partir do ângulo da tireoide até o processo muscular da cartilagem aritenóidea.

Suprimento vascular O tireoaritenóideo recebe o seu suprimento sanguíneo arterial dos ramos laríngeos das artérias tireóideas superior e inferior.

Inervação Todas as partes do tireoaritenóideo são supridas pelo nervo laríngeo recorrente. Ele também recebe um ramo comunicante do nervo laríngeo externo, embora não esteja claro se esses ramos transportam fibras motoras ou sensoriais.

Ações Os tireoaritenóideos levam as cartilagens aritenóideas para a cartilagem tireóidea, encurtando e relaxando desta maneira os ligamentos vocais. Ao mesmo tempo, eles giram as aritenóideas medialmente aproximando as pregas vocais e por isso ajudando no fechamento da rima glótica. O relaxamento das partes posteriores dos ligamentos vocais pelos músculos vocais, combinado com a tensão nas partes anteriores dos ligamentos, é responsável pela elevação do tom da voz. O vocal pode alterar o timbre da voz, afetando a massa das pregas vocais.

Tireoepiglótico

Muitas das fibras do tireoaritenóideo prolongam-se para a prega ariepiglótica, onde algumas terminam, e outras continuam em direção à margem epiglótica do tireoepiglótico. O tireoepiglótico pode alargar a abertura da laringe pela sua ação sobre as pregas ariepiglóticas.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

O suprimento sanguíneo da laringe deriva principalmente das artérias laríngeas superior e inferior (Fig. 34.10). Existem anastomoses ricas entre as artérias laríngeas contralaterais correspondentes e entre as artérias laríngeas ipsilaterais. As artérias laríngeas superiores suprem a maior parte dos tecidos da laringe, da epiglote até o nível das pregas vocais, incluindo a maior parte da musculatura laríngea. A artéria laríngea inferior supre a região em torno do cricotireóideo, enquanto seu ramo laríngeo posterior supre o tecido ao redor do cricoaritenóideo posterior.

Artéria laríngea superior

A artéria laríngea superior é normalmente derivada da artéria tireóidea superior, um ramo da artéria carótida externa, uma vez que esta artéria passa para baixo em direção ao polo superior da glândula tireoide. Contudo, por vezes, surge diretamente da artéria carótida externa entre as origens das artérias tireóideas superior e lingual. A artéria laríngea superior corre em direção à laringe, sendo que o ramo interno do nervo laríngeo superior situa-se acima dela. Ela entra na laringe penetrando a membrana tireo-hióidea e divide-se em inúmeros ramos que suprem a laringe a partir da ponta da epiglote até a margem inferior do tireoaritenóideo. Anastomosa-se com seu homólogo contralateral e com o ramo laríngeo inferior da artéria tireóidea inferior.

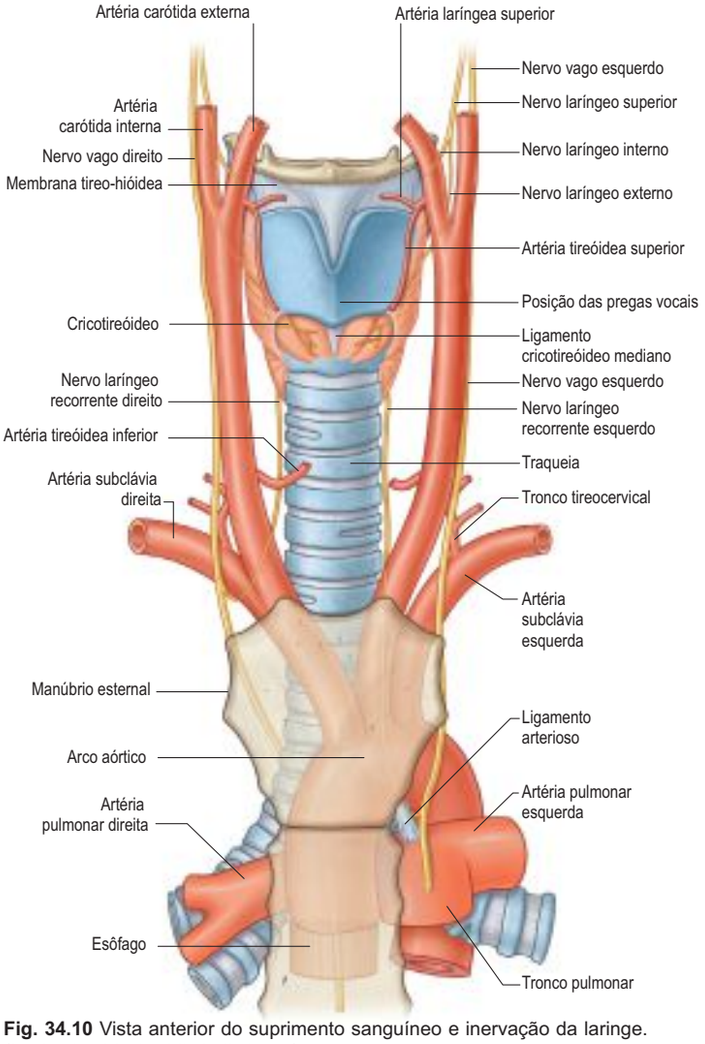


Fig. 34.10 Vista anterior do suprimento sanguíneo e inervação da laringe. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Artéria cricotireóidea

A artéria cricotireóidea origina-se na artéria tireóidea superior e pode contribuir para o suprimento da laringe. Segue um curso variável, seja ele superficial ou abaixo do esternotireóideo. Se superficial, pode ser acompanhada por ramos da alça cervical e, se abaixo dele, pode estar relacionada com o nervo laríngeo externo. Pode se anastomosar com a artéria do lado oposto e com as artérias laríngeas.

Artéria laríngea inferior

A artéria laríngea inferior é menor do que a artéria laríngea superior. É um ramo da artéria tireóidea inferior, que se origina no tronco tireocervical da artéria subclávia. Ela sobe na traqueia com o nervo laríngeo recorrente, entra na laringe na margem inferior do constritor inferior, logo atrás da articulação cricotireóidea, e supre os músculos da laringe e da mucosa. A artéria laríngea inferior anastomosa-se com sua homóloga contralateral e com o ramo laríngeo superior da artéria tireóidea superior.

A artéria laríngea posterior de tamanho variável tem sido descrita como uma característica regular que surge como um ramo interno da artéria tireóidea inferior.

Veias laríngeas superior e inferior

O retorno venoso a partir da laringe ocorre através das veias laríngeas superior e inferior, que funcionam paralelamente às artérias laríngeas e são tributárias das veias tireóideas superior e inferior, respectivamente. A veia tireóidea superior drena para a veia jugular interna, e a veia tireóidea inferior em geral para a veia braquiocefálica esquerda.

DRENAGEM LINFÁTICA

As pregas vocais, com sua mucosa firmemente ligada e escassez de linfáticos, promovem uma demarcação clara entre as áreas superior e inferior da laringe. Acima das pregas vocais, os vasos linfáticos que drenam a parte supraglótica da laringe acompanham a artéria laríngea superior, perfuram a membrana tireo-hióidea e terminam nos linfonodos cervicais profundos superiores, com frequência bilateralmente. Os linfáticos supraglóticos também se comunicam com os da base da língua. Abaixo das pregas vocais, alguns vasos linfáticos passam através do cone elástico, atingindo os linfonodos pré-laríngeos (délficos) e/ou linfonodos paratraqueais e pré-traqueais, enquanto outros acompanham a artéria laríngea inferior e juntam-se aos nodos cervicais profundos inferiores.

Disseminação dos tumores supraglóticos e subglóticos

Os linfonodos cervicais profundos superiores agem como vias de disseminação de tumores malignos da laringe supraglótica: até 40% desses tumores terão sofrido esta disseminação no momento da apresentação clínica. A glote é muito pouco dotada de vasos linfáticos: 95% dos tumores malignos restritos à glote apresentarão uma mudança de voz ou obstrução das vias aéreas, mas não mostrarão sinais de disseminação para linfonodos adjacentes na apresentação. Tumores da laringe subglótica frequentemente se disseminarão para a cadeia do linfonodo paratraqueal antes da apresentação clínica. No entanto, os sintomas de apresentação podem ser mudança na voz e obstrução das vias respiratórias, em vez de uma massa no pescoço, porque os linfonodos paratraqueais ocupam uma posição profundamente enraizada na raiz do pescoço e assim o seu aumento pode permanecer oculto.

INERVAÇÃO

A laringe é inervada pelos ramos interno e externo do nervo laríngeo superior, o nervo laríngeo recorrente e os nervos simpáticos (Figs. 34.10, 34.11). Convencionalmente, o nervo laríngeo interno é descrito como sensorial, o nervo laríngeo externo como motor, e o nervo laríngeo recorrente como misto. O nervo laríngeo interno é sensorial em direção às pregas vocais, o nervo laríngeo recorrente é sensorial abaixo das pregas vocais, e existe uma sobreposição entre os territórios inervados pelos dois nervos nas pregas vocais em si. Todos os músculos intrínsecos da laringe são supridos pelo nervo laríngeo recorrente, exceto para o cricotireóideo, que é suprido pelo nervo laríngeo externo. No entanto, inúmeras anastomoses entre estes três nervos foram descritas, com diferentes estimativas de sua incidência. A maioria ocorre na superfície posterior da laringe, formando o que tem sido descrito como um plexo laríngeo em paralelo

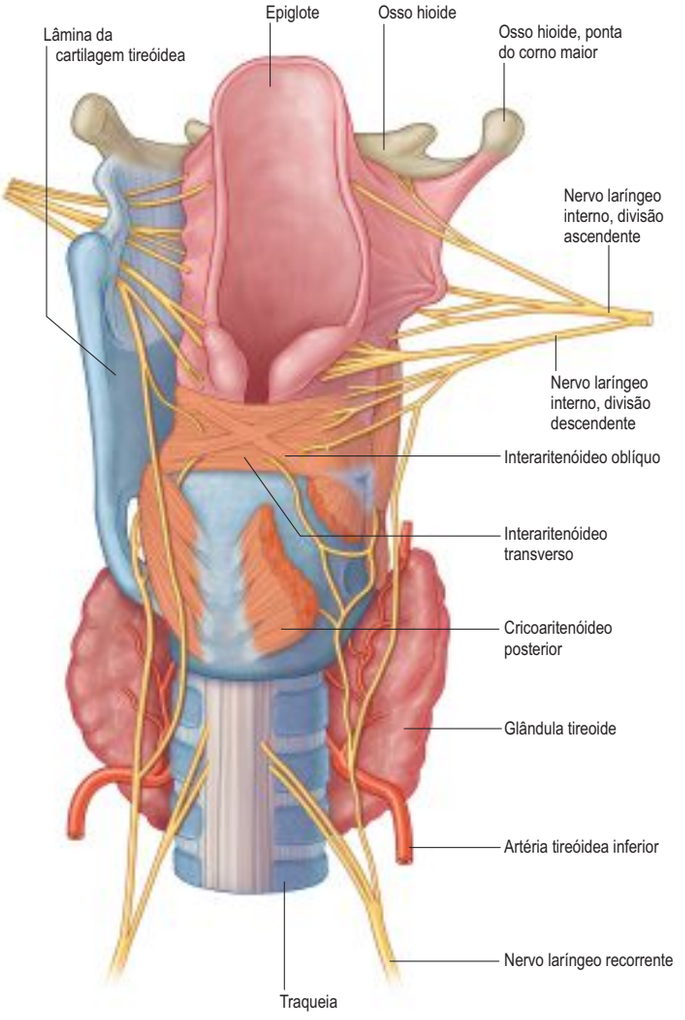


Fig. 34.11 Vista posterior da inervação laríngea.

ao plexo faríngeo. A sua natureza e função exatas não estão claras, mas, como se acredita que algumas conduzem fibras motoras, é razoável supor que comumente funções atribuídas aos três nervos laríngeos podem ser mais complexas do que as descrições convencionais indicam e isto pode ter implicações clínicas potenciais.

O curso detalhado do vago no pescoço é descrito na página 458.

Nervo laríngeo superior

O nervo laríngeo superior origina-se na metade do gânglio vagal inferior e, em seu curso, recebe uma ou mais comunicações a partir do gânglio simpático cervical superior; mais frequentemente, a ligação é com o nervo laríngeo externo. O nervo laríngeo superior divide-se em dois ramos – um menor, externo, e um ramo interno maior – aproximadamente de 1,5 cm abaixo do gânglio; raramente ambos os ramos podem surgir a partir do gânglio.

Nervo laríngeo interno

O nervo laríngeo interno passa adiante aproximadamente 7 mm antes de perfurar a membrana tireo-hióidea, geralmente a um nível mais alto do que a artéria tireóidea superior. Ele divide-se em ramos superior, médio e inferior ao entrar na laringe. O ramo superior supre a mucosa da fossa piriforme. O grande ramo médio supre a mucosa da fossa piriforme. O ramo médio grande é distribuído para a mucosa do ventrículo, especificamente a membrana quadrangular, e, portanto, provavelmente conduz o componente aferente do reflexo da tosse. O ramo inferior é distribuído principalmente para a mucosa do ventrículo e cavidade subglótica. Sobre a parede medial da fossa piriforme, ramos descendentes ramificam-se para o músculo interaritenóideo e compartilham inúmeros ramos comunicantes com o nervo laríngeo recorrente.

Nervo laríngeo externo

O nervo laríngeo externo continua para baixo e para a frente na superfície lateral do constritor inferior, com o qual contribui com alguns pequenos ramos. Na verdade, em aproximadamente 30% dos casos, o nervo está localizado dentro das fibras do músculo constritor. Ele passa por baixo da

inserção do esternotireóideo até a linha oblíqua da cartilagem tireóidea e supre o cricotireóideo. Um nervo comunicante continua a partir da superfície posterior do cricotireóideo, cruza a fossa piriforme e entra no tireoaritenóideo, onde se anastomosa com ramos provenientes do nervo laríngeo recorrente. Tem sido sugerido que esses ramos comunicantes podem fornecer tanto componentes motores adicionais para o tireoaritenóideo como fibras sensoriais para a mucosa na região da subglote. Uma anastomose entre os nervos laríngeos externo e interno também foi descrita em alguns casos.

A relação estreita do nervo laríngeo externo com a artéria tireóidea superior põe o nervo em risco potencial quando a artéria é clipada durante lobectomia da tireoide. O nervo laríngeo externo está potencialmente em risco onde está particularmente próximo à artéria (em cerca de 20% dos casos) ou onde, em vez de atravessar os vasos tireóideos superiores aproximadamente 1 cm ou mais acima do polo superior da glândula, ele na verdade passa abaixo deste ponto (em cerca de 20% dos casos).

Nervo laríngeo recorrente

A parte superior do nervo laríngeo recorrente tem uma relação estreita, mas variável, com a artéria tireóidea inferior: ela pode passar na frente, por trás ou paralelamente à artéria. O nervo penetra na laringe, passando abaixo (dois terços dos casos) ou entre (um terço dos casos) as fibras de cricofaríngeo em sua inserção na face lateral da cartilagem cricoide. Supre o cricofaríngeo quando ele passa. Neste ponto, o nervo está em íntima proximidade com a face posteromedial da glândula tireoide. O tronco principal divide-se em dois ou mais ramos, geralmente abaixo da margem inferior do constritor inferior, embora possa ocorrer ramificação bem mais acima. O ramo anterior é principalmente motor e é às vezes chamado de nervo laríngeo inferior (embora seja melhor evitar este termo), enquanto o ramo posterior é principalmente sensorial. O ramo anterior do nervo laríngeo recorrente sobe posteriormente à articulação cricotireóidea e seu ligamento, e em geral é coberto por fibras do cricoaritenóideo posterior neste ponto. Curva-se sobre a articulação, continuando para a frente sobre o músculo cricoaritenóideo lateral antes de terminar no tireoaritenóideo.

O ramo anterior do nervo laríngeo recorrente primeiramente inerva o cricoaritenóideo posterior por um ou mais ramos, depois inerva o interaritenóideo e o cricoaritenóideo lateral, e termina no tireoaritenóideo, que ele também supre.

O nervo laríngeo recorrente forma várias anastomoses com os nervos laríngeos superiores (Fig. 34.11). O ramo posterior do nervo laríngeo recorrente sobe abaixo do cricoaritenóideo posterior, juntando-se ao ramo descendente do nervo laríngeo interno. Além disso, a alça de Galeni, que se situa nos músculos interaritenóideos, forma uma ligação direta entre os nervos laríngeos recorrente e interno (Fig. 34.11), enquanto há também uma anastomose complexa dentro e ao longo da superfície posterior dos músculos interaritenóideos; e, menos frequentemente, anastomosa-se na lâmina cricoide e no tireoaritenóideo e também forma conexões com o nervo laríngeo interno.

O nervo laríngeo recorrente nem sempre se encontra em uma posição protegida no sulco traqueoesofágico, mas pode ser ligeiramente anterior a ele (mais frequentemente à direita) e pode ser acentuadamente lateral à traqueia no nível da parte inferior da glândula tireoide. À direita, o nervo é frequentemente anterior, posterior, ou intercalado com os ramos terminais da artéria tireóidea inferior. À esquerda, o nervo geralmente é posterior à artéria, embora, ocasionalmente, se situe anteriormente a ela. O nervo pode suprir os ramos extralaríngeos para a laringe, que surgem antes que ele passe atrás do corno tireóideo inferior.

Fora de sua cápsula, a glândula tireoide tem uma cobertura distinta de fáscia pré-traqueal que se divide em duas camadas na margem posterior da glândula. Uma camada cobre toda a superfície medial do seu lobo; no istmo, ou um pouco acima dele, é conspicuamente espessada, formando o ligamento lateral da glândula tireoide, que fixa a glândula à traqueia e à parte inferior da cartilagem cricóidea. A outra camada é posterior, passa por trás do esôfago e faringe e é inserida à fáscia pré-vertebral (pág. 439). Desta forma, um compartimento é formado em cada lado da linha média, lateralmente à traqueia e ao esôfago; o nervo laríngeo recorrente e as partes terminais da artéria tireóidea inferior encontram-se na gordura deste compartimento. O nervo pode ser lateral ou medial ao ligamento lateral da glândula tireoide e, por vezes, pode ser incrustado nela.

Uma anomalia muito rara que tem relevância para a patologia e a cirurgia laríngeas é o chamado nervo laríngeo "não recorrente", onde o nervo laríngeo recorrente decorre diretamente do tronco do nervo vago no alto do pescoço e entra na laringe perto do polo inferior da glândula tireoide. Apenas o lado direito é acometido, e é sempre associado a uma origem anormal da artéria subclávia direita a partir do arco aórtico no lado esquerdo. Se não reconhecido, um nervo laríngeo não recorrente pode ser suscetível a lesões durante a cirurgia. Também pode ser potencialmente comprimido por pequenos tumores da glândula tireoide (pág. 462).

Lesões do nervo vagal e paralisia do nervo laríngeo recorrente

A paralisia unilateral completa do nervo laríngeo recorrente é mais comum no lado esquerdo, presumivelmente porque o nervo é mais longo deste lado. Há paralisia isolada de todos os músculos da laringe sobre o lado acometido, exceto do cricotireóideo, que é inervado pelo nervo laríngeo externo. O paciente pode ser assintomático ou apresentar voz rouca e soprosa, e haverá uma perda da capacidade de manipular o tom. A rouquidão pode ser permanente ou pode tornar-se menos grave com o tempo à medida que a corda contralateral desenvolve a capacidade de superaduzir e colocar à frente a corda paralisada, de modo que a glote se feche durante a fonação e a tosse, embora isto raramente seja suficiente para restabelecer a plena qualidade de voz.

Clinicamente, a posição da prega vocal na fase aguda após corte do nervo laríngeo recorrente é muito variável. O estridor é mais comum após lesões bilaterais, mas de maneira alguma é a regra; na verdade, as pregas podem ser suficientemente abduzidas, de maneira a haver pouco problema com obstrução das vias respiratórias, embora a voz seja sempre mais fraca nesta situação. As pregas são mais amplamente separadas em lesões crônicas, o que significa que a voz fica mais fraca, mas a via respiratória superior é mais protegida. Atrofia e fibrose dos músculos paraglóticos provavelmente afetam a posição das pregas vocais paralisadas em lesões crônicas, em maior grau do que as variações na resistência dos grupos de músculos abdutores e adutores em sua frente.

Durante muitos anos, a sabedoria convencional era de que os movimentos de abdução eram afetados em maior grau do que os de adução quando o nervo laríngeo recorrente era parcialmente lesionado (lei de Semon). Isto foi atribuído à presumível segregação dos axônios que suprem os músculos abdutores da laringe dentro do nervo laríngeo recorrente. No entanto, estudos de nervos humanos não sustentaram esta ideia, e demonstraram que axônios destinados a determinados músculos da laringe são distribuídos aleatoriamente dentro do nervo laríngeo recorrente. Parece mais provável que a relativa falta de abdução nessas lesões seja uma consequência da fraca abdução produzida pelo cricotireóideo, que é poupado. A dificuldade de prever o efeito de lesões parciais do nervo laríngeo recorrente pode refletir os padrões variáveis de anastomoses entre os nervos laríngeos.

A paralisia de toda a musculatura laríngea (incluindo o cricotireóideo) sugere uma lesão proximal ao gânglio inferior (nodoso) que envolve o nervo laríngeo superior, bem como o nervo laríngeo recorrente. A corda acometida é paralisada e situa-se na chamada posição "cadavérica" na metade do caminho entre abdução e adução. Se a lesão for unilateral, a voz é rouca e fraca, mas se for bilateral, a fonação é praticamente inexistente, a altura da voz não pode ser alterada, e a tosse é fraca e ineficaz.

Há um debate sobre o efeito de lesões do nervo laríngeo externo. O corte completo é mais provável durante a ligadura dos vasos que formam o pedículo vascular da glândula tireoide durante lobectomia da tireoide, e caracteristicamente provoca soprosidade e leve rouquidão acompanhada de altura e timbre reduzidos em lesões bilaterais; estes efeitos não podem ser notados quando as lesões são unilaterais.

Lesões ao nervo laríngeo interno provocam perda da sensação mecanorreceptiva e proprioceptiva da laringe. Unilateralmente, isto produz uma sensação de que algo está preso na garganta. Bilateralmente, resultará em aspiração e pode causar disfagia, com um risco de asfixia.

Inervação autonômica

As fibras parassimpáticas secretomotoras correm com os nervos laríngeos superior e recorrente para as glândulas mucosas da laringe. As fibras simpáticas pós-ganglionares correm para a laringe com o seu suprimento sanguíneo; originam-se nos gânglios cervicais superior e médio.

ANATOMIA DA FALA

A principal função biológica da laringe é agir como um esfíncter que controla a entrada de corpos estranhos nas vias respiratórias e regula o fluxo aéreo durante a ventilação. Assim, a laringe é amplamente aberta durante a ventilação e é firmemente fechada durante a deglutição. A laringe também pode se fechar firmemente durante exercício, em esforço para fechar, para regular as pressões torácica e abdominal durante atividades como a defecação ou o parto, ou para fixar o tórax a fim de aumentar a vantagem mecânica quando se utilizam os braços para levantar objetos. A importância desta última atividade não deve ser subestimada: um dos muitos problemas relatados por pacientes que foram submetidos a uma laringoectomia é uma perda de potência em seus braços ao tentar levantar objetos pesados.

A laringe é muito mais do que uma simples válvula que abre e fecha. Além das suas funções esfincterianas, a sua localização significa que ela

está perfeitamente posicionada para atuar como uma fonte de som, ou voz, que constitui a base de quase todos os sons na fala humana. A estrutura musculoesquelética da laringe está sob controle neuromuscular requintado, o que lhe possibilita modificar o fluxo expiratório para produzir padrões altamente complexos de som de vários timbres, frequência e duração. A capacidade de executar esses movimentos complexos depende em grande parte de áreas específicas dos hemisférios cerebrais que estão envolvidas nos aspectos motores da linguagem, como a fala e a escrita, e manifestações sensoriais da linguagem, incluindo a leitura e a compreensão da palavra falada.

VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DA FALA

Toda fala exige uma entrada de energia. Para todos os sons das línguas europeias ocidentais e para a maioria dos sons em outras línguas, esta energia assume a forma de uma expiração pulmonar. Este fluxo de ar contínuo é convertido em uma vibração na laringe por um mecanismo chamado fonação, no qual as pregas vocais vibram periodicamente, interrompendo a coluna de ar à medida que deixa os pulmões e convertendo-a em uma série de jatos de ar discretos. Os sons da fala produzidos pela vibração da prega vocal desta forma são chamados de sonoros. Os sons da fala que são produzidos sem vibração da prega vocal são denominados mudos.

A laringe é uma fonte inadequada de som: o "zumbido" da laringe que é produzido pela fonação é muito silencioso e pode não ser variado o suficiente para produzir a complexa gama de sons que é a fala humana. A amplificação e modificação do som ocorrem no trato vocal supralaríngeo, que pode ser considerado como um tubo longo de 17 cm, estreito na laringe e que se alarga para fora proximamente à medida que passa através da faringe e de cavidades nasais e orais. Este tubo funciona como um amplificador passivo do som. (A analogia aqui é de um megafone: fazer um cone com as mãos ao redor dos lábios alonga o trato vocal e aumenta o volume da fala). O trato vocal supralaríngeo modifica a vibração básica da laringe, alterando a sua geometria, comprimento e calibre: ele produz uma série de ressonadores que podem atenuar ou amplificar determinadas frequências de sons e podem transitoriamente interromper o fluxo de ar exalado e modificá-lo produzindo a fala. Este processo é conhecido como articulação. A gama de sons que o trato vocal humano é capaz de produzir é muito grande, embora qualquer linguagem humana empregue um subconjunto destes sons para transmitir significado.

CONTROLE MUSCULAR DA CORRENTE DE AR

A ventilação vegetativa normal envolve movimentos rítmicos da caixa torácica que são produzidos pelos músculos intercostais e diafragma e uma série de músculos acessórios do pescoço, braço e abdome que tem uma inserção em alguma parte da caixa torácica. O tórax é capaz de responder mecanicamente às diversas demandas de oxigênio. A partir de um volume corrente em repouso de 500 mL e uma frequência respiratória de 12 por minuto, a ventilação pode aumentar em indivíduos aptos durante exercício vigoroso para volume corrente de 4,5 L e frequências respiratórias de 20-25.

Os padrões ventilatórios normais são consideravelmente modificados durante a fala, o que reflete as exigências especiais que a fala estabelece sobre a ventilação. A principal fonte de energia para a produção dos sons da fala é uma expiração pulmonar, embora outros mecanismos sejam possíveis. Para que a fala seja produzida, deve-se gerar pressão suficiente abaixo das pregas vocais. Esta pressão subglótica (a diferença entre as pressões do ar acima e abaixo das pregas vocais) tem de ser mantida acima de um nível mínimo durante toda uma vocalização. Ela coloca as pregas vocais em vibração se o som tiver de ser sonoro ou gera fluxo de ar para um som surdo. A pressão subglótica mínima necessária para a produção vocal é de 7 cmH_20, e ela aumenta quando os sons altos são produzidos ou quando os sons são enfatizados.

A necessidade de gerar pressão suficiente sustentada significa que a ventilação da fala é marcadamente arrítmica. No início de uma vocalização, a inspiração é tipicamente de 1,5 L, o que é mais profundo do que para a ventilação silenciosa normal, garantindo que ar suficiente é inspirado para manter uma pressão subglótica adequada para a duração da vocalização. A inspiração também é mais rápida, de 0,5 s em vez de 2-3 s. A expiração é muito mais longa do que o normal, talvez com a duração de 30 s, refletindo o fato de que o trato vocal é mais restrito à laringe para garantir que pausas para novas inspirações sejam feitas em pontos adequados em uma vocalização. No final da primeira inspiração durante a fala em curso, volumes pulmonares não retornam totalmente para os níveis de repouso. A fala conversacional normalmente ocorre em uma maior gama de capacidades pulmonares que operam na ventilação silenciosa normal.

O padrão arrítmico durante a fala requer maior esforço inspiratório e, para a maioria das pessoas, envolve um maior uso do diafragma, geralmente em combinação com os músculos abdominais que estão ligados às costelas inferiores (eles estabilizam as inserções costais do diafragma e aumentam a eficácia da sua ação) (pág. 1011). No entanto, as principais diferenças são observadas na expiração. A fala ocorre com volumes pulmonares maiores, o que significa que forças de recuo maiores são armazenadas nos tecidos elásticos dos pulmões e da caixa torácica. A geração da pressão subglótica é o produto dessas forças elásticas de recuo e forças musculares geradas pela musculatura expiratória. No início de uma vocalização, as forças de recuo não restritas gerariam pressões subglóticas excessivas que seriam dissipadoras de ar e, consequentemente, de energia, e afetariam o timbre da fala. Ao contrário, no final de uma vocalização, à medida que as forças de recuo declinam, a pressão subglótica cairia sem esforço muscular adicional. Assim, no início de uma vocalização, os músculos inspiratórios, especialmente os intercostais externos e as partes paraesternais dos intercostais internos, continuam a se contrair, relaxando lentamente para neutralizar os efeitos do recuo elástico passivo excessivo. À medida que as forças de recuo diminuem abaixo do ponto onde podem manter a pressão subglótica mínima necessária para a fonação, os músculos expiratórios contraem-se para manter a pressão subglótica à medida que o volume de ar pulmonar se aproxima de seu nível expiratório de repouso. Os principais músculos envolvidos são as partes costais dos intercostais internos e os músculos torácicos transversos. Suas ações são auxiliadas pela contração da musculatura abdominal anterior para comprimir o abdome. Os músculos acessórios, como o grande dorsal, também podem entrar em jogo, mas normalmente estes músculos acessórios são ativos apenas no final de uma vocalização muito longa ou forte, ou em pacientes cuja função ventilatória está comprometida.

Embora a pressão subglótica tenda a permanecer relativamente constante durante uma vocalização, ela aumenta quando os sons são enfatizados e cai durante a produção de sons surdos quando a laringe é menos contraída. Nesses momentos, os mecanismos compensatórios para garantir que a pressão seja mantida são necessários; os mecanismos precisos ainda têm de ser elucidados, mas os músculos intercostais internos foram implicados. Os músculos abdominais anteriores também são ativos no cantar, no gritar e nas tentativas de falar sem a pausa necessária para inspiração. Contrariamente à crença popular, o diafragma tem um papel pequeno na regulação da força expiratória. Ao contrário dos músculos intercostais, a musculatura diafragmática é escassamente suprida com fusos musculares e, portanto, o controle do diafragma é pouco regulado: mudanças mínimas podem ser realizadas com maior sucesso utilizando os músculos intercostais e abdominais anteriores.

Embora o fluxo aéreo expiratório dos pulmões seja a fonte de energia para a maioria dos sons da fala, outras fontes de fluxo também são utilizadas. A laringe pode ser usada para gerar fluxo aéreo. O som /p/ é produzido pelo fechamento da laringe e depois por sua elevação com os lábios fechados, usando a laringe como um pistão. A abertura dos lábios, em seguida, libera um sopro de ar, que é chamado ejetivo e é um exemplo de fluxo de ar glótico para fora. O fluxo de ar glótico para dentro também é possível, embora menos eficaz; não há exemplos em português (nem em inglês), mas eles ocorrem em algumas línguas nativas africanas e americanas. Um terceiro tipo de fluxo de ar é o velárico, no qual parte de trás da língua é levantada contra um palato mole rebaixado e o trato vocal é fechado anteriormente a esse ponto, seja no nível dos lábios ou com a língua contra o palato duro. Este fluxo produz um clique e é raro. Um exemplo não linguístico é o som feito para encorajar um cavalo. O fluxo de ar pulmonar para dentro, como é encontrado em um gemido ou em um suspiro, é teoricamente possível, mas nenhuma língua do mundo utiliza-o como uma fonte de fluxo aéreo.

Após a retirada da laringe, como após câncer de laringe, os pacientes podem ser ensinados a engolir ar, armazená-lo em um segmento do esôfago e então usá-lo como fonte de energia para produzir fluxo de ar esofágico para fora (fala esofágica). A fala nestas circunstâncias tende a ter uma qualidade de arroto e pode ser mal formulada. Os pacientes submetidos à laringoectomia sempre produzem frases que são mais curtas do que o normal, de modo que próteses que incorporam válvulas e *shunts* cirúrgicos são frequentemente inseridas para proporcionar uma corrente de saída de ar maior, por meio do desvio do ar a partir do trato respiratório até o esôfago.

FONAÇÃO

A posição padrão da rima glótica é aberta, para manter a desobstrução da via respiratória durante a respiração. Na respiração silenciosa, a parte intermembranosa anterior da rima glótica é triangular quando observada de cima. Seu ápice é anterior e sua base, posterior, e ela é representada por uma linha imaginária de aproximadamente 8 mm de comprimento que liga as extremidades anteriores dos processos vocais das cartilagens arite-

nóideas. A parte intercartilaginosa entre as superfícies das aritenóideas é retangular, pois os dois processos vocais situam-se paralelamente entre si. Durante a respiração forçada, a rima glótica é alargada e as pregas vocais são totalmente abduzidas, aumentando as vias respiratórias. As cartilagens aritenóideas rodam lateralmente e elas movem seus processos vocais separando-os, e convertem a rima glótica em uma forma de diamante na qual tanto as partes intermembranosas como as intercartilaginosas são triangulares. A maior largura da rima glótica está no ponto de inserção das pregas vocais nos processos vocais.

Durante a fala, as pregas vocais verdadeiras vibram agindo como uma fonte de som para a fala subsequente. Tem havido um grande número de teorias para explicar o mecanismo que produz esta vibração, mas elas são hoje apenas de interesse histórico. A teoria aerodinâmico-mioelástica é geralmente aceita como mecanismo subjacente à vibração da prega vocal, embora não seja responsável por todos os aspectos da fonação.

No início de uma vocalização, durante uma expiração, as pregas vocais verdadeiras são aduzidas: os cricoaritenóideos laterais e interaritenóideos reúnem tanto as partes intercartilaginosas como as intermembranosas da glote, ações que fecham a glote totalmente ou reduzem o espaço entre as pregas vocais a uma fissura linear. A membrana mucosa que cobre os músculos interaritenóideos, a prega interaritenóidea, invade a laringe quando estes músculos aduzem os aritenóideos, e assim ajuda no fechamento da parte intercartilaginosa da rima glótica. As pregas vocais são também tensas, um pré-requisito essencial para vibração. Estas ações provocam um acúmulo de pressão subglótica que continua até que um ponto é atingido quando a força muscular de adução já não é suficiente para resistir à crescente pressão, e as pregas vocais são forçadas a se abrir um pouco, liberando ar para o trato vocal supralaríngeo. A pressão glótica cai quando as cavidades subglótica e supraglótica tornam-se contínuas e as pregas vocais começam a fechar. Dois mecanismos provocam o fechamento. Se a tensão de adução for mantida, as pregas vocais fecharão. Além disso, o fechamento rápido é auxiliado por um processo físico, o efeito Bernoulli. A força do ar a partir de uma região de alta pressão para uma de baixa pressão através de um espaço estreito provoca um aumento na energia cinética das moléculas na extremidade do espaço. O seu efeito é abaixar a pressão no espaço entre as pregas no nível das pregas em si, e esta pressão negativa simplesmente suga as pregas juntas, porque elas são móveis, o que provoca mais um aumento na pressão subglótica, e o ciclo repete-se. O efeito é provocar a liberação de uma série de jatos de ar para o trato vocal supralaríngeo a uma frequência de muitas vezes por segundo, o que é percebido como um som de uma determinada frequência (Figs. 34.12, 34.13).

A fonte de energia para a vibração não provém da própria laringe. As pregas vocais não se comportam como os pinos de um diapasão: o seu movimento predominante é no plano horizontal perpendicular ao movimento da coluna de ar, e há pouco movimento vertical. A energia é proveniente do movimento do ar gerado pelas forças musculares e de recuo no tórax, e a laringe está simplesmente cortando aquela coluna em uma série de segmentos.

A teoria aerodinâmico-mioelástica não explica como a vibração da prega vocal é sustentada, nem é responsável pelo componente muco-ondulatório de vibração da prega vocal que é visível quando a laringe é visualizada estroboscopicamente. Sem novas entradas de energia, a vibração das pregas vocais, como descrito anteriormente, não seria sustentada, mas seria amortecida e gradualmente diminuída. Para as vibrações continuarem, tem de haver fonte de energia adicional. A analogia aqui é com

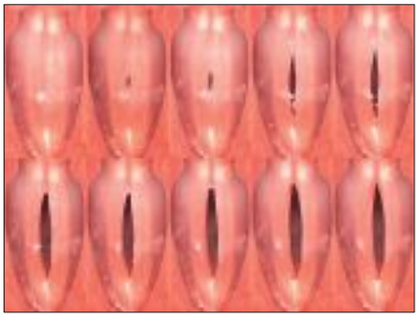


Fig. 34.12 Videomontagem do ciclo fonatório normal, obtida com a utilização de um endoscópio de fibras rígido com iluminação estroboscópica. (Por cortesia do Professor Paul Carding.)

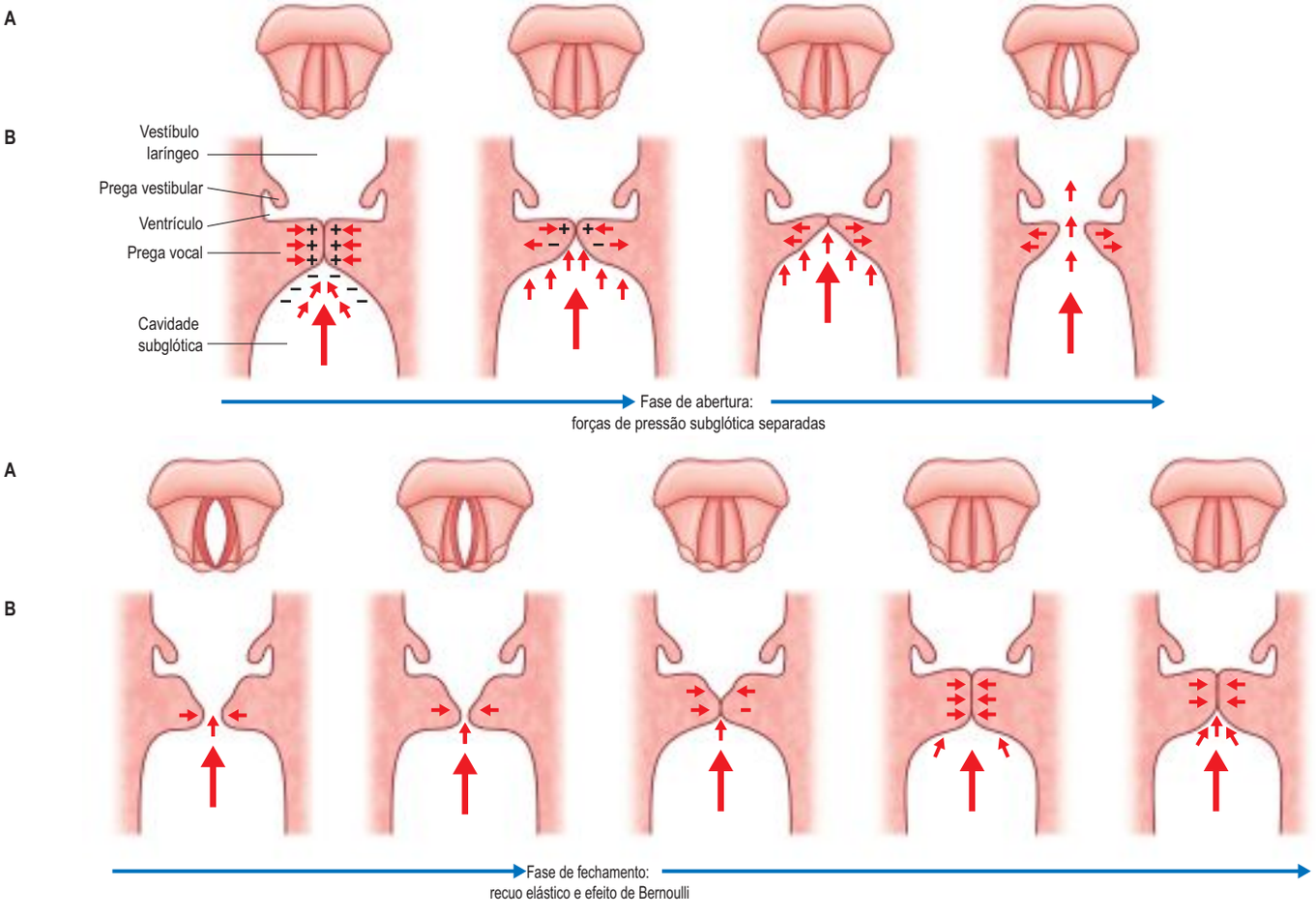


Fig. 34.13 Posição das pregas vocais durante um ciclo de vibração da prega vocal (ciclo fonatório) em vistas superior (**A**) e coronal (**B**).

uma criança em um balanço. Para que o movimento continue, o pai ou a mãe têm de empurrar a criança em um ponto adequado no ciclo, ou a própria criança tem de sustentar o movimento balançando as pernas no ponto crucial do ciclo do balanço. No caso da fonação, a fonte dessa energia adicional não é clara. Ela pode vir a partir da inércia da coluna de ar em si, ou seja, quando as pregas vocais se fecham, a coluna de ar continua se movendo para cima, porque a inércia cria uma pressão negativa acima da prega. Alternativamente, a energia poderia vir a partir da maneira como as pregas abrem e fecham. À medida que a pressão subglótica aumenta, a porção inferior da prega abre-se primeiro e a extremidade superior da prega abre-se por último, e quando a pressão subglótica cai, as pregas fecham-se a partir da extremidade inferior. Tem sido sugerido que este fechamento não uniforme cria formas diferentes dentro da glote que podem resultar em diversas pressões negativas em diferentes fases do ciclo. Também produz um movimento vertical semelhante a uma onda nas pregas, denominado componente muco-ondulatório. A analogia aqui é com uma bandeira que voa com o vento, e reflete as diferentes rigidezes das diversas camadas das pregas vocais descritas anteriormente. Este componente vertical transmitirá uma quantidade insignificante de energia para a coluna de ar, mas é provável que transmita harmônicos para a vibração laríngea básica.

O som que resulta do processo de fonação tem três características: uma frequência que é percebida como altura, um volume que é percebido como intensidade e um timbre que é percebido como qualidade de voz.

A frequência fundamental da voz humana é determinada pela duração em repouso das pregas vocais e varia com a idade e o sexo. A faixa de frequência da voz humana é de 60 a 500 Hz, com uma média de aproximadamente 120 Hz no sexo masculino, 200 Hz no sexo feminino e 270 Hz em crianças. O mecanismo de alteração da frequência não está totalmente claro. Um aumento na pressão subglótica provocará uma elevação da frequência de fonação. No entanto, durante uma vocalização, a pressão subglótica parece manter-se relativamente constante, o que sugere que o mecanismo de alteração da frequência reside nas mudanças intrínsecas dentro das pregas vocais. As variações na frequência (alterações de altura) durante uma vocalização são determinadas pelas inter-relações complexas entre comprimento, tensão e espessura das pregas vocais: uma destas variáveis não pode ser alterada sem afetar os outros dois parâmetros, em certa medida. Mudanças macroscópicas das pregas vocais demonstram os efeitos dessas variáveis. Pregas vocais inflamadas e inchadas são muito mais espessas do que o normal e resultam em uma voz rouca. Na puberdade, o crescimento da cartilagem tireóidea no sexo masculino alonga as pregas vocais e reduz a frequência fundamental e, consequentemente, a voz "quebra-se". Durante o pânico, as pregas vocais podem ficar tensas, o que significa que o grito por ajuda é um guincho muito alto.

A altura é aumentada por meio do aumento do comprimento das pregas vocais, como pode ser confirmado durante o exame endoscópico direto da laringe. À primeira vista, isso pode parecer contraintuitivo, mas, como as pregas vocais são alongadas, haverá um consequente adelgaçamento e mudança de tensão. Embora frequentemente se faça uma analogia entre as pregas vocais e a vibração de pregas, uma melhor analogia é a de um elástico: se uma faixa de borracha é esticada, a tensão aumenta, mas a espessura diminui. As pregas vocais podem ser alongadas em até 50% do seu comprimento em repouso. É provável que a altura inicial estabelecida seja atingida por ação dos cricotireóideos, e que ajustes finos possam ser então realizados com o uso dos vocais. A paralisia dos dois cricotireóideos, que geralmente está associada à perda de neurônios que são distribuídos através do nervo laríngeo superior (como resultado de lesão aos núcleos vagais no acidente vascular de tronco cerebral), resulta em rouquidão e incapacidade permanente para variar a altura da voz. É importante lembrar que, quando as pregas vocais são colocadas em movimento, elas vão se desviar de sua configuração original ao vibrarem. O *feedback* auditivo dos sons produzidos é utilizado para fazer ajustes compensatórios mínimos de comprimento, tensão e espessura, a fim de manter uma altura constante.

Qualquer alongamento das pregas vocais tende a afiná-las. A espessura pode ser aumentada pela parte vocal do tireoaritenóideo: à medida que o vocal encurta, ele vai relaxar as pregas vocais e, ao mesmo tempo, aumentar a sua espessura. As alterações na tensão das pregas vocais são produzidas pelos mesmos músculos que mudam o seu comprimento, ou seja, cricotireóideo, cricoaritenóideo posterior e vocal, provavelmente agindo isometricamente.

O mecanismo pelo qual a intensidade é aumentada é tema de menos debates. Sons altos são produzidos aumentando a pressão subglótica. Isto é conseguido, por sua vez, alterando o quociente de abertura da glote (a razão entre o tempo gasto na fase de abertura do ciclo e o tempo do ciclo total). Na fala normal, esta razão geralmente fica em torno de 0,5, mas, na fala muito alta, pode cair para 0,3.

O timbre, ou qualidade vocal, refere-se à qualidade áspera ou suave da voz. Em volume alto, a voz tende a ser mais grave, especialmente em vozes não treinadas: os componentes de frequência mais alta predominam, porque pressões subglóticas mais altas são necessárias para sustentar o aumento do volume. Isso pode ser superado, até certo ponto, com o aumento do fluxo de ar, e não a pressão.

Uma distinção fundamental na fala tem de ser feita entre os sons sonoros e surdos: quase todas as línguas fazem esta distinção. A vocalização foi descrita anteriormente. Nos sons surdos, as pregas vocais não estão vibrando e geralmente estarão abertas sob ação do cricoaritenóideo posterior. A energia proveniente da corrente de ar é então usada por outras partes do trato vocal para gerar som, normalmente restringindo ou parando o fluxo de ar. No entanto, a fonação não é um processo de tudo-ou-nada, mas está sujeita a modificações e ajustes consideráveis. Na voz modal, ou seja, ao falar usando a altura habitual, as forças que agem sobre as pregas vocais são moderadas, as pressões são sustentáveis e o ar é conservado. No entanto, a fonação pode ocorrer quando as pregas vocais estão mais abertas do que o habitual, resultando em fonação sussurrada com mais ar escapando por ciclo fonatório do que o normal. Algumas línguas no sul da Ásia exploram a diferença entre sons sussurrados e não sussurrados, enquanto no inglês falado, uma voz sussurrada é simplesmente reconhecida como uma característica de alguns falantes. No outro extremo do espectro está o ranger vocal, no qual as pregas vocais são mais fechadas do que o normal. Diferentes falantes irão habitualmente empregar diferentes configurações laríngeas que contribuem para uma determinada qualidade de voz. No sussurro, a parte intramembranosa da glote está fechada, mas a parte intercartilaginosa permanece aberta, o que produz uma glote típica em forma de Y e uma maior perda de ar a cada ciclo fonatório.

A principal função da laringe é agir como uma fonte de som, mas também pode funcionar na fala como um gerador de corrente de ar e como um articulador.

ARTICULAÇÃO

O som produzido pela fonação não é um tom puro, porque vários harmônicos em múltiplos da frequência fundamental também são gerados. Os harmônicos dão uma nota de uma determinada frequência a suas características definidoras. Um "lá" tocado em violino ou oboé é imediatamente reconhecível devido a seus diferentes harmônicos gerados pelo desenho do instrumento. Os espectros harmônicos de vozes individuais diferem entre si e também irão variar, dependendo do modo de fonação adotado. No trato vocal humano, a frequência fundamental e seus harmônicos são transmitidos para a coluna de ar que se estende desde as pregas vocais até o exterior, principalmente através da boca. Parte da corrente de ar também pode ser desviada através das cavidades nasais, quando o palato mole é abaixado para possibilitar a entrada de ar para a nasofaringe. O trato vocal supralaríngeo funciona como um ressonador seletivo cujos comprimento, forma e volume podem ser modificados pelas ações dos músculos da faringe, do palato mole, da laringe, da língua, dos lábios e das bochechas, pelas posições relativas dos dentes superiores e inferiores, que são determinadas pelo grau de abertura e de protrusão ou de retração da mandíbula, e pelas alterações na tensão das paredes da coluna, especialmente na faringe. Assim, a frequência fundamental (altura) e os harmônicos produzidos pela passagem de ar através da glote são modificados por alterações no trato vocal supralaríngeo.

Os harmônicos podem ser amplificados ou moderados. A frequência fundamental e os seus harmônicos associados também podem ser aumentados ou reduzidos pela elevação ou depressão adequadas, respectivamente, do osso hioide e da laringe como uma unidade por ações seletivas dos músculos extrínsecos da laringe. Efetivamente, estes movimentos encurtam ou alongam a coluna de ressonância e, em certa medida, também alteram a geometria das paredes das passagens de ar. A análise da voz humana mostra que tem um padrão muito semelhante de harmônicos para todas as frequências fundamentais, determinado pelo trato vocal que atua como um filtro seletivo e ressonador. Isso mantém uma qualidade constante da voz, sem a qual a inteligibilidade seria perdida (fala gravada reproduzida sem seus harmônicos é totalmente ininteligível). Cada voz humana é única: tem sido sugerido que o espectro de frequência exclusivo de cada voz poderia ser usado para identificação pessoal.

Durante a articulação, a corrente de ar de saída recebe uma qualidade específica de mudança rápida pelos órgãos articulatórios, lábios, cavidade oral, língua, dentes, palato, faringe e cavidade nasal. A disciplina da fonética lida essencialmente com a maneira como os sons da fala são produzidos e, consequentemente, com a análise do modo de produção dos sons da fala pelo aparelho vocal. A fim de analisar a maneira como os articuladores são utilizados em diferentes sons da fala, as palavras são quebradas em unidades chamadas fonemas, que são definidas como as unidades sequenciais contrastivas mínimas usadas em qualquer língua.

O trato vocal humano pode produzir muito mais fonemas do que são empregados em qualquer idioma. Nem todas as línguas têm os mesmos fonemas e, dentro da mesma língua, os fonemas podem variar em dife-

rentes partes do mesmo país e em outros países onde o mesmo idioma é falado. Reproduzir fonemas que não são utilizados na fala nativa é difícil, porque tais fonemas requerem posicionamento não familiar dos órgãos da fala. Um falante nativo de qualquer língua pode reconhecer com rapidez as origens de qualquer um que tenta utilizar a sua língua como uma segunda língua. O falante de uma segunda língua em geral irá falá-la com sotaque característico de sua própria primeira língua, porque estará usando as configurações familiares do seu trato vocal para cada fonema, em vez de corrigir o posicionamento.

PRODUÇÃO DAS VOGAIS

Todos os sons vocálicos exigem fonação por vibração das pregas vocais. Cada som vocálico tem seus próprios harmônicos mais altos típicos (espectro de frequência) que apresentam picos de energia em determinadas frequências. Estes picos de energia são sempre múltiplos mais elevados das frequências fundamentais e são chamados formantes. Os formantes são resultado dos efeitos combinados da fonação, ressonância seletiva do trato vocal e propriedades da cabeça como um radiador de som. Os sons das diferentes vogais são determinados pelo tamanho e pela forma da boca e as posições da língua e lábios são as variáveis mais importantes. A língua pode ser colocada alta ou baixa (vogais fechadas e abertas) ou ainda mais para frente ou para trás (vogais anteriores e posteriores), e os lábios podem ser arredondados ou abertos.

PRODUÇÃO DE CONSOANTES

A produção das consoantes sempre envolve um determinado grau de constrição do trato vocal. Há muito mais consoantes que vogais e, em geral, as consoantes não podem ser combinadas para produzir sílabas. A classificação das consoantes é complexa e vai além do escopo deste livro: o que se segue é um resumo (para mais detalhes, um livro de fonética deverá ser consultado).

As consoantes podem ser classificadas pela base de onde ocorre a constrição, denominada local de articulação; pelo grau ou extensão da constrição, denominado modo de articulação; pela forma da constrição, chamada de estenose; e pela presença ou não vibração das pregas vocais, quando as consoantes são descritas como sonoras ou surdas, respectivamente.

As consoantes também podem ser classificadas como labiais, dentais, alveolares, velares, uvulares, faríngeas ou glóticas, dependendo de o ponto de constrição máxima ocorrer no nível de lábios, dentes, crista óssea atrás dos dentes, palato, úvula e faringe (Fig. 34.14). Diferentes partes da língua podem ser usadas em combinação com os locais anteriormente citados da articulação. Foneticistas dividem a língua em ponta, extremidade anterior, parte frontal do dorso, centro e partes posteriores do restante do dorso, e maior parte posterior (a raiz). Estas divisões não têm qualquer relação evidente com os marcos anatômicos da língua, mas são úteis na descrição da parte do dorso da língua que entra em contato com outras áreas da boca. Do mesmo modo, o modo de articulação pode variar desde fechamento completo até um ligeiro estreitamento. Um fechamento efetivo do trato vocal é chamado de oclusiva. Um estreitamento que seja suficiente para produzir turbulência do ar no trato vocal, e que é percebido como um som sussurrante, é chamado de fricativo. Aproximantes envolvem um grau de fechamento insuficiente para produzir turbulência, mas com maior fechamento do que o de uma vogal. Os nasais envolvem uma obstrução na cavidade oral com o palato mole abaixado para possibilitar a passagem do fluxo de ar pelo nariz, e, ao contrário das oclusivas, pode ser sustentada. O estreitamento descreve a forma da constrição, por exemplo, uma consoante lateral envolve depressão dos lados da língua, enquanto uma consoante sulcada é produzida sulcando o dorso da língua. As consoantes podem ser produzidas com vibração das pregas vocais, quando elas são denominadas sonoras, ou sem vibração da prega vocal, caso em que são chamadas de surdas.

A melhor maneira de ilustrar estes sistemas classificatórios em funcionamento é contrastando a produção de diferentes pares de consoantes nos quais apenas um ou dois parâmetros foram alterados. O /p/ de pata, o /b/ de bata e /m/ de mata são todas oclusivas bilabiais, o que significa que elas são produzidas pela junção dos lábios. O /b/ e /m/ são sonoros, mas o /p/ não é. O contraste entre o /b/ e o /p/ é na diferença pela qual

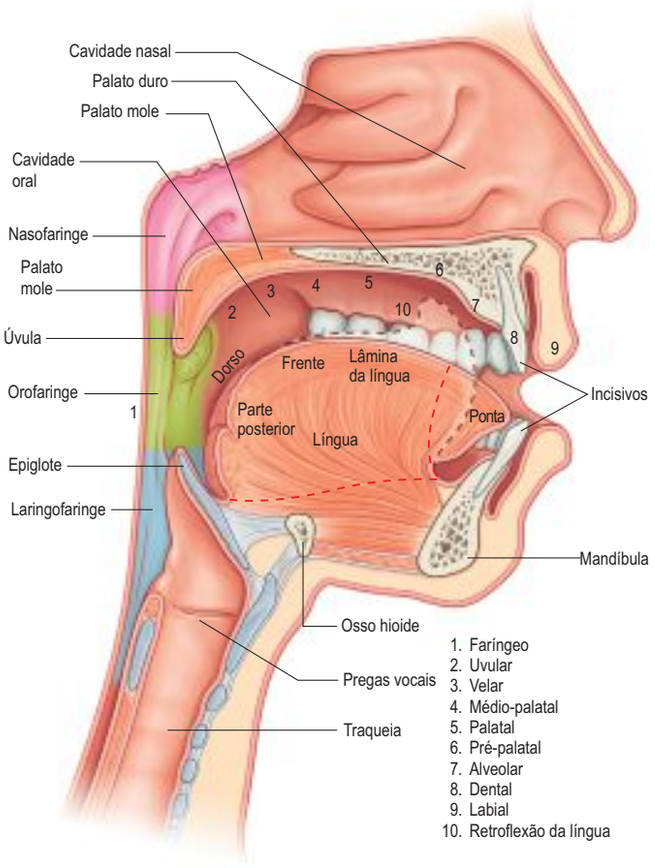


Fig. 34.14 Vista sagital do lado esquerdo da cabeça, mostrando trato vocal supralaríngeo, os articuladores e locais de articulação. A linha pontilhada indica a posição da língua durante retroflexão (10).

as correntes de ar são produzidas. O /b/ é produzido com um fluxo de ar pulmonar de saída, enquanto o /p/ é produzido com a glote fechada, por isso é surdo, e a glote é então elevada usando a laringe como um pistão para comprimir o ar no trato vocal supralaríngeo antes da parada ser liberada. O /m/ difere das outras duas paradas por ser uma nasal na qual o palato mole é abaixado para permitir a fuga de ar através da cavidade nasal e, ao contrário das outras duas oclusivas, pode ser mantido como em um som de aprovação, por exemplo, encorajando um cavalo a se mover. As oclusivas bilabiais podem ser comparadas com as fricativas labiodentais /f/ de fio e /v/ de viu, ambas produzidas pela retração do lábio inferior abaixo dos dentes superiores. Nenhuma delas envolve fechamento completo, mas ambas produzem uma constrição significativa do trato vocal com turbulência audível: o /f/ é surdo, enquanto o /v/ é sonoro. O som ch (/ʃ/) em chita também é uma fricativa que envolve sulcamento da língua e está associada à turbulência audível significativa; pode ser contrastada com a lateral anterior /l/ em lei, em que os lados da língua são abaixados. Neste caso, é a natureza da estenose que é diferente, e o grau de fechamento, por exemplo, no caso da lateral /l/, o fechamento não é suficiente para produzir turbulência. O som de ch em chita pode ser comparado com o /k/ em quinta, onde a posição da língua é diferente: em /k/, a lâmina da língua entra em contato com o palato mole, ao passo que em ch a ponta da língua ou a lâmina entra em contato com a região pós-alveolar. O exemplo mais drástico da diferença entre sons sonoros e surdos pode ser avaliado se o som /s/ em aceite é comparado com a opção /z/ em azeite. Se a laringe for vagamente palpada enquanto se faz um som surdo sustentado "ssssss", não se sente nenhuma vibração, mas se o "ssssss" for trocado pelo som sonoro prolongado "zzzzzz", então as vibrações na laringe devem ser facilmente detectáveis. A posição da língua e de outros articuladores é exatamente a mesma tanto para /s/ como para /z/, a diferença entre eles é a presença ou a ausência de fonação.

REFERÊNCIAS

Atkinson M, McHanwell S 2002 Basic Medical Science for Speech & Language Therapy Students. London: Whurr Publishers.

Berkovitz BKB, Moxham BJ, Hickey S 2000 The anatomy of the larynx. In: Ferlito A (ed) Diseases of the Larynx. London: Chapman & Hall: 25–44.

Bosma JF, Bartner MA 1993 Ligaments of the larynx and the adjacent pharynx and esophagus. Dysphagia 8: 23–8.

Clark J, Yallop C 1995 An Introduction to Phonetics and Phonology, 2nd edn. Oxford: Blackwell.
Uma introdução abrangente de todos os aspectos da fonética e fonologia.

Durham FC, Harrison TS 1962 The surgical anatomy of the superior laryngeal nerve. Surg Gynecol Obstet 118: 33–44.

Erkki A, Pitkanen R, Suominen H 1987 Observations on the structure and the biomechanics of the cricothyroid articulation. Acta Otolaryngol (Stockh) 103: 117–26.

Friedman M, Toriumi DM, Grybauskas V, Katz A 1986 Nonrecurrent laryngeal nerves and their clinical significance. Laryngoscope 96: 87–90.

Kirchner JA, Carter D 1987 Intralaryngeal barriers to the spread of cancer. Acta Otolaryngol (Stockh) 103: 503–13.

Maranillo E, Leon X, Orus C, Quer M, Sanudo J-R 2005 Variability in nerve patterns of the adductor muscle group supplied by the recurrent laryngeal nerve. Laryngoscope 115: 358–62.
Este trabalho e o de Sanudo et al*(1999) adiante descrevem as variações na inervação da laringe humana e discutem as possíveis funções e importância clínica das variações descritas.*

Munir Turk L, Hogg DA 1993 Age changes in the human laryngeal cartilages. Clin Anat 6: 154–62.
Fornece dados relativos à distribuição de áreas de calcificação que ocorrem com a idade no interior das cartilagens da laringe.

Pracy R 1983 The infant larynx. J Laryngol Otol 97: 933–47.
Chama a atenção para características que diferem da condição do adulto e que podem ter importância clínica.

Reidenbach MM 1995 Normal topography of the conus elasticus. Anatomical bases for the spread of laryngeal cancer. Surg Radiol Anat 17: 107–11.

Reidenbach MM 1996 The periepiglottic space: topographic relations and histological organisation. J Anat 188: 173–82.

Reidenbach MM 1996 The paraglottic space and transglottic cancer: anatomic considerations. Clin Anat 9: 244–51.

Reidenbach MM 1998 Subglottic region: normal topography and possible clinical implications. Clin Anat 11: 9–21.
Os quatro trabalhos de Reindenbach baseiam-se na reconstrução seriada dos cortes originários de material plastinado.

Sanudo J-R, Maranillo E, León X, Mirapeix R-M, Orús C, Quer M 1999 An anatomical study of anastomoses between the laryngeal nerves. Laryngoscope 109: 983–7.

Sato I, Shimada K 1995 Arborization of the inferior laryngeal nerve and internal nerve on the posterior surface of the larynx. Clin Anat 8: 379–87.
Discute a possível importância clínica das conexões entre o nervo laríngeo inferior (recorrente) e o nervo laríngeo interno.

Welsh LW, Welsh JJ, Rizzo TA 1983 Laryngeal spaces and lymphatics: current anatomic concepts. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 105: 19–31.
Descreve os "espaços teciduais" e drenagem linfática da laringe e sua importância na determinação da via de disseminação de tumores.

CAPÍTULO
35

Desenvolvimento de cabeça e pescoço

O desenvolvimento da cabeça é distinto do desenvolvimento do tronco e utiliza genes específicos regionais, mecanismos de sinalização e processos morfogênicos. Este capítulo fornecerá uma descrição do desenvolvimento de cabeça e pescoço com base principalmente em dados de estudos sobre embriões humanos. Uma vez que esta informação é, necessariamente, apenas descritiva, ela será complementada por observações de linhagem e estudos genéticos em embriões de camundongos, nos quais os resultados provavelmente são válidos para todos os mamíferos, incluindo os seres humanos. Os estudos em seres humanos são retirados das seguintes fontes, que incorporam dados primários pelos autores, bem como referências ao material de fonte primária mais antiga: O'Rahilly e Müller (1987, 2001); Hinrichsen (1990). Referências para estudos experimentais em camundongos são fornecidas no texto.

A evolução da cabeça dos vertebrados foi possível graças à origem de uma nova população celular, a crista neural. As células da crista neural têm o potencial para formar tecidos conjuntivos e esqueléticos na cabeça e fazem contribuições importantes para o crânio. Nos embriões dos mamíferos, as células da crista neural craniana migram das extremidades das pregas neurais cranianas não fundidas, ao contrário das células da crista neural do tronco e da crista craniana de outros vertebrados, que começam a migração apenas após o fechamento do tubo neural. A Figura 35.1 mostra vistas estilizadas dos embriões humanos, numa fase inicial de migração da crista neural (A) e no final da migração da crista (B). N.B. Estas imagens não mostram as células da crista neural em si, nem por um procedimento de coloração específico.

No camundongo, um marcador de linhagem possibilitou o rastreamento das cristas neurais desde a fase em que elas saem do epitélio neural até sua localização em tecidos adultos. Estes estudos mostram três populações distintas de células da crista neural que migram das pregas neurais cranianas e dão origem à progênie neuronal e não neuronal (Fig. 35.2). A primeira destas populações (trigeminais) origina-se da região diencefálica do prosencéfalo, o mesencéfalo e pró-rombômero A do metencéfalo, que posteriormente se divide, formando os dois primeiros rombômeros (Figs. 24.2, 35.2A e B). Aquelas células da crista neural com destino neuronal contribuem para o gânglio trigeminal (Jiang *et al.*, 2002). As células da crista mesenquimatosa não neuronal migram extensivamente, circundando o telencéfalo e parte do diencéfalo e formando as populações mesenquimatosas frontonasais; elas também migram para a parte lateral do rombencéfalo, formando o mesênquima das regiões maxilar e mandibular do primeiro arco (Fig. 35.2C, D). A segunda população (hioide) dá origem ao gânglio ótico e em seguida migra do pró-rombômero B (que forma os rombômeros 3 e 4) para o segundo arco faríngeo. A terceira população (vagal) tem uma origem mais ampla, a partir das pregas neurais caudais ao otocisto, ou seja, pró-rombômero C. Estas células contribuirão para os gânglios dos nervos glossofaríngeo e vago, sendo que as células da crista vagal não neuronal migram para os arcos faríngeos 3, 4 e 6, e alguns deles continuam para o coração, contribuindo para a divisão do trato do fluxo cardíaco. A crista neural também dá origem aos gânglios parassimpáticos e nervos pós-ganglionares parassimpáticos na região da cabeça e do pescoço. Para uma cobertura completa da contribuição das células da crista neural, ver Capítulo 24. Em embriões humanos, os métodos histológicos revelaram origens equivalentes de células da crista neural e vias de migração para as do camundongo, não tendo sido detectada nenhuma migração do diencéfalo (O'Rahilly & Müller 2007).

Caudais à região segmentada do tubo neural, as células da crista neural do rombômero 8 migram com o mesênquima occipital derivado do miótomo formando o cordão do hipoglosso, subsequentemente diferenciando para formar o tecido conjuntivo (crista neural) e a musculatura da língua. Nenhum gânglio sensorial é formado a partir da crista neural occipital em embriões humanos. A origem dos rombômeros e regiões cerebrais em embriões humanos é mostrada nas Figuras 24.2 e 24.12.

Os placoides ectodérmicos também dão contribuições importantes para a cabeça em desenvolvimento. Existem evidências que sugerem que todos os placoides cranianos se originam de um território pré-placoide contínuo, o anel ectodérmico, em torno da periferia da lâmina neural precoce, distinto dos precursores da célula neural e da crista neural; este território é então dividido em placoides separados, cada um com seu destino de desenvolvimento distinto (Bailey & Streit 2006). Durante a

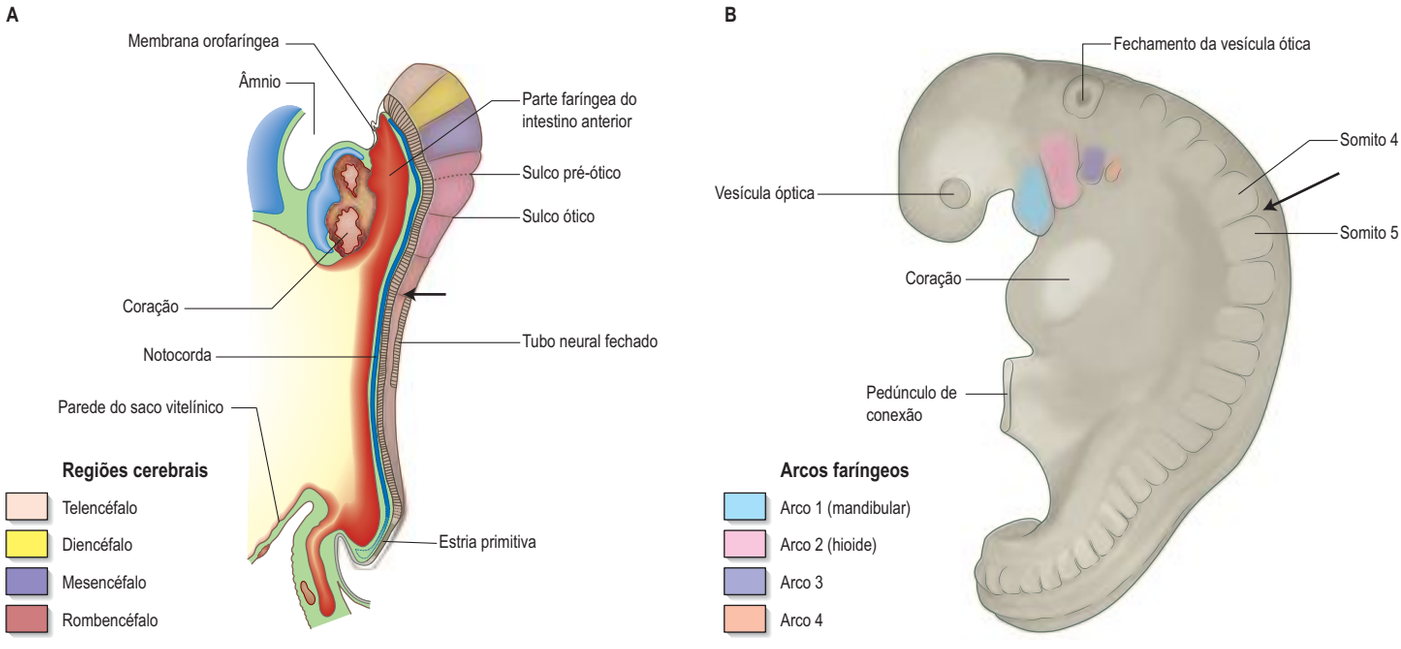


Fig. 35.1 Embriões humanos durante o estágio inicial de desenvolvimento da cabeça. O limite occipitocervical é indicado por uma seta. **A.** Corte sagital de um embrião no estágio 10, no qual o fechamento do tubo neural teve início na futura região occipitocervical. **B.** Vista lateral de um embrião no estágio 12; o limite occipital/cervical entre somitos 4 e 5 é indicado por uma seta (Fig. 24.2).

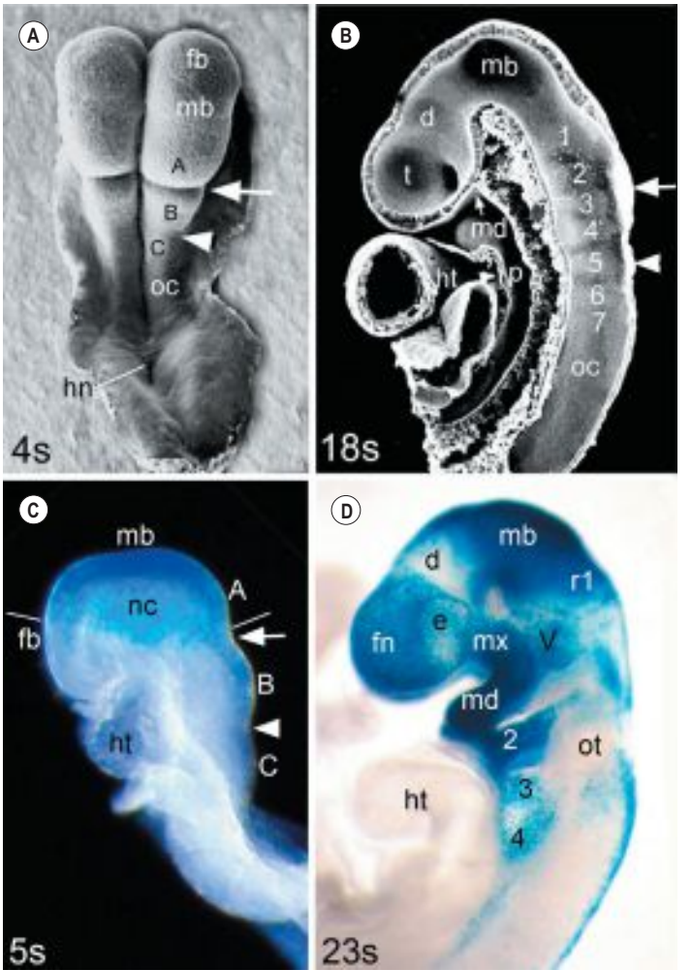


Fig. 35.2 Cabeças de embrião de camundongo durante o período de migração celular da crista neural craniana. **A** e **B,** Micrografias eletrônicas (**A,** vista dorsal; **B,** corte mediano) de embriões próximos do início (quatro pares de somitos) e final (18 pares de somitos, vista interna) do período de migração celular da crista neural. No estágio de quatro somitos, as pregas neurais são convexas e o metencéfalo está dividido em pró-rombômeros A, B e C pelos sulcos pré-óticos (seta) e óticos (ponta da seta); no estágio de 18 somitos, o tubo neural é fechado e o metencéfalo é dividido em sete rombômeros (numerados) e na região occipital não segmentada (oc). **C** e **D,** Vistas laterais de embriões no estágio de 5 e 23 somitos transportando um marcador permanente para as células da crista neural e epitélio neural, a partir do qual as células da crista trigeminal se originam (coloração azul). Células da crista neural (nc) migram como uma massa semelhante a um véu abaixo do ectoderma da superfície, originando-se como um grupo contínuo a partir do pró-rombômero A, mesencéfalo e região diencefálica caudal do prosencéfalo, em direção à região frontonasal (fn) e no primeiro arco (linhas indicam o nível da extremidade de migração). Após a migração, células da crista neural frontonasal (fn) cobrem o telencéfalo e o diencéfalo rostral, circundando o olho (e); a crista neural maxilar (mx) e mandibular (md) preenche o primeiro arco faríngeo; o primórdio do gânglio trigêmeo (V) também está presente. As células da crista a partir do pró-rombômero B preencheram o arco hióideo e o primórdio do gânglio VII/VIII, rostral ao otocisto (ot); as células da crista a partir do pró-rombômero C estão migrando para os arcos 3 e 4 e começando a formar os primórdios dos gânglios cranianos IX e X, caudais ao otocisto. d, diencéfalo; fb, prosencéfalo; hn, nodo de Hensen; ht, coração; mb, mesencéfalo; oc, região occipital da prega/tubo neural; p, faringe; r1, rombômero 1 do metencéfalo; t, telencéfalo; bolsa de Rathke é indicada por uma seta pequena sobre **B**. (**A** e **B,** De Morriss-Kay e Wilkie 2005; **C** e **D,** de Jiang et al., 2002.)

neurulação, os placoides são segregados para a superfície ectodérmica, deslocando-se no interior do epitélio para as suas posições finais.

Os placoides ectodérmicos surgem como lâminas de epitélio colunar ou pseudoestratificado dentro do epitélio escamoso da superfície ectodérmica. Contribuem para os órgãos sensoriais em pares, formando o epitélio olfativo, o cristalino e o otocisto, passando por morfogênese para formar uma depressão e, em seguida (para o cristalino e depressões óticas), um cisto fechado (vesícula). Os placoides epifaríngeos situam-se no interior do ectoderma dorsal dos arcos faríngeos 2, 3 e 4: algumas de suas células sofrem transformação eptelial-mesenquimatosa, unindo condensações da célula da crista neural subjacente e formando os neuroblastos sensoriais nos gânglios sensoriais cranianos. De maneira semelhante, algumas células do otocisto sofrem delaminação, contribuindo para o gânglio do nervo craniano VIII.

A transformação epitelial em mesenquimatosa de algumas células dos placoides ectodérmicos contribui com um terceiro componente para o mesênquima craniano. É importante notar que o termo mesênquima descreve simplesmente uma organização celular frouxa com uma matriz extracelular rica, em contraste com as lâminas de tecido epitelial simples que formam as camadas ectodérmicas externas e as camadas endodérmicas internas dos primeiros embriões. Antes da migração das células da crista neural das extremidades das pregas neurais cranianas até seus destinos finais, o único mesênquima na cabeça embrionária é o "mesênquima primário", ou seja, células mesenquimatosas formadas por transformação epitelial-mesenquimatosa na linha primitiva. Na cabeça, todo o mesênquima primário é mesoderma paraxial. O mesênquima craniano derivado das fontes de crista mesodérmica e neural tem distribuições específicas e derivados específicos, e não é intercambiável.

A primeira divisão transversal a ser formada no cérebro embrionário inicial é o sulco pré-ótico (Figs. 35.1A, 35.2A), que define o limite entre pró-rombômeros A e B. Esta divisão precoce é de grande importância funcional e organizacional, uma vez que separa as regiões de origem das populações da crista neural esqueletogênica que fazem uma grande contribuição para o crânio daquelas que formam as estruturas esqueléticas no pescoço (osso hioide e laringe). Durante a neurulação craniana, os pró-rombômeros sofrem subdivisão, de modo que, quando a região cerebral do tubo neural se fecha, sete rombômeros podem ser claramente distinguidos; a região occipital (adjacente aos quatro somitos occipitais) permanece não segmentada (Fig. 35.2B). Por analogia com o rombencéfalo segmentado, também é chamado de pró-rombômero D/rombômero A. A organização segmentar da cabeça embrionária caudal ao pró-rombômero A está relacionada com a expressão de genes *HOX* evolutivamente conservados (escrito *Hox* no camundongo), que têm os seus limites rostrais em divisões de rombômeros específicas; eles também são expressos nas células da crista neural correspondentes (revisto por Santagati & Rijli 2003; Fig. 24.16). Experimentos genéticos nos camundongos e em outros vertebrados têm mostrado que o padrão esquelético das células da crista neural do arco faríngeo depende da ausência da expressão de genes *Hox* nas células que migram para o primeiro arco e da expressão de *Hoxa2* nas células da crista do segundo arco. Investigação de funções do gene *Hox* nos arcos 3-6 não revelou funções esqueléticas padrões claras.

FARINGE EMBRIONÁRIA E ARCOS FARÍNGEOS

A porção mais craniana do intestino anterior, a faringe embrionária, é a base em torno da qual a face, o palato e as estruturas do pescoço anterior são construídos. O desenvolvimento desta região, a partir da crista neural, da superfície ectodérmica e da endoderma do intestino anterior, envolve integração espaço-temporal do movimento celular, crescimento tecidual e interações dos tecidos. Como populações sucessivas de células da crista neural migram ao redor da faringe em níveis progressivamente mais caudais, cinco pares de arcos faríngeos são formados (numerados 1, 2, 3, 4, 6 por razões de anatomia comparativa). Este processo é concluído nos estágios 10-13. Depressões entre os arcos externamente, sulcos ou fissuras faríngeos em pares são combinados internamente por depressões internas em pares, as bolsas faríngeas. Os arcos faríngeos são também conhecidos como arcos branquiais devido à sua origem evolutiva que sustenta as brânquias nos primeiros vertebrados. Muitas das alterações observadas durante o desenvolvimento da faringe dos mamíferos refletem as origens evolutivas funcionais desta região. Como o termo "branquial" significa "relativo a guelras", o termo "arco faríngeo" será utilizado na descrição seguinte da embriologia humana.

Cada arco faríngeo consiste em um revestimento epitelial, ectoderma e endoderma, preenchido com mesênquima que é principalmente de origem da crista neural, com alguma contribuição da mesoderma (mesênquima derivado da linha primitiva) (Fig. 35.3A, B; Tab. 35.1). As células

da crista neural de cada arco formam um elemento esquelético e um tecido conjuntivo associado; também dão origem às paredes de um vaso sanguíneo do arco aórtico que está alinhado com endotélio derivado do mesênquima angiogênico. A mesoderma paraxial forma o músculo associado a cada arco faríngeo e a inervação motora e sensorial deriva dos nervos cranianos específicos do arco. Para uma visão geral da organização destes tecidos na faringe, ver Figura 12.4; para seu destino, ver Figuras 35.3, 35.5-35.8. Como a organização da faringe embrionária e de estruturas afins é semelhante em todos os embriões de vertebrados, este estágio foi denominado faríngula.

O primeiro arco da faringe, ao contrário dos outros arcos, possui processos dorsal e ventral e aparece em forma de C em vista lateral. É também chamado de "arco mandibular", mas o termo não é inteiramente adequado, pois a sua extremidade proximal (dorsal) também contribui para as estruturas maxilofacial e palatofaríngea e para o ouvido médio. O segundo arco faríngeo é chamado de arco hióideo, devido à sua contribuição para o osso hioide (e para outras partes do aparelho hiomandibular em peixes). Os arcos 3, 4 e 6 não são nomeados.

Os arcos mandibulares, observados no estágio 10, crescem ventromedialmente no assoalho da faringe, encontrando-se no plano médio e formando a margem ventral do início da boca acima da proeminência cardíaca (pericárdica). Os processos maxilares não são claramente visíveis como estruturas de superfície até o estágio 13: seu aumento coincide com a proliferação do mesênquima frontonasal, formando as tumefações nasais. Os arcos hióideos aparecem no estágio 11, os terceiros arcos no estágio 12 e os quartos arcos no estágio 13. O sexto arco não pode ser reconhecido externamente e somente pode ser identificado pelo arranjo das artérias e nervos do arco, e por uma pequena saliência na face faríngea. O assoalho da faringe é formado principalmente pela aposição ventral dos arcos.

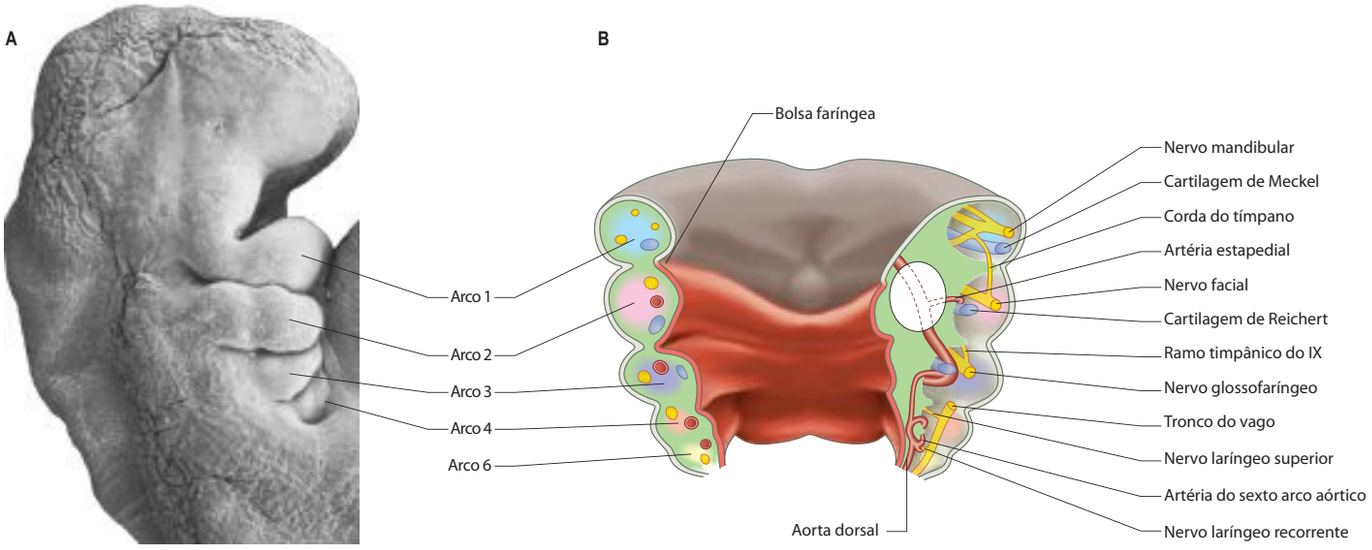


Figura 35.3 Desenvolvimento do arco faríngeo. **A.** MEV de um embrião humano (estágio 14/15) mostrando face lateral direita dos arcos faríngeos; elevações auriculares são visíveis no arco dois. (Cortesia do prof. G Steding, Georg-August-University of Göttingen, Göttingen, Alemanha.) **B.** Representação em diagrama da região faríngea (estágio 15) vista a partir da face dorsal. Todo o lado esquerdo e parte do lado direito do teto endodérmico da faringe foram removidos para mostrar os sulcos em suas paredes laterais e assoalho e nervos, artérias e cartilagens dos arcos. A posição do otocisto direito é mostrada como oval definida. (Com base em uma reconstrução de embrião de 6,3 mm por Blechschmidt.)

Tabela 35.1 **Quadro de derivados dos arcos faríngeos**

Número do arco	Nome do arco	Cartilagem embrionária	Derivado da cartilagem	Músculo	Nervo	Artéria
1	Mandibular	De Meckel	Bigorna Martelo Ligamento anterior do martelo Espinha do esfenoide Ligamento esfenomandibular Tubérculo da espinha geniana da mandíbula	Tensor do tímpano Músculos da mastigação Milo-hióideo Ventre anterior do digástrico Tensor do véu palatino	Trigêmeo (V) Divisão mandibular	Artéria do primeiro arco aórtico [transitória]
2	Hioide	De Reichert	Estribo Processo estiloide do osso temporal Ligamento estilo-hióideo Corno menor e sua parte superior Corpo do osso hioide	Estapédio Estilo-hióideo Músculos faciais, incl. bucinador Platisma Ventre posterior do digástrico	Facial (VII)	Artéria estapedial [transitória]
3	Terceiro		Corno maior e parte inferior do corpo do hioide	Estilofaríngeo	Glossofaríngeo (IX)	Artéria carótida comum, primeira parte da artéria carótida interna
4	Quarto		Cartilagem tireóidea Cartilagem corniculada Cartilagem cuneiforme	Músculos faríngeos e laríngeos extrínsecos, levantador do véu palatino	Vago (X) Ramo faríngeo	Parte proximal da artéria subclávia à direita Arco da aorta entre origens das artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda
6	Sexto		Cartilagens aritenóideas	Músculos laríngeos intrínsecos	Vago (X) Ramo laríngeo recorrente	Parte entre tronco pulmonar e aorta dorsal. Torna-se ducto arterioso à esquerda, desaparece à direita.

ELEMENTOS ESQUELÉTICOS DOS ARCOS FARÍNGEOS

Os elementos esqueléticos de cada arco são formados por condensação de mesênquima derivado da crista neural, que posteriormente condrificam em parte ou em toda a sua extensão. Quando a condrogênese estiver completa (cartilagens do primeiro e segundo arcos), o elemento estende-se dorsalmente até entrar em contato com a base do crânio lateral ao metencéfalo (Fig. 35.5). Uma cartilagem do arco pode permanecer como cartilagem, passar por ossificação endocondral ou tornar-se ligamentar, ou uma combinação disso (Fig. 35.6).

A cartilagem do primeiro arco, cartilagem de Meckel, forma o esqueleto mandibular embrionário. Após a formação da mandíbula por ossificação intramembranosa do mesênquima derivado da crista neural lateral, a cartilagem de Meckel degenera-se, mas a sua bainha persiste como os ligamentos anterior do martelo e esfenomandibular. Sua extremidade proximal sofre ossificação endocondral, formando dois dos ossos do ouvido médio, o martelo e a bigorna. Estes são homólogos com os ossos quadrado e articular de répteis e a articulação entre eles é evolutivamente derivada da articulação do maxilar e da mandíbula nos répteis.

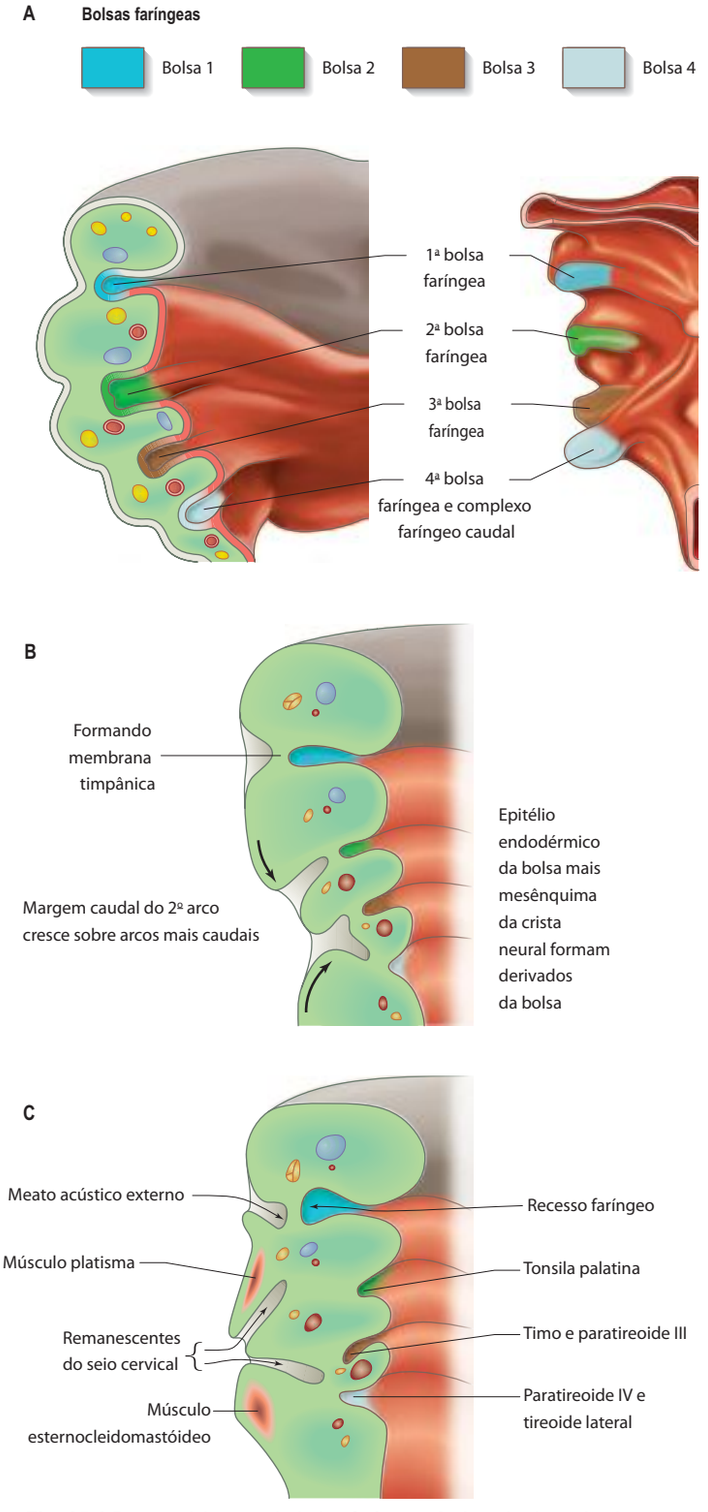


Fig. 35.4 Desenvolvimento da bolsa faríngea. **A.** Arranjo das primeiras bolsas faríngeas: à esquerda, face interna do assoalho faríngeo vista de cima; à direita, face externa do assoalho faríngeo visualizada a partir de baixo. **B.** Corte coronal do lado esquerdo da faringe no estágio 18, mostrando mudanças na bolsa faríngea internamente e nas fendas faríngeas externamente. **C.** Corte coronal do lado esquerdo da faringe no estágio 19. Ver também **Figura 35.18** para um maior desenvolvimento.

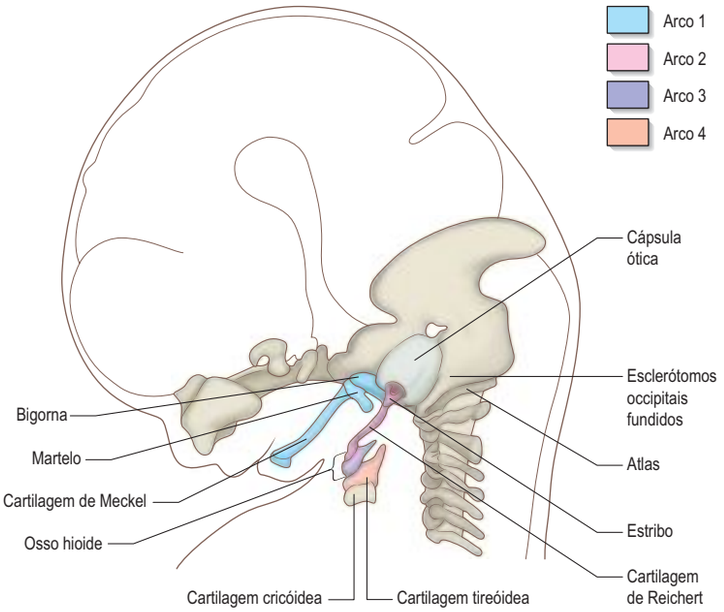


Fig. 35.5 Condrocrânio e derivados da cartilagem do arco, sete semanas (estágio 20).

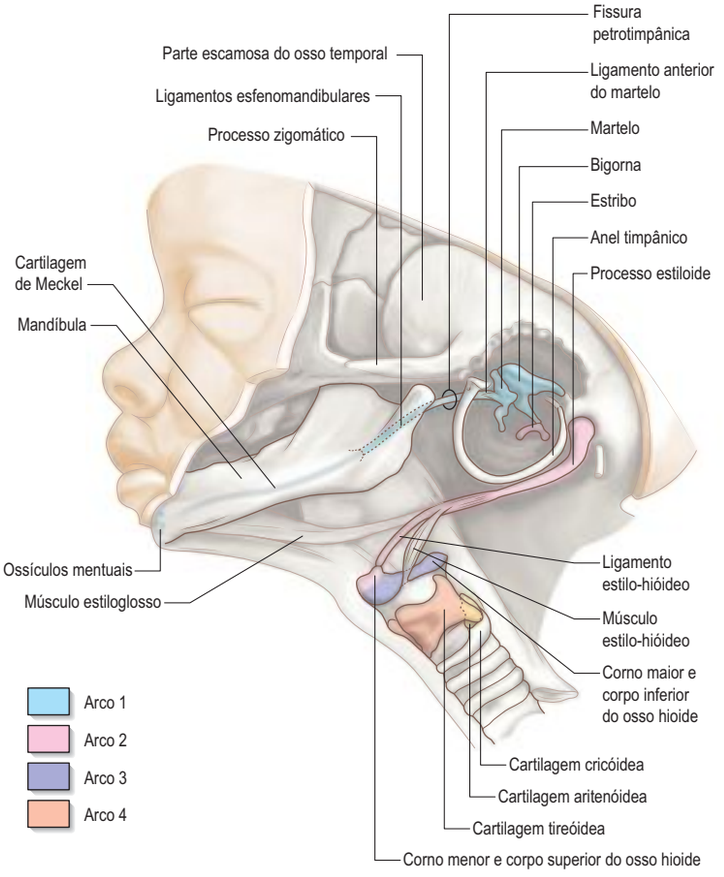


Fig. 35.6 Derivados das cartilagens do arco faríngeo em um feto.

Nestes, o quadrado forma-se a partir da extremidade caudal da cartilagem. Acredita-se que os derivados evolucionários dos mamíferos do palatopterigoquadrado incluem parte da asa maior do osso esfenoide e as raízes de suas lâminas pterigóideas, além da bigorna. A parte da cartilagem de Meckel que se estende desde o forame mentual até quase o local da futura sínfise mandibular provavelmente torna-se ossificada e incorporada ao osso mandibular intramembranoso e o restante da cartilagem é finalmente absorvida.

A cartilagem do segundo arco, a cartilagem de Reichert, estende-se desde a proximidade da cápsula ótica dorsalmente até o plano médio ventralmente. Ela ossifica-se formando a parte superior do corpo e cornos menores do osso hioide distalmente, e do processo estiloide proximalmente; entre esses dois ossos, torna-se ligamentar, formando o ligamento estilo-hióideo. Além disso, dá origem ao mais antigo dos três ossículos auditivos, o estribo (homólogo ao *columella auris* em forma de bastonete dos répteis e aves). As cartilagens dos arcos 3 e 4 formam apenas as estruturas esqueléticas anteriores do pescoço: a parte inferior do corpo e cornos maiores do osso hioide (arco 3) e cartilagem tireóidea da laringe (arco 4). As células da crista neural também dão origem a ligamentos, tendões e tecido conjuntivo nos arcos. As cartilagens cricoide e aritenoide são mesodérmicas.

MÚSCULOS DOS ARCOS FARÍNGEOS

O músculo estriado de cada arco (por vezes denominado branquiomérico) é derivado da continuação rostral da mesoderma paraxial. A mesoderma paraxial da cabeça rostral à região occipital é não segmentada, e a sugestão de que existe um padrão segmentar de sete somitômeros cranianos em geral não é aceita atualmente. Na região occipital da cabeça,

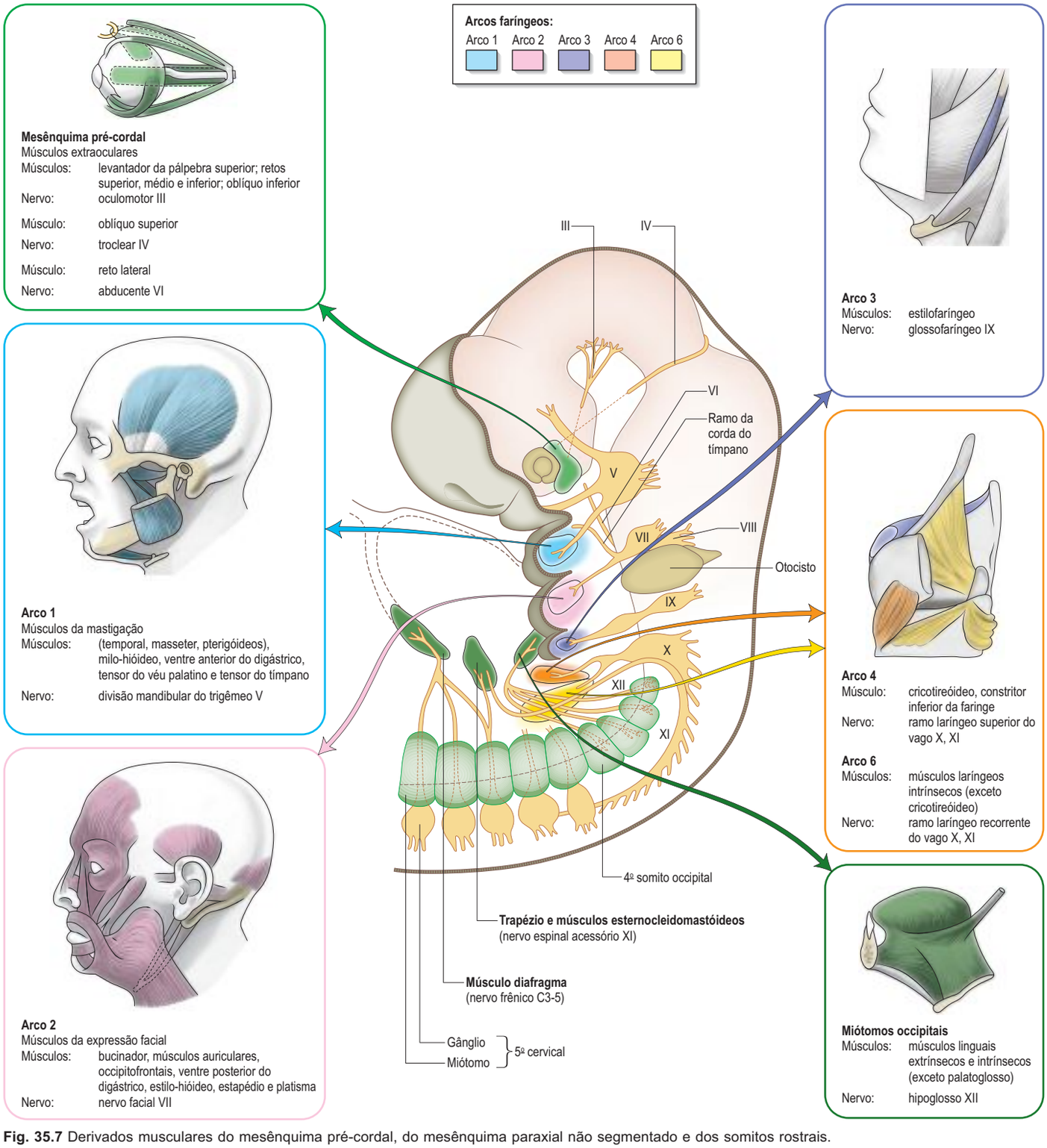


Fig. 35.7 Derivados musculares do mesênquima pré-cordal, do mesênquima paraxial não segmentado e dos somitos rostrais.

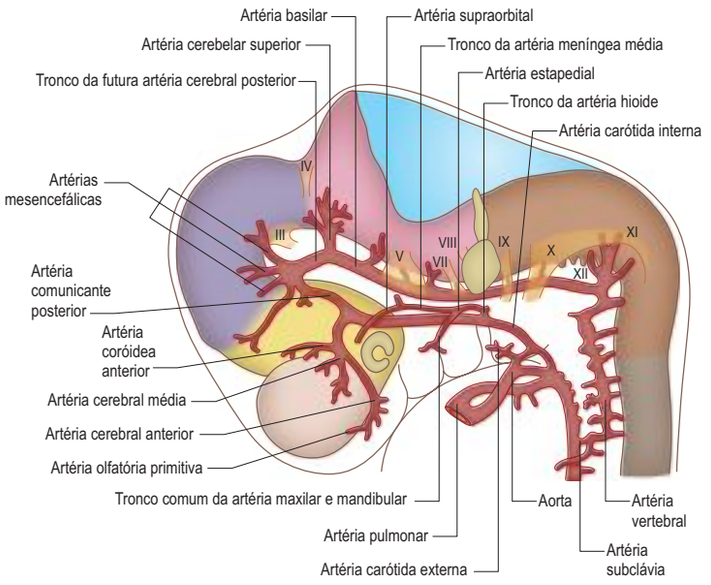


Fig. 35.8 Sistema arterial da cabeça no estágio 17 (aproximadamente 40 dias).

ocorre epitelização formando quatro pares de somitos, semelhantes aos do tronco. Mioblastos migram da mesoderma paraxial para locais de futura diferenciação muscular e formam condensações pré-musculares anteriores ao desenvolvimento de quaisquer elementos esqueléticos. O padrão de alinhamento primário do miotubo para qualquer músculo é especificado pelo mesênquima circundante derivado da crista neural e não está relacionado com a origem dos mioblastos. A taxa e o padrão de maturação muscular estão estreitamente associados ao desenvolvimento de elementos esqueléticos, mas continuam desligados até o momento adequado. As Figuras 35.3 e 35.7 mostram as massas musculares de cada arco, sua inervação e seus derivados no adulto.

A massa muscular da parte mandibular do primeiro arco forma o tensor do tímpano, o tensor do véu palatino, o milo-hióideo, o ventre anterior do digástrico e músculos mastigatórios (Fig. 35.7). O tensor do tímpano mantém sua ligação com o elemento esquelético do arco através de suas inserções com o martelo, e o tensor do véu palatino continua inserido à base do processo pterigoide medial — que pode ser derivado da cartilagem dorsal do primeiro arco. No entanto, os músculos mastigatórios inserem-se na mandíbula, que é principalmente um osso dérmico. Todos estes músculos são supridos pelo nervo mandibular, o nervo misto do primeiro arco.

Os músculos do segundo arco migram muito, mas mantêm seu suprimento nervoso original a partir do nervo facial: a migração é facilitada pela obliteração precoce de alguns dos primeiros sulcos (fissura) e bolsas. Estapédio, estilo-hióideo e ventre posterior do digástrico continuam ligados ao esqueleto hióideo, mas musculatura facial, platisma, músculos auriculares e epicrânio, todos perdem conexão com ele (Fig. 35.7).

As massas musculares dos arcos 3 e 4 são adaptadas para formar a musculatura da faringe, da laringe e do palato mole. O estilofaríngeo é um músculo do terceiro arco, o cricotireóideo desenvolve-se no quarto arco (Fig. 35.7) e o restante dos músculos da laringe deriva do sexto arco. A origem exata dos músculos palatinos restantes e dos constritores da faringe é incerta. O palatoglosso, um músculo do palato, é inervado pela parte craniana do nervo acessório e pode derivar dos arcos inferiores.

NERVOS DOS ARCOS FARÍNGEOS

Os nervos associados a cada arco surgem a partir do metencéfalo adjacente (Figs. 12.4, 24.18, 35.7). São os nervos cranianos V (trigêmeo), VII (facial), IX (glossofaríngeo), X (vago) e XI (acessório). Os nervos motores estendem-se a partir da lâmina basal do metencéfalo, inervando o músculo estriado dos arcos: são denominados nervos eferentes branquiais (viscerais) especiais, porque inervam a musculatura faríngea (branquiomérica). Os nervos sensoriais estendem-se periférica e centralmente a partir dos gânglios cranianos que são parcialmente formados a partir da crista neural e parcialmente a partir de células que sofrem delaminação a partir dos placoides epifaríngeos; eles conduzem axônios aferentes gerais e somáticos especiais. Cada arco é inervado por um nervo misto, mas os nervos dos arcos 1-3 também têm um ramo puramente sensorial que inerva o arco rostral ao seu "próprio" arco; este nervo sensorial é chamado de ramo pré-tremático, pois estende-se rostral à fenda ou trema entre os dois arcos (Figs. 35.3, 35.7). Assim, os nervos para o arco mandibular incluem a divisão mandibular do nervo trigêmeo, que é misto, e os nervos corda do tímpano e petroso maior, ramos pré-tremáticos puramente sensoriais do nervo facial. O ramo maxilar do trigêmeo e o ramo timpânico do glossofaríngeo são igualmente considerados nervos pré-tremáticos. O ramo oftálmico do nervo trigêmeo, que supre a área frontonasal, não é um nervo do arco; em peixes, seu gânglio é separado do gânglio nervoso do primeiro arco.

O nervo vago, juntamente com algumas fibras da parte craniana do nervo acessório, supre os arcos 3 (musculatura faríngea), 4 e 6 (Fig. 35.7). O ramo laríngeo recorrente inicialmente forma uma alça sob a artéria do sexto arco em ambos os lados, mas as alterações assimétricas ao sistema vascular afetam a simetria deste nervo. À direita, onde o sexto arco aórtico desaparece para além da artéria pulmonar direita, o nervo laríngeo recorrente forma uma alça sob a artéria subclávia derivada do quarto arco; do lado esquerdo, ele forma uma alça ao redor do ducto arterioso (ligamento arterioso no adulto). Assim, os ramos direito e esquerdo deste nervo têm cursos assimétricos no adulto. Outros detalhes do desenvolvimento e da composição do nervo craniano são apresentados no Capítulo 24.

VASOS SANGUÍNEOS DOS ARCOS FARÍNGEOS

Os arcos aórticos inicialmente se desenvolvem por vasculogênese, logo após as células da crista neural terem invadido os arcos faríngeos iniciais. O mesênquima angiogênico forma o revestimento endotelial dos vasos e da crista neural, e contribui para as camadas externas das paredes (Jiang *et al.*, 2000). A artéria do primeiro arco aórtico é parte do circuito vascular original que liga o tronco arterioso do coração ao par de aortas dorsais, sendo que o sangue retorna para o coração através das veias alantoica, vitelínica e cardeais comuns (Figs. 13.1, 59.8). Como o coração desce em relação ao prosencéfalo e outras estruturas rostrais, o saco aórtico dá origem aos arcos aórticos em pares em níveis sucessivamente mais caudais, sendo que cada um deles passa lateralmente em cada lado da faringe, juntando-se às aortas dorsais. As aortas dorsais não são recobertas pelas células da crista neural nem são as partes mais distais (cranianas) das artérias carótidas, que se formam por angiogênese. O complemento total dos arcos aórticos nunca coexiste – o primeiro arco aórtico degenera-se através de remodelação das artérias cranianas antes de o sexto ser formado.

Quando as artérias do primeiro e segundo arcos aórticos começam a regredir, o suprimento para os arcos faríngeos correspondentes é derivado de uma artéria faríngea ventral transitória que termina se dividindo em ramos mandibular e maxilar. A artéria do segundo arco aórtico também se degenera, mantendo-se apenas como o tronco da artéria estapedial. O vaso inicial anastomosa-se com a artéria faríngea ventral, passando da mesma maneira que faz através do mesênquima da cartilagem estapedial, que se condensa ao seu redor, formando o forame do estribo. A artéria estapedial totalmente desenvolvida possui três ramos, mandibular, maxilar e supraorbital, que seguem as divisões do nervo trigêmeo (Fig. 35.8). Os ramos mandibulares e maxilares divergem de um tronco comum.

O desenvolvimento posterior do terceiro, quarto e sexto arcos aórticos (Fig. 35.9) produz as principais artérias para a cabeça e os grandes vasos que se originam no coração. A artéria carótida externa aparece primeiramente como um broto, que se estende cranialmente a partir do saco aórtico perto da extremidade ventral da artéria do terceiro arco. A carótida comum resulta de um prolongamento da parte adjacente do saco aórtico e a artéria do terceiro arco torna-se a parte proximal da artéria carótida interna. O quarto arco aórtico à direita forma a parte proximal da artéria subclávia direita, enquanto o vaso correspondente à esquerda constitui o arco da aorta definitiva entre as origens da carótida comum esquerda e as artérias subclávias esquerdas.

Quando a artéria carótida externa emerge da base do terceiro arco, ela integra o tronco da artéria faríngea ventral e seu ramo maxilar comunica-se com o tronco comum de origem nos ramos maxilar e mandibular da artéria estapedial e anexos destes vasos. A parte proximal do tronco comum persiste como a raiz da artéria meníngea média. Mais distalmente, a artéria meníngea é proveniente da parte proximal da artéria supraorbital. O ramo maxilar torna-se a artéria infraorbital e o ramo mandibular forma a artéria alveolar inferior.

Quando a artéria oftálmica definitiva se diferencia como um ramo da parte terminal da artéria carótida interna, ela comunica-se com o ramo supraorbital da artéria estapedial, que distalmente se torna artéria lacrimal. Esta mantém uma ligação anastomótica com a artéria meníngea média. O tronco dorsal da artéria do segundo arco original permanece como um ou mais ramos caroticotimpânicos da artéria carótida interna.

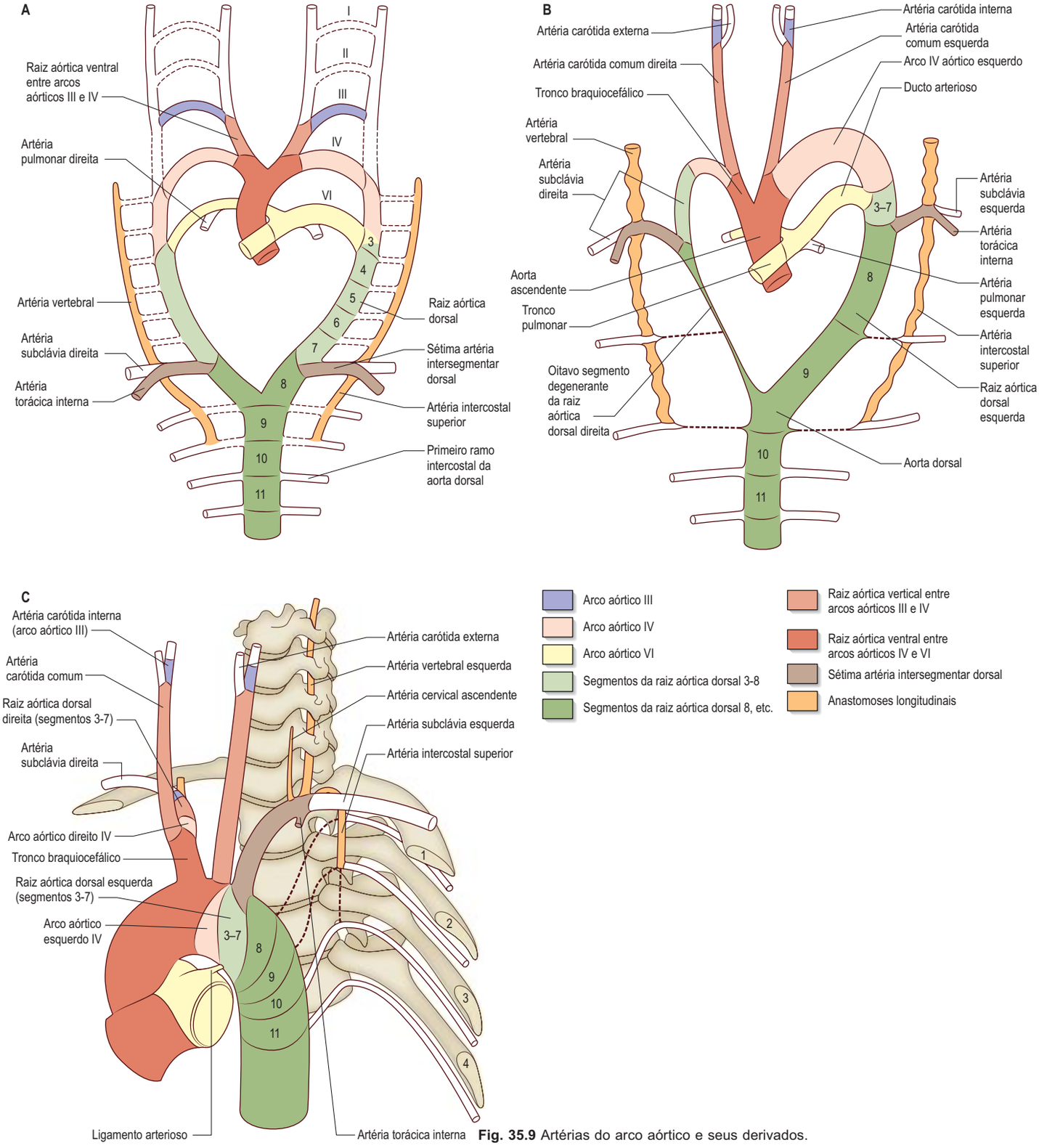


Fig. 35.9 Artérias do arco aórtico e seus derivados.

Desde seus primórdios, o sexto arco aórtico está associado ao desenvolvimento dos brotos pulmonares. Inicialmente, cada broto é suprido por um plexo capilar do saco aórtico; enquanto o sexto arco aórtico se desenvolve, ele torna-se o canal para o sangue a partir do saco aórtico até os brotos pulmonares em desenvolvimento, bem como até a aorta dorsal correspondente, sendo este último o canal principal. Logo após a formação do sexto arco aórtico, o trato do fluxo para fora do coração é dividido por um afluxo de células da crista neural que formam o septo aorticopulmonar espiral (Jiang *et al.*, 2000), que separa o saco aórtico em tronco pulmonar e aorta ascendente; o tronco pulmonar atinge um alinhamento com o sexto arco aórtico esquerdo (pág. 1025). A parte do sexto arco aórtico entre o tronco pulmonar e a aorta dorsal torna-se o principal canal vascular à esquerda e é definida como o ducto arterioso quando o vaso equivalente no lado direito é perdido. A perda do sexto arco aórtico direito pode estar relacionada com as mudanças na dinâmica do fluxo sanguíneo, na divisão do trato do fluxo de saída. A parte caudal da aorta dorsal direita (perto de sua conjugação com a esquerda) também se degenera, separando a aorta definitiva a partir da artéria subclávia em desenvolvimento (Fig. 35.9B). O ducto arterioso continua como principal canal para a passagem de sangue do ventrículo direito para a aorta descendente até que os pulmões e os seus vasos sanguíneos associados se expandam ao nascimento. Após o nascimento, o ducto arterioso é

funcionalmente fechado pela contração do músculo circular da túnica média (Cap. 59) (Fig. 35.9C).

ECTODERMA E FENDAS FARÍNGEAS

O ectoderma de superfície reveste o teto da faringe embrionária até, e incluindo a bolsa adeno-hipofisária (para o desenvolvimento inicial da glândula hipofisária, consultar a página 367 do Capítulo 24). Ele reveste quase completamente o primeiro arco que cobre as paredes laterais e o assoalho da faringe, ao contrário dos arcos mais caudais que são dependentes da proximidade da endoderma da faringe para o seu desenvolvimento. O ectoderma da superfície externa do primeiro arco, em última instância, produz o epitélio escamoso estratificado queratinizado da epiderme, incluindo folículos pilosos, glândulas sudoríparas e sebáceas, bem como epitélio especializado do vermelhão do lábio. A primeira fissura faríngea é obliterada ventralmente; sua extremidade dorsal aprofunda-se, formando o meato acústico externo e a superfície externa da membrana timpânica (Fig. 35.4B, C); o ectoderma dá origem à epiderme de revestimento e a glândulas ceruminosas. A cobertura ectodérmica da face oral do primeiro arco forma as membranas mucosas do palato, da cavidade oral e da parte anterior da língua e componentes ectodérmicos dos dentes, das glândulas salivares e das mucosas. Formam-se três proeminências auriculares nos arcos 1 e 2, sendo que cada lado do primeiro sulco faríngeo inicia-se no estágio 15; as proeminências formam o lóbulo da orelha externa (Cap. 38).

Os contornos externos dos arcos e fissuras são modificados à medida que os elementos ósseos e musculares se desenvolvem. Durante a quinta semana, as fendas faríngeas 2 e 3+4 formam as partes rostrais e caudais de uma depressão retro-hióidea, o seio cervical (Fig. 35.4C). Cranialmente, o seio é delimitado pelo arco hióideo; dorsalmente, por uma crista produzida por extensões ventrais a partir dos miótomos occipitais e pelo mesênquima que se desenvolve em direção aos músculos esternocleidomastóideo e trapézio. Caudalmente, a menor crista epipericárdica separa o seio do pericárdio. A fusão do arco hióideo com a elevação cardíaca cobre o seio cervical, excluindo os arcos 3-6 de contribuir para a pele do pescoço; ela também resulta no músculo platisma, delimitado tanto superficial como profundamente com a fáscia superficial, passando ao longo do pescoço em direção à parede torácica anterior.

Lâminas espessadas do ectoderma, os placoides epibranquiais, aparecem nas extremidades dorsais dos sulcos faríngeos. Elas estão intimamente relacionadas com o desenvolvimento dos gânglios dos nervos facial, glossofaríngeo e vago, com os quais contribuem. Juntamente com as células placoidais dorsolaterais e suprabranquiais, os placoides epibranquiais também contribuem para os gânglios do trigêmeo e vestibulococleares (Figs. 12.4, 24.18).

ENDODERMA E BOLSAS FARÍNGEAS

As primeiras quatro bolsas faríngeas aparecem na sequência craniocaudal durante os estágios 10-13. A faringe rostral é ampla e dorsoventralmente comprimida (Fig. 35.18). Lateralmente, a endoderma das bolsas aborda o ectoderma das fendas faríngeas, formando membranas de fechamento finas (Fig. 35.4). A ectoderma e a endoderma de aproximação entre a primeira fenda e a bolsa formam as superfícies externas e internas da membrana timpânica. A extremidade ventral da primeira bolsa é obliterada, mas a sua extremidade dorsal persiste e expande-se à medida que a cabeça se amplia. Isto, juntamente com a parte lateral vizinha da faringe e, possivelmente, com uma contribuição da parte dorsal da segunda bolsa faríngea, constitui o recesso tubotimpânico. O recesso forma a cavidade da orelha média, o tubo faringotimpânico e suas extensões. A expansão da cavidade da orelha média em torno dos ossículos da orelha ocorre durante a vida fetal tardia, pela quebra do mesênquima em torno dos ossículos, de modo que a cavidade chega a circundá-los, exceto em suas inserções à membrana timpânica e janela oval (janela vestibular).

O ectoderma das fendas faríngeas e a endoderma das bolsas tornam-se cada vez mais separados pelo mesênquima. Os recessos cegos da segunda, terceira e quarta bolsas são prolongados dorsal e ventralmente como divertículos angulares, semelhantes a asas (Fig. 35.18); a bolsa da endoderma engrossa e evagina para condensações mesenquimatosas localizadas derivadas da crista neural. A parte ventral da segunda bolsa é o foco do desenvolvimento linfoide como a tonsila palatina. Um anel generalizado de tecido linfoide, o anel linfático, desenvolve-se nesta região. A terceira bolsa dá origem ao timo ventralmente e à paratireoide III dorsalmente, enquanto a quarta bolsa produz a paratireoide IV e um corpo ultimobranquial. As porções dorsal e ventral da quarta bolsa, juntamente com o corpo ultimobranquial menor, são coletivamente chamadas de complexo faríngeo caudal.

Raramente, a falha da modificação normal das fendas e bolsas faríngeas pode levar à formação de fístulas, seios externos ou internos e cistos. Os cistos cervicais laterais são hoje considerados de origem linfoepitelial.

FACE, CAVIDADES NASAIS E PALATO, CAVIDADE ORAL E LÍNGUA

FACE

No estágio 12, a migração da população da célula da crista neural mais rostral está completa e começa a sequência das mudanças morfogênicas que formarão a face (Fig. 35.10). As células da crista neural preencheram o arco mandibular e sua extensão maxilar dorsal, e formaram o mesênquima frontonasal que cobre o telencéfalo e o diencéfalo caudal. Elas também contribuem para o primórdio do nervo trigêmeo, cujas primeiras fibras se desenvolvem no estágio 13. As três divisões do nervo trigêmeo proporcionarão inervação sensorial para as partes frontonasal, maxilar e mandibular da face. Todo o mesênquima da região facial é derivado da crista neural, exceto o mesênquima angiogênico, que migrou da mesoderme paraxial craniana, formando os vasos sanguíneos faciais. Não existem células musculares nesta região durante o período morfogenético de desenvolvimento facial.

A proliferação mesenquimatosa localizada resulta na formação de quatro processos pareados: os processos nasal medial, nasal lateral, maxilar e mandibular. Os processos nasais lateral e medial circundam o placoide nasal, fazendo com que eles afundem abaixo da superfície no interior das depressões nasais. Abaixo da região nasal em desenvolvimento, o tecido mediano forma o componente pré-maxilar do lábio superior e maxilar e do palato primário. Concomitantemente à formação dos processos nasais, a proliferação do mesênquima maxilar forma os processos maxilares. Estes fazem contato com os processos nasais medial e lateral nos estágios 16-17. A fusão dos processos maxilares com os processos nasais mediais une as partes pré-maxilar e maxilar do maxilar superior e lábio; o fracasso deste processo em um ou em ambos os lados causa fenda labial unilateral ou bilateral (Fig. 35.17). Superiormente, esta fusão fecha a fenda na extremidade inferior das fossas nasais, completando as futuras narinas. A fusão do maxilar com os processos nasais laterais é um processo muito mais simples e raramente dá origem a anormalidades. No estágio 16, o epitélio do sulco entre eles espessa-se, formando a lâmina lacrimal, o primórdio do sistema lacrimal. No estágio 19, ele separa-se da ectoderme da superfície, formando o cordão lacrimal abaixo da superfície. O cordão torna-se canalizado para formar o ducto nasolacrimal na décima semana (de la Cuadra-Blanco *et al*., 2006). O local original da lâmina lacrimal marca a divisão lateral entre as contribuições frontonasal e maxilar para a face, territórios cujo suprimento do nervo sensorial é respectivamente a partir das divisões oftálmica e maxilar do nervo trigêmeo (Fig. 35.11).

No início do desenvolvimento facial, a abertura estomodeal estende-se através de toda a largura da cabeça embrionária. Uma boca grande é mantida até que o crescimento diferencial traga os olhos e as partes laterais das estruturas maxilar-mandibular dos lados para a frente da face (estágios 18 a 23, 7-8 semanas). Embora o crescimento diferencial torne a abertura da boca proporcionalmente menor, a fusão progressiva das regiões laterais dos processos maxilares e mandibulares também faz uma contribuição importante para a diminuição da largura da boca e para a formação das bochechas. As diferenças na largura da boca na população humana decorrem principalmente da variação na extensão da fusão maxilomandibular. O período de 7 a 8 semanas é o período final de desenvolvimento facial. Além da formação da boca e das bochechas, este período é marcado por um maior estreitamento da região nasal e filtro e subida das orelhas. No estágio 20, a face é reconhecidamente humana, embora o crescimento diferencial continue a provocar alterações na proporção e na posição relativa das feições.

A contribuição feita pelo processo frontonasal aos derivados da superfície epitelial estende-se desde a pele da testa, ao longo das regiões supraorbital e glabelar, incluindo a pálpebra superior e a conjuntiva, até a face externa do nariz e filtro do lábio superior. Durante o desenvolvimento posterior, o nervo maxilar invade a pele do filtro e as asas nasais (Figs. 24.10, 35.11). Internamente, a contribuição epitelial da membrana mucosa inclui o vestíbulo nasal, a mucosa nasal das conchas e seios paranasais, o epitélio olfatório, a mucosa do filtro, gengivas e palato primário.

CAVIDADES NASAIS E PALATO

Após a formação das fossas nasais, as células dos placoides olfatórios diferenciam-se em neuroblastos olfatórios, células de suporte (sustentaculares) e células estaminais. Neuritos começam a se estender a partir dos neuroblastos olfatórios, atingindo a região olfatória do telencéfalo olfatório no estágio 16 (sexta semana). Os primeiros neuritos pioneiros atravessam um espaço preenchido de mesênquima entre o placoide e o cérebro. As células restantes do placoide diferenciam-se em células colunares de suporte (sustentaculares), em células basais arredondadas e, por invaginação, nas células de revestimento do ducto achatadas e nas acina-

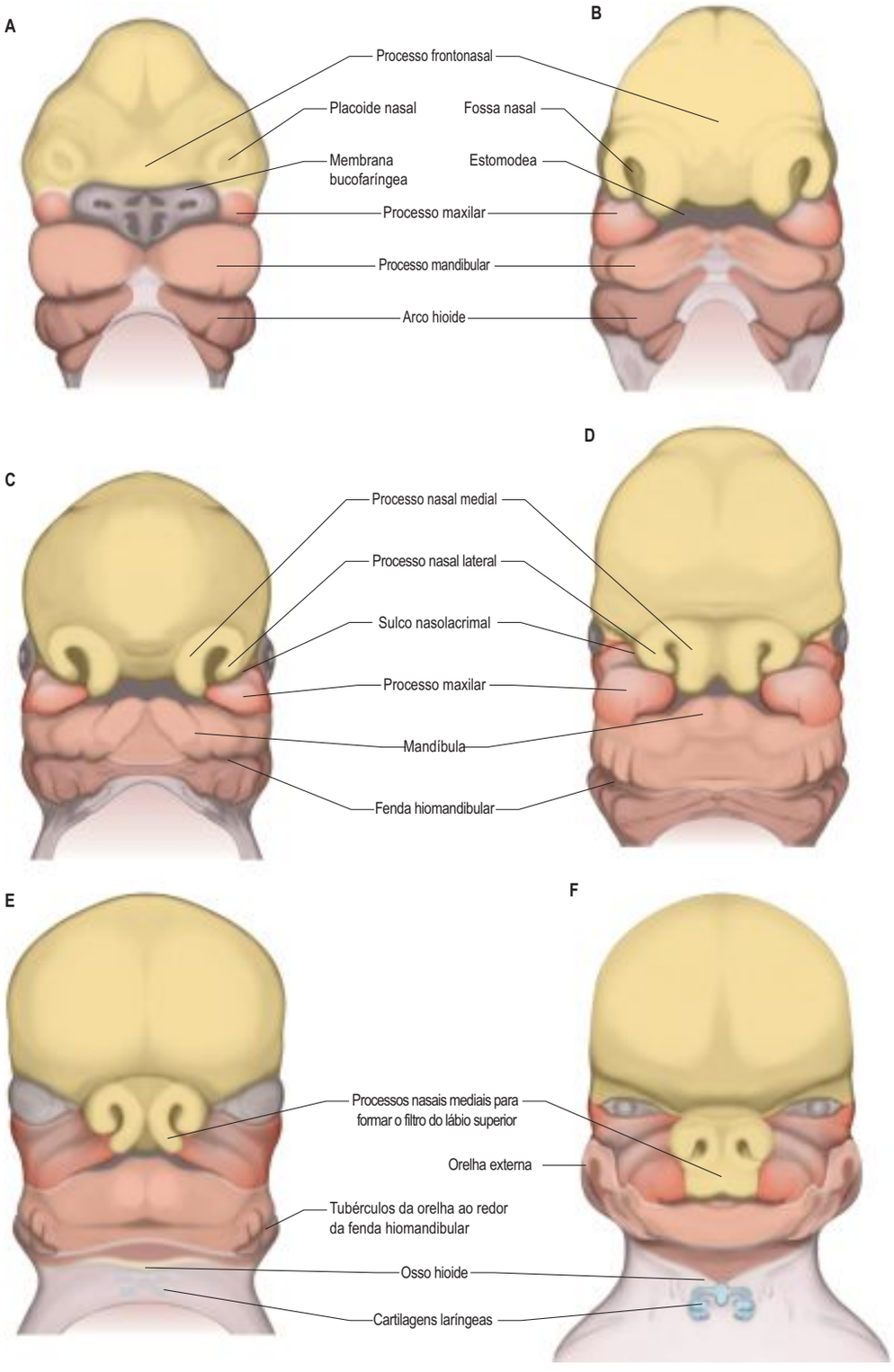


Fig. 35.10 Desenvolvimento da face durante os estágios 12-18. **A,** Quatro semanas (3,5 mm); **B,** cinco semanas (6,5 mm); **C,** cinco semanas e meia (9 mm); **D,** seis semanas (12 mm); **E,** sete semanas (19 mm); **F,** oito semanas (28 mm).

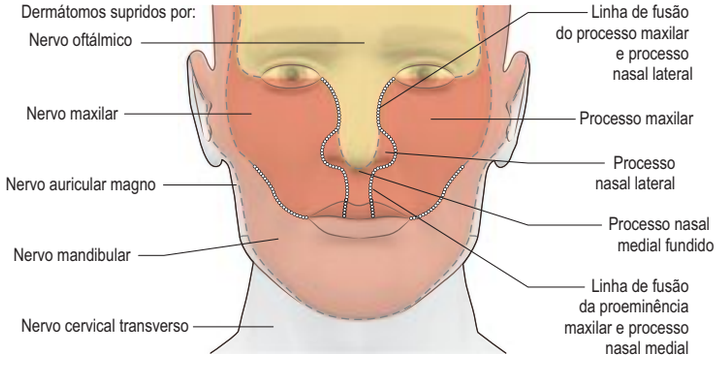


Fig. 35.11 Partes da face do adulto derivadas das divisões oftálmicas (frontonasais), maxilares e mandibulares da pele da face, mostrando as linhas de fusão e inervação definitiva.

res poliédricas de glândulas de Bowman. A infiltração basal por linfócitos é um evento relativamente tardio.

Assim que as cavidades nasais são formadas, o teto da cavidade oral é considerado como o palato primitivo (não confundir com o palato primário). Cada cavidade nasal tem uma forma arqueada, estendendo-se para cima em direção ao epitélio olfatório e depois para baixo novamente para a cavidade oral, de onde é separada pela fina membrana epitelial do cóano. Próximo ao final do estágio 18, as membranas do cóano degeneram-se, formando os cóanos; as cavidades nasais são agora um ducto que vai do ambiente externo para a cavidade oral. A cunha triangular de tecido entre as cavidades nasais esquerda e direita e a cavidade oral compreende o palato primitivo abaixo e o septo nasal acima. Caudal ao palato primário, a face interna de cada processo maxilar abaula em direção à cavidade oral como um processo palatino: os processos palatinos (primeiramente detectáveis no estágio 17) são os primórdios do palato secundário. A língua já está bem desenvolvida e a sua forma em cúpula preenche o espaço entre as saliências palatinas nascentes

lateralmente e o palato primitivo acima. A mandíbula, neste estágio, é curta em relação à região maxilar e não se estende tão longe como o palato primário. O crescimento posterior traz a região mandibular e a língua para a frente, para uma posição abaixo do palato primário. Ao mesmo tempo, os processos palatinos (secundários) continuam a crescer, projetando-se verticalmente para baixo em ambos os lados da língua. No estágio 23 (56-57 dias), a língua desce e as saliências palatinas giram, trazendo as saliências para uma posição horizontal acima da língua (Fig. 35.12). A rapidez do processo de elevação da saliência é causada, pelo menos em parte, por edema do mesênquima palatal devido ao acúmulo e à hidratação da hialuronano (Ferguson 1991). Isto ocorre durante um período de crescimento contínuo da altura da cabeça, mas de quase nenhum crescimento da largura da cabeça. Este último fator é importante porque, se a elevação da saliência palatina for retardada de maneira que ela ocorra durante um período de crescimento na largura facial, os processos não fundidos podem não ser capazes de se tocar fisicamente, resultando em uma fenda palatina. Outros fatores que afetam o fechamento palatino são o crescimento em comprimento das cartilagens de Meckel, o que possibilita que a língua desça, e a mudança na posição das maxilas em relação à base craniana anterior, o que tem o efeito de elevar a cabeça e o maxilar superior para longe da mandíbula durante as semanas 9 e 10, facilitando a retirada da língua de entre as saliências palatinas e criando espaço para sua elevação. A abertura da boca, a protrusão da língua e os movimentos de soluço também têm sido observados neste momento, e pode ser que estes movimentos e as respectivas alterações de pressão ajudem na elevação da saliência palatina. Geralmente, nos embriões do sexo feminino, a elevação da saliência palatina ocorre sete dias mais tarde do que no sexo masculino e a fenda palatina congênita é mais comum no sexo feminino.

A fusão da linha média das duas saliências palatinas envolve aderência e quebra (por apoptose) das superfícies epiteliais adjuntas. Elas também se fundem com a margem posterior do palato primário, mas não sobre uma pequena área mediana onde um canal nasopalatino mantém uma conexão entre as cavidades nasal e oral durante algum tempo e marca a posição futura da fossa incisiva. Durante o período de desenvolvimento da saliência palatina, um crescimento para baixo mediano a partir do palato primitivo forma o septo nasal definitivo, que é apoiado por cartilagem. As margens mediais de fusão das saliências palatinas elevadas também se fundem com a margem livre do septo nasal, formando as cavidades nasais direita e esquerda acima do palato secundário. O osso forma-se por ossificação intramembranosa no interior do mesênquima palatino, e por ossificação endocondral do septo nasal cartilaginoso. Neste momento, a extremidade livre (caudal) das saliências palatinas situa-se diretamente abaixo da antiga posição de inserção da bolsa adeno-hipofisária ao teto da cavidade oral. Caudal ao palato duro, suas extremidades livres crescem (em especial medialmente), formando o palato mole e a úvula, que se estendem para a orofaringe. O mesênquima miogênico a partir do primeiro (tensor palatino apenas) e terceiro arcos faríngeos migra para o palato mole e em torno das margens caudais do tubo faringotimpânico. A separação das cavidades nasal e oral definitivas está agora completa. Surge uma série de elevações na parede lateral de cada cavidade nasal: as conchas superior, média e inferior.

Dentro do septo nasal, em ambos os lados da cartilagem septal, o ectoderma é invaginado, formando um par de divertículos pequenos; estes são os órgãos vomeronasais, órgãos olfatórios auxiliares derivados dos placoides olfatórios. As suas aberturas ficam perto da junção entre a pré-maxila e as maxilas de cada lado. Sua função em seres humanos não é clara, mas suas células diferenciam-se, formando neurônios que se projetam para a área olfatória do cérebro e podem funcionar em comunicação olfatória relacionada com o feromônio.

As expansões dorsais bilaterais da primeira, da segunda e possivelmente da terceira bolsa faríngea formam os recessos tubotimpânicos, que se tornarão as cavidades timpânicas e tubos faringotimpânicos. Este último abre-se para a parede lateral da nasofaringe, acima do palato mole. Uma série de proliferações focais da endoderma nasofaríngea é invadida por tecido linfoide. A adenoide ou tonsila faríngea desenvolve-se na linha média posterior da nasofaringe e a tonsila tubária desenvolve-se perto da abertura faríngea do tubo faringotimpânico.

CAVIDADE ORAL

Na quinta semana (estágio 12), a membrana orofaríngea rempe-se de maneira que a comunicação seja estabelecida entre o estomódio e a extremidade craniana do intestino anterior (futura nasofaringe e orofaringe, respectivamente). A formação dos palatos duro e mole separa o intestino anterior craniano em cavidade nasal e nasofaringe acima e cavidade oral definitiva abaixo. A cavidade oral é demarcada a partir da orofaringe posteriormente pela extremidade livre do palato mole e úvula acima, e o arco palatoglosso lateralmente, que demarca o istmo orofaríngico.

Língua

Pelo fato de o arco mandibular crescer mais rapidamente do que os outros, este componente do assoalho faríngeo é mais longo craniocaudalmente do que os outros arcos. No estágio 14, três tumefações são aparentes em sua superfície: uma elevação mediana pequena, o tubérculo ímpar ou broto lingual mediano, e pares de tumefações mandibulares (linguais). As tumefações mandibulares fundem-se umas às outras e com o tubérculo ímpar, formando os dois terços anteriores da língua (Fig. 35.13). Um sulco forma-se ao longo das margens ventral e lateral desta elevação e aprofunda-se, internamente ao futuro processo alveolar da mandíbula, formando o sulco linguogengival, enquanto a elevação constitui a parte anterior ou oral (pré-sulcal) da língua. Caudal ao tubérculo ímpar, a cópula e a eminência hipobranquial (hipofaríngea) formam-se no assoalho faríngeo, e as extremidades ventrais do segundo, terceiro e quarto arcos faríngeos convergem sobre eles. O componente do terceiro arco da eminência hipofaringiana cresce ao longo do segundo arco e aproxima-se do rudimento da língua anterior; as duas partes fundem-se ao longo de uma linha em forma de V que corresponde, mais tarde, ao sulco terminal. Outro sulco transversal separa a sua parte caudal (quarto arco), delineando a epiglote.

Durante esta sequência de eventos, o segundo arco é excluído da língua. O sulco terminal tem seu ápice no forame cego: este é um divertículo mediano que se forma no momento da fusão dos elementos constitutivos da língua, e é o local de crescimento para baixo do rudimento

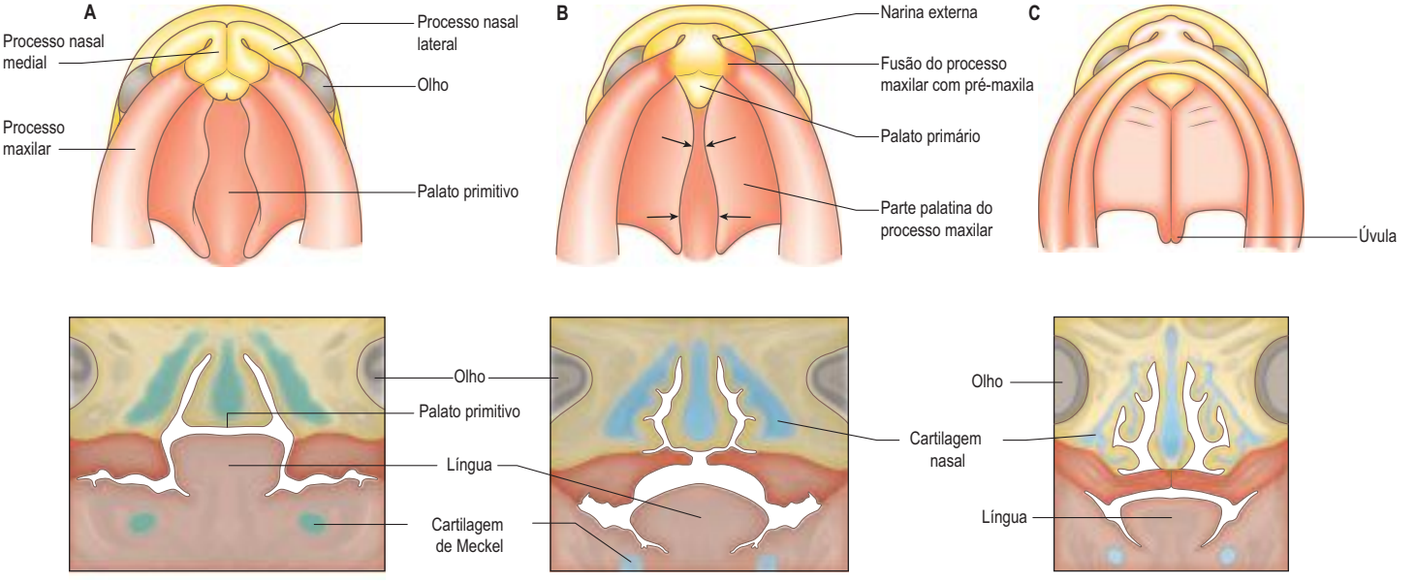


Fig. 35.12 Desenvolvimento do palato. **A-C** mostram evolução do desenvolvimento durante 7-8 semanas. Vista ventral (fileira de cima) e corte coronal (fileira de baixo).

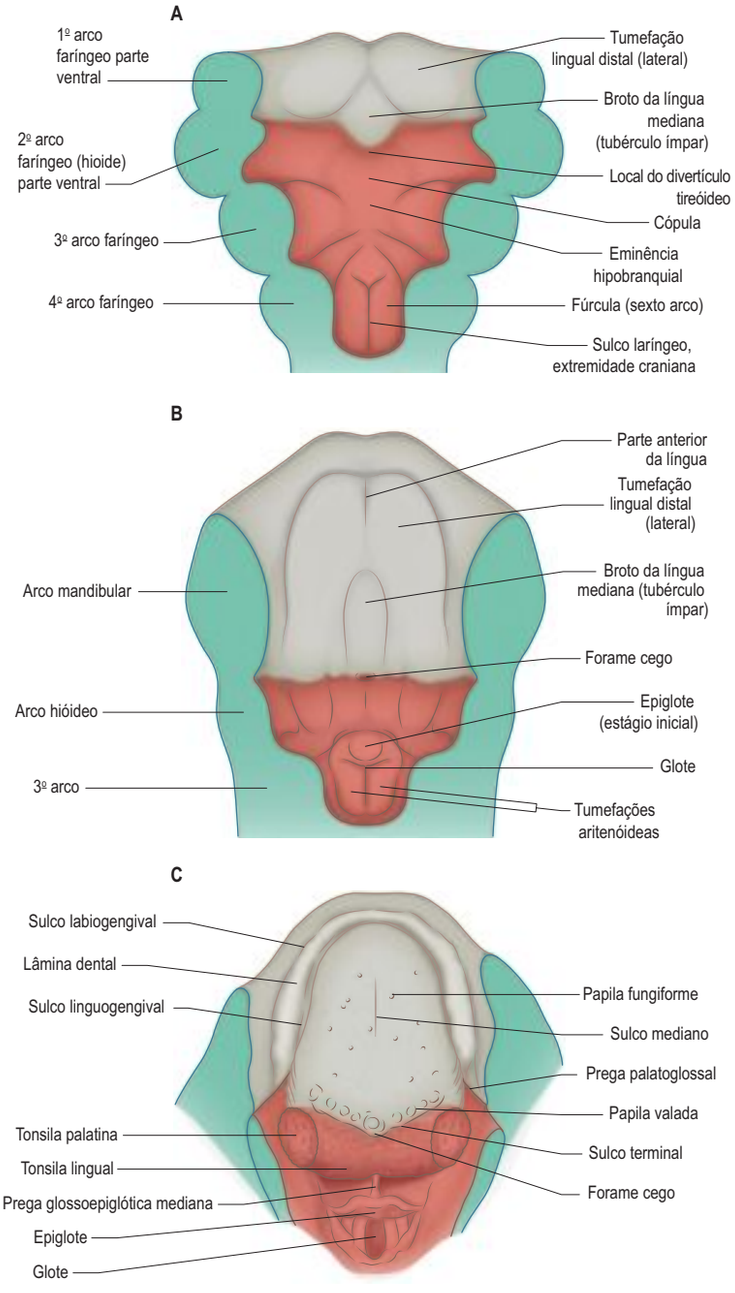


Fig. 35.13 Desenvolvimento do assoalho faríngeo e da língua. **A,** Estágio 14, mostrando tumefações medianas e laterais no assoalho do primeiro arco; **B,** após fusão das tumefações; **C,** língua e orofaringe ao nascimento.

mediano da glândula tireoide. Falha de crescimento para baixo da totalidade ou de parte da glândula tireoide a partir deste local resulta em tecido tireóideo ectópico no interior da língua (tireoide lingual), entre o forame cego e a epiglote. Os primórdios da língua fundem-se no estágio 17 (15 mm), e o sulco terminal é formado pela linha de fusão. As papilas valadas surgem por volta de 10 semanas (52 mm) e aumentam em número até o final do segundo trimestre. Reconstruções seriadas sugerem que o território do nervo glossofaríngeo se estende consideravelmente além destas papilas. No entanto, em geral, o caráter composto da membrana mucosa da língua é refletido por sua inervação sensorial. A parte oral anterior é inervada pelo ramo lingual do nervo mandibular e pela corda do tímpano do nervo facial. A parte faríngea posterior da língua é inervada pelo glossofaríngeo, o nervo do terceiro arco, e a raiz da língua, perto da epiglote, é inervada pelo vago. Durante os estágios 14 e 15, o mesênquima da língua é invadido por células dos miótomos occipitais que migram das faces laterais do mielencéfalo. Eles passam ventralmente ao redor da faringe, de modo a alcançar seu assoalho acompanhado pelos nervos hipoglossos. As partes posteriores da língua e epiglote, isto é, os derivados embrionários do assoalho faríngeo do terceiro, quarto e sexto arcos situam-se no interior da orofaringe. As estrias aparecem na superfície da língua no início do período fetal. A língua é curta e larga, e toda a sua superfície está dentro da cavidade oral (Fig. 14.5). O terço posterior da língua desce à medida que o osso hioide e a laringe descem durante o primeiro ano pós-natal e, por volta do quarto ou quinto ano, forma parte da parede anterior da orofaringe.

Glândulas salivares

As glândulas salivares surgem bilateralmente como resultado de interações epitelial-mesenquimatosas entre o revestimento epitelial ectodérmico da cavidade oral e o mesênquima derivados da crista neural subjacente. Elas formam-se como divertículos sólidos que sofrem morfogênese da ramificação, com toda a estrutura semelhante a uma árvore adquirindo mais tarde uma luz. As extremidades cegas dos ramos formam ácinos, cujas células se diferenciam em primeiro lugar para formar células serosas e, no período pós-natal, células secretoras de muco (exceto a glândula parótida, que continua a ser principal ou inteiramente serosa).

A glândula parótida pode ser reconhecida no estágio 15 (8 mm) como um sulco alongado que corre dorsalmente a partir do ângulo da boca entre as proeminências mandibulares e maxilares. O sulco, que é convertido em um tubo, perde a sua ligação com o epitélio da cavidade oral, exceto na sua extremidade ventral, e cresce dorsalmente no tecido mole da bochecha. O tubo persiste como ducto parotídeo. Após a fusão das partes laterais das proeminências maxilares e mandibulares, o ducto parotídeo abre-se para o interior da bochecha, a alguma distância a partir do ângulo da boca. À medida que a glândula se desenvolve, seus ramos entrelaçam-se aos ramos do nervo facial. No recém-nascido, a glândula parótida é arredondada e situa-se entre o masseter e a orelha. Durante a lactância e início da infância, a glândula em crescimento cobre o ducto.

A glândula submandibular é identificável no estágio 18 como um divertículo epitelial em direção ao mesênquima a partir do assoalho da parte caudal do sulco linguogengival. Ela aumenta rapidamente de tamanho e ramifica-se em várias ocasiões. Inicialmente, a ligação da glândula submandibular com o assoalho da boca fica na parte lateral da língua, mas, como as extremidades do sulco linguogengival se unem de trás para a frente, forma-se a parte tubular do ducto submandibular. Como resultado, o orifício do ducto é deslocado para a frente até que ele esteja abaixo da ponta da língua, perto do plano mediano. A glândula sublingual surge no estágio 20 como alguns pequenos espessamentos epiteliais no sulco linguogengival e na parte lateral do sulco. Cada espessamento canaliza separadamente, de maneira que vários ductos sublinguais se abrem separadamente no alto da prega sublingual, enquanto outros se juntam ao ducto submandibular.

As glândulas salivares menores, que são distribuídas por toda a parede da cavidade oral, exceto a gengiva e o palato duro, formam-se de maneira semelhante às glândulas maiores, mas sofrem muito pouca ramificação e continuam no interior da submucosa.

Tecidos linfoides

As tonsilas formam-se em vários locais ao redor da cavidade oral e da faringe, onde proliferações focais da endoderma são invadidas por tecido linfoide. O revestimento epitelial endodérmico cresce em direção ao mesênquima circundante como vários brotos sólidos, que são escavados por degeneração e derramamento de suas células centrais, formando fossas e criptas tonsilares. As células linfoides acumulam-se ao redor das criptas e são agrupadas como folículos linfoides; regiões de células T e B podem ser identificadas. As tonsilas palatinas desenvolvem-se a partir das partes ventrais das segundas bolsas faríngeas (Figs. 35.18, 35.4). Uma fenda intratonsilar semelhante a um sulco estende-se para a parte superior da tonsila e é possivelmente um resquício da segunda bolsa faríngea. Tecido linfoide semelhante ao das tonsilas palatinas em geral se desenvolve sobre a superfície da parte posterior da língua, formando a tonsila lingual.

Dentes e gengivas

A demarcação dos lábios começa após a fusão dos primórdios faciais no estágio 18, durante o período de desenvolvimento do palato secundário. Dois espessamentos epiteliais paralelos, uma lâmina exterior labiogengival (banda vestibular) e uma lâmina dental interna, formam-se ao redor da margem interior da boca, tanto no maxilar superior como no inferior (Figs. 35.15, 35.13). O sulco linguogengival é formado como uma reentrância entre a lâmina dental e a língua. No estágio 22, cada lâmina labiogengival recorta o mesênquima subjacente, formando um sulco raso que se aprofunda, formando por sua vez o vestíbulo entre os lábios e as gengivas. O revestimento da cavidade oral entre o epitélio vestibular dos maxilares superior e inferior constitui o aspecto interno das bochechas. A lâmina dental dá origem ao componente epitelial dos dentes.

A formação dos dentes envolve uma sequência de interações epitelial-mesenquimatosas ao longo da lâmina dental (Fig. 35.14). Estas interações são controladas por um grande número de fatores genéticos e a

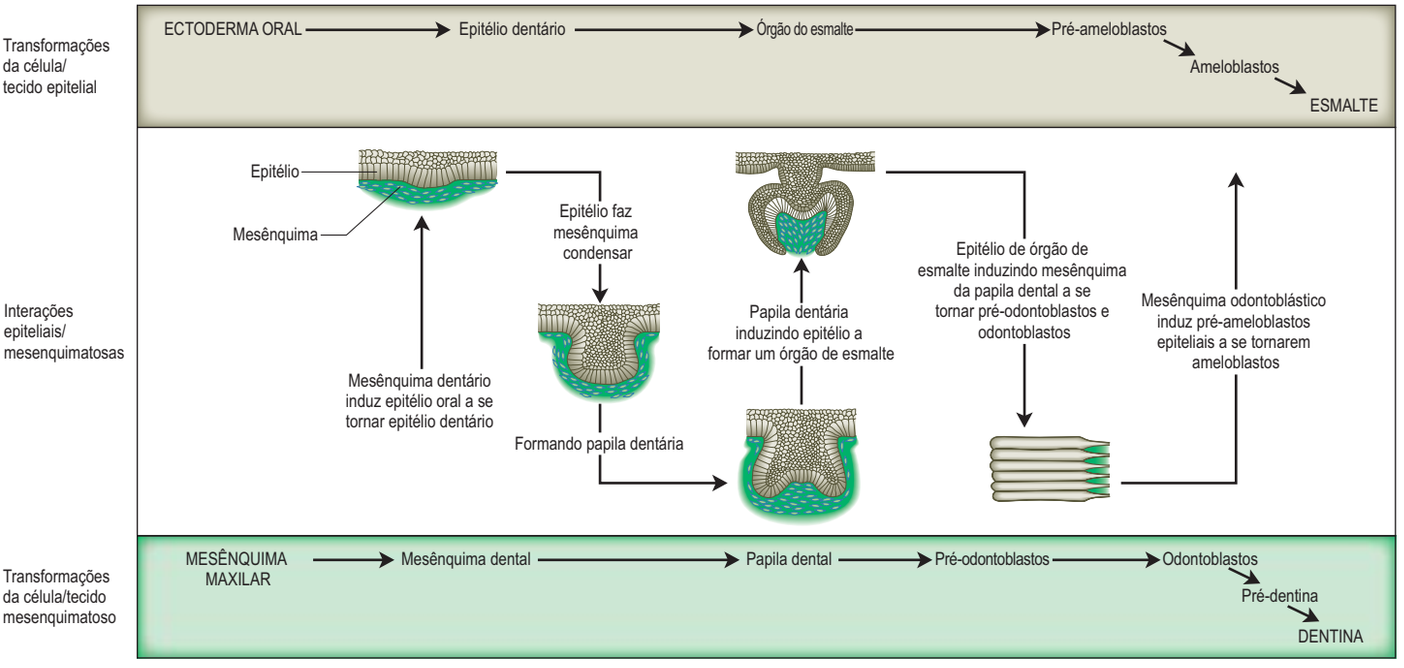


Fig. 35.14 Resumo das interações epitélio-mesenquimatosas durante o desenvolvimento dos dentes.

matriz extracelular (em particular das membranas basais) é de grande importância (Thesleff 2000, Fukumoto & Yamada 2005). Em embriões de 25 mm, 10 espessamentos localizados das lâminas dentais superior e inferior iniciam a formação dos componentes epiteliais dentários dos primórdios dos dentes (Figs. 35.14, 35.15). Eles expandem-se para os sacos dentários circundados por mesênquima vascular. O epitélio prolifera e recua, formando um órgão do esmalte que em 10 semanas forma uma capa sobre uma condensação mesenquimatosa, a papila dental: coletivamente esta unidade constitui um broto ou germe dentário. O órgão do esmalte toma a forma de um sino e diferencia-se em duas camadas, os epitélios interno e externo do esmalte, que são separados por um retículo estrelado rico em glicosaminoglicano. As células do epitélio interno diferenciam-se em ameloblastos e a camada subjacente de células mesenquimatosas diferencia-se em odontoblastos. Os odontoblastos produzem e secretam dentina, que influencia os ameloblastos a formar esmalte, que por sua vez é depositado em camadas sucessivas, e após a mineralização é o tecido mais duro do corpo. A produção de esmalte e dentina a partir do germe dental em forma de sino começa na 24ª semana. O mesênquima da papila dental abaixo da camada de odontoblasto forma a polpa, que se torna vascularizada e inervada. Estudos experimentais em camundongos (que têm apenas incisivos e molares) revelaram que as diferenças regionais na expressão gênica no interior dos mesênquimas maxilares e mandibulares governam o tipo de dente produzido. Há presença de fibronectina na membrana basal do epitélio interno do esmalte durante a fase de sino; ela ajuda na inserção dos pré-odontoblastos e é essencial para a sua diferenciação, torna-se progressivamente mais abundante durante o período fetal tardio. O colágeno I é a principal estrutura extracelular de suporte na maturação da papila dental e do retículo estrelado.

Ao nascimento, cada quadrante das maxilas tem os cinco germes dos dentes decíduos e o germe do primeiro molar permanente. O momento de erupção dos dentes, que começa com os incisivos centrais inferiores, é variável. Os dentes permanentes desenvolvem-se em posições adicionais a partir das faces linguais dos germes dos dentes decíduos e os 12 dentes molares permanentes a partir das extensões das lâminas dentárias de cada lado dos dois maxilares. A mineralização começa tanto nos dentes decíduos como nos permanentes antes do nascimento. Os dentes decíduos têm coroas bem desenvolvidas ao nascimento a termo e a erupção através da gengiva inicia-se com os incisivos inferiores entre três e seis meses após o nascimento. Após a erupção, a gengiva mantém-se fixada ao colo de cada dente pela parte superior do ligamento periodontal, cuja parte principal fixa a raiz do dente ao osso do alvéolo do dente.

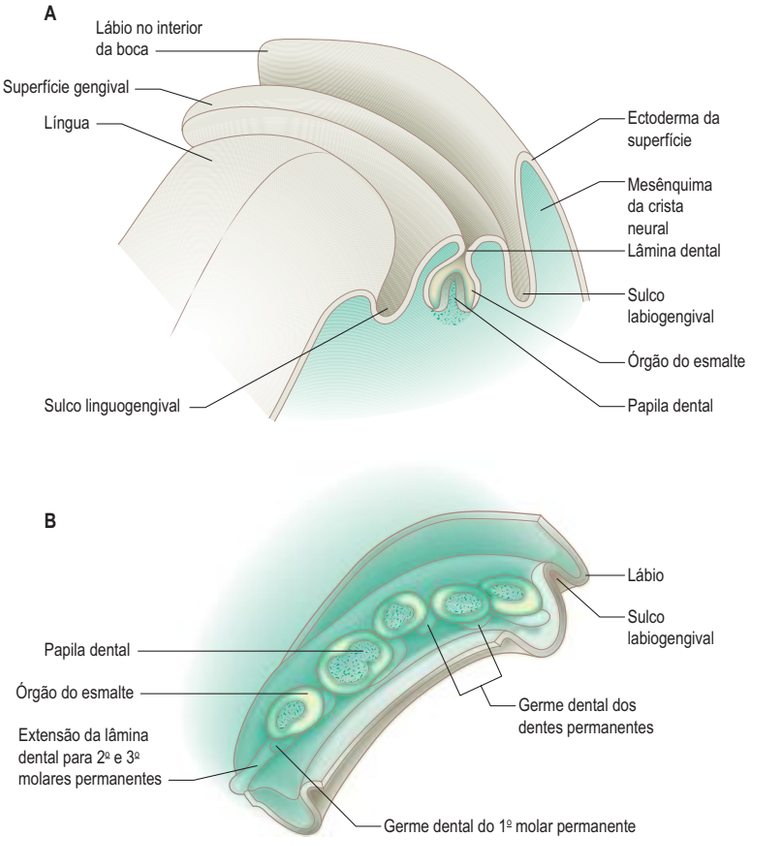


Fig. 35.15 Desenvolvimento de lábio, gengivas e dentes. **A,** Vista oral. **B,** Metade direita do maxilar inferior vista de baixo.

A cavidade oral após o nascimento

No recém-nascido, a cavidade oral é apenas potencial com a boca fechada. Três espaços são formados na cavidade oral durante a amamentação. O espaço mediano entre a língua e o palato duro que é ocupado pelo mamilo bifurca-se posteriormente, produzindo canais de cada lado do palato mole e epiglote aproximados. O palato duro é apenas ligeiramente arqueado e sua membrana mucosa é ondulada por cinco ou seis pregas (rugas) transversas irregulares que ajudam na preensão do mamilo. Dois espaços laterais, as cavidades arqueadas laterais, são formados entre a língua medialmente e as bochechas lateralmente; as gengivas inferiores e superiores situadas no interior desses espaços não se tocam durante a sucção. Cada bochecha é sustentada por uma massa de gordura subcutânea, o coxim de sucção, que se situa entre o bucinador e o masseter. A epiglote é elevada e faz contato direto com o palato mole (Fig. 14.15). A laringe é elevada, de maneira que sua abertura é direcionada para a naso-

faringe, ou seja, acima do nível dos espaços, à medida que o leite passa em um dos seus lados em direção à faringe. Isso garante a respiração dos bebês enquanto mamam.

ANOMALIAS DO DESENVOLVIMENTO FACIAL

Malformações que envolvem a crista neural

As malformações congênitas da face podem ser iniciadas precocemente e relacionadas com a migração, a proliferação e/ou a apoptose anormal das células da crista neural, ou, mais tarde, durante a fase morfogênica de desenvolvimento facial. A síndrome craniofrontonasal é caracterizada por testa larga e hipertelorismo, fusão prematura de uma ou ambas as suturas coronais, um sulco central nasal e, por vezes, fenda de lábio e palato; há também características extracranianas. É causada por deleções do gene *EFNB1*, que, sabe-se, desempenha papéis essenciais na formação dos limites entre os tecidos, incluindo aquelas entre crista neural e células adjacentes não cristas. A disostose mandibulofacial (síndrome de Treacher Collins) é caracterizada por órbitas incompletas, redução dos maxilares e dos ossículos auditivos (daí a surdez condutiva), orelhas externas anormais e fístulas ou cistos, que sugerem envolvimento de todos os níveis da crista neural craniana. É causada por haploinsuficiência do gene *TCOF1*. A microssomia hemifacial (síndrome de Goldenhaar) afeta apenas um lado da face e compreende uma mandíbula pequena (às vezes com ausência da articulação temporomandibular), orelhas malformadas ou ausentes com marcas auriculares acessórias e fendas faciais. Evidências experimentais em animais sugerem que é causada por hemorragia da artéria estapedial, que pode ter uma base genética. O crescimento deficiente da mandíbula (micrognatia) está geralmente associado a outros defeitos. Na sequência de Pierre Robin (Fig. 35.16), o tamanho pequeno da mandíbula obstrui a descida da língua, resultando em uma fenda palatina em forma de U; um defeito do septo conotruncal está presente em um quarto dos casos, sugerindo possível envolvimento da crista neural cardíaca. Mais informações e referências sobre malformações faciais podem ser encontradas em Gorlin *et al.* (2001), Wilkie e Morris-Kay (2001) e Morris-Kay e Wilkie (2005).

Fissuras da face e do palato

A fenda labial ocorre quando um ou ambos os processos nasais mediais falham em se fundir com os processos maxilares correspondentes. A gravidade da fenda varia de um pequeno entalhe no lábio superior até uma dupla fenda, que se estende para as duas narinas (Fig. 35.17). Em um lábio com fenda unilateral, o septo nasal desvia-se para o lado sem fenda, devido a uma ausência de inserção correta dos músculos transversos do nariz e do orbicular da boca na face medial da fenda em direção aos tecidos ao redor da espinha nasal anterior e septo nasal, e, sobretudo, na musculatura contralateral (Fig. 35.17B). Os três grupos funcionais da musculatura facial superficial – nasolabial (nasal transverso, levantador do lábio superior e levantador do lábio superior e asa do nariz), bilabial (orbicular da boca) e labiomentual (abaixador do ângulo da boca) – são todos deslocados inferiormente. Uma outra consequência é o subdesenvolvimento da parte de sustentação do incisivo da maxila. Estas anormalidades, por sua vez, influenciam os tecidos mucocutâneos, o que resulta no deslocamento da pele da narina para a parte superior do lábio, na retração da pele labial e em anomalias dos tecidos moles de ambos os lados da junção mucocutânea.

Fig. 35.16 Sequência de Pierre Robin. (Cortesia do Mr T Goodacre e Oxford Radcliffe Hospitals NHS Trust.)

Uma fenda pequena ou incompleta de palato duro provavelmente é decorrente de um defeito de crescimento das saliências palatinas e/ou um atraso na elevação da saliência, e/ou de fracasso da fusão das saliências palatinas apostas. Fendas mais largas (Fig. 35.17D, E), nas quais a língua se situa entre as saliências ainda verticais, são causadas por um maior atraso de desenvolvimento que pode estar associado à anormalidade de outras estruturas na face e em outros locais do corpo. Nas formas mais brandas de fenda palatina, apenas o palato mole e, por vezes, apenas a úvula são fendidos (Fig. 35.17F). Uma fissura submucosa pode causar dificuldades de fala e pode ser detectada como uma incisura mediana em forma de V do palato mole. Muito raramente, a incompetência palatofaríngea é causada por hipoplasia muscular, particularmente do músculo da úvula.

A fenda labial com ou sem fenda palatina (FL/P) parece ser de origem multigênica ou multifatorial, com componentes genéticos e ambientais (Gorlin *et al.*, 2001). FL/P tem uma frequência de 0,5-3,6/1.000 nascidos vivos, com uma razão homem:mulher de 2:1. A fissura palatina isolada geneticamente não está relacionada com FL/P e tem uma frequência de 0,4/1.000; é mais comum no sexo feminino. As fendas da face são raras (1/50.000-1/175.000 nascimentos) e são causadas principalmente pela pressão das bandas amnióticas, e não por dismorfogêneses, embora um componente morfogênico não possa ser excluído quando a fenda se situa ao longo de uma linha de fusão, por exemplo, maxilomandibular. A fenda labial mediana (verdadeiro lábio leporino) também é rara, uma vez que não é uma linha de fusão morfogenética. O sulco mediano do nariz ocorre com hipertelorismo em várias displasias frontonasais, sugerindo uma ampliação precoce da região mediana da face.

FORMAÇÃO DO PESCOÇO

Quando as tumefações faciais se fundem para formar uma face reconhecidamente humana (estágio 20), a cartilagem de Meckel já cresceu suficientemente para se projetar para o exterior como um potencial queixo, mas a face ainda está voltada para a proeminência cardíaca, e próximo a ela. A formação da parte posterior do pescoço, neste momento, já está bem avançada, com vértebras cervicais cartilaginosas, músculos, nervos e vasos sanguíneos. O pescoço anterior forma-se gradualmente, assim como enquanto ocorre crescimento relativamente rápido das estruturas anteriores, como traqueia, esôfago, artérias carótidas comuns e veias jugulares, e um aumento no ângulo entre a medula espinal e o tronco cerebral. Outras mudanças contributivas incluem crescimento do primeiro arco faríngeo em uma taxa mais rápida que as outras, de modo que a cartilagem de Meckel e o osso membranáceo em desenvolvimento da mandíbula se projetam ainda mais para a frente, enquanto o primórdio do osso hioide permanece pequeno, definindo o futuro ângulo entre o pescoço anterior e a mandíbula. Mioblastos derivados de mesênquima paraxial que invadem o segundo arco faríngeo estão presentes na superfície do tecido conjuntivo abaixo da pele do pescoço anterior; eles disseminam-se, preenchendo esta camada a partir do lado inferior do queixo até a parte superior do tórax, e diferenciam-se, formando o platisma (este é o principal remanescente humano do panículo carnoso, o músculo que está presente em toda a pele de muitos mamíferos).

A interface entre os músculos cranianos do arco faríngeo inervados e os músculos espinais do tronco inervados ocorre na parte inferior do pescoço e nas partes superiores da cintura peitoral. Tanto as conexões proximais como as distais do músculo trapézio, na linha nucal do osso occipital e inserção da escápula à coluna, são formadas a partir das células pós-óticas da crista neural (Matsuoka *et al.*, 2005). A crista neural gera áreas de ossificação endocondral na coluna vertebral cervical e na escápula associadas à inserção do trapézio. Esta observação tem promovido a concepção de um "modelo de plataforma muscular" de desenvolvimento para substituir o antigo "modelo de ossificação", a fim de explicar os tipos de ossificação observados associados aos músculos trapézio inervado pelo nervo acessório e esternocleidomastóideo. Sugere-se que defeitos nas escolhas do destino das células da crista neural poderiam explicar uma série de síndromes que têm dismorfologias faríngeas, laríngeas, occipitais, cervicais e de ombro e co-ocorrência de problemas de deglutição; síndromes relacionadas incluem Klippel-Feil, deformidade de Sprengel e displasia cleidocraniana (Matsuoka *et al.*, 2005).

GLÂNDULAS DO PESCOÇO

O desenvolvimento do assoalho faríngeo e das bolsas faríngeas inferiores dá origem a glândulas finalmente dispostas no pescoço e no mediastino anterior.

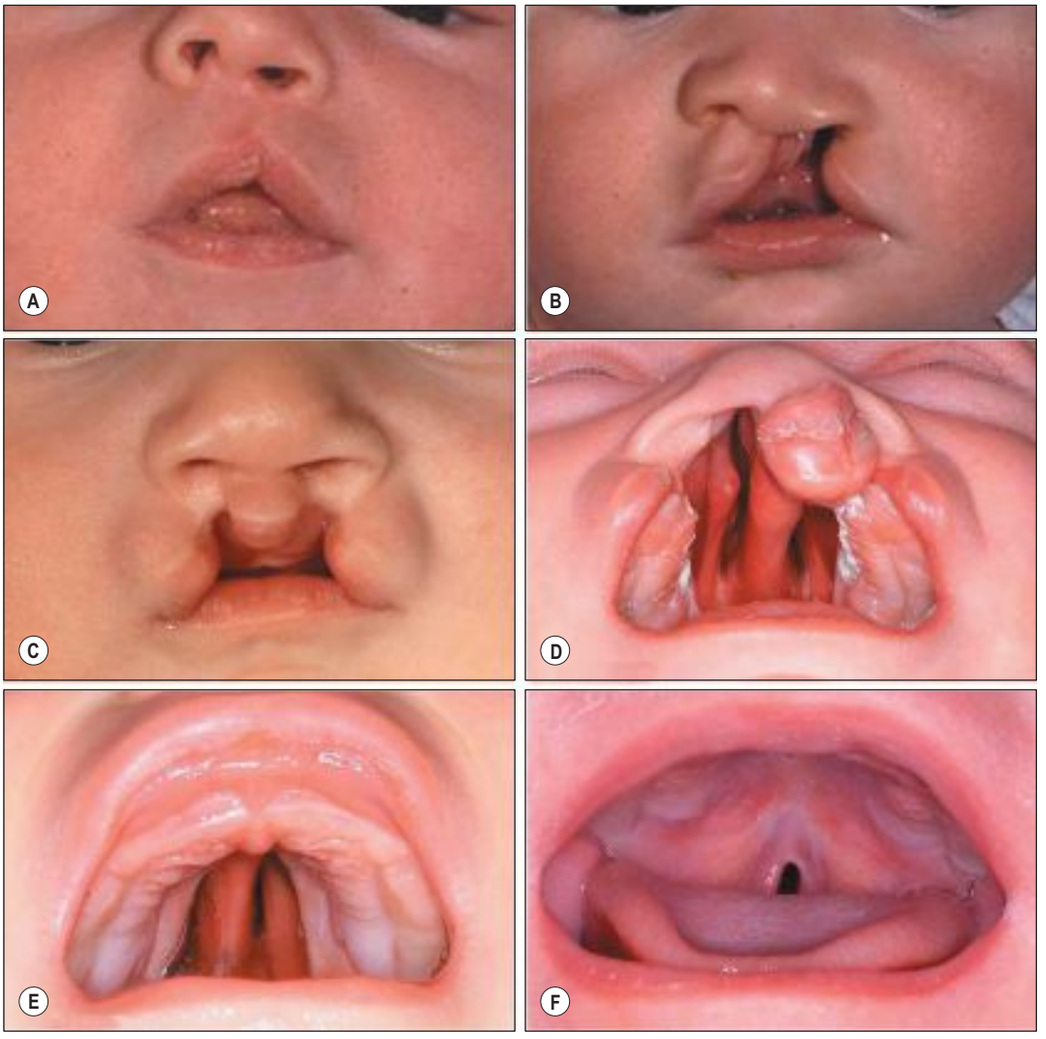


Fig. 35.17 Fenda labial e fenda palatina. **A,** Fenda labial unilateral incompleta; **B,** fenda labial unilateral completa; **C,** fenda labial bilateral incompleta; **D,** fenda labial e fenda palatina bilaterais completas (o septo nasal e ambas as conchas nasais inferiores podem ser observados); **E,** fenda palatina (o septo nasal e a concha nasal inferior esquerda podem ser observados); **F,** fenda do palato mole. (Cortesia do Mr T Goodacre e Oxford Radcliffe Hospitals NHS Trust.)

Glândula tireoide

A glândula tireoide é um derivado da linha média da faringe. É primeiramente identificável em embriões de aproximadamente 20 somitos como um espessamento mediano da endoderma situado no assoalho da faringe entre a primeira e a segunda bolsa faríngea e imediatamente dorsal ao saco aórtico. Esta área é mais tarde invaginada, formando um divertículo mediano que aparece tardiamente na quarta semana, no sulco imediatamente caudal ao broto da língua mediana (Fig. 35.18). Ele cresce caudalmente como um ducto tubular. A ponta do ducto bifurca-se e a massa tecidual subsequentemente se divide em uma série de lâminas celulares duplas, a partir das quais o istmo e os lobos laterais da glândula tireoide são desenvolvidos. Os folículos tireóideos primários diferenciam-se por meio da reorganização e da proliferação das células destas lâminas. Os folículos secundários subsequentemente surgem por brotamento e subdivisão. Estas células endodérmicas primárias e secundárias são as progenitoras do parênquima folicular próprio. As células parafoliculares ou células C da glândula tireoide são derivadas do corpo ultimobranquial.

O divertículo original, sua bifurcação e gerações de folículos invadem o mesênquima da crista neural cardíaca. Este último dá origem à cápsula do tecido conjuntivo, a septos interlobulares e a investimentos perifoliculares que carregam os principais suprimentos neurovasculares e linfáticos para a glândula.

O divertículo mediano é ligado à faringe pelo ducto tireoglosso. O local de sua ligação inicial com o assoalho endodérmico da boca é marcado pelo forame cego, donde se estende caudalmente na linha média ventral ao primórdio do osso hioide (atrás do qual forma, mais tarde, uma alça recorrente). A parte distal do ducto pode se diferenciar em lobo piramidal e músculo levantador – ou faixa fibrosa suspensória – da tireoide. O restante fica fragmentado e desaparece, embora a parte lingual seja frequentemente identificável até tarde na vida fetal. Ocasionalmente, partes da linha média do ducto tireoglosso persistem e podem ocorrer em posições lingual, supra-hióidea, retro-hióidea ou infra-hióidea. Elas podem formar massas aberrantes de tecido tireóideo, cistos, fístulas ou seios, geralmente na linha média. A tireoide lingual situada na junção das partes bucal e faríngea da língua não é incomum, mas nódulos de tecido glandular também podem ser encontrados, exceto na linha média, situados, por exemplo, lateralmente posteriores ao esternocleidomastóideo e, por vezes, abaixo do nível do istmo tireoidiano.

A glândula tireoide é relativamente grande no recém-nascido (Fig. 14.4), onde tem um istmo longo e estreito que liga lobos que ainda não entram em contato com a parte superior da traqueia. A glândula atinge metade do tamanho adulto aos dois anos após o nascimento. Há presença de coloide na glândula a partir de três meses de gestação e tireoxina está presente em quatro meses e meio de gestação.

Glândulas paratireoides

As glândulas paratireoides desenvolvem-se a partir de interações entre a endoderma da terceira e quarta bolsas faríngeas e o mesênquima da crista neural craniana (vagal) local. A terceira bolsa faríngea tem locais dorsais e ventrais de proliferação (Fig. 35.18). Bilateralmente, o epitélio na face dorsal da bolsa e na região de sua conexão semelhante ao ducto com a cavidade da faringe torna-se diferenciado como o primórdio das glândulas paratireoides inferiores (paratireoides III). Embora a ligação entre as bolsas e a faringe seja logo perdida, a ligação entre as paratireoides dorsais III e os rudimentos tímicos ventrais persistem durante algum tempo, e as primeiras passam caudalmente com o timo em desenvolvimento. As glândulas paratireóideas superiores (paratireóideas IV) desenvolvem-se a partir do recesso dorsal das quartas bolsas faríngeas. Elas entram em relação com lobos laterais da glândula tireoide, e parecem estar ancoradas por eles e, portanto, permanecem cranianas às glândulas paratiróideas derivadas das terceiras bolsas. O mesênquima da crista neural cardíaca fornece os elementos do tecido conjuntivo, enquanto, invadindo o mesênquima angiogênico, dá origem à vasculatura que inclui capilares e linfáticos fenestrados. No recém-nascido, as glândulas paratireóideas têm tamanho e posição tão variáveis quanto no adulto. Elas

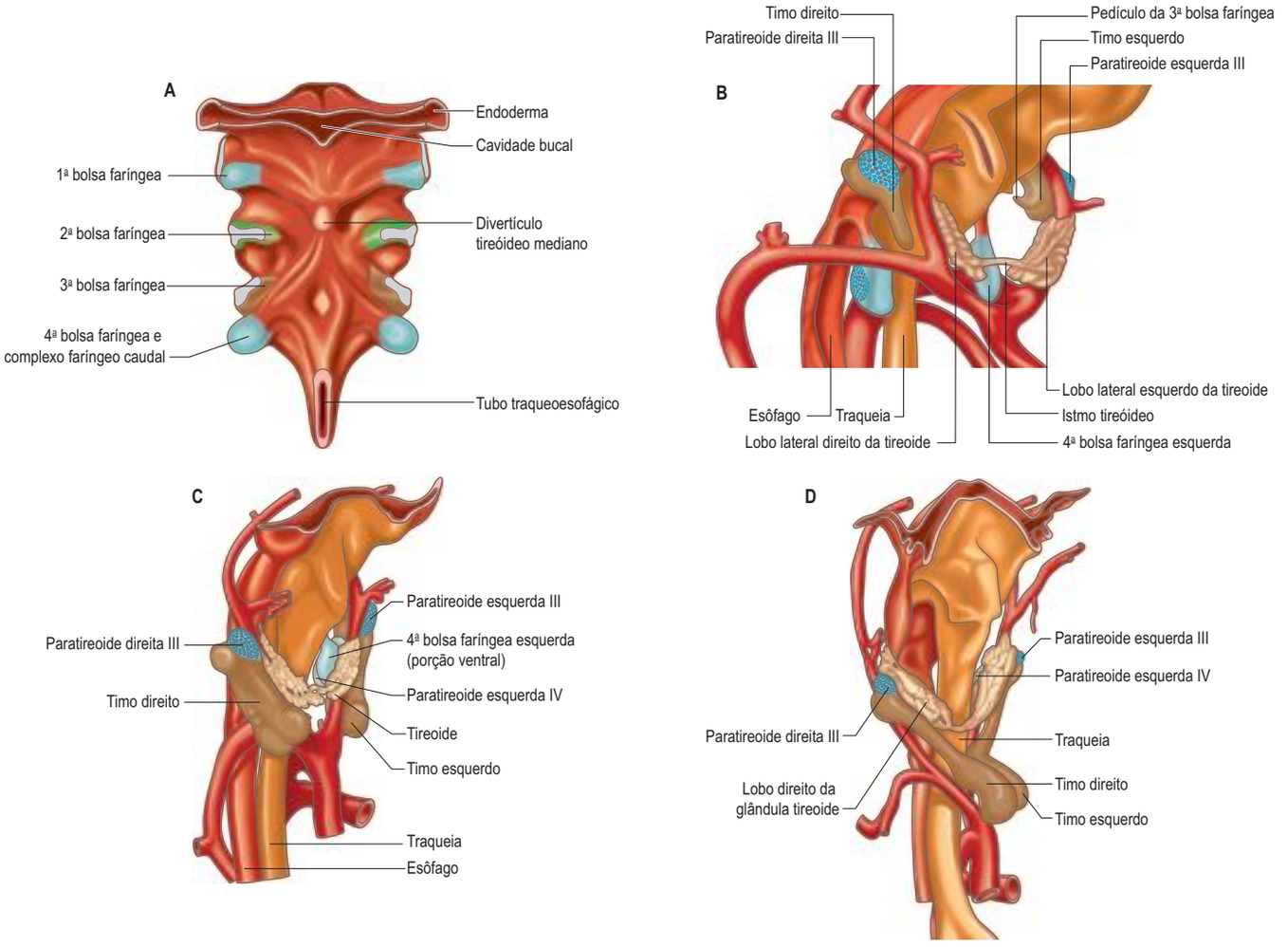


Fig. 35.18 A, Face ventral da endoderma da faringe, mostrando bolsas faríngeas. As áreas de contato da endoderma faríngea com a ectoderma de superfície são mostradas como superfícies planas. Observe que as cores das bolsas faríngeas e o divertículo tireóideo mediano são mantidos em **B**, **C** e **D**. **B,** Divertículos ventrais e dorsais da terceira e quarta bolsas faríngeas e glândula tireóidea de linha média em seis semanas. **C,** Timo, glândulas tireoide e paratireoide em sete semanas. **D,** Timo, glândulas tireoide e paratireoide com sete semanas e meia. (Redesenhado com permissão de Hamilton WJ, Boyd JD, Mossman HW 1962 Human Embriology: Prenatal Development of Form and Function. Cambridge: W Heffer & Sons.)

duplicam de tamanho entre o nascimento e a puberdade. O hormônio paratireóideo é produzido a partir da 12ª semana de desenvolvimento.

Timo

O timo é uma glândula formada a partir da parte ventral da terceira bolsa faríngea em cada lado (Fig. 35.18). Ela não pode ser reconhecida antes da diferenciação das glândulas paratireoides inferiores no estágio 16, mas depois é representada por dois divertículos alongados que em breve se tornam massas celulares sólidas e crescem caudalmente em direção ao mesênquima da crista neural cardíaca (vagal). Ventral ao saco aórtico os dois rudimentos tímicos encontram-se, mas não se fundem, e são subsequentemente unidos apenas por tecido conjuntivo. O timo localiza-se no mediastino anterior do tórax, quando o pescoço está totalmente desenvolvido e o coração desceu. A ligação com a terceira bolsa é logo perdida, mas o pedúnculo pode persistir por algum tempo como um cordão sólido, celular.

À medida que o timo prolifera e desce, o mesênquima da crista neural cardíaca (vagal) local controla o padrão e o desenvolvimento da glândula. O desenvolvimento defectivo da crista neural cardíaca que afeta o coração e os gânglios neurais periféricos também resulta em deficiências tímicas, como observado nas síndromes de DiGeorge e Pierre Robin. O mesênquima da crista forma septos do tecido conjuntivo que produzem a arquitetura lobulada da glândula. O mesênquima angiogênico, como as células-tronco linfoides, invade este mesênquima local e, em 10 semanas, mais de 95% das células da glândula pertencem à linhagem de células T, sendo que algumas desenvolvem eritroblastos e linfócitos B. Os corpúsculos de Hassal também estão presentes. Na 12ª semana, os septos mesenquimatosos, vasos sanguíneos e nervos já atingiram a medula recém-diferenciada, o que possibilita a entrada de precursores da linhagem macrofágica. Os macrófagos e células penetrantes são primeiramente observados em 14 semanas. Ocorre granulopoiese nos espaços perivasculares. Em 17 semanas, o timo parece totalmente diferenciado e, após esse tempo, ele produz o tipo principal de timócito que está presente durante toda a vida (designado TdT+).

Complexo faríngeo caudal

A maioria das invaginações endodérmicas caudais da faringe são a quarta bolsa faríngea e elementos da quinta bolsa faríngea transitória (o corpo ultimobranquial). Coletivamente, estes divertículos são denominados complexo faríngeo caudal (Fig. 35.18) e são conectados à faringe através do ducto faringobranquial. Eles são circundados pela crista neural cardíaca (vagal) e pelos tecidos da glândula tireoide em desenvolvimento. As células do corpo ultimobranquial, as bolsas faríngeas mais baixas, tornam-se incorporadas aos lobos tireóideos laterais, e podem dar origem às células parafoliculares ou "C" da glândula tireoide. Hiperplasia da célula C está associada a carcinoma medular e tem sido relatada no pescoço no local em que se presume serem remanescentes do corpo ultimobranquial.

FARINGE, LARINGE, ESÔFAGO E TRAQUEIA

A laringe forma-se na extremidade craniana do sulco laringotraqueal, onde é delimitada lateralmente pelas extremidades ventrais dos sextos arcos e ventralmente pela parte caudal da eminência hipobranquial (Figs. 35.5, 35.6, 35.13). A cartilagem tireóidea desenvolve-se a partir das extremidades ventrais das cartilagens do quarto, ou quarto e sexto arcos faríngeos. A cartilagem aparece como duas lâminas laterais, cada uma condrificada a partir de dois centros e unida na linha mesoventral por uma membrana fibrosa no interior da qual se desenvolve um centro

adicional de condrificação. A cartilagem cricóidea surge a partir de dois centros cartilaginosos, que em breve se unem ventralmente, estendem-se gradualmente e, em última instância, fundem-se na superfície dorsal do tubo como a lâmina cricoide. Aparecem tumefações aritenóideas em pares nas extremidades ventrais dos sextos arcos de estágio 14, uma de cada lado da extremidade craniana do sulco. À medida que se ampliam, aproximam-se uma da outra e à parte caudal da eminência hipobranquial onde a epiglote se desenvolve. A abertura para a laringe, primeiramente uma fenda vertical, é convertida em uma fenda em forma de T pelo alargamento das tumefações aritenóideas. A parte vertical do T fica entre as duas tumefações, e sua parte horizontal situa-se entre elas e a epiglote. As tumefações aritenóideas diferenciam-se em cartilagens aritenóideas e corniculadas (Fig. 35.6), e as cristas que as juntam à epiglote tornam-se as pregas ariepiglóticas definitivas dentro das quais as cartilagens cuneiformes se diferenciam da epiglote. Depois de a parte caudal da eminência hipobranquial separar-se da parte faríngea (posterior) da língua (Fig. 35.13), está em continuidade com duas cristas lineares que aparecem na parede ventral da faringe. As cristas são os sextos arcos, que estão localizados muito obliquamente devido à falta de assoalho faríngeo, em comparação com a maior extensão do teto. Elas são levadas para baixo sobre a parede ventral do intestino anterior e estão ligadas ao sulco laringotraqueal mediano, a partir do qual a parte inferior da laringe, da traqueia, brônquios e pulmões são desenvolvidas (Cap. 59).

A partir do estágio 12, o intestino anterior faríngeo inicial desenvolve uma protuberância endodérmica ventral em direção ao mesênquima que circunda o seio venoso e o trato do fluxo do coração (Figs. 59.1, 73.3). Isto inicia a separação dos tubos respiratórios e alimentares. O ponto em que o divertículo respiratório original brota do intestino anterior, o sulco laringotraqueal, mantém-se em um nível constante durante o período embrionário, e a traqueia prolonga-se distalmente à medida que o ponto de bifurcação desce. As células do mesênquima esplancnopleural que circundam a traqueia e o esôfago em desenvolvimento divergem o suficiente em sua capacidade indutiva de promover as características dos dois tipos de tubos. O divertículo respiratório torna-se rodeado por mesênquima angiogênico que se conecta à artéria do sexto arco aórtico em desenvolvimento. No estágio 17, o mesênquima ao redor da traqueia está começando a condensar para formar cartilagens em forma de C, enquanto ao redor do esôfago tem uma vasta zona submucosa e revestimentos musculares podem ser distinguidos.

Para mais detalhes sobre desenvolvimento inicial da traqueia, ver página 1032, e para o desenvolvimento inicial do esôfago, ver página 1203.

No recém-nascido, a faringe tem um terço do comprimento relativamente ao adulto. A nasofaringe é um tubo estreito que se curva gradualmente juntando-se à orofaringe, sem qualquer demarcação juncional nítida. Um ângulo oblíquo é formado nesta junção aos cinco anos de idade e, no adulto, a nasofaringe e a orofaringe juntam-se quase em um ângulo reto. O esôfago no recém-nascido começa e termina uma a duas vértebras mais elevadas do que nos adultos, estendendo-se a partir do local entre a quarta e a sexta vértebras cervicais até o nível da nona vértebra torácica. A constrição mais estreita fica em sua junção com a faringe, onde o constritor faríngeo inferior atua contraindo a luz e nesta região pode ser traumatizado com instrumentos ou cateteres.

No recém-nascido normal, o osso hioide e a laringe são relativamente altos no pescoço; ambos descem durante a infância, e a traqueia é relativamente pequena em relação à laringe (Fig. 14.4). As paredes da traqueia são relativamente espessas e as cartilagens traqueais são relativamente mais próximas do que no adulto. A traqueia começa na margem superior da sexta vértebra cervical, uma relação que é conservada com o crescimento, e bifurca-se no nível da terceira ou quarta vértebras torácicas.

VASOS SANGUÍNEOS NO PESCOÇO

Com o alongamento do pescoço e o surgimento dos grandes vasos de condução das artérias do arco aórtico, anastomoses longitudinais na região cervical ligam artérias intersegmentares e seus ramos e direcionam o fluxo sanguíneo para o cérebro em desenvolvimento nas artérias vertebrais, em paralelo com as artérias carótidas internas (Figs 35.8, 35.9).

Os principais vasos sanguíneos da cabeça e do pescoço consistem em um plexo capilar de malha fechada drenado em cada lado pela veia pré-cardinal, que primeiramente é contínua cranialmente com um canal primordial transitório do metencéfalo que se situa no tubo neural medial às raízes nervosas cranianas (Figs. 13.1, 13.2). Este é logo substituído pela veia principal primária que corre caudalmente a partir do lado medial do gânglio do trigêmeo, lateral aos nervos facial e vestibulococlear e ao otocisto, em seguida medial ao nervo vago, tornando-se contínua com a veia pré-cardinal. Uma anastomose lateral subsequentemente a traz lateral ao nervo vago.

A veia faríngea ventral drena os arcos mandibulares e hióideos em direção à veia cardinal comum (Fig. 24.36A). À medida que o pescoço se estende, a sua terminação é transferida para a parte craniana da veia pré-cardinal que mais tarde se torna a veia jugular interna (Fig. 24.36B). A veia faríngea ventral recebe tributárias da face e da língua e torna-se a veia linguofacial. À medida que a face se desenvolve, a veia maxilar primitiva estende sua drenagem para os territórios de suprimento das divisões oftálmicas e mandibulares do nervo trigêmeo, incluindo os músculos pterigóideo e temporal, e anastomosa-se com a veia linguofacial sobre a mandíbula. Esta anastomose torna-se a veia facial, que recebe uma veia retromandibular forte originária da região temporal e drena através da veia linguofacial até a jugular interna. O tronco da veia linguofacial é agora a parte inferior da veia facial, enquanto a ligação da facial com a maxilar primitiva se torna a veia facial profunda. A veia jugular externa desenvolve-se a partir de uma tributária da veia cefálica a partir de tecidos do pescoço; ela anastomosa-se secundariamente com a veia facial anterior. Neste estágio, a veia cefálica forma um anel venoso ao redor da clavícula pelo qual ela está conectada com a parte caudal da veia pré-cardinal. O segmento profundo do anel venoso forma a veia subclávia e recebe a veia jugular externa definitiva. O segmento superficial do anel venoso definha, mas pode persistir na vida adulta. Os aspectos profundos das proeminências faciais maxilomandibulares, cavidade oral retrogengival, paredes faríngeas e seus derivados linfoides e endócrinos, e o esôfago cervicotorácico, assim, têm canais de drenagem que têm ligação com o complexo pré-cardinal. As veias laríngeas e traqueobrônquicas também drenam para o complexo pré-cardinal, ao passo que os plexos capilares, desenvolvidos nas paredes (esplancnopleurais) das finas passagens respiratórias terminais e alvéolos, convergem nas veias pulmonares de calibre crescente, fazendo finalmente ligações secundárias com o átrio esquerdo do coração, e podem ser agrupadas com os sistemas vitelínicos.

CRÂNIO

O crânio tem dois componentes funcionais e anatômicos principais: o neurocrânio e o viscerocrânio. O neurocrânio é composto da abóbada craniana e da base do crânio; ele envolve e protege o cérebro e os órgãos especiais de sentido do olfato, da visão, da audição e do equilíbrio. O viscerocrânio forma o esqueleto da face, palato e faringe, e medeia as funções de alimentação, respiração e expressões faciais; também protege a língua e forma a orelha média e o meato acústico externo ósseo. A população celular da crista neural mais rostral (ver seção introdutória) faz uma importante contribuição para o crânio, formando todo o viscerocrânio e a parte rostral do neurocrânio (Fig. 35.19). O limite entre a crista neural e a mesoderma craniana situa-se entre os ossos frontal e parietal (sutura coronal) da abóbada craniana; a base do crânio é formada pela crista neural rostral à ponta da notocorda e é derivada do esclerótomo (*i.e.*, mesodérmica) na região notocordal. Os ossos da base do crânio são formados por ossificação endocondral, enquanto os da abóbada craniana e face se ossificam diretamente a partir de condensações mesenquimatosas (ossificação intramembranosa). Vários ossos têm estrutura composta no que diz respeito às suas origens teciduais e/ou do tipo de ossificação: os ossos occipital, temporal e esfenoide e a mandíbula. A descrição adiante baseia-se, em grande parte, nos estudos descritivos sobre os embriões e fetos humanos (O'Rahilly & Müller 1987, 2001, 2007), com alguns detalhes sobre a linhagem de células com base em investigações em camundongos.

CONDROCRÂNIO

As primeiras estruturas esqueléticas cranianas a serem diferenciadas são as cartilagens da base do crânio, as cápsulas sensoriais, o viscerocrânio e o occipício (Figs. 35.5, 35.20B). O desenvolvimento das cartilagens relacionadas com o arco faríngeo do viscerocrânio e ossículos da orelha foi descrito na seção sobre a faringe anteriormente. Antes de qualquer mesênquima se condensar para iniciar a formação da cartilagem craniana, os principais nervos e vasos sanguíneos cranianos já estão em seu local – por conseguinte, os forames do crânio são especificados antes de os ossos serem formados. A bolsa adeno-hipofisária ainda está conectada ao teto da cavidade oral à medida que a cartilagem da base do crânio se forma, mas já se encontra adjacente à neuro-hipófise derivada do diencéfalo para formar a glândula hipofisária que se projeta para baixo na base do diencéfalo caudal.

A ponta rostral da notocorda estende-se para uma posição imediatamente caudal à hipófise (Fig. 35.20A). Sua bainha é rica em glicosaminoglicanos sulfatados, que desempenham um papel na indução de condensação e condrificação do mesênquima occipital derivado do esclerótomo nos dois lados dela.

As regiões centrais de todos os quatro esclerótomos occipitais contribuem para a cartilagem paracordal, que circunda a notocorda e estende-se como uma lâmina plana em cada lado dela por volta do final da sétima semana, formando o componente basiocciptal do osso occipital. Os componentes exoccipitais (derivados dos esclerótomos 3 e 4) condrifi-

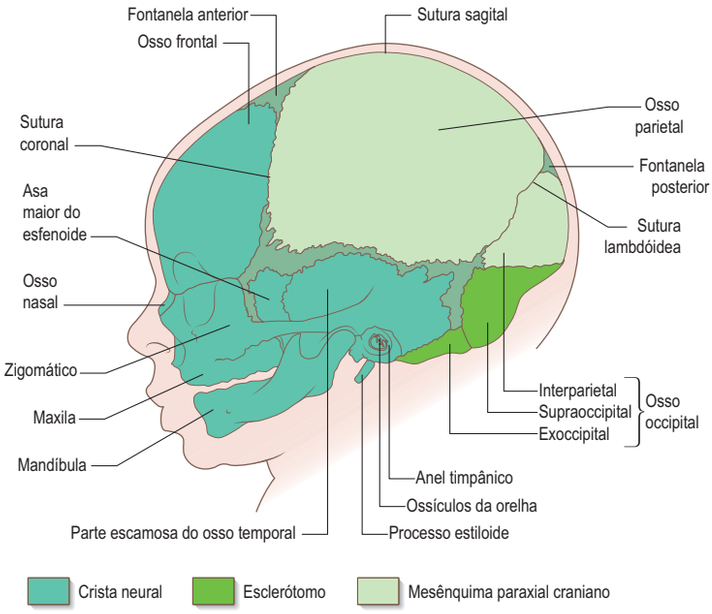


Fig. 35.19 Crânio de recém-nascido, mostrando origens do tecido dos ossos (baseado em dados combinados de camundongos e seres humanos).

cam logo depois; eles contornam a metade rostral do forame magno, formando o arco occipital, que é equivalente, em termos de desenvolvimento, aos componentes do arco neural das vértebras. As raízes do nervo hipoglosso correm entre as cartilagens paracordal e exoccipital, de modo que, quando os componentes exoccipital e paracordal se fundem, saem dos forames em direção a estas raízes nervosas. A parte supraoccipital da cartilagem occipital (teto posterior, que não é derivado do esclerótomo) estende-se a partir da cartilagem exoccipital ao redor do forame magno, completando-a. Após a formação das cartilagens exoccipitais, a diferenciação também se estende mais rostralmente na parte medial da base do crânio, com formação das cartilagens hipofisárias de ambos os lados do pedúnculo da bolsa hipofisária; elas unem-se no plano mediano, formando o primórdio do pós-esfenoide, abrigando a hipófise e retendo uma perfuração para o pedúnculo hipofisário até o terceiro mês. Esta parte da cartilagem basisfenoide formará a sela turca com a sua fossa hipofisária. As cartilagens pré-esfenoides, rostrais a ela, formam o jugo do corpo esfenoide. Esta é a última parte da parte medial da base do crânio a se diferenciar como cartilagem, ligando a lacuna entre o pós-esfenoide e a cápsula nasal cartilaginosa.

No estágio 17, o mesênquima começa a se condensar e, mais tarde, a condrificar ao redor das depressões nasais ao mesmo tempo em que as cartilagens polares, formando a parte exterior da cápsula nasal e do septo nasal; o teto de cada cápsula nasal é completado um pouco mais tarde, quando a cartilagem se diferencia ao redor dos feixes do nervo olfatório, formando as lâminas cribriformes do osso etmoide. Durante o terceiro mês, formam-se as conchas cartilaginosas. O conjunto da cápsula nasal está bem desenvolvido ao final do terceiro mês e consiste em uma parte septal mediana comum – às vezes inicialmente denominada septo interorbitonasal ou mesetmoide – e ectetmoide. As conchas ossificam-se durante o quinto mês; as conchas superior e média formam parte do osso etmoide e o par inferior torna-se elementos distintos. Cada parte lateral da cápsula nasal torna-se ossificada como lâmina orbital e labirinto etmoidal, cujos espaços ("células") se comunicam com a cavidade nasal e tornam-se preenchidos com ar após o nascimento. Parte da cápsula permanece cartilaginosa como as cartilagens septais e alares do nariz, e parte é substituída pelo vômer intramembranoso e ossos nasais.

As cartilagens orbitais circundam o olho, mas não sofrem ossificação na sua totalidade. A mais rostral delas torna-se contínua com a cartilagem pré-esfenoide por diferenciação de uma ponte cartilaginosa que forma o limite caudal do forame óptico, envolvendo o nervo óptico, que se ossifica, formando a asa menor do osso esfenoide (orbitoesfenoide). A asa maior do esfenoide (alisfenoide) tem tanto componentes intramembranosos como endocondrais; a parte endocondral inicialmente se diferencia como uma cartilagem em torno do ramo mandibular do nervo trigêmeo, formando o forame oval. Essa condensação estende-se medialmente, juntando-se à extremidade rostral da cartilagem polar de cada lado. Também se expande rostralmente, chegando a circundar o ramo maxilar do nervo trigêmeo, formando o forame redondo. Finalmente, estende-se lateralmente, juntando-se à parte intramembranosa do osso, que substitui a parte caudal da cartilagem orbital. As asas maior e menor do esfenoide são separadas pelos nervos oculomotor, troclear e abducente e pela primeira divisão (oftalmológica) do nervo trigêmeo.

A cápsula ótica diferencia-se de uma condensação mesenquimatosa ao redor do otocisto, após a sua morfogênese para formar a cóclea e os canais semicirculares. A diferenciação da cartilagem começa lateralmente, ao mesmo tempo em que as cartilagens polares são primeiramente detectáveis; é concluída no estágio 20. Condrogênese em torno do ponto de saída do nervo vestibulococlear cria o meato acústico interno. Condrogênese ou mesênquima ao redor das artérias carótidas junta cada cartilagem polar à cápsula ótica, formando os canais carotídeos. Uma lacuna ocupada pela veia jugular permanece entre cada cápsula ótica e a cartilagem paracordal: este é o forame jugular. Condrogênese do mesênquima entre as cartilagens separadas completa a formação da base cartilaginosa do crânio e cápsulas sensoriais, que em conjunto formam uma estrutura contínua em torno dos vasos sanguíneos e nervos cranianos preexistentes com nove semanas (40 mm) (Fig. 35.20 B).

O processo de ossificação endocondral no crânio é essencialmente o mesmo que o dos ossos longos, a não ser por cada centro de ossificação ser equivalente a um centro primário e seguir um programa específico de crescimento e padronização. O crescimento ocorre na cartilagem não ossificada entre centros adjacentes de ossificação; estas articulações são denominadas sincondroses. Os primeiros centros de ossificação a surgir são os das asas menor e maior do esfenoide, na 8ª e 9ª semanas, respectivamente. Um único centro de ossificação basisfenoide aparece com 11 semanas; três centros de ossificação pré-esfenoides e quatro pós-esfenoides aparecem com 16 semanas. O osso substitui a maior parte da cartilagem até que só as grandes sincondroses permanecem; estas possibilitam que a base do crânio endocondral e as cápsulas de sentido continuem a crescer até atingir seu tamanho final na puberdade ou mais cedo. Ao nascimento, o condrocrânio não ossificado persiste nas asas, cartilagem nasal lateral e septo, articulação esfenoetmoidal, articulações esfeno-occipital e esfenopetrosa, ápice do osso temporal petroso (forame lácero), e entre os centros de ossificação dos ossos esfenoide e occipital. Como indicado anteriormente, as partes do condrocrânio não se ossificam, mas são substituídas por osso intramembranoso adjacente. Em geral, os centros de ossificação endocondral formam-se mais tarde do que os locais de ossificação intramembranosa, que aparecem primeiro durante a sétima e oitava semanas.

ABÓBADA CRANIANA

Os ossos da abóbada craniana ou calvária (teto e paredes laterais do neurocrânio) são inteiramente formados por ossificação intramembranosa. Eles também são descritos como ossos dérmicos, uma vez que são considerados os descendentes evolucionários das lâminas dérmicas formadas como uma capa protetora para o cérebro em peixes. Nos seres humanos, assim como em todos os mamíferos, a maior parte da abóbada craniana é formada por pares de ossos frontais e parietais e um interparietal ímpar (parte membranosa do osso occipital). A parte escamosa dos ossos temporais e a parte membranosa do alisfenoide contribuem para as paredes laterais. Os dados de linhagem de estudos com camundongos indicam que os ossos frontais e escamosos temporais se originam na crista neural e os parietais são de origem mesodérmica; o interparietal é misto (Jiang *et al.*, 2002). A sutura coronária, assim, forma-se na interface crista neural-mesoderma, tal como a sutura sagital, devido a uma pequena língua de tecido de crista neural situada entre os dois ossos em desenvolvimento. Estas interfaces de tecidos podem ser significativas para o início do sistema de sinalização molecular que regula o crescimento da abóbada craniana. O crescimento nas margens do osso adjacente, ou seja, nas suturas, é o principal mecanismo de crescimento da abóbada craniana. Uma sequência de eventos que mantém um equilíbrio entre a proliferação celular e a diferenciação osteogênica é mediada por um sistema de sinalização intercelular que inclui o fator de transcrição TWIST e as interações ligando-receptor entre fatores de crescimento fibroblástico (FCF) e seus receptores (RFCF). As mutações nos genes que codificam essas proteínas provocam a fusão prematura das suturas cranianas (craniossinostose) (para mais detalhes e referências para este assunto e descrições relacionadas nesta seção, consulte Morriss-Kay & Wilkie 2005). Além do crescimento relacionado com expansão que ocorre nas suturas, o crescimento aposicional, no qual o osso é depositado em, e reabsorvido de superfícies ósseas, desempenha um papel importante na remodelagem dos ossos da calvária para manter um grau de curvatura que corresponde à curvatura da superfície do cérebro em crescimento.

Os ossos frontal e parietal são iniciados como primórdios mesenquimatosos basolaterais que se estendem para cima entre o tecido dérmico conjuntivo e a dura-máter mesenquimatosa. Eles não se diferenciam, como anteriormente se pensava, dentro do mesênquima de uma "ectomeninge" que envolve o cérebro. À medida que os primórdios frontal e, em seguida, parietal estendem-se para cima, os osteoblastos de diferenciação secretam osteoide, que então sofre mineralização. Apenas as partes

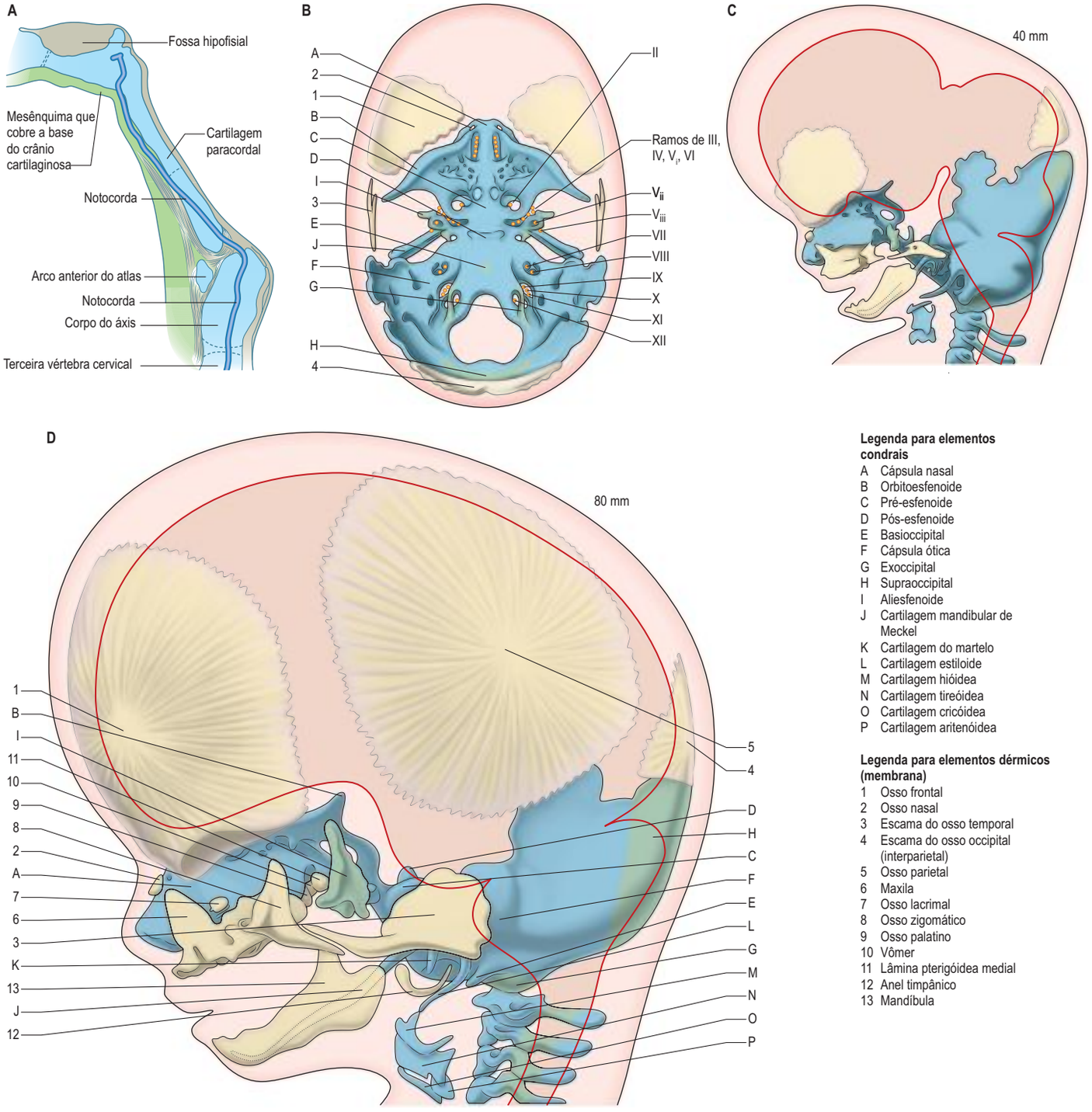


Fig. 35.20 Estágios representativos no desenvolvimento do crânio. Em todos os diagramas, o condrocrânio e os estágios cartilaginosos das vértebras são mostrados em azul, exceto onde a ossificação está ocorrendo, e aí a cor é verde. O desmocrânio, que consiste em elementos que se ossificam diretamente no mesênquima, é mostrado em amarelo. Os nervos cranianos são indicados pelo numeral romano adequado. **A,** Corte sagital através da extremidade craniana do esqueleto axial em desenvolvimento em um embrião humano inicial de aproximadamente 10 mm, mostrando a extensão da notocorda. **B,** Face superior do crânio de embrião humano aos 40 mm. **C,** Face lateral de **B**. **D,** Face lateral do crânio de embrião humano aos 80 mm.

mineralizadas dos ossos são detectadas em amostras coradas com Alizarina e em radiografias. Primórdios evidentes do osso frontal são detectáveis na região do arco superciliar de embriões humanos corados com Alizarina por volta da oitava semana. À medida que se tornam mineralizados acima deste nível, os primórdios do osso parietal também podem ser observados. Os dois ossos parecem estar separados por uma grande lacuna na sutura coronal; na verdade, esta lacuna somente mostra a separação das partes mineralizadas do osso – a extremidade não mineralizada do osso parietal realmente sobrepõe a extremidade caudal do osso frontal. Após a fase de crescimento para cima, ocorre mineralização centrifugamente a partir dos pontos centrais dos ossos frontal e parietal, que neste momento formam lâminas convexas ao longo da curvatura do cérebro subjacente.

Durante o nascimento, a sobreposição dos ossos frontal e parietal possibilita-lhes deslizar uns sobre os outros; durante o período neonatal, quando o bebê chora e a pressão intracraniana aumenta, os ossos sobrepostos deslizam separando-se, aumentando o diâmetro fronto-occipital do crânio. O crescimento na sutura coronal promove o maior aumento do plano fronto-occipital da abóbada craniana. Sinostose prematura das suturas coronais restringe o crescimento neste plano, provocando braquicefalia; a sinostose coronal unilateral leva à plagiocefalia, na qual um dos lados do crânio não cresce no plano fronto-occipital. A sinostose coronal unilateral e bilateral compreende 20-25% de todas as formas de craniossinostoses.

As suturas metópica e sagital são formadas quando os ossos frontal e parietal (respectivamente) que se estendem para cima atingem o vértice do crânio e instalam-se no plano médio. O crescimento nestas suturas aumenta a largura do crânio. A sutura metópica funde-se por volta dos 18 meses após o nascimento, momento no qual a maior parte do aumento da largura da testa está completa; crescimento adicional dos ossos fron-

tais é mediado por crescimento aposicional. A sutura sagital continua como um centro ativo de crescimento até a puberdade, quando o crescimento do cérebro está completo. A fusão prematura resulta na formação de um crânio estreito, alongado. A sinostose sagital é a forma mais comum de craniossinostose (40-55%).

O osso interparietal (porção escamosa supranucal do osso occipital) forma-se a partir de dois centros de ossificação que aparecem na oitava semana. Eles são considerados homólogos aos ossos parietais em pares dos répteis. O fato de se unirem para formar um único osso nos mamíferos pode se dever à interpolação de uma pequena área da crista neural que migra a partir do metencéfalo após fechamento do tubo neural (Jiang *et al.*, 2002). Dois outros centros de ossificação desenvolvem-se lateralmente em 12 semanas. Primeiramente, existe um grande espaço ocupado por cartilagem entre os ossos interparietais e parietais, que desaparece à medida que os ossos membranáceos crescem um em direção ao outro, formando a sutura lambdoide quando eles se instalam. A cartilagem fica em uma camada de tecido mais profunda do que o osso intramembranoso, o que reflete as origens deste último. A sutura lambdoide contribui para o crescimento da margem caudal dos ossos parietais e para a parte superior do osso occipital. A sinostose desta sutura é relativamente rara (0-5% de casos de craniossinostose) e tem um efeito menos grave sobre o crescimento geral do crânio do que as fusões coronal e mediana. Posteriormente, entre o osso interparietal e o forame magno, a abóbada craniana não é formada por ossos membranáceos, mas por ossificação endocondral do componente supraoccipital do osso occipital.

Além das suturas que são formadas onde dois ossos membranáceos estão situados, as fontanelas são formadas quando três ou quatro ossos se encontram. No plano médio, estão a fontanela anterior, na junção das suturas sagital e metópica, e a fontanela posterior, na junção das suturas sagital e lambdoide. Lateralmente, a fontanela anterolateral situa-se entre os ossos frontal, parietal, asa maior do esfenoide e temporais escamosos; seu local após o fechamento é chamado de ptério. A fontanela posterolateral situa-se entre os ossos parietal, temporal petroso, exoccipital e basioccipital; após o fechamento, seu local é chamado de astério. O tamanho das fontanelas ao nascimento e o momento do seu fechamento são altamente variáveis. O atraso no crescimento dos ossos do crânio causa defeitos de ossificação que incluem crânio bífido e forames parietais, para os quais vários defeitos genéticos foram identificados. A displasia cleidocraniana é um defeito de ossificação que afeta a parte intramembranosa da clavícula, bem como a abóbada craniana; é causada por haploinsuficiência do gene ósseo *RUNX2*.

OSSO MEMBRANÁCEO DA FACE E VISCEROCRÂNIO

A face e o viscerocrânio são formados a partir de ossos membranáceos derivados da crista neural. O esqueleto facial inclui, desde a testa até o queixo, os ossos frontais, os ossos orbitais (frontal, lacrimal e zigomático), os ossos nasais e vômer, a maxila e a mandíbula. A maxila e a mandíbula também são classificadas como parte do viscerocrânio membranoso, pois formam-se a partir do mesênquima do primeiro arco; esta categoria também inclui as lâminas pterigóideas mediais do osso esfenoide, os ossos palatinos e timpânicos. Estes componentes são considerados em conjunto nesta seção.

Durante a migração, as células da crista neural do trigêmeo dividem-se em população frontonasal que migra superiormente ao olho, uma população mandibular que migra para o primeiro arco faríngeo e uma população maxilar estreitamente associada à extremidade proximal do primeiro arco (Fig. 35.2). Os ossos frontal, lacrimal, nasal, o vômer e a parte prémaxilar (sustentação do dente incisivo) da maxila são derivados do mesênquima frontonasal; a maxila e o zigoma são derivados do mesênquima maxilar; a mandíbula e o osso timpânico são derivados do mesênquima mandibular. A mandíbula é o primeiro osso membranáceo que começa a ossificação: o seu único centro de ossificação aparece na sétima semana. A maxila e a pré-maxila têm centros de ossificação primários na 7ª semana, e mais três centros de ossificação formam-se no mesênquima maxilar na 8ª semana; todos estes componentes fundem-se para formar um único osso, em contraste com alguns mamíferos em que a pré-maxila permanece separada. No crânio do recém-nascido, a sutura entre as partes primária e secundária do palato é ainda patente, indicando aqui a contribuição pré-maxilar. Por volta de oito semanas embrionárias, os centros de ossificação para a maioria dos ossos faciais e viscerocranianos está presente, exceto o anel timpânico, para o qual quatro centros de ossificação aparecem com 12 semanas. Eles fundem-se para formar o osso em forma de foice que sustenta a membrana timpânica.

A mandíbula é um osso de desenvolvimento complexo. Embora o corpo do osso seja formado por ossificação intramembranosa, a região coronoide e o côndilo são formados por ossificação endocondral na cartilagem que se desenvolve após a formação do osso membranáceo. Estes centros de ossificação secundária formam-se em 10-14 semanas. A cartilagem distal forma centros de ossificação secundária, os ossículos mentuais, aos sete meses. Este sistema complexo possibilita à mandíbula crescer, tanto na extremidade proximal como na distal, analogamente a um osso longo.

O crescimento da face ocorre nas suturas entre os ossos membranáceos de maneira semelhante ao das suturas da abóbada craniana, mas a quantidade de crescimento é proporcionalmente menor do que na abóbada craniana, refletindo a influência dominante do crescimento do cérebro nesta última.

CRESCIMENTO PÓS-NATAL DO CRÂNIO

O crescimento pós-natal do crânio é caracterizado pela mudança de proporção de seus componentes. O crescimento do cérebro continua a ser extremamente rápido nos primeiros dois anos; além do crescimento contínuo dos ossos frontal e parietal, o osso temporal escamoso aumenta de tamanho para que contribua para uma maior proporção da abóbada craniana nos adultos em relação ao recém-nascido (Fig. 35.21). A orelha interna e a parte petrosa do osso temporal em torno dela crescem muito pouco depois do nascimento, de modo que a largura cada vez maior do crânio move a parte petrosa do osso temporal para fora lateralmente, criando o meato acústico externo ósseo. O anel timpânico (com a membrana timpânica) encontra-se na superfície do meato no crânio do recém-nascido; ele permanece na extremidade proximal do canal de aprofundamento. O uso do músculo esternocleidomastóideo para levantar a cabeça resulta na formação do processo mastoide do osso temporal, que desenvolve espaços cheios de ar que são contínuos com a cavidade da orelha média. Os seios começam a se formar na vida fetal tardia como divertículos da cavidade nasal, que gradualmente invadem os ossos da maxila, frontais, etmoidais e esfenoidais. Ao nascimento, eles são preenchidos com ar quando o líquido amniótico drena a partir deles. O espessamento dos ossos do crânio é acompanhado pelo aumento do tamanho dos seios e por uma mudança na forma das suturas, de linhas retas a onduladas e, finalmente, para as interdigitações complexas observadas no adulto. Após o crescimento cessar, as suturas do crânio contêm tecido conjuntivo inerte e algumas cartilagens; na idade avançada, algumas delas são completamente substituídas por osso (sinostose natural).

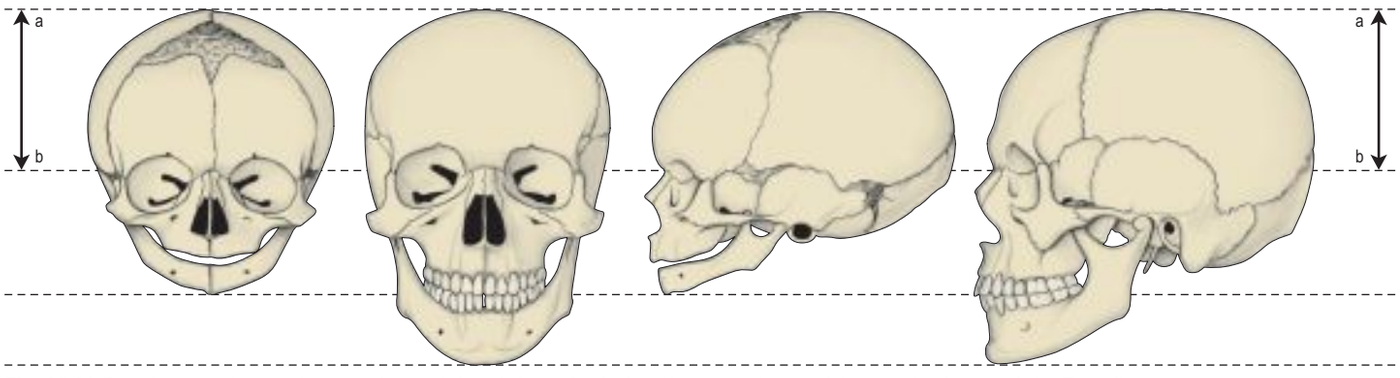


Fig. 35.21 Grande parte do crescimento pós-natal do crânio está relacionada com o desenvolvimento do viscerocrânio. Este diagrama mostra que, com a altura da abóbada craniana expressa como semelhante no crânio de recém-nascidos e adultos (linhas a↔b), o esqueleto facial aumenta particularmente durante a infância e a puberdade.

REFERÊNCIAS

Bailey AP, Streit A 2006 Sensory organs: making and breaking the preplacodal region. Curr Top Dev Biol 72: 167–204.

Barry A 1951 The aortic arch derivatives in the human adult. Anat Rec III: 221–38.

Blechschmidt E 1961 The Stages of Human Development Before Birth. Philadelphia: WB Saunders.

de la Cuadra-Blanco C, Peces-Peña MD, Jáñez-Escalada L, Mérida-Velasco JR 2006 Morphogenesis of the human excretory lacrimal system. J Anat 209: 127–35.

Ferguson MWF 1991 The orofacial region. In: Wigglesworth JS, Singer DB (eds) Textbook of Fetal and Perinatal Pathology, Chapter 22. Oxford: Blackwell Scientific.

Fukumoto S, Yamada Y 2005 Extracellular matrix regulates tooth morphogenesis. Connect Tissue Res 46: 220–6.

Gorlin RJ, Cohen MM, Hennekam RCM 2001 Syndromes of the Head and Neck, 4th edn. New York: Oxford University Press.

Hamilton WJ, Mossman HW 1972 Human Embryology. Cambridge: Heffer.

Hinrichsen KV (ed) 1990 Human-Embryologie. Berlin: Springer-Verlag.

Jiang X, Iseki S, Maxson RE, Sucov HM, Morriss-Kay GM 2002 Tissue origins and interactions in the mammalian skull vault. Dev Biol 241: 106–16.

Jiang X, Rowitch DH, Soriano P, McMahon AP, Sucov HM 2000 Fate of the mammalian cardiac neural crest. Development 127: 1607–16.

Matsuoka T, Ahlberg PE, Kessaris N et al 2005 Neural crest origins of the neck and shoulder. Nature 436: 347–55.

Morriss-Kay GM, Wilkie AOMW 2005 Growth of the normal skull vault and its alteration in craniosynostosis. J Anat 207: 637–53.

O'Rahilly R, Müller F 1987 Developmental Stages in Human Embryos. Carnegie Institution of Washington Publication 637.

O'Rahilly R, Müller F 2001 Human Embryology and Teratology, 3rd edn. New York: Wiley-Liss.

O'Rahilly R, Müller F 2007 The development of the neural crest in the human. J Anat 211: 335–51.

Patten BM 1968 Human Embryology, 3rd edn. New York: Blakiston.

Santagati F, Rijli FM 2003 Cranial neural crest and the building of the vertebrate head. Nat Rev Neurosci 4: 806–20.

Thesleff I. 2000 Genetic basis of tooth development and dental defects. Acta Odontol Scand 58: 191–4.

Wilkie AOMW, Morriss-Kay GM 2001 Genetics of craniofacial development and malformation. Nat Rev Genet 2: 458–68.

CAPÍTULO 36

Orelha externa e média

Por convenção, a orelha é subdividida em três partes – a orelha externa, média e interna. Ela é em grande parte, mas não inteiramente, contida dentro do osso temporal. As orelhas não apenas recebem, modulam, conduzem e analisam discriminativamente as ondas complexas de pressão que constituem som, mas também contêm os órgãos do equilíbrio.

OSSO TEMPORAL

Cada osso temporal consiste em quatro componentes: as partes escamosa, petromastóidea e timpânica e o processo estiloide (Fig. 36.1). A parte escamosa possui uma fossa mandibular rasa associada com a articulação temporomandibular (Cap. 31). A parte petromastóidea é relativamente grande: sua parte petrosa abriga o aparelho auditivo e é formada por osso compacto. Em contraste, o processo mastoide é trabecular e variavelmente pneumatizado. A parte timpânica tem a forma de um anel fino e incompleto cujas extremidades são fundidas com a parte escamosa. O processo estiloide dá inserção ao grupo estiloide de músculos. Dois canais são associados com o osso temporal. O meato acústico externo, visível na face lateral, transmite ondas sonoras à membrana timpânica. O meato acústico interno, evidente na face medial, transmite os nervos facial e vestibulococlear.

Parte escamosa

A parte escamosa é situada anterossuperiormente e é fina e parcialmente translúcida. Sua face temporal externa é lisa, ligeiramente convexa e forma parte da fossa temporal à qual o músculo temporal está fixado. Acima do meato acústico externo, ela é sulcada verticalmente pela artéria temporal média. A crista supramastóidea se curva para trás e para cima através da sua parte posterior e dá inserção à fáscia temporal. A junção entre as partes escamosa e mastóidea encontra-se aproximadamente a 1,5 cm abaixo desta crista, e podem persistir vestígios da sutura escamomastóidea. O trígono suprameatal, uma depressão que marca a posição do antro mastóideo (que é medial ao trígono a uma profundidade de aproximadamente 1,25 cm), é situado entre o extremo anterior da crista supramastóidea e o quadrante posterossuperior do meato acústico externo. O trígono usualmente contém uma pequena espinha suprameatal anteriormente.

A face cerebral da parte escamosa internamente é côncava e contém depressões que correspondem a convoluções do lobo temporal do hemisfério cerebral. Esta face é sulcada pelos vasos meníngeos médios. Sua margem inferior é fundida com a região anterior da parte petrosa, mas vestígios de uma sutura petroescamosa muitas vezes aparecem em ossos adultos. A margem superior é fina, biselada internamente e se superpõe à margem inferior do osso parietal na sutura escamosa. Posteriormente ela forma um ângulo com o elemento mastóideo. A margem anteroinferior, fina acima e grossa embaixo, se encontra com a asa maior do osso esfenoide: ela é biselada internamente acima, e biselada externamente embaixo.

A parte escamosa tem um processo zigomático e uma fossa mandibular.

Processo zigomático

O processo zigomático lança-se para a frente a partir da região mais inferior da parte escamosa. Sua parte posterior triangular possui uma base larga que é dirigida lateralmente, apresentando faces superior e inferior. O processo zigomático então se torce anteromedialmente, de modo que suas faces se tornam medial e lateral.

A face superior da parte posterior é côncava. A face inferior é limitada pelas raízes anterior e posterior, convergindo para a parte anterior do processo. O tubérculo da raiz zigomática dá fixação ao ligamento lateral da articulação temporomandibular na junção das raízes. A raiz posterior é prolongada para a frente acima do meato acústico externo; sua margem superior penetra na crista supramastóidea. Muito raramente, a parte escamosa é perfurada acima da raiz posterior por um forame escamoso, que transmite o seio petroescamoso. A raiz anterior se projeta quase horizontalmente a partir da parte escamosa. Sua face inferior, com uma convexidade anteroposterior, forma um tubérculo articular semicilíndrico curto e entra em contato com o disco articular da articulação temporomandibular. O tubérculo forma o limite anterior da fossa mandibular.

A parte anterior do processo zigomático é fina e plana e a fáscia temporal é fixada à sua margem superior. A margem inferior é curta e arqueada e dá origem a algumas fibras do músculo masseter. A face lateral é convexa. A face medial é côncava e fornece inserção adicional para parte do masseter. A extremidade anterior é profundamente serreada e se inclina obliquamente posteroinferiormente para se articular com o processo temporal do osso zigomático, formando o arco zigomático. Anteriormente ao tubérculo articular, uma pequena área triangular forma parte do teto da fossa infratemporal: ela é contínua atrás com a raiz anterior e na frente com a crista infratemporal da asa maior do esfenoide.

Fossa mandibular

A fossa mandibular é limitada na frente pela eminência articular do processo zigomático. Ela apresenta uma área articular anterior, formada pela parte escamosa, e uma área não articular posterior, formada pelo elemento timpânico. A face articular é lisa, oval e côncava, e faz contato com o disco articular da articulação temporomandibular (Cap. 31). Diferentemente da maioria das outras articulações sinoviais, ela é revestida por tecido fibroso em vez de cartilagem hialina, refletindo o seu desenvolvimento intramembranáceo. A área não articular às vezes contém parte da glândula parótida. Um pequeno tubérculo pós-glenoidal cônico separa a face articular lateralmente da lâmina timpânica.

Posteriormente, a fossa mandibular é separada da parte timpânica pela fissura timpanoescamosa. Raramente, um forame pós-glenóideo existe anterior ao meato acústico externo na linha de fusão das partes escamosa e timpânica. Quando presente, ele substitui o forame escamoso citado acima e transmite o seio petroescamoso. Medialmente, uma projeção da parte petrosa do osso temporal (tegme timpânico) vem a se situar dentro da fissura timpanoescamosa, dividindo-a adicionalmente em fissuras petrotimpânica e petroescamosa. A fissura petrotimpânica leva para dentro da cavidade timpânica e contém um ligamento anterior do martelo e a artéria timpânica anterior ramo da artéria maxilar. A abertura anterior do canalículo anterior para o nervo corda do tímpano é situada no extremo medial da fissura.

Parte petromastóidea

A parte petromastóidea do osso temporal, embora morfologicamente um elemento, é descrita mais convenientemente como duas partes, a saber, as partes mastóidea e petrosa.

Parte mastóidea

A parte mastóidea é a região posterior do osso temporal e tem uma superfície externa tornada rugosa pelas inserções do ventre occipital do músculo occipitofrontal e do músculo auricular posterior. Um forame mastóideo, de tamanho e posição variáveis, e atravessado por uma veia a partir do seio sigmóideo e um pequeno ramo dural da artéria occipital, frequentemente é situado próximo da sua margem posterior. O forame pode ser no occipital ou na sutura occipitotemporal; ele pode ser parassutural (40-50% dos crânios); ou pode ser ausente.

A parte mastóidea se projeta para baixo como o processo mastoide cônico e é maior em homens adultos. Os músculos esternocleidomastóideo, esplênio da cabeça e longuíssimo da cabeça são todos fixados à sua superfície lateral, e o ventre posterior do músculo digástrico é fixado em uma incisura mastóidea profunda na sua face medial. A artéria occipital segue em um sulco occipital raso que é situado medial à incisura mastóidea. A face interna do processo mastoide apresentam sulco do seio sigmóideo profundo, curvo, para o seio sigmóideo: o sulco é separado das células mastóideas mais profundas subjacentes por uma fina lâmina de osso.

A margem superior da parte mastóidea é grossa e serreada para articulação com o ângulo mastóideo do osso parietal. A margem posterior também é serreada e se articula com a margem inferior do osso occipital

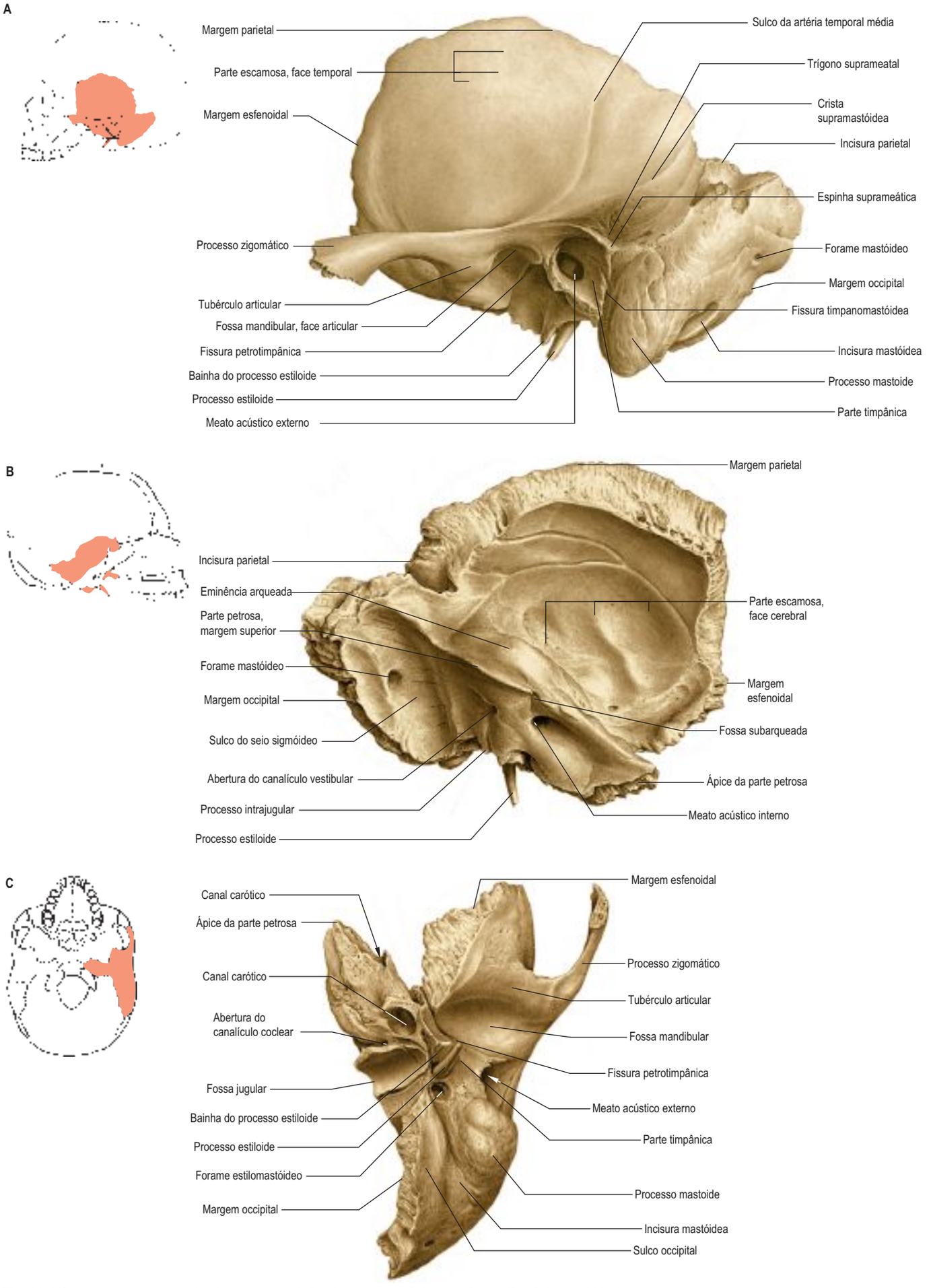


Fig. 36.1 Osso temporal esquerdo. **A,** Vista lateral. **B,** Vista medial. **C,** Vista inferior. (De Sobotta, 2006.)

entre seu ângulo lateral e o processo jugular. O elemento mastóideo é fundido com o processo descendente da parte escamosa: embaixo, ele aparece na parede posterior da cavidade timpânica.

Parte petrosa

A parte petrosa é uma massa de osso que é situada como uma cunha entre os ossos esfenoide e occipital na base do crânio: ela contém o labirinto acústico. Ela é inclinada superiormente e anteromedialmente, e tem uma base, ápice, três faces (anterior, posterior e inferior) e três margens (superior, posterior e anterior).

A base corresponderia à parte que se localiza na base do crânio e é separada da parte escamosa por uma sutura. Entretanto, esta sutura desaparece logo depois do nascimento. O desenvolvimento subsequente dos processos mastóideos significa que os limites precisos da base não são mais identificáveis.

O ápice, rombudo e irregular, é angulado entre a margem posterior da asa maior do osso esfenoide e a parte basilar do occipital. Ele contém a abertura anterior do canal carótico e limita o forame lacerado posterolateralmente.

A face anterior contribui para o soalho da fossa média do crânio (Cap. 27) e é contínua com a face cerebral da parte escamosa (embora a sutura petroescamosa muitas vezes persista tardiamente na vida). A superfície inteira é adaptada aos giros temporais inferiores. Atrás do ápice há uma impressão trigeminal para o gânglio trigeminal. A parte óssea anterolateral a esta impressão constitui o teto da parte anterior do canal carótico, mas frequentemente é deficiente. Uma crista separa a impressão trigeminal de outra escavação atrás que parcialmente constitui o teto do meato acústico interno e da cóclea. Esta, por sua vez, é limitada atrás pela eminência arqueada que é originada pelo canal semicircular superior (anterior). Lateralmente, a face anterior constitui o teto do vestíbulo e, parcialmente, o canal do nervo facial. Entre a parte escamosa lateralmente, a eminência arqueada e as escavações descritas medialmente, a face anterior é formada pelo tegme timpânico uma fina lâmina de osso que forma o teto do antro mastóideo, e se estende para a frente acima da cavidade timpânica e o semicanal para o músculo tensor do tímpano. A margem lateral do tegme timpânico encontra a parte escamosa na sutura petroescamosa, virando para baixo na frente sob a forma da parede lateral do semicanal para o músculo tensor do tímpano e a parte óssea da tuba auditiva: sua margem inferior fica na fissura timpanoescamosa. Anteriormente o tegme apresenta um sulco estreito relacionado ao nervo petroso maior (que passa posterolateralmente para entrar no osso por um hiato anterior à eminência arqueada). O sulco passa para a frente para o forame lacerado. Um hiato e um sulco menores e semelhantes podem ser encontrados mais lateralmente: eles são relacionados ao nervo petroso menor (que segue para o forame oval). A inclinação posterior da eminência arqueada é sobrejacente aos canais semicirculares posterior e lateral. Lateralmente à eminência, a parte posterior do tegme timpânico constitui o teto do antro mastóideo.

A face posterior contribui para a parte anterior da fossa posterior do crânio e é contínua com a face interna da parte mastóidea. A abertura do meato acústico interno situa-se próximo do seu centro. Uma pequena fenda que leva ao aqueduto do vestíbulo localiza-se atrás da abertura do meato, quase oculta por uma fina lâmina de osso. Esta contém o saco e o ducto endolinfáticos juntamente com uma pequena artéria e veia. A metade terminal do saco endolinfático faz protrusão através da fenda entre o periósteo e a dura-máter. A fossa subarqueada reside acima destas aberturas.

A face inferior irregular faz parte do exterior da base do crânio. Próximo do ápice da parte petrosa, uma área quadrilátera é parcialmente associada com a fixação do músculo levantador do véu palatino e a parte cartilagínea da tuba auditiva, e parcialmente conectada à parte basilar do osso occipital por fibrocartilagem densa. Atrás desta região situa-se a grande abertura circular do canal carótico, e atrás da abertura do canal situa-se a fossa jugular, a qual é de variável profundidade e tamanho e contém o bulbo da veia jugular. O gânglio inferior do nervo glossofaríngeo localiza-se em uma depressão triangular anteromedial à fossa jugular (abaixo do meato acústico interno). No seu ápice há uma pequena abertura para dentro do canalículo da cóclea, ocupada pelo ducto perilinfático (um tubo de dura-máter) e uma veia que drena da cóclea para a veia jugular interna. Um canalículo para o nervo timpânico ramo do nervo glossofaríngeo situa-se sobre a crista entre o canal carótico e a fossa jugular. O canalículo mastóideo para o ramo auricular do nervo vago é posicionado lateralmente na fossa jugular. Atrás da fossa jugular, a superfície jugular quadrilátera rugosa é coberta por cartilagem que a une ao processo jugular do osso occipital.

A margem superior, a mais longa, é sulcada pelo seio petroso superior. A margem inserida do tentório do cerebelo é fixada às margens do sulco exceto na sua extremidade medial, onde ela é cruzada pelas raízes do nervo trigêmeo. A margem posterior, de comprimento intermediário, apresenta um sulco medialmente que forma, junto com o osso occipital, uma calha para o seio petroso inferior. Atrás disto, a fossa jugular contribui (junto com o osso occipital) para o forame jugular e é incisada pelo nervo glossofaríngeo. O osso em qualquer um ou ambos os lados da incisura jugular pode encontrar o osso occipital e dividir o forame jugular em duas ou três partes. A margem anterior é unida lateralmente à parte escamosa do osso temporal na sutura petroescamosa; medialmente ela se articula com a asa maior do osso esfenoide.

Existem dois canais na junção das partes petrosa e escamosa, um acima do outro, separados por uma delgada lâmina óssea e ambos levando à cavidade timpânica: o canal superior contém o músculo tensor do tímpano, o canal inferior é a tuba auditiva.

Parte timpânica

A parte timpânica do osso temporal é uma lâmina recurvada abaixo da parte escamosa e anterior ao processo mastoide. Internamente ela se funde com a parte petrosa e aparece entre esta e a parte escamosa, onde ela é inferolateral ao orifício auditivo. Atrás, ela se funde com a parte escamosa e processo mastoide e é o limite anterior da fissura timpanomastóidea. Sua face posterior côncava forma a parede anterior, soalho e parte da parede posterior do meato acústico externo. A membrana timpânica é fixada a um estreito sulco timpânico na sua face medial. A face anterior côncava quadrilátera é a parede posterior da fossa mandibular e pode fazer contato com a glândula parótida. Sua margem lateral rugosa forma a maior parte da margem da parte óssea do meato acústico externo e é contínua com sua parte cartilagínea. Lateralmente, a margem superior é fundida com o dorso do tubérculo pós-glenoidal; medialmente ela forma a margem posterior da fissura petrotimpânica. A margem inferior é afiada e se divide lateralmente para formar, na sua raiz, a bainha do processo estiloide. Centralmente a parte timpânica é fina, e muitas vezes é perfurada. O forame estilomastóideo situa-se entre os processos estiloide e mastoide: ele representa a extremidade externa do canal facial e transmite o nervo facial e a artéria estilomastóidea.

Processo estiloide

O processo estiloide é afilado, pontudo e se projeta anteroinferiormente a partir do aspecto inferior do osso temporal. Seu comprimento varia, sendo de alguns milímetros a uma média de 2,5 cm. Frequentemente quase reto, ele pode mostrar uma curvatura, uma concavidade anteromedial sendo mais comum. Sua parte proximal (timpano-hial) é embainhada pela lâmina timpânica, especialmente anterolateralmente, enquanto músculos e ligamentos são fixados à sua parte distal (estilo-hial). *In vivo*, suas relações são importantes. O processo estiloide é coberto lateralmente pela glândula parótida; o nervo facial cruza sua base; a artéria carótida externa cruza sua ponta, inclusa na parótida; e medialmente o processo é separado desde o começo da veia jugular interna pela inserção do músculo estilofaríngeo.

Meato acústico externo

O osso temporal contém a parte óssea do meato acústico externo (pág. 620).

Ossificação

Os quatro componentes temporais se ossificam independentemente (Fig. 36.2). A parte escamosa é ossificada em uma folha de mesênquima condensada a partir de um centro único perto das raízes zigomáticas, as quais aparecem na sétima ou oitava semana *in utero*. A parte petromastóidea possui vários centros que aparecem na cápsula ótica cartilagínea durante o quinto mês: até 14 centros foram descritos. Estes centros variam na ordem de aparecimento. Vários são pequenos e inconstantes, logo se fundindo com outros. A cápsula ótica é quase completamente ossificada pelo fim do sexto mês. A parte timpânica também é ossificada no mesênquima a partir de um centro identificável por volta do terceiro mês; ao nascimento ela é um anel timpânico incompleto, deficiente em cima, e sua concavidade sendo sulcada por um sulco timpânico para a membrana timpânica. O sulco maleolar para o processo anterior do martelo, corda do tímpano e artéria timpânica inclina-se obliquamente para baixo e para a frente através do aspecto medial da parte anterior do anel. O processo estiloide se desenvolve a partir de dois centros na extremidade cranial da cartilagem no segundo arco visceral ou hióideo: um centro proximal para o timpano-hial aparece antes do nascimento, e outro distal para o estilo-hial, aparece depois do nascimento. O anel timpânico se une com a parte escamosa logo pouco antes do nascimento, e a petromastóidea se funde com ele e o timpano-hial durante o primeiro ano. O estilo-hial não se une com o resto do processo até depois da puberdade, ou pode não o fazer nunca.

Uma vez ossificada, a cavidade timpânica, antro mastóideo e extremo posterior da tuba auditiva se tornam rodeados por osso. A parte petrosa forma o teto, soalho e parede medial da cavidade, enquanto as partes escamosa e timpânica, juntamente com a membrana timpânica, formam sua parede lateral. Ao nascimento a orelha média e a orelha interna são

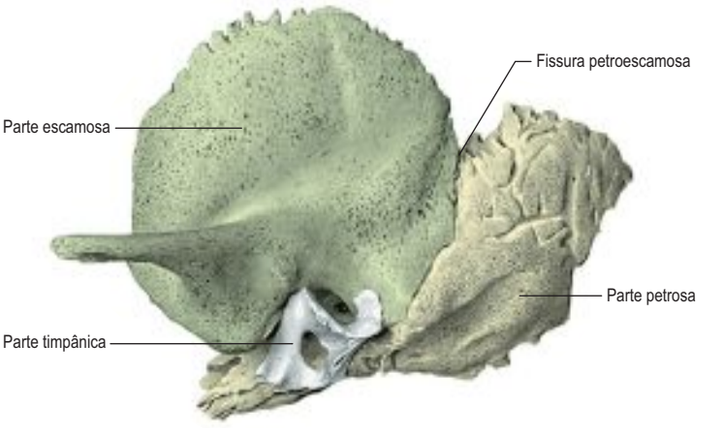
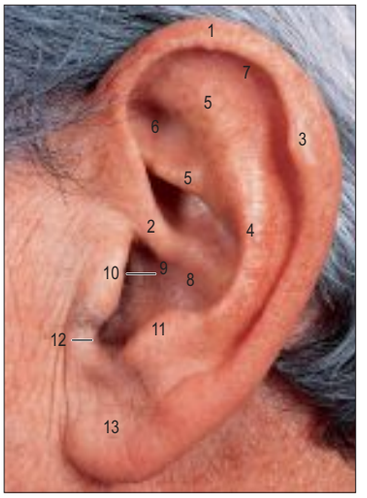


Fig. 36.2 Osso temporal ao nascimento. (De Sobotta, 2006.)



1. Hélice. 2. Ramo da hélice. 3. Tubérculo da orelha.
4. Antélice. 5. Ramos da antélice. 6. Fossa triangular.
7. Escafa. 8. Concha da orelha. 9. Meato acústico externo.
10. Trago. 11. Antitrago. 12. Incisura intertragicatrágica.
13. Lóbulo da orelha.

Fig. 36.3 Face lateral da orelha esquerda. (Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ 2002 Head and Neck Anatomy. London: Martin Dunitz.)

do tamanho adulto, e a cavidade timpânica, antro mastóideo, membrana timpânica e ossículos da audição são quase do tamanho adulto. O processo anterior não se une ao martelo até 6 meses mais tarde. O meato acústico interno tem aproximadamente 6 mm de diâmetro horizontal, 4 mm de diâmetro vertical e 7 mm de comprimento ao nascimento, e os diâmetros adultos são 7,7 e 11 mm respectivamente.

Depois do nascimento e independente do crescimento geral, o anel timpânico se estende posterolateralmente para se tornar cilíndrico, crescendo para uma lâmina timpânica fibrocartilagínea, a qual forma a parte adjacente do meato acústico externo neste estágio. Este crescimento não é igual, mas é rápido nas regiões anterior e posterior, as quais se encontram e se fundem. Assim, durante certo tempo, existe uma abertura (forame de Huschke) no soalho: ele usualmente se fecha cerca do quinto ano, mas às vezes é permanente (em 5-46% dos crânios adultos de populações antigas e modernas). O meato acústico externo é relativamente tão longo em crianças quanto em adultos, mas o canal é fibrocartilagíneo, enquanto seus dois terços mediais são ósseos em adultos. O acesso cirúrgico à cavidade timpânica se dá pelo antro mastóideo, e em crianças é necessário remover apenas uma fina escama de osso no trígono suprameatal para alcançar o antro. A lâmina timpânica embainha o processo estiloide por extensão posterior e se estende medialmente sobre o osso petroso para o canal carótico.

Inicialmente, a fossa mandibular é rasa, mais lateral; no entanto, a seguir ela se aprofunda e afinal volta-se para baixo. Posteroinferiormente, a parte escamosa cresce para baixo atrás do anel timpânico para formar a parede lateral do antro mastóideo. A parte mastóidea é plana no início, de modo que o forame estilomastóideo e o processo estiloide rudimentar situam-se imediatamente atrás do anel timpânico. A parte mastóidea é invadida por células aéreas, especialmente na puberdade. A região mastóidea lateral cresce para baixo e para a frente para formar o processo mastoide, o que significa que o processo estiloide e o forame estilomastóideo se tornam inferiores. A descida do forame alonga o canal do nervo facial. O processo mastoide não é perceptível até tarde no segundo ano. A fossa subarqueada se enche gradualmente e é quase obliterada.

No recém-nascido, as partes petrosa e escamosa do osso temporal são usualmente separadas pela fissura petroescamosa que se abre diretamente para dentro do antro mastóideo da orelha média. A fissura se fecha em 4% dos lactentes durante o primeiro ano, mas permanece não fechada em 20-40% até a idade de 19 anos: ela é uma via para a disseminação de infecção da orelha média às meninges. O meato acústico interno neonatal tem cerca da metade do comprimento da sua contraparte adulta. Sua abertura da cavidade da orelha média é tão grande quanto no adulto, mas a abertura faríngea da parte nasal da faringe é relativamente menor. O trajeto da tuba auditiva é horizontal no recém-nascido, enquanto no adulto ela passa desde a orelha média para baixo, para a frente e medialmente.

ORELHA EXTERNA

A orelha externa não é simplesmente uma corneta acústica, mas o primeiro de uma série de modificadores do estímulo no aparelho auditivo. Ela consiste na orelha e no meato acústico externo. A orelha se projeta em um grau variável e individual a partir do lado da cabeça e coleta as ondas sonoras, as quais ela conduz ao longo do meato acústico externo até a membrana timpânica.

ORELHA

A superfície lateral da orelha é irregularmente côncava, olha ligeiramente para a frente e exibe numerosas eminências e depressões (Fig. 36.3). Ela tem um rebordo curvo proeminente, a hélice. Esta usualmente apresenta um pequeno tubérculo posterossuperiormente, o tubérculo auricular (de Darwin), que é bastante pronunciado em torno do sexto mês de vida intrauterina. A antélice é uma proeminência curva, paralela e anterior à parte posterior da hélice: ela se divide acima em dois ramos que flanqueiam uma fossa triangular escavada. A depressão curva entre a hélice e a antélice é a escafa. A antélice circunda a profunda, espaçosa, concha da orelha, que é incompletamente dividida pelo pilar ou extremidade anterior da hélice. A área conchal acima desta, a cimba da concha, é sobrejacente ao trígono suprameatal do osso temporal, o qual pode ser palpado através dela, e que é sobrejacente ao antro mastóideo. O trago é uma pequena aba curva abaixo do ramo da hélice e na frente da concha: ele se projeta posteriormente, em parte se superpondo ao orifício meatal. O antitrago é um pequeno tubérculo oposto ao trago e dele separado pela intertrágica. Abaixo dele situa-se o lóbulo da orelha, composto de tecidos fibrosos e adiposos. Ele é mole, diferente da maior parte da orelha que é suportada por cartilagem elástica e é firme. A face craniana da orelha apresenta elevações que correspondem às depressões na sua face lateral, e a partir das quais elas são denominadas (p. ex., eminência da concha, eminência da fossa triangular).

Várias anormalidades comuns foram reconhecidas e levam nomes descritivos ou epônimos (Porter e Tan, 2005).

Anotia Anotia é ausência completa da orelha externa e é mais provavelmente causada por um transtorno do desenvolvimento entre a sétima e oitava semanas gestacionais.

Criptotia Criptotia (orelha oculta ou orelha em bolsa) é uma anormalidade da orelha na qual o polo superior está sepultado embaixo da pele temporal. Ela pode ser restaurada a uma forma mais normal por uma sequência de procedimentos cirúrgicos que envolvem o uso de talas para criar uma nova escafa e enxertos ou retalhos locais para liberar a cartilagem do lado da cabeça.

Microtia Microtia (orelha diminuta) é usualmente uma anormalidade congênita isolada, mas é às vezes associada com síndromes reconhecidas, por exemplo, síndrome alcoólica fetal, síndrome diabética materna, exposição à talidomida e isotretinoína.

Poliotia Poliotia (também conhecida como orelha em espelho) é causada pela persistência de tecido pré-auricular que normalmente seria incluído na orelha, mas em vez disso localiza-se à frente do trago na área posterior da bochecha.

Barra de Stahl Barra de Stahl (também conhecida como orelhas de sátiro) é uma deformidade congênita comum da orelha na qual a hélice

é achatada e o ramo superior da antélice é duplicado, produzindo uma crista de cartilagem que segue da antélice ao rebordo da hélice. Isto causa forma de ponta da orelha e uma inversão da concavidade normal da escafa. Ocasionalmente, a parte superior da orelha cede, produzindo uma aparência conhecida como "orelha caída". Uma variedade de procedimentos cirúrgicos foi planejada para corrigir esta deformidade usando moldes externos etc. Tentativas de correção são feitas no período neonatal enquanto a cartilagem é mole e flexível: retardo até uma época em que a cartilagem tenha se tornado rígida pode colocar em risco um bom resultado.

Orelhas proeminentes Orelhas proeminentes (também conhecidas como "orelhas de abano") são causadas pela ausência ou inadequação de uma prega antelical.

Fístula pré-auricular Seis montículos auriculares, os precursores embriológicos da orelha, se formam em torno das margens da porção dorsal da primeira fenda faríngea, três na margem caudal do primeiro arco faríngeo e três na margem cranial do segundo arco faríngeo (Cap. 40). Eles se fundem para formar a orelha e circundar a extremidade dorsal da primeira fenda branquial a partir da qual se origina o meato acústico externo. Fístulas e cistos são muitas vezes encontrados imediatamente anteriores à raiz da hélice perto do ponto de fusão dos montículos derivados do primeiro arco branquial e aqueles derivados do segundo arco branquial. Há debate sobre se as anormalidades são inclusões epiteliais entre os montículos ou restos da primeira fenda branquial. As fístulas podem ser simples depressões ou fístulas ramificadas complexas que ocasionalmente se estendem profundamente na direção do meato acústico externo de tal modo que se situam próximo do nervo facial. Clinicamente, elas podem se tornar cronicamente infectadas e exigir excisão cirúrgica: esta pode ser cirurgia tecnicamente difícil, dada a proximidade estreita ao nervo facial.

Pele

A pele da orelha continua no interior do meato acústico externo para cobrir a face externa da membrana timpânica. Ela é fina, não tem papilas dérmicas e é estreitamente aderente às partes cartilagíneas e ósseas do canal (inflamação do canal é muito dolorosa por causa desta fixação às estruturas subjacentes). O tecido subcutâneo espesso da parte cartilagínea do meato contém numerosas glândulas ceruminosas que secretam cera, ou cerume. Sua estrutura tubular enovelada assemelha-se à das glândulas sudoríferas. As células secretórias são colunas quando ativas, mas cuboides quando quiescentes; são cobertas externamente por células mioepiteliais. Os ductos se abrem para a superfície epitelial ou para dentro da glândula sebácea vizinha de um folículo piloso. O cerume evita a maceração da pele meatal por água retida. Foram atribuídas propriedades antibacterianas ao cerume, mas falta evidência disto (Campos et al., 2000, Pata et al., 2003).

Dois tipos de cera, úmida e seca, são reconhecidos. Eles são determinados geneticamente. Cera seca é comum em asiáticos orientais, enquanto o tipo úmido é mais comum em outros grupos étnicos (Yoshiura et al., 2006). Produção excessiva, acumulação ou impacção de cera pode ocluir por completo o meato, desse modo dificultando a chegada do som à membrana timpânica e também restringindo a vibração natural do tímpano. Embora glândulas ceruminosas e folículos pilosos sejam em grande parte limitados à parte cartilagínea do meato, algumas glândulas pequenas e pelos finos também estão presentes no teto da região lateral da parte óssea do canal. O ambiente quente e úmido do ar meatal relativamente fechado ajuda as respostas mecânicas da membrana timpânica.

Arcabouço cartilagíneo

A orelha é uma lâmina fina única de fibrocartilagem elástica coberta por pele, sua superfície moldada por eminências e depressões (Fig. 36.4). Ela é conectada às partes circundantes por ligamentos e músculos e é contínua com a cartilagem do meato acústico externo. Não há cartilagem no lóbulo ou entre o trago e o ramo da hélice, onde o espaço é preenchido por tecido fibroso denso. Anteriormente, onde a hélice se curva para cima, há uma pequena projeção cartilagínea, a espinha da hélice. Sua outra extremidade é prolongada inferiormente como a cauda da hélice e é separada da antélice pela fissura antitrago-helicina. O aspecto cranial da cartilagem apresenta a eminência da concha e a eminência da escafa, as quais correspondem a depressões na face lateral. As duas eminências são separadas por um sulco transverso, o sulco transverso da antélice, que corresponde ao ramo inferior da antélice na face lateral. A eminência da concha é cruzada por uma crista oblíqua, o pontículo, para a inserção do músculo auricular posterior. Há duas fissuras na cartilagem auricular, uma atrás do ramo da hélice e outra no trago.

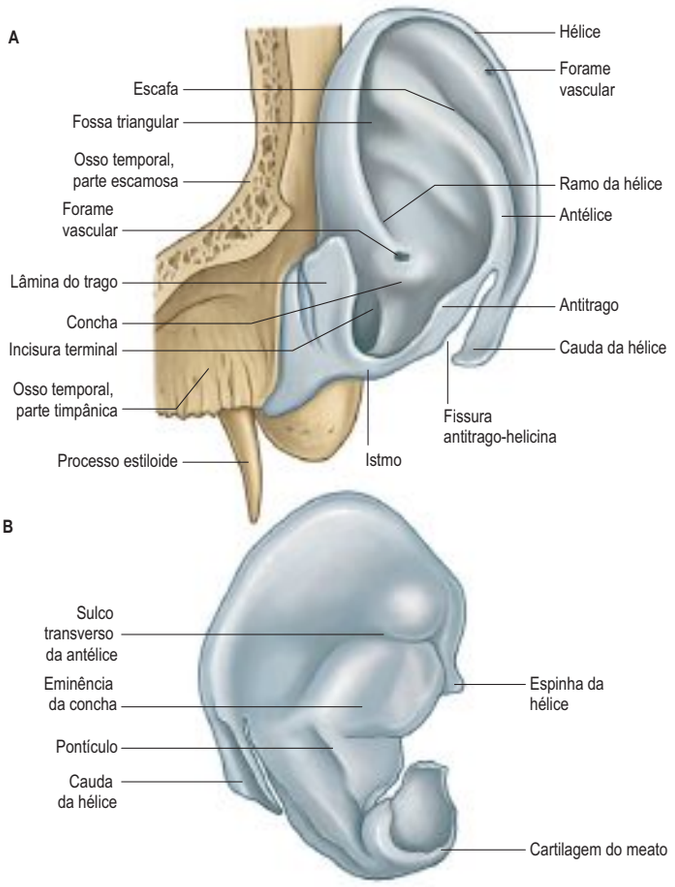


Fig. 36.4 As cartilagens auriculares da orelha esquerda. **A,** Face lateral. **B,** Face medial.

Ligamentos

Os ligamentos extrínsecos anterior e posterior conectam a orelha com o osso temporal. O ligamento anterior se estende do trago e espinha da hélice à raiz do processo zigomático do osso temporal. O ligamento posterior passa da superfície posterior da concha à superfície lateral do processo mastoide. Dois ligamentos intrínsecos principais conectam cartilagens auriculares individuais: uma forte faixa fibrosa passa do trago à hélice, desse modo completando o meato anteriormente e formando parte do limite da concha; e outra faixa passa entre a antélice e a cauda da hélice. Faixas menos proeminentes existem no aspecto cranial da orelha.

Músculos auriculares

Músculos auriculares extrínsecos conectam a orelha ao crânio e couro cabeludo e movem a orelha como um todo. Músculos auriculares intrínsecos conectam as diferentes partes da orelha.

Músculos extrínsecos

Os músculos auriculares extrínsecos são os auriculares anterior, superior e posterior. O menor dos três é o auricular anterior, um fino leque de fibras pálidas que se originam da margem lateral da aponeurose epicrânica e convergem para se fixar na espinha da hélice. O maior dos três, o auricular superior, é também fino e em forma de leque e converge a partir da aponeurose epicrânica por meio de um tendão fino, achatado, para se inserir na parte superior da face craniana da orelha. O auricular posterior consiste em dois ou três fascículos cárneos que se originam por curtas fibras aponeuróticas a partir da parte mastóidea do osso temporal e se inserem no pontículo na eminência da concha.*

Suprimento vascular O suprimento arterial dos músculos auriculares extrínsecos é derivado principalmente da artéria auricular posterior.

*__Nota da Revisão Científica:__ Os músculos extrínsecos (auricular anterior, auricular superior e auricular posterior) são denominados na *Terminologia Anatômica* (2001) como ligamentos (auricular anterior, auricular superior e auricular posterior) por serem mais fibrosos do que musculares no homem.

Inervação Os músculos auriculares anterior e superior são supridos por ramos temporais do nervo facial, e o músculo auricular posterior é suprido pelo nervo auricular posterior ramo do nervo facial.

Ações No homem estes músculos têm muito pouco efeito óbvio. Entretanto, apesar da escassez de movimento auricular, estímulos auditivos podem evocar respostas padronizadas destes pequenos músculos e a eletromiografia pode detectar a "resposta acústica cruzada", usada para determinar níveis limiares auditivos e latências do tronco encefálico, a qual é evocada por este meio em neurologia clínica investigativa.

Músculos intrínsecos

Os músculos auriculares intrínsecos são o músculo maior da hélice, o músculo menor da hélice, o músculo trágico, o músculo antitrágico, o músculo transverso da orelha e o músculo oblíquo da orelha (Fig. 36.5). O músculo maior da hélice é uma faixa vertical estreita na margem anterior da hélice, passando da sua espinha à sua margem anterior, onde a hélice está quase se curvando para trás. O músculo menor da hélice é uma faixa vertical curta, achatada, na face lateral do trago. O músculo antitrágico passa da parte externa do antitrago para a cauda da hélice e para a antélice. O músculo transverso da orelha, localizado na face craniana da orelha, consiste em fibras dispersas, parcialmente tendíneas, parcialmente musculares, que se estendem entre a eminência da concha e a eminência da escafa. O músculo oblíquo da orelha, também localizado na face craniana da orelha, consiste em algumas fibras que se estendem das partes superior e posterior da eminência da concha à eminência da escafa.

Suprimento vascular Os músculos auriculares intrínsecos são supridos por ramos das artérias auricular posterior e temporal superficial.

Inervação Os músculos auriculares intrínsecos na face lateral da orelha são inervados pelos ramos temporais do nervo facial, e aqueles na face craniana da orelha são inervados pelo nervo auricular posterior ramo do nervo facial.

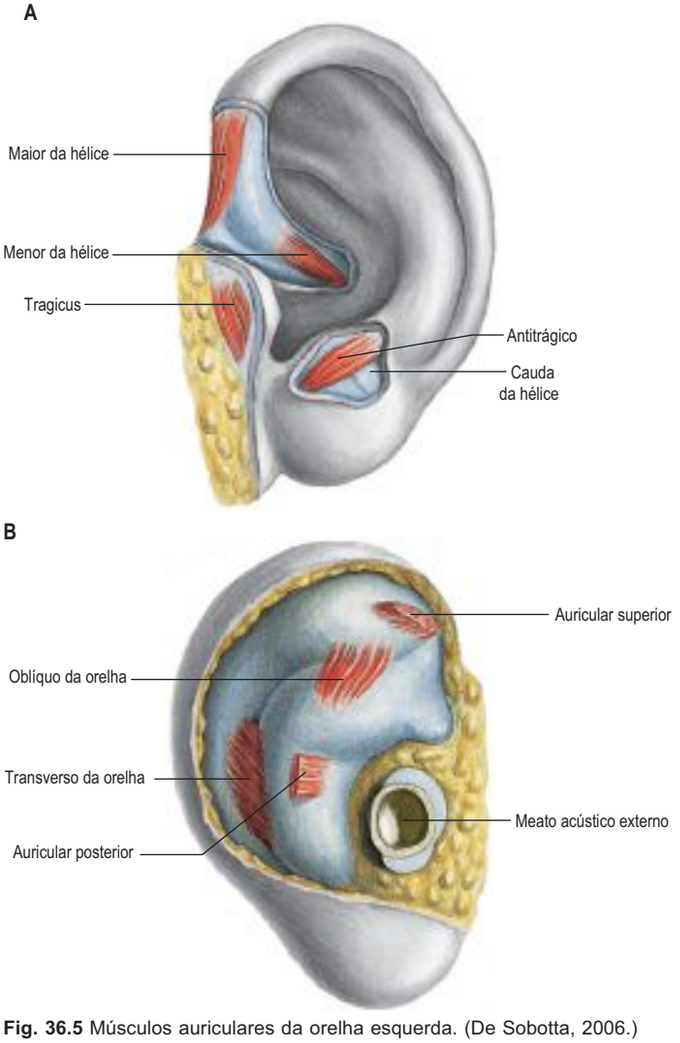


Fig. 36.5 Músculos auriculares da orelha esquerda. (De Sobotta, 2006.)

Ações Os músculos intrínsecos modificam a forma da orelha minimamente, se é que o fazem, na maioria das orelhas humanas: o músculo maior da hélice pode puxar a orelha para a frente e para cima. Raros indivíduos são capazes de modificar a forma e posição das suas orelhas externas.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias A artéria auricular posterior ramo da artéria carótida externa é o suprimento sanguíneo dominante (Imanishi et al., 1997). Ele supre três ou quatro ramos à face craniana da orelha: ramúsculos destas artérias atingem a face lateral, alguns através de fissuras na cartilagem, outros em torno da margem da hélice. A artéria auricular posterior ascende entre a glândula parótida e o processo estiloide para o sulco entre a cartilagem auricular e o processo mastoide. A artéria auricular superior tem um trajeto constante e conecta a artéria temporal superior com a rede arterial auricular posterior: este ramo pode fornecer um pedículo confiável para retalhos retroauriculares (Moschella et al., 2003). A orelha também é suprida por ramos auriculares anteriores da artéria temporal superficial, os quais são distribuídos para sua face lateral, e por um ramo da artéria occipital.

Veias As veias auriculares correspondem às artérias da orelha. Anastomoses arteriovenosas são numerosas na pele da orelha e são consideradas importantes na regulação da temperatura central.

Drenagem linfática O aspecto posterior da orelha drena para linfonodos mastóideos. O trago e a parte superior da orelha drenam para linfonodos pré-auriculares, enquanto o resto da orelha drena para linfonodos cervicais profundos superiores.

Inervação

A inervação sensitiva da orelha é complexa e não completamente determinada. Isto acontece talvez porque a orelha externa representa uma área onde a pele originalmente derivada de uma região branquial encontra pele originalmente derivada de uma região pós-branquial. Os nervos sensitivos envolvidos são o nervo auricular magno, que supre a maior parte da face craniana e a parte posterior da face lateral (hélice, antélice, lóbulo); o nervo occipital menor, que supre a parte superior da concavidade da concha e a parte posterior da eminência; o nervo auriculotemporal, que supre o trago, ramo da hélice e a parte adjacente da hélice; e o nervo facial, que junto com o ramo auricular do nervo vago provavelmente supre pequenas áreas em ambas as faces da orelha, na depressão da concha e sobre sua eminência. Os detalhes da inervação cutânea derivada do nervo facial requerem esclarecimento adicional. É possível que, como o ramo auricular do nervo vago atravessa o osso temporal e cruza o canal facial, aproximadamente 4 mm acima do forame estilomastóideo, ele contribua com um ramo ascendente para o nervo facial, e que desta maneira fibras do nervo vago sejam levadas pelo nervo facial para a orelha (pág. 494).

MEATO ACÚSTICO EXTERNO

O meato acústico externo se estende da concha à membrana timpânica; ele tem aproximadamente 2,5 cm desde o soalho da concha e aproximadamente 4 cm desde o trago. Possui duas partes estruturalmente diferentes: seu terço lateral é cartilagíneo e seus dois terços mediais são ósseos (Figs. 36.6A, 36.7, 36.8). Ele tem uma forma curva em S, dirigida primeiro medial, anterior e ligeiramente para cima (parte externa), a seguir posteromedialmente e para cima (parte media), e por fim anteromedialmente e ligeiramente para baixo (parte interna). Ele é oval em corte, seu diâmetro máximo é obliquamente inclinado posteroinferiormente no orifício externo, mas é aproximadamente horizontal na extremidade medial. Há duas constrições, uma perto da extremidade medial da parte cartilagínea, a outra, o istmo, na parte óssea a cerca de 2 cm do fundo da concha. A membrana timpânica, que fecha sua extremidade medial, é disposta obliquamente, o que significa que o soalho e a parede anterior do meato são mais longos que o seu teto e parede posterior.

A parte lateral, cartilagínea, tem aproximadamente 8 mm de comprimento. Ela é contínua com a cartilagem auricular e fixada por tecido fibroso à circunferência da parte óssea. A cartilagem meatal é deficiente posterossuperiormente, e o espaço é ocupado por uma lâmina de colágeno. Duas ou três fissuras profundas (de Santorini) existem na sua parte anterior: tumores do meato acústico externo escapam aos limites do canal através destas fissuras e se disseminam para dentro dos tecidos moles adjacentes.

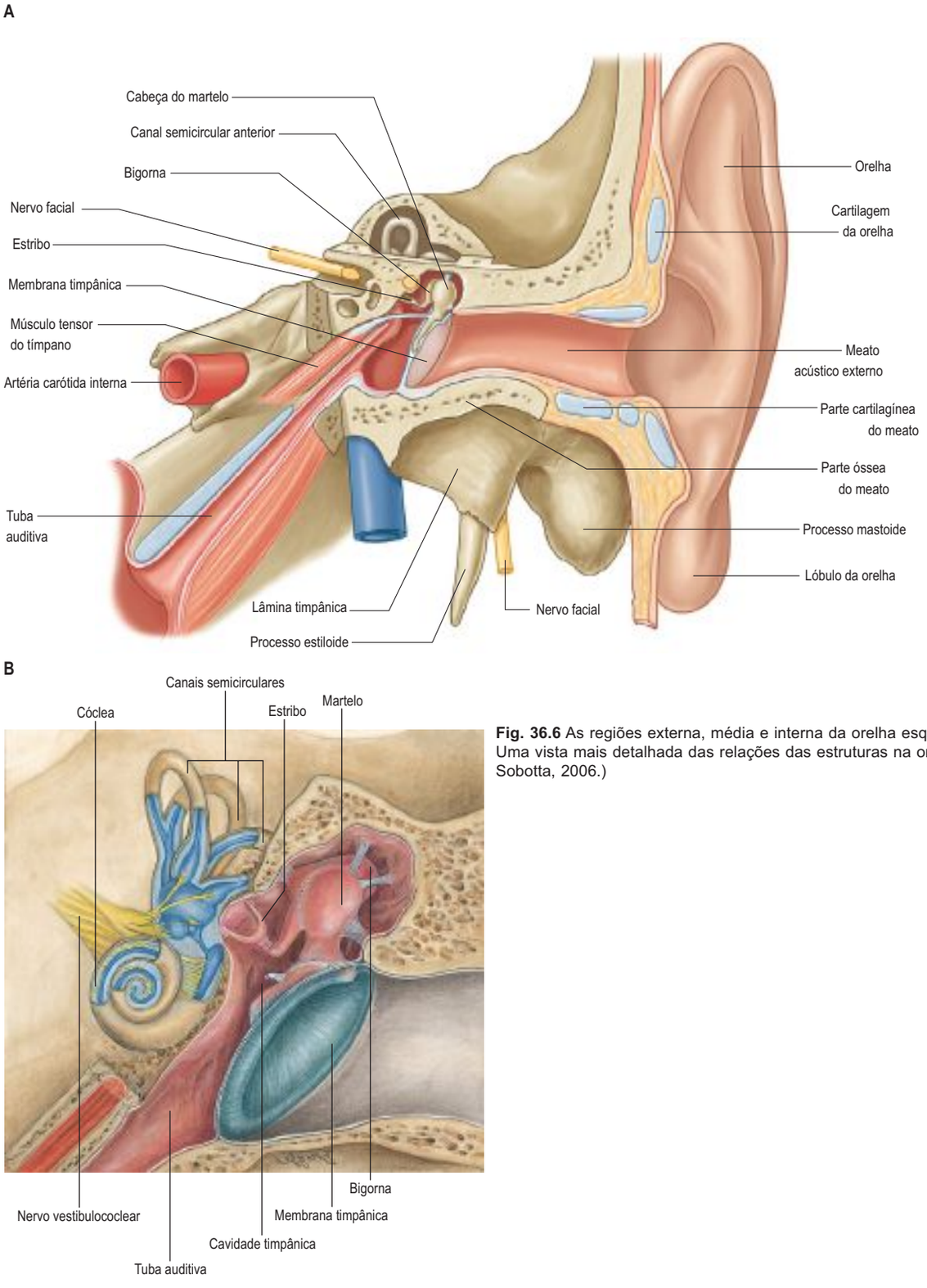


Fig. 36.6 As regiões externa, média e interna da orelha esquerda. **A,** Aspecto anterior. **B,** Uma vista mais detalhada das relações das estruturas na orelha média e interna. (**B,** De: Sobotta, 2006.)

A parte óssea tem aproximadamente 16 mm de comprimento e é mais estreita do que a parte cartilagínea. Em corte sagital ela é oval ou elíptica e é dirigida anteromedialmente e ligeiramente para baixo, com uma leve convexidade posterossuperior. Sua extremidade medial é menor que a extremidade lateral e ela termina obliquamente. A parede anterior projeta-se medialmente 4 mm além da posterior e é marcada, exceto acima, por um estreito sulco timpânico, ao qual está fixado o perímetro da membrana timpânica. Seu extremo lateral é dilatado e predominantemente rugoso para a fixação da cartilagem do meato acústico. As partes anterior, inferior e a maior parte da posterior do meato ósseo são formadas pela lâmina timpânica do osso temporal, que no feto é apenas um anel timpânico. A região posterossuperior é formada pela parte escamosa do osso temporal. A parede externa do meato é limitada acima pela raiz zigomática posterior, abaixo da qual pode haver uma espinha suprameatal.

Relações do meato O processo condilar da mandíbula situa-se anterior ao meato e é parcialmente separado da parte cartilagínea por uma pequena porção da glândula parótida. Uma pancada no mento pode fazer o côndilo irromper para dentro do meato. A fossa média do crânio situa-se acima do meato ósseo, e as células mastóideas são posteriores a ele, separadas do meato apenas por uma fina camada de osso. Sua parte mais profunda é situada abaixo do recesso epitimpânico e é anteroinferior ao antro mastóideo: a lâmina de osso que o separa do antro tem apenas 1-2 mm de espessura e proporciona a "via de acesso transmeatal" para cirurgia aural.

Vasculatura e drenagem linfática O suprimento arterial do meato acústico externo é derivado da artéria auricular posterior, da artéria auricular profunda ramo da artéria maxilar e os ramos auriculares da artéria temporal superficial. Veias associadas drenam para as veias jugular

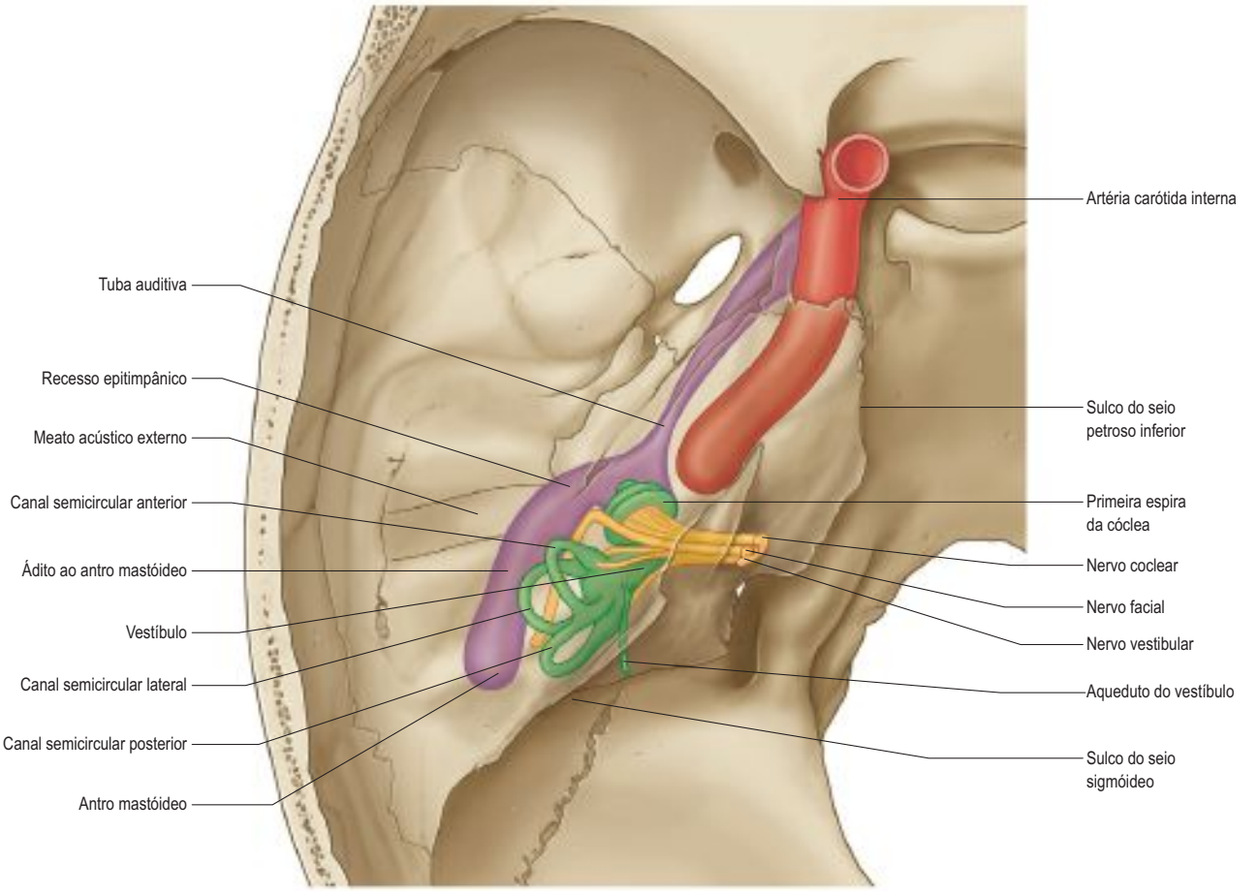


Fig. 36.7 O aparelho auditivo esquerdo conforme seria visto através de um osso temporal semitransparente. Observar o joelho do nervo facial no local do gânglio geniculado.

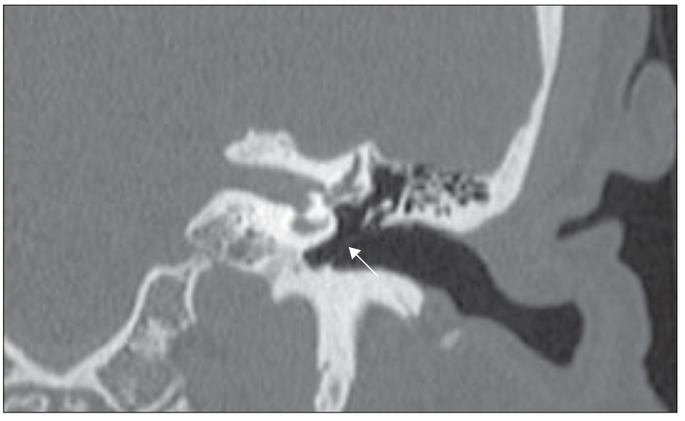


Fig. 36.8 TC coronal através de janela óssea do meato acústico externo e orelha média mostrando a curvatura do soalho e teto, e a obliquidade da membrana timpânica (seta) na extremidade medial do meato acústico externo. (Por cortesia do Dr Steven Connor.)

externa e maxilar e para o plexo pterigóideo. Os linfáticos drenam para aqueles associados com a orelha.

Inervação A inervação sensitiva do meato acústico externo é derivada do nervo auriculotemporal ramo do nervo mandibular, que supre as paredes anterior e superior, e o ramo auricular do nervo vago, que supre as paredes posterior e inferior. O nervo facial também pode contribuir por meio da sua comunicação com o nervo vago.

VIAS DE ACESSO CIRÚRGICO EXTERNAS À ORELHA MÉDIA

O acesso cirúrgico à orelha média pode ser obtido por vias de acesso permeatal, endaural e pós-auricular.

Contanto que o meato acústico externo seja suficientemente amplo, a membrana timpânica pode ser elevada incisando-se a pele do meato ósseo circunferencialmente, deixando um pedículo vascular superiormente. A pele do canal é elevada do osso subjacente até que o anel fibrocartilagíneo da membrana timpânica seja visualizado, e esta pode então ser elevada do sulco timpânico e a mucosa da orelha média incisada de tal modo que a membrana timpânica possa ser refletida para a frente e para cima. Esta via de acesso permeatal é chamada timpanotomia e é usada para estapedectomia, ossiculoplastia, miringoplastia e remoção de pequenos tumores da orelha média.

Se o meato acústico externo for demasiado estreito para permitir visualização adequada da orelha média, ou se for necessário acesso ao ádito e antro mastóideos, tecidos moles superficiais têm que ser deslocados. As duas principais vias de acesso à orelha média são a endaural e a pós-auricular.

A via de acesso endaural envolve fazer uma incisão na incisura entre o trago e a hélice. Esta é levada até expor a margem inferior do músculo temporal (o qual pode ser usado para colher um robusto enxerto de fáscia para reconstrução) e a parte óssea do meato acústico externo. A parte cartilagínea do meato é separada da parte óssea do meato e refletido lateralmente sob forma de um retalho conchomeatal. O meato ósseo pode então ser alargado desbastando-se osso (canaloplastia), o que dá mais espaço para manipular as delicadas estruturas da orelha média bem como melhorar a visualização subsequente da membrana timpânica quando a incisão tiver se curado.

A via de acesso pós-auricular envolve fazer uma incisão aproximadamente 1 cm atrás do sulco cutâneo pós-auricular e aprofundamento da incisão até o periósteo do processo mastoide, dividindo os músculos auriculares posteriores no caminho. Enxertos podem ser colhidos da fáscia temporal. O periósteo é incisado e elevado para expor a parte óssea do meato acústico externo por trás. A pele sobre a junção da parte óssea do meato com a parte cartilagínea é incisada para possibilitar que a cartilagem da orelha e meato seja balançada para a frente sobre seu suprimento sanguíneo e assim expor o meato ósseo e o processo mastoide. A seguir, o acesso pode ser obtido perfurando-se e elevando um retalho de pele timpanomeatal conforme descrito para uma via de acesso endaural.

Fáscia temporal é o tecido mais popular usado como enxerto livre para reparação da membrana timpânica, porque pode ser obtido com

facilidade. Nos últimos anos, o pericôndrio do trago tornou-se uma alternativa popular: ele tem a vantagem adicional de que cartilagem também pode ser colhida e usada para reforçar o reparo.

Ressecções mais extensas do osso temporal são empreendidas usando-se incisões alargadas pré ou pós-auriculares para dentro da região temporal e o pescoço. O suprimento sanguíneo da orelha é suficiente para manter viabilidade apesar de importante elevação e descolamento.

ORELHA MÉDIA

A orelha média é um espaço irregular, lateralmente comprimido na parte petrosa do osso temporal. Ela é revestida com uma membrana mucosa e cheia de ar, proveniente da parte nasal da faringe por intermédio da tuba auditiva (Figs. 36.6, 36.7, 36.9). A orelha média contém três pequenos ossos, o martelo, a bigorna e o estribo, chamados coletivamente ossículos da audição, que formam uma cadeia articulada que conecta as paredes lateral e medial da cavidade, e que transmite as vibrações da membrana timpânica através da cavidade para a cóclea.

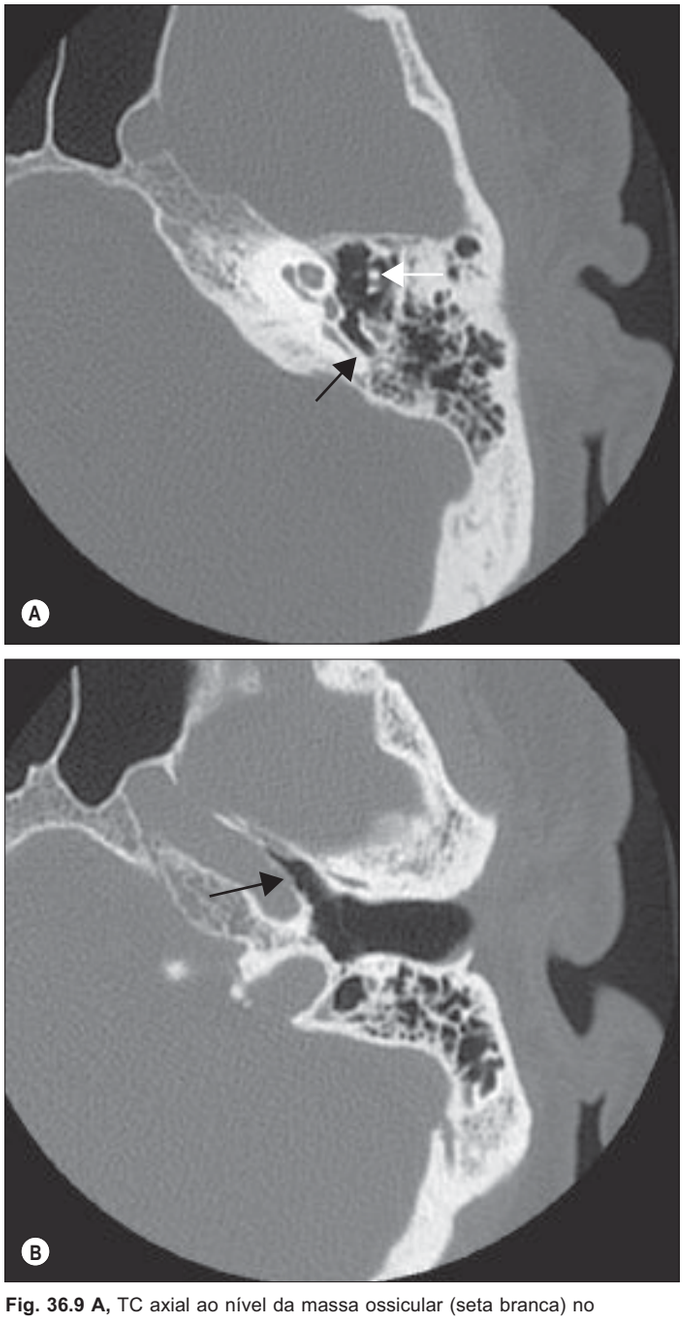


Fig. 36.9 A, TC axial ao nível da massa ossicular (seta branca) no epitímpano, mostrando o antro mastóideo e sua relação ao canal semicircular lateral (horizontal) (seta preta). **B,** TC axial no nível da entrada da tuba auditiva, mostrando sua relação à artéria carótida interna (seta preta). (Por cortesia do Dr Steven Connor.)

A função essencial da orelha média é transferir energia eficientemente a partir das vibrações relativamente fracas no ar elástico, compressível, no meato acústico externo para o líquido incompressível em torno dos delicados receptores na cóclea. O acoplamento mecânico entre os dois sistemas precisa igualar sua resistência à deformação ou "fluxo", isto é, sua impedância, tão estreitamente quanto possível. Ondas aéreas de baixa amplitude e baixa força por unidade de área chegam à membrana timpânica, a qual tem 15-20 vezes a área da base do estribo que faz contato com a perilinfa na orelha interna: a força por unidade de área gerada pela base do estribo é aumentada por uma quantidade semelhante, enquanto a amplitude de vibração fica quase inalterada.

Mecanismos de proteção incorporados no desenho da orelha média incluem a presença da tuba auditiva (para equalizar a pressão em ambos os lados da delicada membrana timpânica); a forma das articulações entre os ossículos; e as contrações reflexas dos músculos estapédio e tensor do tímpano em resposta a sons de intensidade muito alta (evitando dano causado por excursões súbitas ou excessivas dos ossículos).

O espaço dentro da orelha média pode ser subdividido em três partes. Estas são o mesotímpano ou cavidade timpânica propriamente dita, que é oposta à membrana timpânica; o epitímpano ou recesso epitimpânico, que fica acima do nível da membrana, e contém a cabeça do martelo e o corpo e o ramo curto da bigorna; e o hipotímpano, que fica no soalho da cavidade entre o bulbo da veia jugular e a margem inferior da membrana timpânica. Os diâmetros vertical e anteroposterior do mesotímpano e hipotímpano são cada um de aproximadamente 15 mm; o diâmetro transverso é de 6 mm superiormente e de 4 mm inferiormente, estreitando para 2 mm em oposição ao umbigo da membrana timpânica. A cavidade é limitada lateralmente pela membrana timpânica e medialmente pela parede lateral da orelha interna, o promontório. Ela se comunica posteriormente com o antro mastóideo e as células mastóideas, e anteriormente com a parte nasal da faringe por meio da tuba auditiva (Figs. 36.6, 36.7).

A cavidade timpânica e o antro mastóideo, os ossículos da audição e as estruturas da orelha interna estão quase completamente desenvolvidos ao nascimento e subsequentemente se alteram pouco. No feto a cavidade contém um tecido gelatinoso que praticamente desapareceu pelo nascimento, quando ela está cheia de um líquido que é absorvido quando ar entra pela tuba auditiva. A cavidade timpânica é um local comum de infecção na infância.

LIMITES DA CAVIDADE TIMPÂNICA

A cavidade timpânica tem um teto e um soalho, além de paredes lateral, medial, posterior e anterior.

Teto

Uma lâmina fina de osso compacto, o tegme timpânico, separa as cavidades craniana e timpânica e forma grande parte da face anterior da parte petrosa do osso temporal. Ela é prolongada posteriormente como o teto do antro mastóideo e anteriormente cobre o canal para o músculo tensor do tímpano. No jovem, a sutura petroescamosa não ossificada pode permitir a disseminação de infecção da cavidade timpânica para as meninges. Nos adultos, veias a partir da cavidade timpânica atravessam esta sutura para alcançar o seio petroso superior ou o petroescamoso e assim também podem transmitir infecção a estas estruturas através de um processo de tromboflebite.

Fraturas longitudinais da fossa média do crânio quase sempre comprometem o teto timpânico, acompanhadas por luxação da cadeia ossicular, ruptura da membrana timpânica, ou um teto do meato acústico externo ósseo fraturado, o que pode ser observado como um entalhe. Essas lesões usualmente causam sangramento da orelha, com escape de líquido cerebrospinal se a dura-máter tiver sido lacerada (otorreia de LCS).

Soalho

O soalho da cavidade timpânica é uma estreita lâmina fina convexa de osso que separa a cavidade do bulbo superior da veia jugular interna. O osso pode ser deficiente em focos, caso no qual a cavidade timpânica e a veia são separadas apenas por membrana mucosa e tecido fibroso. Alternativamente, o soalho às vezes é espesso e pode conter algumas células mastóideas acessórias. Uma pequena abertura para o nervo timpânico ramo do nervo glossofaríngeo é situada próximo da parede medial.

Parede lateral

A parede lateral consiste principalmente na membrana timpânica, mas também contém o anel de osso ao qual a membrana está fixada (Figs. 36.6B, 36.14A). A parede lateral óssea epitimpânica tem forma de cunha,

em corte, e sua porção inferior aguçada é conhecida como parede externa do ático ou *scutum*. Esta parte é facilmente erodida ou tornada rombuda por colesteatoma, um aspecto facilmente detectado em TCs (Fig. 36.8). Há uma deficiência ou entalhe na parte superior deste anel, junto da qual se situam as pequenas aberturas dos canalículos anterior e posterior para a corda do tímpano e a fissura petrotimpânica. O canalículo posterior para a corda do tímpano é situado no ângulo entre as paredes posterior e lateral da cavidade timpânica imediatamente atrás da membrana timpânica, em uma posição variável aproximadamente ao nível da extremidade superior do cabo do martelo. Ele leva a um diminuto canal que desce na frente do canal do nervo facial e termina nele cerca de 6 cm acima do forame estilomastóideo. O canalículo transmite a corda do tímpano e um ramo da artéria estilomastóidea através do canalículo anterior, o qual se abre na extremidade medial da fissura petrotimpânica.

A fissura petrotimpânica é uma mera fenda de aproximadamente 2 mm de comprimento que se abre imediatamente acima e à frente do anel de osso ao qual a membrana timpânica está fixada. Ela contém o processo anterior e ligamento anterior do martelo e transmite a artéria timpânica anterior ramo da artéria maxilar para a cavidade timpânica.

Membrana timpânica

A membrana timpânica separa a cavidade timpânica do meato acústico externo (Figs. 36.10, 36.14, 38.6). Ela é fina, semitransparente e quase oval, embora um pouco mais larga em cima que embaixo. Ela se localiza obliquamente, em um ângulo de aproximadamente 55° com o soalho meatal. Seu diâmetro mais longo, anteroinferior, tem 9 a 10 mm, e o mais curto tem 8 a 9 mm. A maior parte da sua circunferência é um anel fibrocartilagíneo espessado, que está fixado ao sulco timpânico na extremidade medial do meato. O anel contém células musculares lisas radialmente orientadas em várias localizações, que possivelmente desempenham um papel em controlar o fluxo sanguíneo ou manter a tensão (Henson et al., 2005). O sulco é deficiente superiormente, isto é, ele é entalhado. Duas faixas, as pregas maleolares anterior e posterior, passam das extremidades deste entalhe ao processo lateral do martelo. A pequena parte triangular da membrana, a parte flácida, localiza-se acima destas pregas e é frouxa e fina. A parte principal da membrana timpânica, a parte tensa, é retesada. O cabo do martelo está firmemente fixado à superfície interna da membrana timpânica até o seu centro, o qual se projeta na direção da cavidade timpânica. A superfície interna da membrana é assim convexa e o ponto de maior convexidade é chamado umbigo da membrana timpânica. Embora a membrana como um todo seja convexa na sua superfície interna, suas fibras radiadas são curvas com suas concavidades dirigidas para dentro.

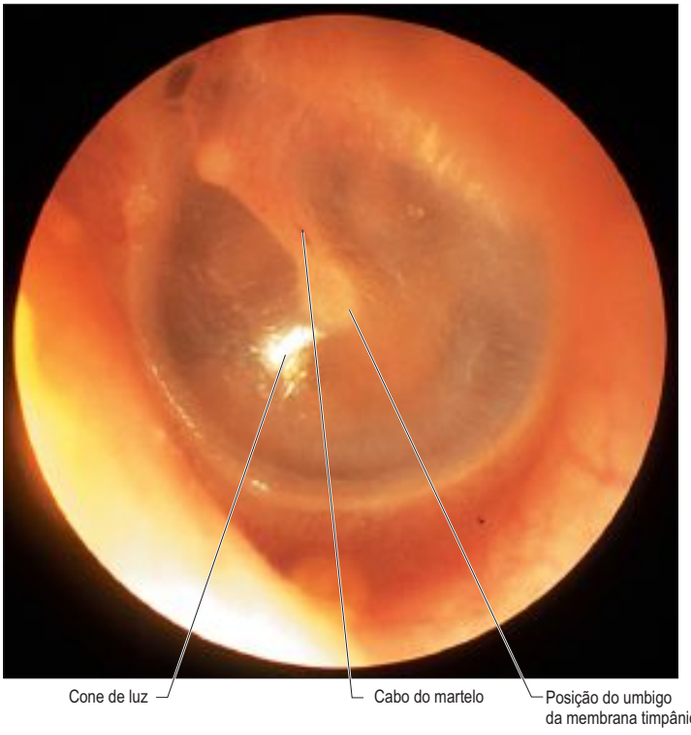


Fig. 36.10 Vista otoscópica da membrana timpânica esquerda. Observar que um cone de luz brilhante é visto no quadrante anteroinferior da membrana quando ela é iluminada. (Por cortesia do Mr Simon A. Hickey.)

Microestrutura

Histologicamente, a membrana timpânica é composta de uma camada cuticular externa, uma camada fibrosa média e uma camada mucosa interna.

A camada cuticular é contínua com a pele do meato. Ela é de tipo escamoso estratificado ceratinizado, desprovida de papilas dérmicas e sem pelos. Seu tecido subepitelial é vascularizado e pode desenvolver algumas papilas periféricas. Ultraestruturalmente, tipicamente tem 10 células de espessura e possui duas zonas, uma camada superficial de escamas não nucleadas e uma zona profunda que se assemelha à camada de células espinhosas (estrato espinhoso) da epiderme. Há numerosos desmossomos entre as células, as mais profundas das quais repousam sobre uma lâmina basal contínua, mas não há papilas epiteliais e hemidesmossomos. As células deste estrato têm uma propensão à migração lateral e diferenciação não compartilhada com quaisquer outros epitélios escamosos estratificados no corpo.

O estrato fibroso consiste em uma camada externa de fibras radiadas que divergem a partir do cabo do martelo e uma camada profunda de fibras circulares, as quais são abundantes perifericamente, mas esparsas e dispersas centralmente. Ultraestruturalmente, os filamentos têm 10 nm de diâmetro e são ligados a intervalos de 25 nm. Eles têm uma composição típica de aminoácidos e podem consistir em uma proteína peculiar à membrana timpânica. Pequenos grupos de fibrilas colágenas aparecem às 11 semanas *in utero*, entremeadas com pequenos feixes de microfibrilas de elastina. Espécimes mais velhos contêm fibrilas colágenas estriadas transversalmente mais tipicamente e um componente amorfo de elastina. O estrato fibroso é substituído por tecido conjuntivo frouxo na parte flácida.

O estrato mucoso é uma parte da cavidade timpânica, e é mais espesso perto da parte superior da membrana. Ele consiste em uma camada única de células muito achatadas, com limites interdigitados superpostos e desmossomos e junções íntimas entre células adjacentes. O citoplasma contém apenas algumas organelas: as superfícies luminais destas células que aparentemente são metabolicamente inertes têm alguns microvilos irregulares e são cobertas por um material elétron-denso amorfo. Não há células colunares ciliadas.

Inervação

A membrana timpânica é principalmente inervada pelo nervo auriculotemporal e parece perceber apenas dor. Há um pequeno, inconstante e superposto suprimento sensitivo a partir dos nervos cranianos VII, IX e X.

O ramo auricular do nervo vago se origina do gânglio superior deste nervo e recebe a união, logo depois, de um ramo a partir do gânglio inferior do nervo glossofaríngeo. Ele passa atrás da veia jugular interna e entra no canalículo mastóideo na parede lateral da fossa jugular. Atravessa o osso temporal e cruza o canal do nervo facial cerca de 4 mm acima do forame estilomastóideo. Neste ponto ele supre um ramo ascendente ao nervo facial. Fibras do nervo intermédio podem passar para o ramo auricular do nervo vago aqui, o que pode explicar a vesicação cutânea que às vezes acompanha o herpes geniculado. O ramo auricular a seguir atravessa a fissura timpanomastóidea, e se divide em dois ramos. Um ramo se junta ao nervo auricular posterior e o outro é distribuído à pele de parte da face craniana da orelha, à parede posterior e soalho do meato acústico externo e à parte adjacente da face externa da membrana timpânica. O ramo auricular, portanto, contém fibras nervosas aferentes somáticas, as quais provavelmente terminam no núcleo espinal do nervo trigêmeo. Estimulação do nervo vago, por exemplo, por irrigação com seringa na orelha, pode ter uma reação reflexa sobre a frequência cardíaca.

Miringoplastia

A perfuração persistente da membrana timpânica causada por infecção ou trauma causa comprometimento da audição e predispõe à infecção continuada como resultado da contaminação com organismos do meato acústico externo. Esta condição é conhecida como otite média supurativa crônica do tipo tubotimpânico. Miringoplastia é um procedimento cirúrgico que usa um andaime de tecido conjuntivo ou enxerto para suportar a cura da perfuração. A técnica mais comum envolve a elevação do anel timpânico e a colocação de uma peça de tecido conjuntivo fibroso, por exemplo, parte da fáscia profunda fibrosa que reveste a face lateral do músculo temporal ou o pericôndrio da cartilagem do trago, sobre a superfície inferior da membrana timpânica para fechar a perfuração. As margens curadas da perfuração são desnudadas de epitélio para encorajar a cura e formação de cicatriz. O tecido fibroso suporta a membrana timpânica em cura e pode ser em parte incorporado no reparo. Uma vez a perfuração esteja curada, a função vibratória da membrana timpânica é usualmente restaurada ao normal.

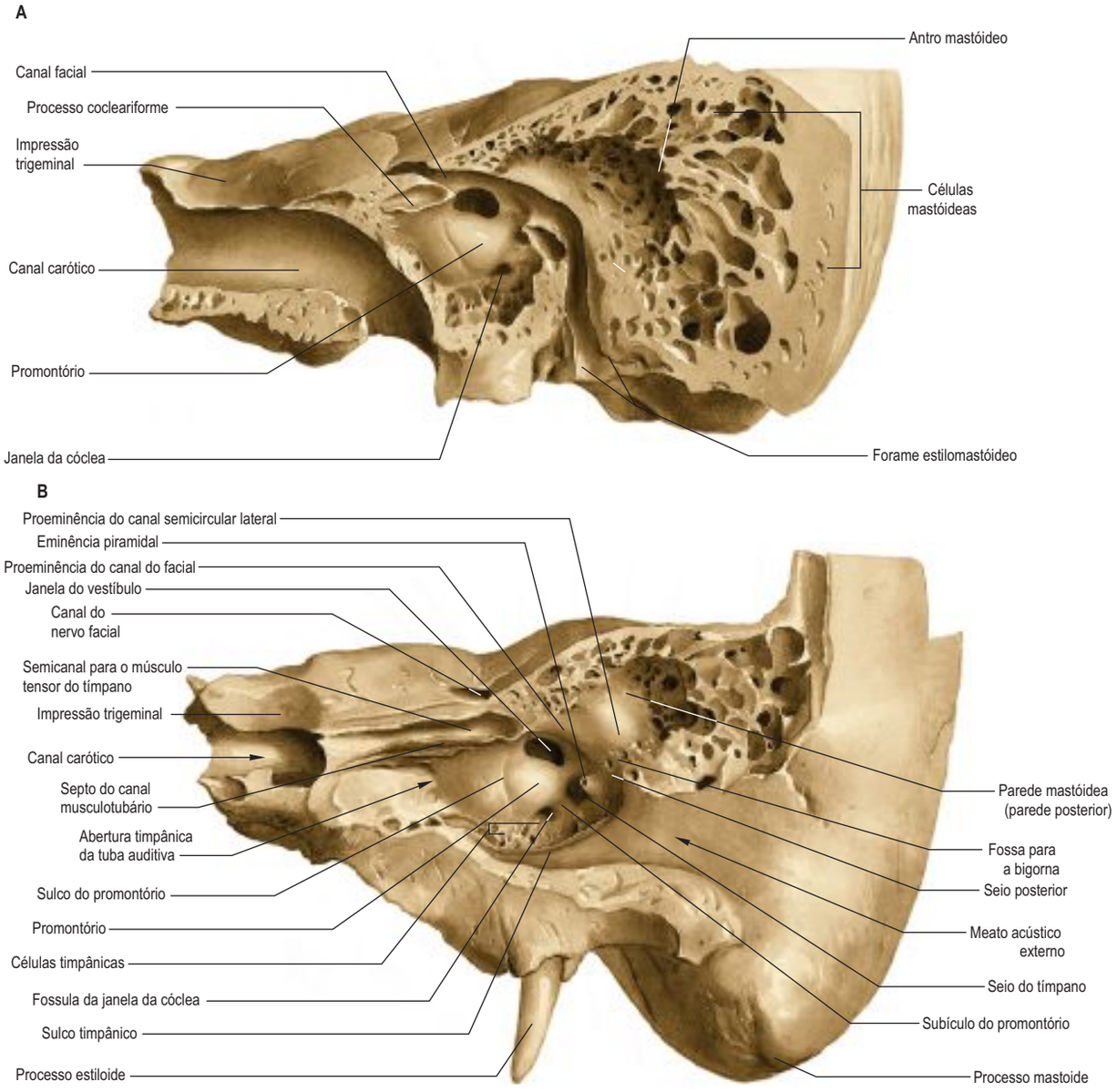


Fig. 36.11 Parede medial da cavidade timpânica esquerda, aspecto anterolateral. **A,** Parede lateral e partes adjacentes das paredes anterior e superior removidas; canal do nervo facial e canal carótico abertos. **B,** Corte ao longo do eixo da parte petrosa do osso temporal. (De Sobotta 2006.)

Parede medial

A parede medial da cavidade timpânica é também o limite lateral da orelha interna. Suas características são o promontório, a janela do vestíbulo (janela do vestíbulo), a janela da cóclea (janela da cóclea) e a proeminência do canal do facial (Fig. 36.11).

O promontório é uma proeminência arredondada marcada por pequenos sulcos que alojam os nervos do plexo timpânico. Ele é situado sobre a projeção lateral do canal espiral da cóclea. Uma diminuta espícula de osso frequentemente conecta o promontório à eminência piramidal da parede posterior. O ápice da cóclea localiza-se próximo da parede medial da cavidade timpânica, anterior ao promontório. Uma depressão atrás do promontório é conhecida como seio do tímpano.

A janela do vestíbulo é uma abertura em forma de rim situada acima e atrás do promontório, e que leva da cavidade timpânica ao vestíbulo da orelha interna. Seu diâmetro longo é horizontal e sua margem convexa é dirigida para cima. Ela é ocupada pela base do estribo e a circunferência da base é fixada à margem da janela por um ligamento anular.

A janela da cóclea é situada abaixo e um pouco atrás da janela do vestíbulol, da qual ela é separada por uma extensão posterior do promontório, chamada subículo do promontório. Ocasionalmente, outra crista de osso, o pontículo, deixa o promontório acima do subículo e segue para a eminência piramidal na parede posterior da cavidade. A janela da cóclea localiza-se completamente embaixo da margem projetada saliente do promontório em um oco profundo ou nicho e é colocada muito obliquamente. Em espécimes secos ela se abre anterossuperiormente a partir da cavidade timpânica para dentro da rampa do tímpano na cóclea, mas em vida está fechada pela membrana timpânica secundária. Esta é um pouco côncava na direção da cavidade timpânica e convexa na direção da cóclea, e é recurvada de tal modo que o seu terço posterossuperior forma um ângulo com os seus dois terços anteroinferiores. A membrana é composta de uma lâmina externa derivada da mucosa timpânica; uma lâmina interna, derivada da membrana de revestimento coclear; e uma lâmina média fibrosa.

A proeminência do canal do facial indica a posição da parte superior do canal do nervo facial ósseo que contém o nervo facial. O canal cruza a parede timpânica medial a partir do processo coclear iforme anteriormente, segue imediatamente acima da janela do vestíbulo e a seguir se curva para baixo para dentro da parede posterior da cavidade. Sua parede lateral pode ser parcialmente deficiente.

Parede posterior

A parede posterior da cavidade timpânica é mais larga acima que embaixo. Suas principais características são o ádito ao antro mastóideo, a eminência piramidal e a fossa para a bigorna (Fig. 36.11).

O ádito ao antro mastóideo é uma grande abertura irregular que leva para trás desde o recesso epitimpânico para a parte superior do antro mastóideo. Uma eminência arredondada na parede medial do ádito, acima e atrás da proeminência do canal do nervo facial, corresponde à posição do canal semicircular lateral.

A eminência piramidal é situada imediatamente atrás da janela do vestíbulo e na frente da parte vertical do canal do nervo facial. Ela é oca e contém o músculo estapédio. Seu cimo se projeta na direção da janela do vestíbulo e é perfurada por uma pequena abertura que transmite o tendão do músculo estapédio. A cavidade na eminência piramidal é prolongada para baixo e para trás na frente do canal do nervo facial; ela se comunica com o canal por uma abertura através da qual um pequeno ramo do nervo facial passa para o músculo estapédio.

A fossa para a bigorna é uma pequena depressão na parte inferior e posterior do recesso epitimpânico. Ela contém o ramo curto da bigorna, que é fixado na fossa por fibras ligamentares.

Antro mastóideo

O antro mastóideo é um seio pneumatizado na parte petrosa do osso temporal. Suas relações topográficas são de considerável importância cirúrgica. O ádito ao antro mastóideo, que leva para trás a partir do recesso epitimpânico, abre-se na parte superior da sua parede anterior. O canal semicircular lateral situa-se medial ao ádito. A parte descendente do nervo facial é anteroinferior. A parede medial é relacionada ao canal semicircular posterior (Cap. 37). O seio sigmóideo é situado a alguma distância posteriormente: a distância pode ser extremamente variável e é dependente do grau de pneumatização da região mastóidea. O teto é formado pelo tegme timpânico, e assim o antro reside abaixo da fossa média do crânio e do lobo temporal do cérebro. O soalho tem várias aberturas que se comunicam com as células mastóideas. A parede lateral, que proporciona a via de acesso cirúrgica usual à cavidade, é formada pelo processo pós-meatal da parte escamosa do osso temporal. Esta tem apenas 2 mm de espessura ao nascimento, mas aumenta a uma velocidade média de 1 mm por ano, atingindo uma espessura final de 12-15 mm. Em adultos, a parede lateral do antro corresponde ao trígono suprameatal na face externa do crânio. Isto é palpável através da cimba da concha: o lado superior do trígono, a crista supramastóidea, está no mesmo plano do soalho da fossa média do crânio; o lado anteroinferior, que forma a margem posterossuperior do meato acústico externo, indica aproximadamente a posição da parte descendente do canal do nervo facial; o lado posterior, formado por uma tangente vertical posterior à margem posterior do meato acústico externo, é anterior ao seio sigmóideo.

A capacidade adulta do antro mastóideo é variável, mas em média é 1 mL, com um diâmetro geral de 10 mm. Diversamente de outros seios aéreos no crânio, ele está presente ao nascimento, e é então de fato quase do tamanho adulto, embora esteja em um nível mais alto, em relação ao meato acústico externo, do que em adultos. Nos jovens, a delgadeza da parede lateral do antro e a ausência ou subdesenvolvimento do processo mastoide significam que o forame estilomastóideo e o nervo facial emergindo estão situados muito superficialmente.

Células mastóideas

Embora o antro do processo mastoide esteja bem desenvolvido ao nascimento, as células mastóideas são meramente diminutos divertículos do antro neste estágio. À medida que a região mastóidea se desenvolve no segundo ano, as células aéreas gradualmente se estendem para dentro dela e pelo quarto anos estão bem formadas, embora seu crescimento máximo ocorra na puberdade. Elas variam consideravelmente em número, forma e tamanho. Usualmente, elas se interconectam e são revestidas por uma mucosa com epitélio escamoso não ciliado, contínuo com aquele no antro mastóideo e cavidade timpânica. Elas podem encher o processo mastoide, mesmo até sua extremidade, e algumas podem ser separadas do seio sigmóideo e da fossa posterior do crânio apenas por um osso extremamente fino, que ocasionalmente é deficiente (Fig. 36.11). Algumas podem situar-se superficialmente ou mesmo atrás, do seio sigmóideo, e outras podem estar presentes na parede posterior da parte descendente do canal do nervo facial. Aquelas na parte escamosa do osso temporal podem ser separadas das células mais profundas na parte petrosa por uma lâmina de osso na linha da sutura escamomastóidea (septo de Körner). Às vezes elas se estendem apenas minimamente para dentro do processo mastoide, e neste caso o processo consiste predominantemente em osso denso ou osso trabecular contendo medula óssea. Variedades do processo mastoide são reconhecidas. Os três tipos mais comumente descritos são pneumatizados (com muitas células aéreas); esclerótico ou diploico (com poucas ou nenhuma célula aérea); e misto (contém células aéreas e medula óssea).

O processo mastoide pode não ter células aéreas absolutamente em 20% dos crânios. Alternativamente, células aéreas podem se estender além do processo mastoide para dentro da parte escamosa do osso temporal acima da crista supramastóidea; para dentro da raiz posterior do processo zigomático do osso temporal; para dentro do teto ósseo do meato acústico externo imediatamente abaixo da fossa média do crânio; ou para dentro do soalho da cavidade timpânica muito perto do bulbo superior da veia jugular. Raramente, algumas podem escavar o processo jugular do osso occipital. Um grupo importante pode se estender medialmente para dentro da parte petrosa do osso temporal, mesmo até o seu ápice, e são relacionadas à tuba auditiva, canal carótico, labirinto e nervo abducente. Alguns investigadores sustentam que estas não são contínuas com as células mastóideas, mas crescem independentemente a partir da cavidade timpânica. Todas estas extensões das células mastóideas são patologicamente importantes, uma vez que a infecção pode se disseminar pelas estruturas em torno delas.

Inervação As células mastóideas são inervadas por um ramo meníngeo da divisão mandibular do nervo trigêmeo.

Mastoidite

Mastoidite é uma condição potencialmente perigosa, ameaçadora à vida, que se desenvolve como resultado da disseminação de infecção bacteriana da cavidade timpânica via o ádito para o antro mastóideo e células mastóideas associadas. Em particular, a infecção pode se alastrar através do tegme timpânico para a dura-máter da fossa média do crânio, para causar uma coleção extradural. Isto por sua vez pode causar necrose da dura-máter adjacente e a infecção pode se alastrar para formar um empiema subdural no espaço subaracnóideo, ou um abscesso na substância do lobo temporal adjacente. Meningite bacteriana também pode se desenvolver. Disseminação semelhante pode ser vista para dentro da fossa posterior do crânio. Em ambos os locais a infecção pode se comprovar fatal.

A infecção pode se disseminar lateralmente através do osso cortical do aspecto lateral do processo mastoide para formar um abscesso pós-auricular subperióstico (abscesso de Bezold), ou através do osso cortical da extremidade do processo mastoide para a inserção do ventre posterior dos músculos digástrico e esternocleidomastóideo, o que estimula contração muscular dolorosa e torcicolo.

Parede anterior

A área inferior, maior, da parede anterior da cavidade timpânica é estreitada pela aproximação das paredes medial e lateral da cavidade (Fig. 36.6). Ela é uma lâmina fina e forma a parede posterior do canal carótico. É perfurada pelos nervos caroticotimpânicos superior e inferior e o ramo ou ramos caroticotimpânicos da artéria carótida interna. Os semicanais para o músculo tensor do tímpano e a parte óssea da tuba auditiva se abrem acima dela, o semicanal para o músculo tensor do tímpano sendo superior àquele para a tuba auditiva. Ambos os canais se inclinam para baixo e anteromedialmente, para se abrir no ângulo entre as partes escamosa e petrosa do osso temporal, e são separadas por um septo ósseo fino. O semicanal para o músculo tensor do tímpano e o septo ósseo seguem posterolateralmente sobre a parede timpânica medial e termina imediatamente acima da janela do vestíbulo. Aqui, a extremidade posterior do septo é curva lateralmente formando uma polia, o processo cocleariforme, que é um marco cirúrgico para a identificação do gânglio geniculado do nervo facial. O tendão do músculo tensor do tímpano vira lateralmente sobre a polia antes de se inserir na parte superior do cabo do martelo.

Bloqueio da tuba auditiva em crianças

A tuba auditiva serve para ventilar a orelha média, trocando ar da parte nasal da faringe pelo ar na orelha média, o qual foi alterado na sua composição pela troca gasosa transmucosa com a hemoglobina nos vasos sanguíneos na mucosa. A tuba também carrega muco da fenda da orelha média para a parte nasal da faringe como resultado de transporte ciliar.

Em crianças, a tuba auditiva é relativamente estreita. Ela é propensa à obstrução quando a mucosa incha em resposta a infecção ou desafio alérgico: obstrução resulta na criação de um vácuo relativo na orelha média, secundariamente à troca gasosa transmucosa, e isto por sua vez promove secreção mucosa e a formação de um derrame na orelha média. Em virtude da colapsabilidade da tuba auditiva, o vácuo assim criado pode superar o efeito de distensão dos músculos da tuba e "trancar" a tuba. O resultante derrame persistente na orelha média, otite média com derrame (cola na orelha), pode causar perda auditiva ao imobilizar a membrana timpânica e impedir sua vibração. Ele também pode fornecer um ambiente ideal para a proliferação de bactérias, com o resultado de que uma otite média aguda pode se desenvolver. É possível aliviar o vácuo e destrancar a tuba, e, a seguir, remover o derrame por miringotomia, isto é, criando cirurgicamente um furo na membrana timpânica. Este furo geralmente se curará rapidamente e constitui prática comum inserir um tubo de ventilação com uma aba (um carretel ou tubo de timpanostomia) para manter aberto o buraco. Migração da camada escamosa externa da membrana timpânica eventualmente desloca o tubo e a miringotomia se fecha.

Otite média

Admite-se que otite média aguda usualmente se origina como resultado de infecção ascendente da parte nasal da faringe pela tuba auditiva para a fenda da orelha média. Daí ela pode se estender ao ádito e antro mastóideos. Edema secundário à infecção pode resultar no fechamento de ambas as saídas da orelha média, isto é, a tuba auditiva e o ádito, com subsequente acumulação de pus sob pressão, o que causa saliência lateral e inflamação da membrana timpânica. A última pode se romper, liberando corrimento mucopurulento para dentro do meato acústico externo, o que resulta em uma liberação da pressão na orelha média e uma diminuição nos níveis de dor. Depois de um breve período o corrimento seca, e na maior parte das vezes a perfuração resultante da membrana timpânica se cura. Ventilação normal e drenagem de muco da orelha média são restauradas uma vez se resolva o edema na tuba auditiva. Ocasionalmente o processo não produzirá uma perfuração da membrana timpânica e os exsudatos inflamatórios não drenarão. O sistema de defesa imune esteriliza os exsudatos dos organismos presentes, resultando em um derrame mucoide estéril, otite média com derrame (ver acima).

OSSÍCULOS DA AUDIÇÃO

Uma cadeia de três ossículos móveis, martelo, bigorna e estribo, transfere ondas sonoras através da cavidade timpânica a partir da membrana timpânica à janela do vestíbulo. O martelo é fixado à membrana timpânica e a base do estribo é fixada à margem da janela do vestíbulo. A bigorna fica suspensa entre eles e se articula com ambos os ossos.

Martelo

O martelo é o maior dos ossículos e tem forma um pouco semelhante a uma marreta (Fig. 36.12). Ele tem 8-9 mm de comprimento e tem cabeça, colo, cabo e processos anterior e lateral. A cabeça é o extremo superior grande do osso e está situada no recesso epitimpânico. Ela é de forma ovoide, articula-se posteriormente com a bigorna, e é coberta em outros locais por mucosa. A face articular cartilagínea para a bigorna é estreitada perto do seu meio e consiste em uma parte superior maior e uma parte inferior menor, orientadas quase perpendicularmente uma à outra. Oposto à constrição, a margem inferior da face se projeta na forma de um processo, o esporão do martelo. O colo é a parte estreitada abaixo da cabeça, e inferior a isto fica um aumento do qual se projetam os processos anterior e lateral.

O cabo do martelo é conectado pela sua margem lateral à membrana timpânica (Figs. 36.14A, 36.6, 36.1). Ele é dirigido para baixo, medialmente e para trás. Diminui em tamanho na direção da sua extremidade livre, que é curvada ligeiramente para a frente e é achatada transversalmente. Perto da extremidade superior da sua superfície medial há uma ligeira projeção à qual está fixado o tendão do músculo tensor do tímpano. O processo anterior é uma delicada espícula óssea, dirigida para a frente a partir do aumento abaixo do colo, e conectado à fissura petrotimpânica por fibras ligamentares. Na vida fetal ele é o processo mais longo do martelo e é contínuo na frente com a cartilagem de Meckel. O processo lateral é uma projeção cônica a partir da raiz do cabo do martelo. Ele é dirigido lateralmente e é fixado à parte superior da membrana timpânica e, por meio das pregas maleolares anterior e posterior, aos lados da incisura na parte superior do sulco timpânico.

Ossificação O precursor cartilagíneo do martelo se origina como parte da extremidade dorsal da cartilagem de Meckel. Com a exceção do seu processo anterior, o martelo se ossifica a partir de um único centro endocondral que aparece perto do futuro colo do osso no quarto mês *in utero*. O processo anterior se ossifica separadamente no tecido conjuntivo denso e se une ao resto do osso cerca do sexto mês de vida fetal.

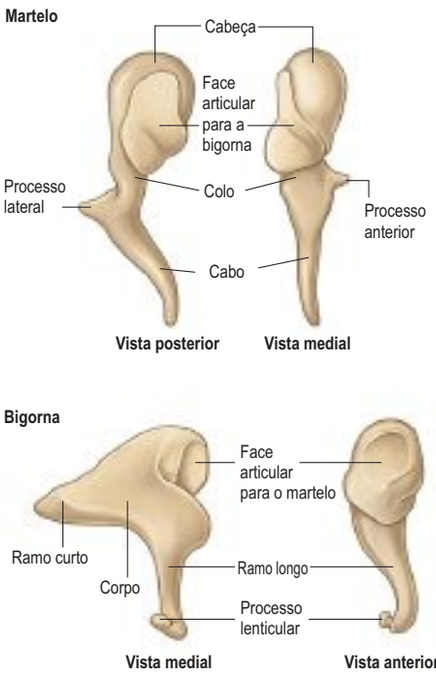


Fig. 36.12 Os ossículos da audição esquerdos.

Bigorna

A bigorna tem mais a forma de um dente pré-molar, com suas duas raízes divergentes,, do que a de uma bigorna, de que recebe seu nome. Apresenta um corpo e dois ramos (Fig. 36.12). O corpo é um pouco cúbico, mas lateralmente comprimido. Na sua superfície anterior, ele tem uma face articular em forma de sela para articulação com a cabeça do martelo. O ramo longo, bem mais que a metade do comprimento do cabo do martelo, desce quase verticalmente, atrás e paralelo ao cabo. Sua extremidade inferior se curva medialmente e termina em um processo lenticular arredondado, cuja superfície medial é coberta com cartilagem e se articula com a cabeça do estribo. O ramo curto, algo cônico, se projeta para trás e é fixado por fibras ligamentares à fossa para a bigorna na parte inferior e posterior do recesso epitimpânico.

Ossificação A bigorna tem um precursor cartilagíneo contínuo com a extremidade dorsal da cartilagem de Meckel. A ossificação muitas vezes se espalha a partir de um único centro na parte superior do seu ramo longo no quarto mês fetal; o processo lenticular pode ter um centro separado.

Estribo

O estribo possui uma cabeça, colo, dois ramos e uma base (Fig. 36.12). A cabeça é dirigida lateralmente e possui uma pequena face articular cartilagínea para articulação com o processo lenticular da bigorna. O colo é a parte constringida que suporta a cabeça e o tendão do músculo estapédio é fixado à sua superfície posterior. Os ramos divergem a partir do colo e são conectados nas suas extremidades com uma placa oval achatada que forma a base do estribo. A base é fixada à margem da janela do vestíbulo por um anel de fibras (o ligamento anular). O ramo anterior é mais curto, mais fino e menos curvo que o posterior.

Ossificação O estribo é pré-formado no componente dorsal perfurado da cartilagem do arco hióideo do feto. A ossificação começa de um único centro endocondral, que aparece na base no quarto mês fetal e a seguir se espalha gradualmente pelos ramos do estribo para alcançar a cabeça.

Ao nascimento os ossículos da audição alcançaram um estado avançado de maturidade.

Ligamentos dos ossículos da audição

Os ossículos são conectados às paredes timpânicas por ligamentos (Fig. 36.6B): três para o martelo, um para a bigorna e para o estribo. Alguns são meras pregas mucosas que carregam vasos sanguíneos e nervos para e a partir dos ossículos e suas articulações, e outros contêm uma faixa central forte de fibras colágenas.

O ligamento anterior do martelo se estende do colo do martelo, imediatamente acima do processo anterior, à parede anterior da cavidade timpânica perto da fissura petrotimpânica. Algumas das suas fibras colágenas atravessam esta fissura para atingir a espinha do esfenoide, e outras continuam para dentro do ligamento esfenomandibular. O último, como o ligamento anterior do martelo, é derivado da bainha pericondrial da

cartilagem de Meckel. O ligamento anterior do martelo pode conter fibras musculares, chamadas "músculo relaxador do tímpano" ou "músculo externo do martelo". O ligamento lateral do martelo é uma faixa triangular que se estende da parte posterior da incisura timpânica à cabeça do martelo. O ligamento superior do martelo conecta a cabeça do martelo ao teto do recesso epitimpânico.

O ligamento posterior da bigorna conecta a extremidade do seu ramo curto à fossa da bigorna. O ligamento superior da bigorna é pouco mais que uma prega da mucosa passando do corpo da bigorna ao teto do recesso epitimpânico.

A face vestibular e a margem da base do estribo são cobertas com cartilagem hialina. A cartilagem que circunda a base é fixada à margem da janela do vestíbulo por um anel de fibras elásticas, o ligamento estapedial anular. A parte posterior deste ligamento é muito mais estreita que a parte anterior: atua como um tipo de dobradiça sobre a qual a base do estribo se move quando o músculo estapédio se contrai e durante oscilação acústica.

Articulações ossiculares

As articulações ossiculares são articulações sinoviais típicas. A articulação incudomalear é selar e a articulação incudoestapedial é uma articulação esferóidea. As faces articulares são cobertas com cartilagem articular, e cada articulação é envolta por uma cápsula rica em tecido elástico e revestida por membrana sinovial.

Movimentos dos ossículos da audição

O cabo do martelo acompanha fielmente todos os movimentos da membrana timpânica. O martelo e a bigorna rodam juntos em torno de um eixo que segue do ramo curto e ligamento posterior da bigorna ao ligamento anterior do martelo. Quando a membrana timpânica e o cabo do martelo se movem para dentro (medialmente), o ramo longo da bigorna se move na mesma direção e empurra a base do estribo na direção do labirinto e à perilinfa contida dentro do labirinto. O movimento da perilinfa causa uma saliência compensadora, para fora, da membrana timpânica secundária. Estes eventos são invertidos quando a membrana timpânica se move para fora. Entretanto, se o movimento da membrana timpânica for considerável, a bigorna não acompanha completamente a excursão do martelo para fora e meramente desliza sobre ele na articulação incudomalear, assim evitando uma luxação da base do estribo da janela do vestíbulo. Quando o cabo do martelo é levado medialmente, o esporão na margem inferior da cabeça do martelo trava a articulação incudomalear, e isto torna necessário um movimento para dentro do ramo longo da bigorna. A articulação é destravada novamente quando o cabo do martelo é levado para fora. Os três ossos atuam juntos como uma alavanca recurvada de tal modo que a base do estribo não se move na janela do vestíbulo como um pistão, mas balança sobre um fulcro na sua margem anteroinferior, onde o ligamento estapedial anular é espesso. Diz-se que o movimento de balanço em torno de um eixo vertical, que é como uma porta oscilando, acontece apenas a intensidades moderadas de som. Com sons intensos, de timbre grave, o eixo se torna horizontal e as margens superior e inferior da base do estribo oscilam em direções opostas em torno deste eixo central, assim evitando deslocamento excessivo da perilinfa.

Otosclerose, estapedectomia e estapedotomia

A otosclerose é uma doença localizada hereditária do osso derivado da cápsula ótima embrionária na qual osso lamelar é substituído por osso trançado de maior espessura e vascularidade. A posição do foco de formação de novo osso determina seu efeito sobre a função da orelha. Quando novo osso se desenvolve em torno da base do estribo, ele pode fixar a base à margem da janela do vestíbulo e impedi-la de se mover. Isto impede a passagem de vibrações da membrana timpânica passando através da cadeia ossicular para a orelha interna, produzindo uma perda auditiva de condução. Não resulta surdez completa, porque vibrações ainda podem passar diretamente para a cóclea através dos ossos do crânio, ainda que de uma maneira acentuadamente menos eficiente.

A estapedectomia é um procedimento cirúrgico destinado a contornar a fixação da base do estribo causada pela otosclerose. A membrana timpânica é temporariamente elevada para acesso à orelha média e, sob controle microscópico, a articulação incudoestapedial é desarticulada usando-se microinstrumentos. Os ramos do estribo e o músculo estapédio são a seguir ambos divididos, usualmente com microtesoura ou um *laser*, e a superestrutura do estribo é removida. Um pequeno furo (estapedotomia) é então feito na base fixada do estribo usando-se uma microbroca, alargador ou *laser* para expor os fluidos da orelha interna. Em alguns, a base inteira é destacada (estapedectomia). Um pequeno enxerto de tecido conjuntivo derivado de fáscia ou pericôndrio local é usado para vedar o furo com uma membrana flexível. Um pequeno pistão, usualmente feito de Teflon ou titânio incorporando um fio de aço inoxidável, platina ou titânio, é amassado sobre o ramo longo da bigorna e colocado na perfuração da base do estribo. A membrana timpânica então é retornada. A conexão entre a membrana timpânica e a orelha interna é assim reconstituída e a audição é restaurada.

MÚSCULOS

Existem dois músculos intratimpânicos, o tensor do tímpano e o estapédio.

Tensor do tímpano

O músculo tensor do tímpano é um músculo fino longo que ocupa o canal ósseo acima da parte óssea da tuba auditiva, da qual ele é separado por um delgado septo ósseo (Fig. 36.6). Ele se origina da parte cartilagínea da tuba auditiva e região adjacente da asa maior do esfenoide, bem como do seu próprio canal. Ele passa para trás dentro do seu canal, e termina em um tendão fino que se curva lateralmente em torno do processo coclear iforme semelhante a uma polia e se fixa ao cabo do martelo, próximo da sua raiz.

Suprimento vascular O músculo tensor do tímpano recebe seu suprimento sanguíneo arterial da artéria timpânica superior ramo da artéria meníngea média.

Inervação O músculo tensor do tímpano é inervado por um ramo do nervo pterigóideo medial (um ramo da divisão mandibular do nervo trigêmeo) que atravessa o gânglio ótico sem interrupção para atingir o músculo.

Ações O músculo tensor do tímpano puxa o cabo do martelo medialmente, e assim tensiona a membrana timpânica e ajuda a amortecer vibrações sonoras: sua ação também empurra a base do estribo mais firmemente para dentro da janela do vestíbulo.

Estapédio

O músculo estapédio se origina da parede de uma cavidade cônica na eminência piramidal da parede posterior da cavidade timpânica, e da sua continuação para a parte descendente do canal do nervo facial. Seu diminuto tendão emerge do orifício no ápice da eminência piramidal e passa para a frente para se fixar na superfície posterior do colo do estribo. O músculo é de forma bipenada assimétrica. Contém numerosas unidades motoras pequenas, cada uma com apenas seis a nove fibras musculares; alguns fusos neuromusculares existem próximo da junção miotendínea.

Suprimento vascular O músculo estapédio recebe seu suprimento sanguíneo arterial de ramos das artérias auricular posterior, timpânica anterior e meníngea média.

Inervação O músculo estapédio é suprido por um ramo do nervo facial que é emitido no canal facial.

Ações O músculo estapédio ajuda a amortecer vibrações sonoras excessivas. Ele se opõe à ação do músculo tensor do tímpano, que empurra o estribo mais firmemente para dentro da janela do vestíbulo. Paralisia do músculo estapédio resulta em hiperacusia.

Reflexo estapedial e do tensor do tímpano Quando ruídos são fortes, e imediatamente antes de falar, uma contração reflexa dos músculos estapédio e tensor do tímpano tem lugar e ajuda a amortecer o movimento da cadeia ossicular antes que as vibrações atinjam a orelha interna. As vias aferentes envolvem o componente auditivo do nervo craniano VIII, e centros mais altos antes da fala. A via eferente envolve o nervo facial (estapédio) e o nervo mandibular (tensor do tímpano).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Diversas artérias suprem as paredes e o conteúdo da cavidade timpânica. As artérias auricular profunda, timpânica anterior e estilomastóidea são maiores que as outras.

A artéria auricular profunda ramo da primeira parte da artéria maxilar frequentemente se origina com a artéria timpânica anterior. Ela ascende na glândula parótida atrás da articulação temporomandibular, perfura a parede cartilagínea ou óssea do meato acústico externo e supre o seu revestimento cuticular, o exterior da membrana timpânica e a articulação temporomandibular.

O ramo timpânico anterior da primeira parte da artéria maxilar ascende atrás da articulação temporomandibular e entra na cavidade timpânica através da fissura petrotimpânica. Ele se ramifica sobre o interior da membrana timpânica e forma um círculo vascular em torno dela com o ramo timpânico posterior da artéria estilomastóidea. Ele também se anastomosa com ramúsculos da artéria do canal pterigóideo e ramos caroticotimpânicos da artéria carótida interna na mucosa timpânica.

O ramo estilomastóideo das artérias occipital ou auricular posterior supre a parte posterior da cavidade timpânica e células mastóideas. Ele também entra no forame estilomastóideo para suprir o nervo facial e canais semicirculares. No jovem, seu ramo timpânico posterior forma uma anastomose circular com a artéria timpânica anterior.

As menores artérias que suprem a cavidade timpânica incluem o ramo petroso da artéria meníngea média, que entra através do hiato do canal do nervo petroso maior; o ramo timpânico superior da artéria meníngea média, que atravessa o semicanal para o músculo tensor do tímpano; um ramo timpânico inferior a partir da artéria faríngea ascendente, o qual atravessa o canalículo timpânico juntamente com o ramo timpânico do nervo glossofaríngeo, para suprir a parede medial da cavidade timpânica; um ramo a partir da artéria do canal pterigóideo, que acompanha a tuba auditiva; e um ramo ou ramos timpânicos a partir da artéria carótida interna, que é emitido no canal carótico e perfura a fina parede anterior da cavidade timpânica.

As células mastóideas e a dura-máter da região são também supridas por um ramo mastóideo da artéria occipital. Ela é de pequeno tamanho e às vezes ausente. Quando presente, ela entra na cavidade do crânio pelo forame mastóideo perto da sutura occipitomastóidea.

Na vida fetal inicial, uma artéria estapedial atravessa o estribo.

As veias para a cavidade timpânica terminam no plexo venoso pterigóideo e no seio petroso superior. Um pequeno grupo de veias segue medialmente a partir da mucosa do antro mastóideo através do arco formado pelo canal semicircular superior (anterior) e emerge por sobre a superfície posterior da parte petrosa do osso temporal na fossa subarqueada. Estas veias drenam para dentro do seio petroso superior e são os remanescentes das grandes veias subarqueadas da infância. Elas representam um caminho potencial para a disseminação de infecção a partir do antro mastóideo para as meninges.

Vasos linfáticos das mucosas timpânica e antral drenam para os linfonodos parotídeos ou cervicais superiores. Os vasos que drenam a extremidade timpânica da tuba auditiva provavelmente terminam nos gânglios cervicais profundos.

INERVAÇÃO

A cavidade timpânica contém o plexo timpânico e o nervo facial. Ramos do plexo e o nervo facial suprem as estruturas no interior da cavidade timpânica, mas também deixam a cavidade para suprir estruturas na face.

Plexo timpânico

Os nervos que constituem o plexo timpânico ramificam-se sobre a superfície do promontório na parede medial da cavidade timpânica. Eles são derivados do ramo timpânico do nervo glossofaríngeo e os nervos caroticotimpânicos (Fig. 36.13). O primeiro origina-se do gânglio inferior do nervo glossofaríngeo e atinge a cavidade timpânica pelo canalículo timpânico para o nervo timpânico. Os nervos caroticotimpânicos superior e inferior são fibras simpáticas pós-ganglionares que são derivadas do plexo simpático e atravessam a parede do canal carótico para juntar-se ao plexo.

O plexo timpânico supre ramos à mucosa da cavidade timpânica, tuba auditiva e células mastóideas. Ele envia um ramo ao nervo petroso maior por uma abertura anterior à janela do vestíbulo. O nervo petroso menor, que pode ser visto como a continuação do ramo timpânico do nervo glossofaríngeo, atravessa o plexo timpânico. Ele ocupa um pequeno canal abaixo daquele para o tensor do tímpano. Ele segue além, e recebe um ramo, do gânglio geniculado do nervo facial. O nervo petroso menor emerge da superfície anterior do osso temporal por uma pequena abertura lateral ao hiato do canal do nervo petroso maior e a seguir atravessa o forame oval ou o pequeno canalículo inominado para se unir ao gânglio ótico. Fibras secretomotoras pós-ganglionares saem deste gânglio no nervo auriculotemporal para suprir a glândula parótida. Em tempos antigos, a operação de neurectomia timpânica era efetuada para reduzir a salivação em pacientes que babavam e para diminuir a sudorese facial naqueles com síndrome de Frey após parotidectomia: procedimentos menos invasivos e mais eficazes são empregados hoje em dia.

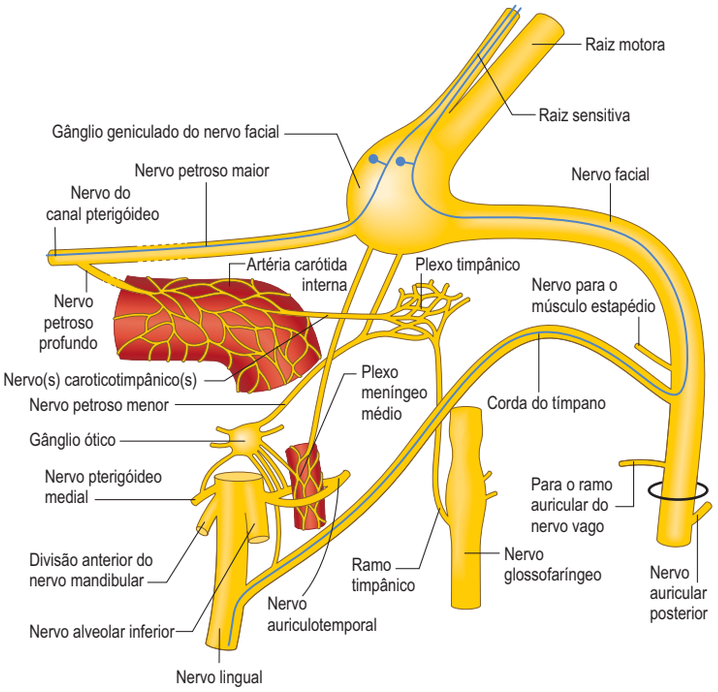


Fig. 36.13 Ramos intracranianos dos nervos facial e glossofaríngeo e as conexões do plexo timpânico e o gânglio ótico. O trajeto das fibras de paladar a partir da membrana mucosa do palato e da parte pré-sulcal anterior da língua está representado pelas linhas em azul.

Nervo facial

O nervo facial entra no osso temporal através do meato acústico interno acompanhado pelo nervo vestibulococlear (Fig. 36.7). Neste ponto, a raiz motora, que supre os músculos da face, e o nervo intermédio, que contém fibras sensitivas ocupadas com a percepção do paladar e fibras parassimpáticas (secretomotoras) para várias glândulas, são componentes separados. Elas se fundem dentro do meato. Na extremidade do meato, o nervo facial entre no seu próprio canal, o canal do nervo facial, que segue através da parede medial e para baixo pela parede posterior da cavidade timpânica até o forame estilomastóideo. Quando o nervo entra no canal do nervo facial, há uma dobra (joelho) que abriga o gânglio geniculado (Figs. 36.7, 36.13).

Os ramos que se originam do nervo facial dentro do osso temporal podem ser divididos naqueles que vêm do gânglio geniculado e aqueles que se originam dentro do canal facial.

O principal ramo do gânglio geniculado é o nervo petroso maior (superficial), um ramo do nervo intermédio. O nervo petroso maior passa anteriormente, recebe um ramo do plexo timpânico e atravessa um hiato na superfície da parte petrosa do osso temporal. Ele entra na fossa média do crânio, segue para a frente em um sulco no osso acima do nervo petroso menor e a seguir passa embaixo do gânglio trigeminal para alcançar o forame lacerado. Aqui ele recebe a junção do nervo petroso profundo a partir do plexo simpático da carótida interna para se tornar o nervo do canal pterigóideo (nervo vidiano). O nervo petroso maior contém fibras parassimpáticas, destinadas ao gânglio pterigopalatino, e fibras de paladar a partir do palato.

O nervo para o músculo estapédio se origina do nervo facial no canal do nervo facial atrás da eminência piramidal da parede posterior da cavidade timpânica. Ele passa para a frente através de um pequeno canal para atingir o músculo.

A corda do tímpano (Figs. 36.13, 36,14) sai do nervo facial uns 6 mm acima do forame estilomastóideo e segue anterossuperiormente em um canal para entrar na cavidade timpânica pelo canalículo posterior. Ele a seguir se curva anteriormente na substância da membrana timpânica entre suas camadas mucosa e fibrosa (Fig. 36.14A) e cruza medial à parte superior do cabo do martelo para a parede anterior da cavidade timpânica, onde entra no canalículo anterior. Ele sai do crânio na fissura petrotimpânica, e o resto do seu trajeto é descrito na página 543. A corda do tímpano contém fibras parassimpáticas que suprem as glândulas salivares submandibular e sublingual por intermédio do gânglio submandibular e fibras de paladar a partir dos dois terços anteriores da língua.

O gânglio geniculado também se comunica com o nervo petroso menor.

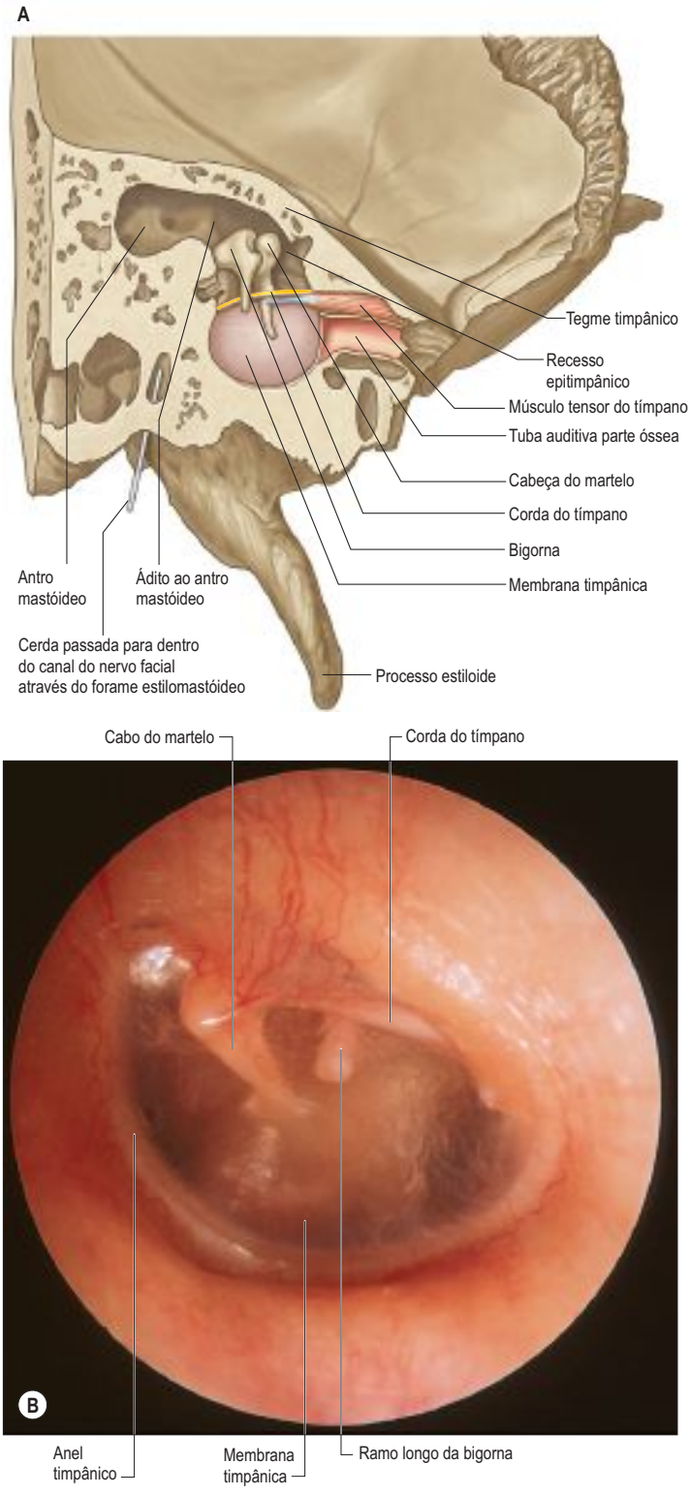


Fig. 36.14 Corda do tímpano. **A,** Corte vertical oblíquo através do osso temporal esquerdo para mostrar o teto e parede lateral da orelha média, a corda do tímpano e o antro mastóideo. **B,** Corda do tímpano cruzando a membrana timpânica, vista otoscópica. (**B,** Por cortesia do Mr Simon A Hickey.)

Deiscências do canal do nervo facial

O nervo facial pode ser um pouco variável no seu trajeto anatômico através do osso temporal (Procter e Nager, 1982). Ele pode se dividir em dois ou três cordões, começando no gânglio geniculado, e a seguir fazer o seu caminho através do promontório até o forame estilomastóideo, ou passar alguns milímetros posteriormente para o seu segundo joelho, antes de virar inferiormente posterior à fossa para a bigorna, uma posição onde ele é particularmente vulnerável durante exploração cirúrgica do antro mastóideo. Quanto mais proximal a divisão em cordões, mais bizarro é o curso subsequente. Bifurcações mais distais passam em qualquer dos lados da janela do vestíbulo. Ele pode ser deiscente, particularmente na segunda parte, quando ocasionalmente pende acima do estribo, ou seguir inferior à superestrutura estapedial, uma posição que o torna vulnerável durante cirurgia do estribo (Barnes et al., 2001). As fibras motoras para a face podem ser levadas através da corda do tímpano, o qual então é aumentada. Quando este é o caso, o nervo facial distal é diminuído para um filamento fibroso em um forame estilomastóideo estreitado. Em doença óssea crônica na cavidade timpânica, o nervo facial pode ser exposto no seu canal. Inflamação pode levar à paralisia facial do tipo infranuclear ou de neurônio motor inferior.

Paralisia de Bell

Paralisia de Bell é o nome dado a uma paralisia de neurônio motor inferior do nervo facial que acontece espontaneamente e sem causa óbvia. Ela é caracterizada por uma paralisia flácida dos músculos da expressão facial ipsilaterais; lacrimação diminuída no olho ipsilateral (a qual é controlada por neurônios no nervo petroso maior); e hiperacusia ou tolerância diminuída a ruídos fortes na orelha ipsilateral como resultado de paralisia do músculo estapédio. Sua causa permanece motivo de especulação, mas estudos recentes com RM sugerem que ela pode ser causada por neuronite viral, seja na primeira parte óssea do canal do nervo facial (segmento labiríntico) no ápice do meato acústico interno, ou no tronco encefálico adjacente. Na grande maioria dos casos, recuperação espontânea ocorre depois de algumas semanas.

TÚNICA MUCOSA DA CAVIDADE TIMPÂNICA

A túnica mucosa da cavidade timpânica é pálida, fina e levemente vascular. Ela é contínua com a da faringe, por intermédio da tuba auditiva, e cobre os ossículos, músculos e nervos na cavidade para formar a camada interna da membrana timpânica e a camada externa da membrana timpânica secundária. Ela também se espalha para dentro do antro e células mastóideas. A mucosa da orelha média é uma mucosa respiratória secretora de muco que apresenta cílios na sua superfície. A distribuição precisa do epitélio mucociliar varia em orelhas médias normais, sendo mais difundida no jovem. Três vias mucociliares distintas foram identificadas, epitimpânica, promontorial e hipotimpânica, esta última sendo a maior. Cada uma destas vias coalesce no óstio timpânico da tuba auditiva (Gleeson et al., 1991).

A mucosa forma várias pregas vasculares que se estendem das paredes timpânicas aos ossículos: uma desce do teto da cavidade para a cabeça do martelo e a margem superior do corpo da bigorna, e uma segunda rodeia o estribo. Outras pregas revestem o nervo corda do tímpano e o músculo tensor do tímpano. As pregas delimitam recessos saculares que conferem ao interior da cavidade timpânica uma aparência algo semelhante a um favo: estas pregas mucosas foram descritas em maior detalhe por Proctor (1964). Digno de nota, o recesso superior da membrana timpânica, o espaço de Prussak, jaz entre o colo do martelo e a parte flácida, limitado pela prega malear lateral. Este espaço pode desempenhar um papel importante na retenção de ceratina e desenvolvimento subsequente de colesteatoma.

Colesteatoma

Colesteatoma é o nome dado ao epitélio escamoso ceratinizado dentro da orelha média. Discute-se acerca de como esse epitélio vem a jazer na orelha média. As teorias incluem desenvolvimento a partir de restos celulares embrionários, metaplasia a partir de mucoperiósteo inflamado e migração aberrante de epitélio escamoso, seja através de uma perfuração na membrana timpânica (usualmente na parte flácida ou na parte tensa posterossuperior) ou dentro de uma área de atelectasia da membrana timpânica onde a mesma se torna aderente à parede medial da cavidade timpânica. É provável que todos estes processos possam estar implicados em algum momento. Uma característica do colesteatoma que é pouco compreendida é sua capacidade de erodir osso, ativando osteoclastos, assim permitindo ao epitélio proliferar e invadir, destruindo o osso temporal e levando infecção aos tecidos moles. O colesteatoma pode, portanto, causar surdez através de dano aos ossículos e orelha interna; problemas de equilíbrio através de lesão ao vestíbulo e canais semicirculares; paralisia facial através de isquemia e necrose do nervo facial; e infecção intracraniana. O tratamento envolve dissecção microcirúrgica do saco de epitélio invasor com, sempre que possível, preservação das delicadas estruturas que acabamos de listar.

REFERÊNCIAS

Anderson SD 1976 The intratympanic muscles. In: Hinchcliffe R (ed) Scientific Foundations of Otolaryngology. London: Heinemann: 257–80.

Anson BJ, Donaldson JA 1976 The Surgical Anatomy of the Temporal Bone and Ear. Philadelphia: Saunders.

Barnes G, Liang J, Hall S, Michaels L, Wright A, Gleeson MJ 2001 Development of the Fallopian canal in humans – a morphologic and radiologic study. Otol Neurotol 22: 931–7.

Bluestone C, Klein J 2002 Otitis media, atelectasis and Eustachian tube dysfunction. In: Bluestone CD, Stool SE (eds) Pediatric Otolaryngology, vol 1, 4th edn. Philadelphia: Saunders: 474–86.

Campos A, Betancor L, Arias A et al 2000 Influence of human wet cerumen on the growth of common and pathogenic bacteria of the ear. J Laryngol Otol 114: 925–9.

Couter RT 1980 A Colour Atlas of Temporal Bone Surgical Anatomy. London: Wolfe Medical.

Glassock (III) ME, Shambaugh GE 1990 Surgery of the Ear, 4th edn. Philadelphia: Saunders.

Gleeson M, Felix H, Neivergelt J 1991 Quantitative and qualitative analysis of the human middle ear mucosa. In: Sade J (ed) The Eustachian Tube, Basic Aspects. Amsterdam: Kugler & Ghedini: 125–31.

Grey P 1995 The clinical significance of the communicating branches of the somatic sensory supply of the middle and external ear. J Laryngol Otol 109: 1141–5.

Henson MM, Madden VJ, Rask-Andersen H, Henson OW 2005 Smooth muscle in the annulus fibrosus of the tympanic membrane in bats, rodents, insectivores and humans. Hear Res 200: 29–37.

Honjo I 1988 Eustachian Tube and Middle Ear Diseases. Berlin: Springer-Verlag.

Imanishi N, Nakajima H, Aiso S 1997 Arterial anatomy of the ear. Okajimas Folia Anat Jpn 73: 313–23.

Moschella F, Cordova A, Pirrello R, De Leo A 2003 The supra-auricular arterial network: anatomical bases for the use of superior pedicle retroauricular skin flaps. Surg Radiol Anat 25: 3–4.

O'Flynn P, Bailey M 2008 Anatomy of the skull base and infratemporal fossa. In: Gleeson MJ (ed) Scott-Brown's Otolaryngology, Head and Neck Surgery, vol 3, 7th edn. London: Hodder Arnold: 3897–910.

Pata YS, Ozturk C, Akbas Y, Gorur K, Unal M, Ozcan C 2003 Has cerumen a protective role in recurrent external otitis? Am J Otolaryngol 24: 209–12.

Phelps PD, Lloyd GAS 1990 Diagnostic Imaging of the Ear, 2nd edn. Berlin: Springer-Verlag.

Porter CJW, Tan ST 2005 Congenital auricular anomalies: topographic anatomy, embryology, classification and treatment strategies. Plast Reconstr Surg 115: 1701–12.

Proctor B 1964 The development of the middle ear spaces and their surgical significance. J Otolaryngol 78: 631–49.

Proctor B, Nager GT 1982 The facial canal: normal anatomy, variations and anomalies. Ann Otol Rhinol Laryngol 91(suppl 93): 33–61.

Wright A 1997 Anatomy and ultrastructure of the human ear. In: Kerr GA (ed) Scott Brown's Otolaryngology, vol 1, 6th edn. London: Butterworth Heinemann: 1–50.

Yoshiura K, Kinoshita A, Ishida T et al 2006 A SNP in the *ABCC11* gene is the determinant of human earwax type. Nat Genet 38: 324–30.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
37

Orelha interna

A orelha interna contém o órgão da audição, a cóclea, e os órgãos do equilíbrio, o utrículo, o sáculo e os canais semicirculares. Ela consiste no labirinto ósseo, uma série de cavidades interligadas na parte petrosa do osso temporal, e o labirinto membranáceo de sacos e ductos interconectados que se localizam dentro do labirinto ósseo. O espaço entre a parede interna do labirinto ósseo e a superfície externa do labirinto membranáceo é cheia de perilinfa, um líquido transparente com composição iônica semelhante à de outros líquidos extracelulares, isto é, pobre em íons potássio e rico em sódio e cálcio. O labirinto membranáceo contém endolinfa, um líquido com composição iônica mais parecida com a do citossol, *i.e.*, rico em íons potássio e pobre em sódio e cálcio. Além disso, o compartimento endolinfático é aproximadamente 80 mV mais positivo que o compartimento perilinfático. Essas diferenças em composição e potencial iônicos são essenciais à função primordial da orelha interna porque elas fornecem a força impulsora para mecanotransdução, o processo pelo qual as células ciliadas sensitivas convertem as vibrações provocadas nos líquidos da orelha interna pelos movimentos da cabeça ou pelo som em sinais elétricos que são transmitidos pelo nervo vestibulococlear aos núcleos vestibulococleares e cocleares, respectivamente, no tronco encefálico.

O osso temporal desarticulado encontra-se descrito em detalhe no Capítulo 36. O meato acústico interno e o labirinto ósseo são descritos aqui.

LABIRINTO ÓSSEO

O labirinto ósseo reside dentro da parte petrosa do osso temporal. Ele consiste no vestíbulo, canais semicirculares e cóclea, os quais são cavidades revestidas por periósteo e que contêm o labirinto membranáceo (Figs. 37.1, 37.3A). O osso é mais denso e mais duro que o de outras regiões da parte petrosa , e por essa razão é possível, particularmente em crânios jovens, dissecar o labirinto ósseo da parte petrosa do osso temporal.

VESTÍBULO

O vestíbulo é a parte central do labirinto ósseo e localiza-se medial à cavidade timpânica, posterior à cóclea e anterior aos canais semicirculares (Figs. 37.1 e 37.2). Ele é um pouco ovoide em forma, mas achatado transversalmente, e (em média) mede 5 mm da frente para trás e 3 mm transversalmente. Na sua parede lateral fica a abertura da janela do vestíbulo dentro da qual se insere a base do estribo, e à qual a base do estribo é fixada por um ligamento anular. Anteriormente, na parede medial, existe um pequeno recesso esférico que contém o sáculo; ele é perfurado por vários furos diminutos, a mácula crivosa média, que transmite finos ramos do nervo vestibular ao sáculo. Atrás do recesso situa-se uma crista do vestíbulo oblíqua, cuja extremidade anterior forma a pirâmide do vestíbulo. Essa crista divide-se embaixo para circunscrever uma pequena depressão, o recesso coclear, que é perfurado por fascículos vestibulococleares quando eles passam para o extremo vestibular do ducto coclear. Posterossuperior à crista do vestíbulo, no teto e parede medial do vestíbulo, fica o recesso elíptico (Fig. 37.1B), que contém o utrículo. A pirâmide e parte adjacente do recesso elíptico são perfuradas por vários furos, a mácula crivosa superior. Os furos na pirâmide transmitem os nervos para o utrículo, e aqueles no recesso transmitem os nervos para as ampolas dos canais semicirculares superior e lateral (Fig. 37.1B). A região da pirâmide e recesso elíptico corresponde à área vestibular superior no meato acústico interno (Fig. 37.4). O aqueduto do vestíbulo se abre abaixo do recesso elíptico. Ele chega à superfície posterior da parte petrosa do osso temporal e contém uma ou mais pequenas veias e parte do labirinto membranáceo, o ducto endolinfático (Fig. 37.3A). Na parte posterior do vestíbulo há cinco aberturas dos canais semicirculares; na sua parede anterior há uma abertura elíptica que leva ao interior da rampa do vestíbulo na cóclea.

CANAIS SEMICIRCULARES

O três canais semicirculares, anterior (superior), posterior e lateral (horizontal) são localizados posterossuperiores ao vestíbulo (Figs. 37.1, 37.3). Eles são comprimidos lado a lado e cada um forma aproximadamente dois terços de um círculo. Eles são desiguais em comprimento, mas similares em diâmetro ao longo do seu comprimento, exceto onde apresentam uma dilatação terminal, uma ampola, que tem quase o dobro do diâmetro do canal.

O canal semicircular anterior tem 15–20 mm de comprimento. Ele é vertical em orientação e localiza-se transverso ao eixo longo da parte petrosa do osso temporal sob a face anterior da sua eminência arqueada. A eminência pode não coincidir acuradamente com esse canal semicircular, mas em vez disso ser adaptada ao sulco occipitotemporal na face inferior do lobo temporal do cérebro. A ampola óssea na extremidade anterior do canal se abre para a parte superior e lateral do vestíbulo. Sua outra extremidade se une com a extremidade superior do canal semicir-

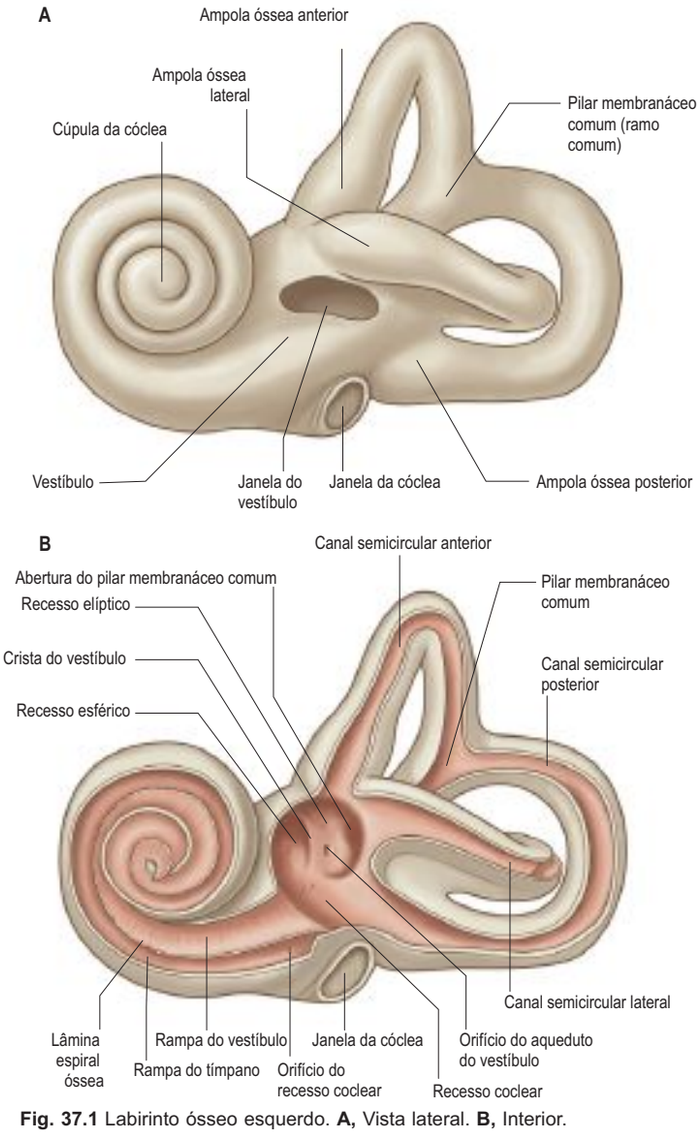


Fig. 37.1 Labirinto ósseo esquerdo. **A,** Vista lateral. **B,** Interior.

cular posterior para formar o ramo comum, que tem 4 mm de comprimento, e se abre para dentro da parte medial do vestíbulo.

O canal semicircular posterior também é vertical, mas se curva para trás quase paralelo à face posterior da parte petrosa do osso temporal. Ele tem 18–22 mm de comprimento, e sua ampola se abre baixo no vestíbulo, abaixo do recesso coclear onde a mácula crivosa inferior transmite nervos para ela. Seu extremo superior se junta ao pilar ósseo comum.

O canal semicircular lateral (horizontal) tem 12–15 mm de comprimento e seu arco segue horizontalmente para trás e lateralmente. Sua ampola óssea anterior se abre para o ângulo superior e lateral do vestíbulo, acima da janela do vestíbulo e imediatamente abaixo da ampola óssea anterior; sua extremidade posterior se abre abaixo da abertura do pilar ósseo comum.

Os dois canais semicirculares laterais das duas orelhas são muitas vezes descritos como estando no mesmo plano, e o canal semicircular anterior de um lado como sendo quase paralelo ao canal semicircular posterior oposto. Entretanto, medições das relações angulares dos planos dos canais semicirculares ósseos em 10 crânios humanos levaram Blanks et al. (1975) a sugerirem que os planos dos três canais ipsilaterais não são completamente perpendiculares um ao outro. Os ângulos foram medidos como: horizontal/anterior 111,76 ± 7,55°, anterior/posterior 86,16 ± 4,72°, posterior/horizontal 95,75 ± 4,66°. Os planos dos canais similarmente orientados dos dois lados também mostraram diferença por serem paralelos: anterior esquerdo/posterior direito 24,50 ± 7,19°, posterior esquerdo/anterior direito 23,73 ± 6,71°, horizontal esquerdo/horizontal direito 19,82 ± 14,93°. Os mesmos observadores (Curthoys et al., 1977) também mediram as dimensões e raios dos canais. Como médias dos raios dos canais ósseos foram encontradas as seguintes: horizontal 3,25 mm, anterior 3,74 mm, posterior 3,79 mm. Os diâmetros dos canais ósseos são 1 mm (eixo menor) e 1,4 mm (eixo maior). Os ductos semicirculares dentro deles são muito menores, mas também são elípticos em seção transversa e possuem eixos maior e menor de 0,23 e 0,46 mm (Fig. 37.3B). Médias representativas das dimensões das ampolas são as seguintes: comprimento 1,94 mm, altura 1,55 mm. Estudos filogenéticos sugerem que os tamanhos dos arcos dos canais semicirculares em humanos e outros primatas podem ser funcionalmente ligados ao controle sensitivo dos movimentos do corpo. A angulação e as dimensões dos canais podem ser relacionadas ao comportamento locomotor e, possivelmente, à agilidade ou mais especificamente aos espectros de frequência dos movimentos naturais da cabeça (ver revisão por Spoor e Zonneveld, 1998).

CÓCLEA

A cóclea (do grego *cochlos,* caramujo) é a parte mais anterior do labirinto ósseo, situando-se na frente do vestíbulo (Figs. 37.1, 37.2A, 37.3A). Ela tem 5 mm da base ao ápice e 9 mm através da sua base. Seu ápice, a cúpula da cóclea, aponta na direção da área anterossuperior da parede medial da cavidade timpânica (Fig. 37.2A). Sua base dá face para o fundo do meato acústico interno e é perfurada por numerosas aberturas para o nervo coclear. A cóclea tem um centro ósseo central cônico, o modíolo da cóclea, e o canal espiral da cóclea segue em torno dele. Uma lâmina espiral óssea delicada se projeta do modíolo da cóclea, parcialmente dividindo o canal (Fig. 37.2B). Dentro dessa espiral óssea situa-se o ducto coclear (membranáceo), afixado ao modíolo em uma margem e à parede coclear externa pela sua outra margem. Existem, portanto, três canais longitudinais dentro da cóclea. A rampa média tem fundo cego e termina no ápice da cóclea; seus canais que o flanqueiam se comunicam uns com os outros no ápice do modíolo da cóclea em uma fenda estreita, o helicotrema (Fig. 37.3A). Duas membranas elásticas formam os limites superior e inferior da rampa média. Uma é a membrana vestibular, a fina parede vestibular que separa a rampa média da rampa do vestíbulo. A outra é a lâmina basilar, que forma a partição entre a rampa média e a rampa do tímpano. O órgão espiral, o epitélio sensitivo subjacente à audição, assenta sobre a superfície interna da lâmina basilar. Na base da rampa do vestíbulo situa-se a janela do vestíbulo, que leva para a cavidade vestibular mas é fechada pela base do estribo. A rampa do tímpano é separada da cavidade timpânica pela membrana timpânica secundária na janela da cóclea. O eixo coclear central, o modíolo da cóclea, tem uma base larga próximo do extremo lateral do meato acústico interno, onde corresponde ao trato espiral foraminoso. Há diversas aberturas nessa área para os fascículos do nervo coclear: aqueles para as primeiras 1½ voltas seguem através dos pequenos furos do trato espiral foraminoso, e aqueles para a volta apical seguem através do furo que forma o centro do trato. Os canais a partir do trato espiral foraminoso vão através do modíolo da cóclea e se abrem em uma sequência espiralada para dentro da base da lâmina espiral óssea. Aqui os pequenos canais aumentam e se fundem para formar o canal espiral do modíolo, um canal espiral no modíolo que acompanha o trajeto da lâmina espiral óssea e contém o gânglio espiral da cóclea (Fig. 37.2B). O trato principal continua através do centro do modíolo para o ápice da cóclea.

O ducto coclear ósseo espirala por cerca de 2¾ voltas em torno do modíolo da cóclea e tem 35 mm de comprimento. Na sua primeira volta, o canal se salienta na direção da cavidade timpânica, onde fica subjacente ao promontório. Na base da cóclea, o ducto tem 3 mm de diâmetro, mas se torna progressivamente reduzido em diâmetro à medida que espirala apicalmente para terminar na cúpula da cóclea. Além das janelas da cóclea e do vestíbulo, que são as duas principais aberturas na sua base, o ducto tem uma terceira abertura menor para o aqueduto ou canalículo da cóclea. O último é um diminuto canal em forma de funil que segue para a face inferior da parte petrosa do osso temporal; ele transmite uma pequena veia ao seio petroso inferior e conecta o espaço subaracnóideo à rampa do tímpano.

A lâmina espiral óssea é uma prateleira que se projeta a partir do modíolo da cóclea para dentro do canal ósseo similarmente à rosca de um parafuso (Fig. 37.2B). Ela é fixada à margem interna da lâmina basilar e termina em um hâmulo em forma de gancho no ápice da cóclea, limitando em parte o helicotrema (Fig. 37.3A), o qual é uma abertura que conecta a rampa do tímpano e a rampa do vestíbulo. A partir do canal espiral do modíolo, muitos canais diminutos, a habênula perfurada, irradiam-se através da lâmina óssea na sua margem; eles carregam fascículos do nervo coclear para o órgão espiral. Uma lâmina espiral secundária se projeta para dentro a partir da parede externa da cóclea na direção da lâmina espiral óssea e é fixada à margem externa da lâmina basilar. Ela é mais proeminente na parte inferior da primeira volta: o espaço entre as duas lâminas aumenta progressivamente na direção do ápice da cóclea, o que significa que a lâmina basilar é mais larga no ápice da cóclea do que na base.

MICROESTRUTURA DO LABIRINTO ÓSSEO

A parede do labirinto ósseo é revestida por células perilinfáticas semelhantes a fibroblastos e fibras extracelulares (Fig. 37.3B). A morfologia das células varia em diferentes partes do labirinto. Onde o espaço perilinfático é estreito, como no aqueduto da cóclea, as células são reticulares ou estreladas em forma e emitem extensões citoplasmáticas que atravessam o espaço. Onde o espaço é mais largo, como nas rampas do vestíbulo e do tímpano na cóclea e grande parte do vestíbulo, as células perilinfáticas no periósteo e na face externa do labirinto membranáceo são extremamente chatas e se assemelham a um epitélio escamoso. Em outros locais, em partes da superfície perilinfática da lâmina basilar, as células são cuboides. Feixes de fibras colágenas estão estreitamente relacionados com os aspectos perióstico e labiríntico dessas células.

Evidências recentes sugerem que microporos ou canalículos (0,2–23,0 μm de diâmetro) são mais amplamente distribuídos dentro das superfícies ósseas que revestem o espaço perilinfático do que era previamente suspeitado: eles são numerosos nas porções periférica e modiolar da lâmina espiral óssea e no soalho da rampa do tímpano, porém esparsos na parede óssea da rampa do vestíbulo. A proposta de que esses canalículos normalmente proveem uma extensa comunicação líquida entre a rampa do tímpano e o canal espiral da cóclea poderia ter implicações não apenas para novas terapias cocleares baseadas em drogas aplicadas pela rampa do tímpano e para a aplicação de células-tronco ou linhagens celulares apropriadas para dentro da cóclea ensurdecida, mas também para o projeto de arranjos de eletrodos implantados perimodiolares (Sheperd e Colreavy, 2004). (Para leitura adicional acerca das alterações na orelha interna que são induzidas por eletrodos cocleares implantados, tanto agudamente quanto a longo prazo, ver Kiefer et al., 2006.)

Composição dos líquidos da orelha média

O espaço entre os labirintos ósseo e membranáceo é cheio de perilinfa (Fig. 37.3B). O labirinto membranáceo é cheio de endolinfa, um líquido produzido pelas células marginais da estria vascular e as células escuras do vestíbulo (Wangemann e Schacht, 1996) (Fig. 37.2B). Quaisquer que sejam suas contribuições relativas, a endolinfa provavelmente circula no labirinto; ela entra no saco endolinfático, de onde é transferida para o plexo vascular adjacente por intermédio do epitélio especializado do saco. Remoção pinocitótica do líquido também pode ocorrer em outras regiões labirínticas.

A perilinfa foi inicialmente considerada um ultrafiltrado do plasma em virtude do seu baixo conteúdo de proteína. Entretanto, ela se assemelha mais estreitamente ao líquido cerebrospinal na composição iônica, particularmente na rampa do vestíbulo. Sua composição não é precisamente a mesma em ambas as rampas da cóclea: as concentrações de potássio, glicose, aminoácidos e proteínas são maiores na rampa do vestíbulo. Isso levou à sugestão de que a perilinfa na rampa do vestíbulo

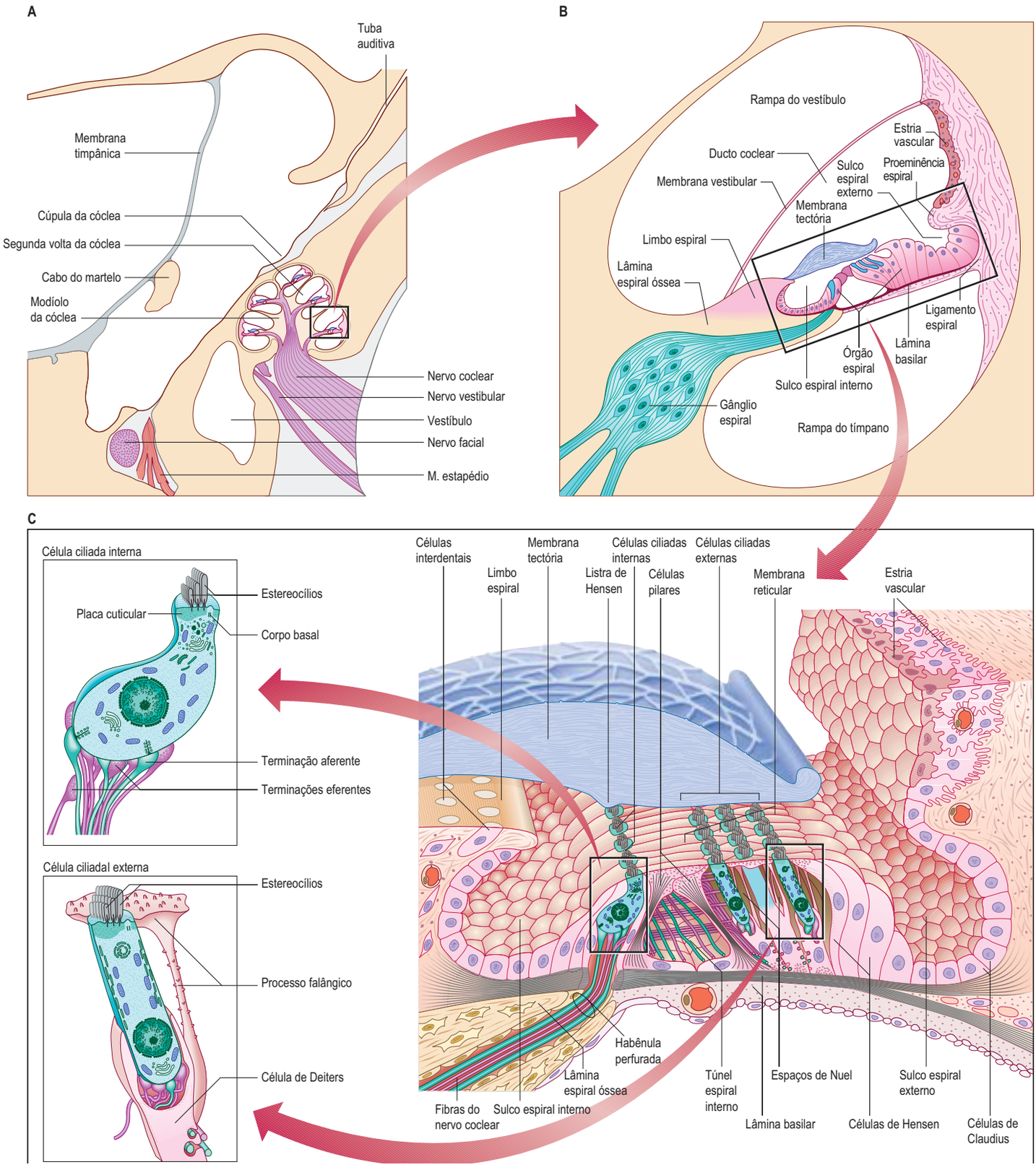


Fig. 37.2 Cóclea. **A,** Corte horizontal através do osso temporal esquerdo mostrando a posição da cóclea em relação à cavidade timpânica. **B,** Corte através da segunda volta da cóclea vista em **A.** O modíolo da cóclea está à esquerda. **C,** Estrutura do órgão espiral e estria vascular, mostrando o arranjo dos vários tipos de célula e sua inervação global. A organização das células ciliadas internas e externas e suas conexões sinápticas também estão representadas. A e B foram desenhados de cortes histológicos.

é derivada do plasma pela fronteira endotelial dos vasos sanguíneos cocleares, enquanto a perilinfa na rampa do tímpano contém algum líquido cerebrospinal derivado dos espaços subaracnóideos pelos canalículos cocleares. Entretanto, a ausência de fluxo importante de volume sugere que a homeostasia da perilinfa é predominantemente regulada localmente. A perilinfa contém aproximadamente 5 mM K^+, 150 mM Na^+, 120 mM Cl^- e 1,5 mM Ca^{2+}. A endolinfa contém maiores concentrações de K^+ (150 mM) e Cl^- (130 mM) e mais baixas concentrações de Na^+ (2 mM) e Ca^{2+} (20 μM) que a perilinfa. As principais diferenças em composição iônica entre os dois líquidos são importantes para a função da orelha interna. Desvios dos feixes estereociliares das células sensitivas ativam canais catiônicos relativamente inespecíficos nas pontas dos estereocílios que permitem um influxo de cátions, particularmente K^+ e Ca^{2+}, a partir da endolinfa. As células ciliadas também possuem canais de K^+ ativados pela voltagem da membrana ou concentrações intracelulares de Ca^{2+}, e estas permitem saída de K^+ para a perilinfa que banha suas mem-

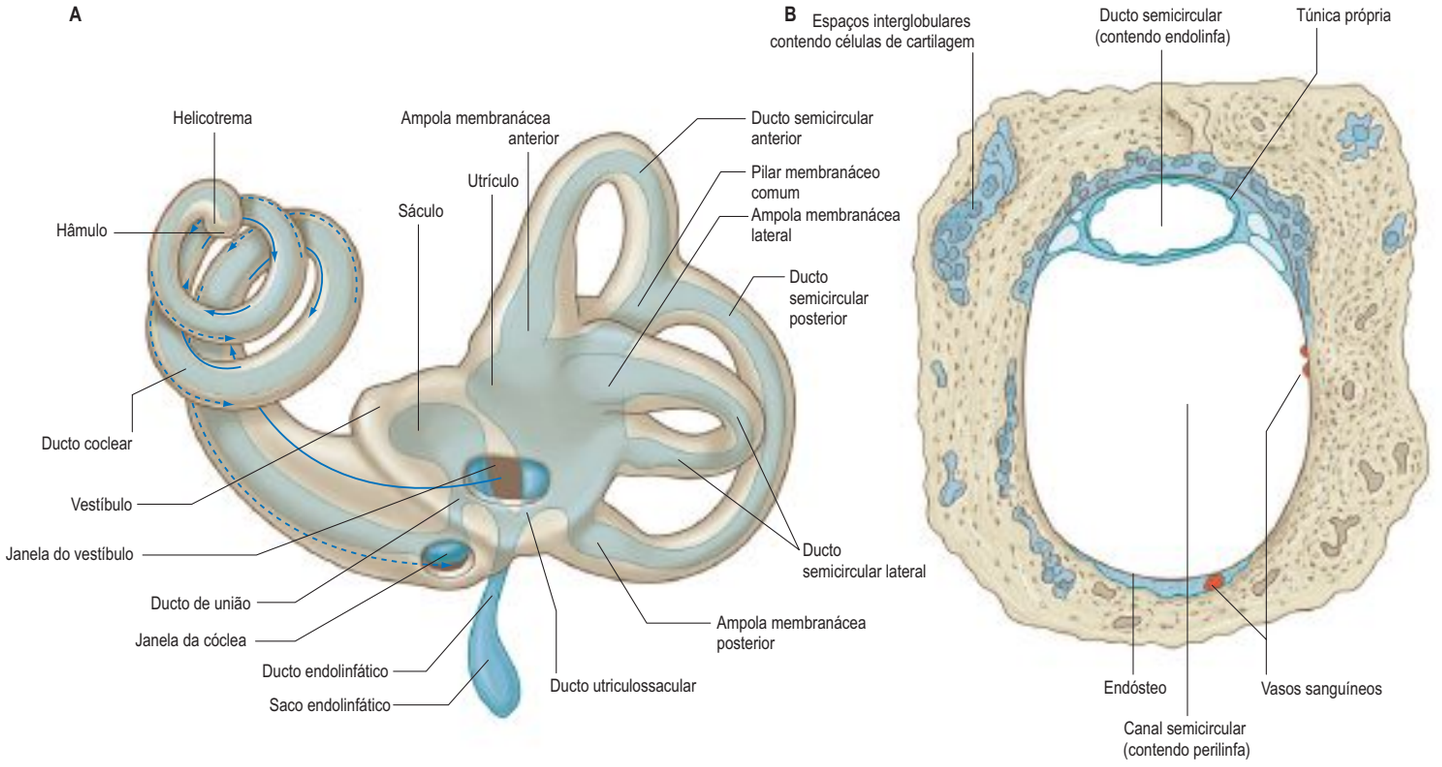


Fig. 37.3 A, Labirinto membranáceo (azul) projetado sobre o labirinto ósseo. As setas indicam a direção das ondas de pressão na cóclea. **B,** Corte transversal através do canal e ducto semicircular posterior esquerdo.

branas basilares e laterais. Além disso, a transmissão sináptica na base e lados das células ciliadas depende da entrada de Ca^{2+} a partir da perilinfa através de canais de cálcio dependentes da voltagem a fim de liberar neurotransmissor.

MEATO ACÚSTICO INTERNO

O meato acústico interno é separado da orelha interna no seu fundo lateral por uma crista vertical dividida desigualmente por uma crista transversa (Fig. 37.4). O canal para o nervo facial passa acima e anterior à crista. Posterior à crista, a área vestibular superior contém aberturas para nervos para o utrículo e canais semicirculares anterior e lateral. Abaixo da crista, uma área coclear anterior contém uma espiral de pequenos furos, o trato espiral foraminoso, que circunda o canal coclear central. Atrás, a área vestibular inferior contém aberturas para nervos saculares, e, no extremo posteroinferior, o forame singular admite o nervo ampular posterior.

Foi sugerido que alças vasculares no meato acústico interno (a partir da artéria cerebelar inferior anterior) poderiam gerar zumbido pulsátil.

LABIRINTO MEMBRANÁCEO

O labirinto membranáceo é separado do periósteo por um espaço que contém perilinfa e uma rede semelhante a uma teia de finos vasos sanguíneos (Fig. 37.3). Ele pode ser dividido em duas regiões principais: o labirinto vestibular e o labirinto coclear.

LABIRINTO VESTIBULAR

O labirinto vestibular consiste em três canais semicirculares membranáceos que se comunicam com o utrículo, um saco membranáceo que leva a uma câmara menor, o sáculo, por meio do ducto utriculossacular. Esse ducto em forma de Y possui um ramo lateral para o ducto endolinfático, que passa ao saco endolinfático, uma expansão pequena mas funcionalmente importante situada sob a dura-máter da parte petrosa do osso temporal. A partir do sáculo, um canal estreito, o ducto de união, leva à base do ducto coclear. Esses vários ductos e sacos formam um sistema fechado de canais intercomunicantes. A endolinfa é reabsorvida para o líquido cerebrospinal a partir do saco endolinfático, o qual provê, portanto, o local para a drenagem da endolinfa do labirinto inteiro.

As fibras terminais do nervo vestibular são conectadas a cinco áreas distintas de epitélio sensitivo especializado (duas máculas e três cristas) nas paredes do labirinto membranáceo. As máculas são placas planas de células ciliadas sensitivas rodeadas por células de suporte e encontradas no utrículo e no sáculo. As cristas são saliências que apresentam células ciliadas e células de suporte. Elas são encontradas nas paredes das ampolas próximo das aberturas utriculares dos três canais semicirculares, uma para cada canal.

Utrículo

O utrículo é o maior dos dois sacos vestibulares principais. Ele é um saco irregular, oblongo, dilatado, que ocupa a região posterossuperior do vestíbulo (Fig. 37.3A) e faz contato com o recesso elíptico (onde há uma bolsa de fundo cego) e a área inferior a ele.

A mácula do utrículo é uma área especializada de epitélio neurossensitivo que reveste a parede membranácea e é a maior das áreas sensitivas vestibulares (Fig. 37.5). Ela é triangular ou em forma de coração em vista superficial e localiza-se horizontalmente com seu eixo longo orientado anteroposteriormente e seu ângulo agudo apontando posteriormente (Fig. 37.6). É plana exceto na margem anterior, onde é delicadamente dobrada sobre si mesma, e mede 2,8 mm de comprimento por 2,2 mm de largura. A forma madura da mácula é atingida cedo no desenvolvimento, mas no adulto uma saliência muitas vezes está presente na margem anterolateral; existe as vezes uma indentação na margem anteriomedial. A superfície epitelial é coberta pela membrana dos estatocônios, uma estrutura gelatinosa na qual muitos pequenos cristais, os estatocônios, estão incluídos. Uma crista curva segue ao longo da membrana dos estatocônios. Ela corresponde a um crescente estreito de epitélio sensitivo subjacente chamado estríola, de 0,13 µm de largura. A densidade de células ciliadas nessa tira de epitélio é 20% menor que no resto da mácula. A estríola é convexa lateralmente e segue do aspecto medial da margem anterior em uma direção posterior, mas não atingindo o polo posterior. A parte da mácula medial à estríola é chamada parte interna e é ligeiramente maior que a parte externa, que é lateral a ela. O significado dessa área é que as células sensitivas são funcional e anatomicamente polarizadas na direção dela (Fig. 37.6). A mácula em cada utrículo é aproximadamente horizontal quando a cabeça está em sua posição normal. A aceleração linear da cabeça em qualquer plano horizontal resultará no fato de a membrana dos estatocônios ficar para trás do movimento do labirinto membranáceo como resultado da inércia produzida pela sua massa. A membrana, assim, estimula maximamente um grupo de células ciliadas, defletindo seus feixes na direção da estríola enquanto inibe outros, defletindo seus feixes para longe dela. Por isso cada movimento horizontal da cabeça produzirá um padrão específico de descarga nos eferentes utriculares.

Sáculo

O sáculo é um saco globular ligeiramente alongado que reside no recesso esférico próximo da abertura da rampa do vestíbulo na cóclea (Fig. 37.6).

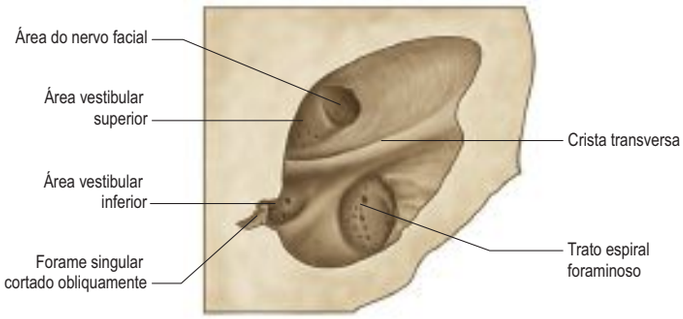


Fig. 37.4 Fundo do meato acústico interno esquerdo, exposto por um corte através da parte petrosa do osso temporal esquerdo aproximadamente paralelo à linha da sua margem superior.

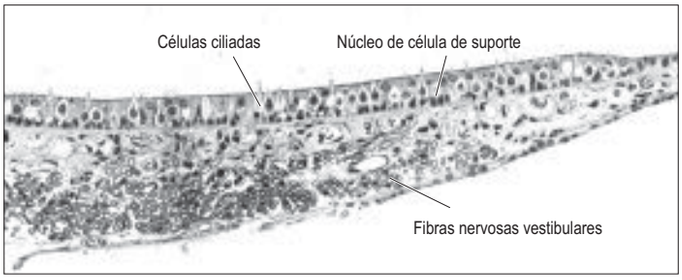


Fig. 37.5 Corte da mácula do utrículo de uma cobaia, mostrando as posições relativas das células ciliadas e núcleos das células de suporte. Corte semifino em resina, coloração azul de toluidina. (A orelha interna é extremamente vulnerável à hipoxia e situada em um dos ossos mais duros do corpo, o que significa que tecido humano bem fixado raramente é obtido para histologia. Cobaias são um dos modelos animais de audição humana mais frequentemente usados, e sua ultraestrutura da orelha interna é muito semelhante.) (Por cortesia de RM Walsh, DN Furness e CM Hackney, The Institute of Science and Technology in Medicine, School of Life Sciences, Keele University.)

Conforme já foi assinalado, ele é conectado ao utrículo e ducto endolinfático pelo ducto utriculossacular e à cóclea pelo ducto de união, que sai inferiormente para se abrir na base do ducto coclear (Fig. 37.3A).

A mácula do sáculo é uma estrutura quase elíptica, de 2,6 mm de comprimento e 1,2 mm no seu ponto mais largo. Seu eixo longo é orientado anteroposteriormente mas, em contraste com a mácula do utrículo, a mácula do sáculo situa-se em um plano vertical na parede do sáculo. Sua forma elíptica é muito ligeiramente distorcida por uma pequena saliência anterossuperior. Como a mácula do utrículo, ela é coberta por uma membrana dos estatocônios e possui uma estríola, de 0,13 mm de largura, que se estende ao longo do seu eixo longo como uma tira em forma de S em torno da qual as células sensitivas são funcional e anatomicamente polarizadas (Fig. 37.6). A parte da mácula acima da estríola é chamada parte interna, e aquela abaixo dela, parte externa. A operação do sáculo é similar à do utrículo. Entretanto, em virtude da sua orientação vertical, o sáculo é particularmente sensível à aceleração linear da cabeça no plano vertical e é, portanto, um importante sensor gravitacional quando a cabeça está em uma posição ereta. Ele também é particularmente sensível a movimento ao longo do eixo anteroposterior.

Ductos semicirculares

Os ductos semicirculares lateral, anterior e posterior seguem o trajeto dos seus canais ósseos. Em toda a maior parte do seu comprimento eles são firmemente fixados, por grande parte da sua circunferência, às paredes ósseas. Eles têm aproximadamente um quarto do diâmetro dos seus canais ósseos (Fig. 37.3B). As extremidades mediais dos canais anterior e posterior se fundem para formar um ducto comum único, o pilar membranáceo comum, antes de entrar no utrículo. A extremidade lateral de cada canal é dilatada para formar uma ampola, a qual é situada dentro da ampola do canal ósseo. O segmento curto do ducto entre as ampolas e o utrículo é o pilar membranáceo ampular.

A parede membranácea de cada ampola contém uma elevação transversa (septo transverso) na região central, da qual há uma área sensitiva, a crista ampular. Esta é uma crista em forma de sela que se localiza transversalmente ao ducto. Ela é largamente côncava na sua margem livre ao longo da maior parte do seu comprimento e tem uma calha côncava (plano semilunar) em um dos extremos entre a crista e a parede do ducto. Cortadas através da crista, as saliências dos ductos semicirculares lateral e anterior possuem cantos lisamente arredondados; a crista posterior é mais angulosa. Uma placa vertical de material extracelular gelatinoso, a cúpula, está fixada ao longo da margem livre da crista (Fig. 37.7). Ela se projeta longe dentro da luz da ampola de tal modo que movimentos da endolinfa dentro do ducto facilmente defletem a cúpula e, portanto, também os

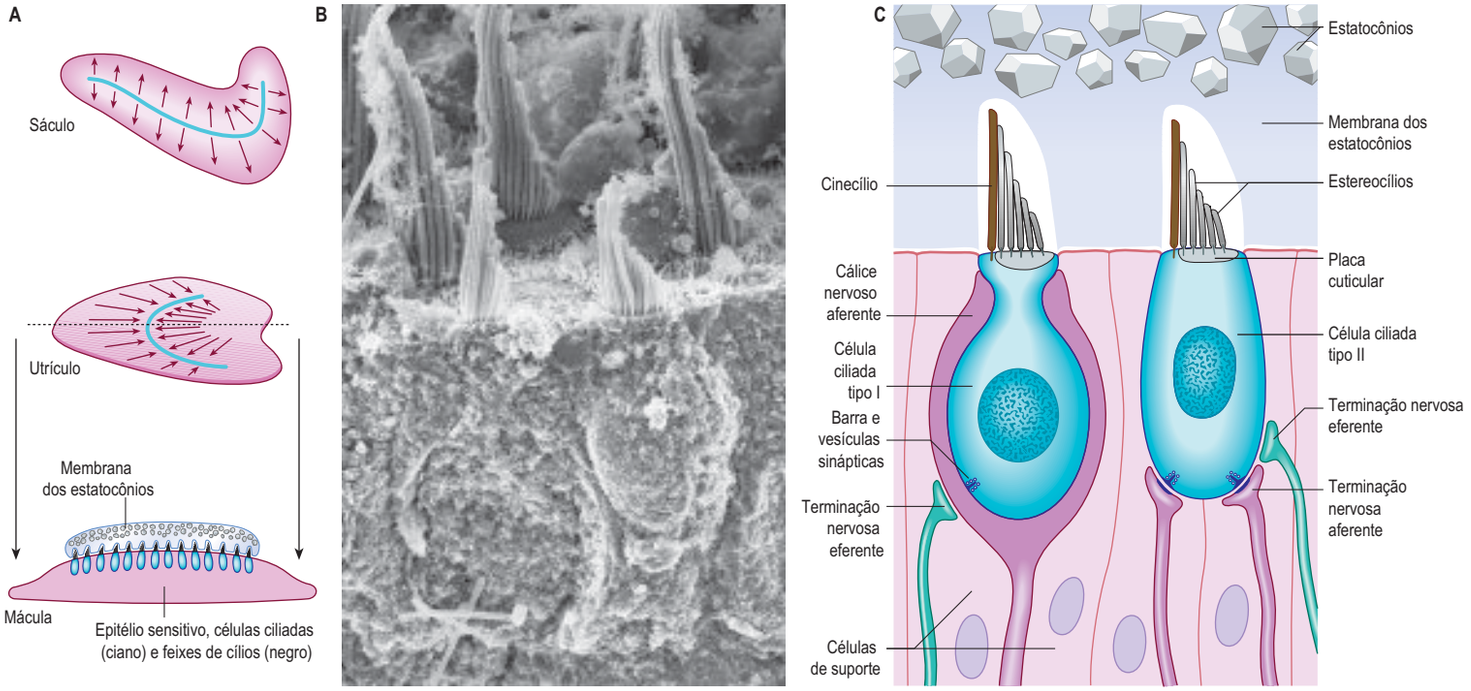


Fig. 37.6 A, Organização morfológica das máculas do sáculo e do utrículo e a relação das suas células ciliadas com a membrana dos estatocônios. A mácula do utrículo foi inclinada no plano da página para enfatizar que ela se localiza horizontalmente, enquanto a mácula do sáculo se localiza verticalmente quando a cabeça está em posição ereta. Observar as diferentes formas das máculas, a posição da estríola conforme indicado por uma linha curva em cada caso e as diferentes orientações dos seus feixes estereociliares. As setas indicam a direção excitatória de deflexão. **B,** Micrografia eletrônica de varredura de uma fratura de mácula do utrículo (cobaia) mostrando célula ciliada tipo I (esquerda) e célula ciliada tipo II (direita). **C,** Os diferentes padrões de inervação dos dois tipos de célula ciliada. (Parte **B** por cortesia de DN Furness, The Institute of Science and Technology in Medicine, School of Life Sciences, Keele University.)

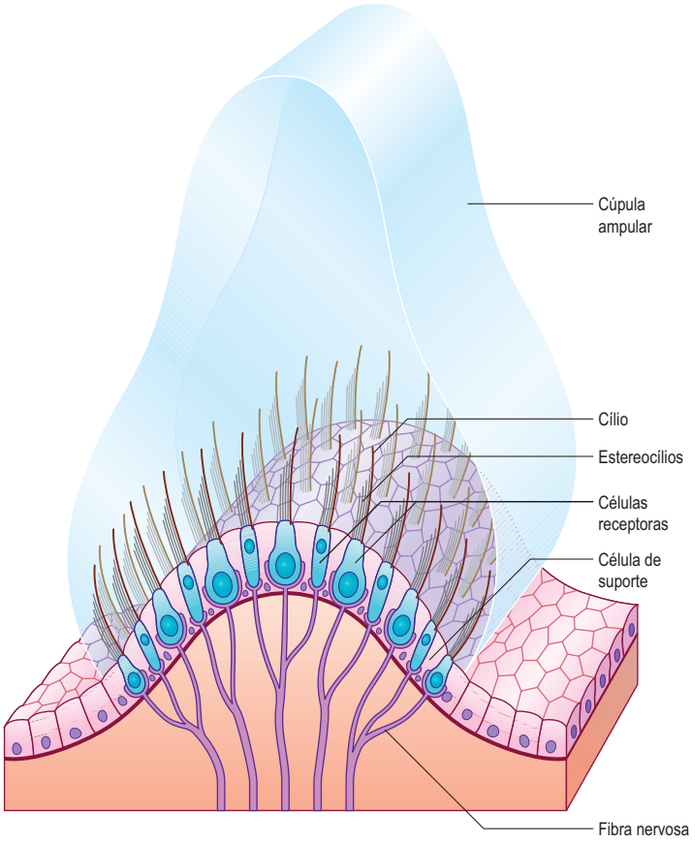


Fig. 37.7 Corte de uma crista ampular.

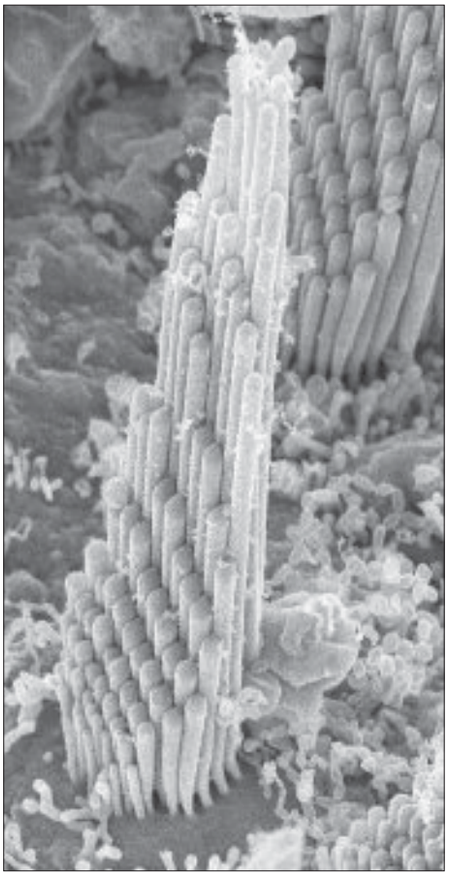


Fig. 37.8 Micrografia eletrônica de varredura de um feixe estereociliar do utrículo (cobaia). Os estereocílios são dispostos em fileiras de altura crescente na direção do elemento mais alto, o cinecílio. Deflexão na direção do cinecílio resulta na despolarização da célula ciliada. (Por cortesia de DN Furness, The Institute of Science and Technology in Medicine, School of Life Sciences, Keele University.)

estereocílios das células sensitivas que são inseridas na sua base. Os três ductos semicirculares detectam assim acelerações angulares durante movimentos de inclinação ou rotação da cabeça em qualquer direção.

Microestrutura do sistema vestibular

As máculas e cristas detectam a orientação da cabeça em relação à gravidade e alterações no movimento da cabeça por meio das células ciliadas mecanossensíveis que estão entremeadas entre as células de suporte não sensitivas nos seus epitélios sensitivos. Essas células ciliadas estão em contato com terminações aferentes e eferentes de fibras do nervo vestibular por sinapses na sua base. O epitélio inteiro localiza-se sobre um leito de tecido conjuntivo espesso, fibroso, que contém fibras nervosas vestibulares mielinizadas e vasos sanguíneos. Os axônios perdem sua bainha de mielina ao perfurarem a lâmina basilar do epitélio sensitivo. Há dois tipos de célula ciliada sensitiva no sistema vestibular: tipo I e tipo II.

As células sensitivas vestibulares tipo I medem 25 µm de comprimento, com uma superfície livre de 6–7 µm de diâmetro. A parte basal da célula não chega até a lâmina basal do epitélio. Cada célula tipicamente tem forma de garrafa, com um colo estreito e uma parte basal bastante larga, arredondada, contendo o núcleo (Fig. 37.6). A superfície apical é caracterizada por 30–50 estereocílios (grandes microvilos modificados regularmente dispostos com cerca de 0,25 µm de diâmetro) e um único cinecílio (com o arranjo tipo "9 + 2" de microtúbulos característico dos cílios verdadeiros). O cinecílio é consideravelmente mais longo que os estereocílios, e pode atingir 40 µm, enquanto os estereocílios são de comprimentos graduados. Eles são caracteristicamente arranjados em fileiras regulares atrás do cinecílio em ordem descendente de altura, o mais longo sendo junto do cinecílio (Fig. 37.8). O cinecílio emerge de um corpo basal típico, com um centríolo imediatamente abaixo dele. Junto da superfície interna dos seus dois terços basales, cada célula contém numerosas fitas sinápticas com vesículas sinápticas associadas (pág. 45). A superfície pós-sináptica de uma terminação nervosa aferente encerra a maior parte do corpo da célula sensitiva na forma de uma xícara (cálice). Fibras nervosas eferentes fazem sinapses com a superfície externa do cálice, em vez de diretamente com a célula sensitiva.

Há muito maior variação no tamanho das células sensitivas tipo II (Fig. 37.9). Algumas têm até 45 µm de comprimento e quase abrangem a espessura inteira do epitélio sensitivo, enquanto outras são mais curtas que as células tipo I. Elas são na maior parte cilíndricas, mas assemelham-se a células tipo I no conteúdo e pela presença de cinecílio e estereocílios apicais. Entretanto, seus cinecílios e estereocílios tendem a ser mais curtos e menos variáveis em comprimento. A diferença mais notável entre células tipos I e II está nos seus terminais nervosos eferentes: as células tipo II recebem vários botões nervosos eferentes contendo uma mistura de pequenas vesículas de centro claro e de centro denso em torno das suas bases. As terminações aferentes são pequenas expansões, em vez de cálices.

Cada célula sensitiva é estrutural e funcionalmente polarizada (Fig. 37.6). A deflexão do feixe de cílios na direção do cinecílio resulta em despolarização da célula ciliada e aumenta a taxa de liberação de neurotransmissor da sua base. A deflexão para longe do cinecílio hiperpolariza a célula ciliada e reduz a liberação de neurotransmissor. As células ciliadas possuem orientações específicas dentro de cada órgão sensitivo. Nas máculas, elas estão dispostas simetricamente em cada lado da estríola. No utrículo, os cinecílios são posicionados no lado da célula sensitiva mais próximo da estríola. No sáculo, eles estão mais distantes dela. Nas cristas ampulares, as células são orientadas com suas fileiras de estereocílios perpendicularmente ao eixo longo do ducto semicircular. Na crista lateral, os cinecílios estão no lado que fica na direção do utrículo, enquanto nas cristas anterior e posterior eles estão afastados dele. Essas diferentes disposições são funcionalmente importantes porque qualquer aceleração da cabeça despolariza maximamente um grupo de células ciliadas e inibe maximamente um conjunto complementar, assim fornecendo uma representação única da magnitude e orientação de qualquer movimento (detalhes adicionais, ver Furness, 2002).

As células sensitivas tipos I e II são assentadas dentro de uma matriz de células de suporte que alcançam desde a base do epitélio até sua superfície e formam rosetas em torno das células sensitivas, de acordo com uma vista superficial. Embora sua forma seja irregular, elas podem facilmente ser reconhecidas pela posição dos seus núcleos, que tendem a localizar-se abaixo do nível dos núcleos das células sensitivas e imediatamente acima da lâmina basal (Fig. 37.5). Os ápices das células de suporte são fixados por junções íntimas às células vizinhas para produzir a membrana reticular, uma camada composta que forma uma placa que é relativamente impermeável a outros cátions que não por meio dos canais de transdução mecanossensíveis das células ciliadas.

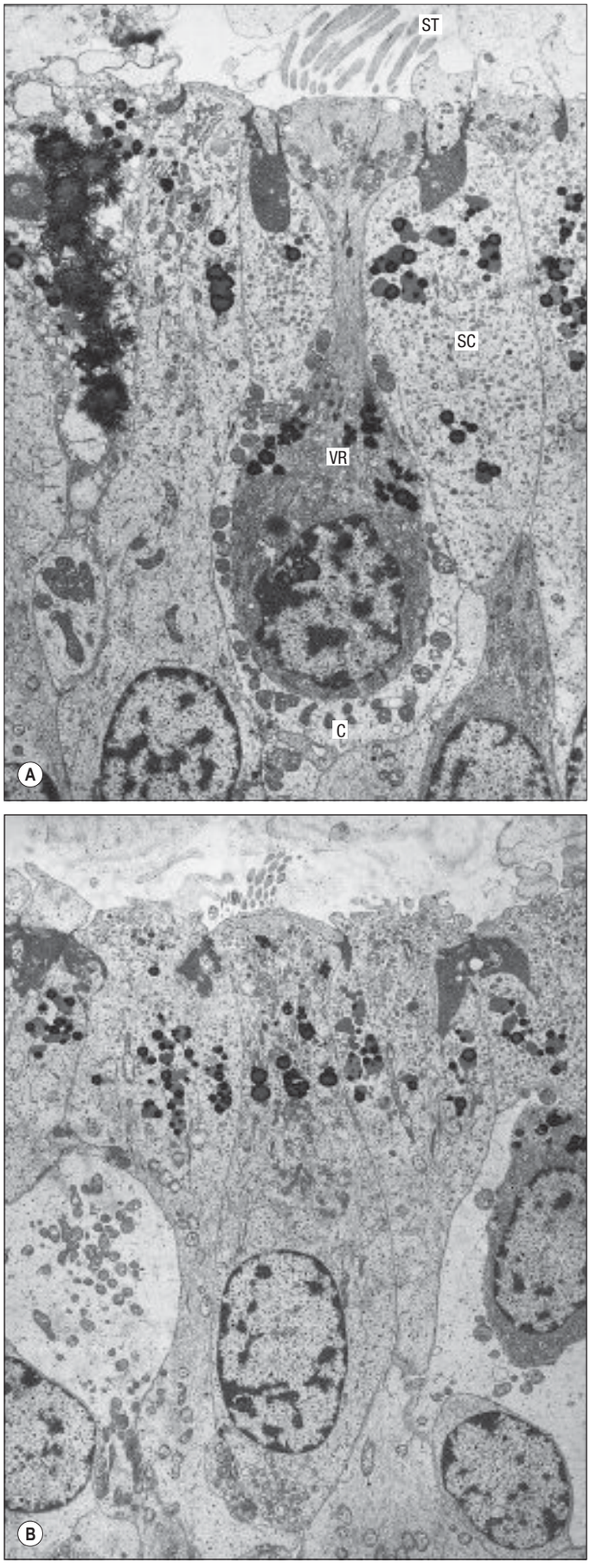


Fig. 37.9 Células ciliadas vestibulares humanas (micrografia eletrônica de transmissão). **A,** Célula tipo I (VR) apresentando grupo apical de estereocílios (ST) vista em corte vertical através da mácula. Observar que a célula ciliada tem forma de garrafa e que grande parte dela está inclusa na terminação caliciforme (C) de um terminal nervoso aferente. SC, células de suporte. **B,** Célula ciliada vestibular tipo II humana: um terminal nervoso aferente tipo botão está em contato com a parte basal. (Por cortesia de H Felix, M Gleeson e L.-G. Johnsson, ENT Department, University of Zurich and GKT School of Medicine, London.)

A membrana dos estatocônios é uma camada de material extracelular com estrutura complexa. Ela pode ser dividida em dois estratos. A camada externa é composta de estatocônios, que são cristais em forma de barril de carbonato de cálcio com extremidades angulosas, com até 30 µm de comprimento, e heterogêneos em distribuição (Fig. 37.6). Eles são fixados em uma camada gelatinosa mais basal dentro da qual os estereocílios e cinecílios das células sensitivas estão inseridos (Fig. 37.8). O material gelatinoso consiste em grande parte em glicosaminoglicanos associados com proteína fibrosa.

Manobra de Epley

A vertigem posicional paroxística benigna é uma condição na qual uma sensação de rotação com nistagmo associado é induzida pela adoção de posição particular (com a orelha anormal para baixo). Acredita-se que cristais de carbonato de cálcio dos estatocônios sejam liberados das suas células ciliadas e, em certas posições, caiam dentro da ampola do ducto semicircular posterior, possivelmente ficando aderentes à cúpula e tornando-a sensível à gravidade. Em certas posições, o alinhamento do eixo do canal semicircular posterior com a gravidade resulta no desvio da cúpula e a ativação do reflexo vestibulocular, resultando em movimentos oculares nistagmoides compensadores em resposta a movimentos aparentes da cabeça.

O procedimento de Epley de reposicionamento dos canálitos depende da adoção de uma série de posturas do corpo destinadas a permitir que os cristais (ou canálitos) aberrantes flutuem para fora do ducto semicircular posterior e colem na parede do vestíbulo. Taxas de cura acima de 80% foram registradas, e os procedimentos superaram em grande parte os procedimentos cirúrgicos destinados a desnervar a ampola do ducto semicircular posterior (neurectomia cingular) ou obliterar completamente o canal.

Ducto e saco endolinfático

O ducto endolinfático segue no aqueduto do vestíbulo ósseo e se torna dilatado distalmente para formar o saco endolinfático. Essa é uma estrutura de tamanho variável, que pode se estender através de uma abertura na superfície posterior da parte petrosa do osso temporal para terminar entre as duas camadas da dura-máter na face posterior da parte petrosa do osso temporal próximo do seio sigmóideo (Fig. 37.3A). As células da superfície no ducto endolinfático inteiro assemelham-se àquelas que revestem as partes não especializadas do labirinto membranáceo e consistem em epitélio escamoso ou cuboide baixo. O revestimento epitelial e o tecido conjuntivo subepitelial se tornam mais complexos onde o ducto se dilata para formar o saco endolinfático. Um segmento intermediário ou rugoso e um saco distal podem ser distinguidos. No segmento intermediário, o epitélio consiste em células cilíndricas claras e escuras. As células claras são de forma regular e possuem numerosos microvilos longos na superfície com invaginações endocitóticas entre eles e grandes vesículas claras na sua região apical. Em contraste, as células escuras têm forma de cunha e possuem uma base estreita, poucos microvilos apicais e citoplasma denso fibrilar.

O saco endolinfático tem importantes papéis na manutenção da função vestibular. A endolinfa produzida em outros locais no labirinto é absorvida nessa região, principalmente pelas células claras. Dano ao saco endolinfático ou bloqueamento da sua conexão ao resto do labirinto causa acúmulo da endolinfa; isso produz hidropisia, que afeta as funções vestibular e coclear. O epitélio também é permeável a leucócitos, incluindo macrófagos que podem remover detritos celulares da endolinfa, e várias células do sistema imune que contribuem com anticorpos para esse líquido.

Um potencial elétrico positivo exclusivo existe nos espaços endolinfáticos, variando de +77 mV no ducto coclear perto da estria vascular a +44 mV no utrículo. Isso é adicional aos potenciais de repouso normais das células receptoras, de tal modo que há uma diferença de potencial muito considerável através das suas membranas, o que indubitavelmente contribui para a extrema sensibilidade à deformação mecânica dos receptores sensitivos labirínticos.

DUCTO COCLEAR

O ducto coclear é um tubo em espiral que segue dentro da cóclea óssea (Figs. 37.2A e B, 37.3). A lâmina espiral óssea se projeta por parte da distância entre o modíolo e a parede externa da cóclea e é fixada na margem interna da lâmina basilar. O endósteo da parede externa é espessado para formar um ligamento espiral que se projeta para dentro como uma crista basal triangular fixada à margem externa da lâmina basilar. Imediatamente acima disso há uma concavidade, o sulco espiral externo, acima do qual o periósteo espesso, altamente vascular, se projeta como uma proeminência em espiral. Acima da proeminência está uma camada

epitelial especializada, espessa, a estria vascular. Uma segunda membrana vestibular, mais fina, se estende do endósteo espessado sobre a lâmina espiral óssea à parede externa da cóclea, onde é fixada acima da estria. A membrana vestibular consiste em duas camadas de células epiteliais escamosas separadas por uma lâmina basal. O lado que dá face para a rampa do vestíbulo apresenta células perilinfáticas achatadas, com junções íntimas entre elas, criando uma barreira de difusão. O lado endolinfático é revestido por células epiteliais escamosas; estas também são unidas por junções íntimas e estão envolvidas em transporte iônico. O canal assim delimitado entre a rampa do tímpano e a rampa do vestíbulo é o ducto coclear (Fig. 37.2B). Ele é triangular em corte transversal em toda a extensão da cóclea. Sua extremidade superior fechada, a lagena, é afixada à cúpula. A extremidade inferior do ducto coclear vira-se medialmente, estreitando-se para o ducto de união, e se conecta com o sáculo (Fig. 37.3A).

O órgão espiral, o epitélio sensitivo da cóclea, assenta-se sobre a lâmina basal. Os ápices das células ciliadas sensitivas e as células de suporte que ela contém são unidos por junções íntimas para formar a membrana reticular. As barreiras à difusão que revestem o ducto coclear asseguram que os ápices das células ciliadas sensitivas sejam banhados por endolinfa, enquanto suas regiões laterais e basales são banhadas em perilinfa.

A estria vascular situa-se sobre a parede externa do ducto coclear, acima da proeminência espiral (Fig. 37.2B e C). Ela tem um epitélio estratificado especial que contém um plexo capilar intraepitelial denso e três tipos de células: células marginais superficiais, escuras ou cromófilas; células claras intermediárias, ou cromófobas; e células basales. A superfície endolinfática consiste apenas nos ápices das células marginais. As células intermediárias e basilares situam-se mais profundamente dentro da estria e enviam processos citoplasmáticos para a superfície, entre as partes mais profundas das células marginais. Os longos processos citoplasmáticos descendentes das células escuras marginais e os processos ascendentes das células intermediárias e basais envolvem os capilares intraepiteliais. A estria vascular está envolvida em transporte iônico, e ajuda a produzir a inusitada composição iônica da endolinfa. Ela é a fonte do grande potencial elétrico endococlear positivo, cuja manutenção é diretamente dependente da oxigenação adequada das células epiteliais que é fornecida pelo plexo capilar intraepitelial.

A lâmina espiral óssea consiste em duas lâminas de osso entre as quais há canais para filamentos do nervo coclear. Na lâmina superior, o periósteo é espessado para formar o limbo espiral (Fig. 37.2B). Ele termina externamente no sulco espiral interno, que, em corte, tem forma semelhante a um C. Sua parte superior, a margem límbica projetada pendente, é o lábio do limbo vestibular, e a parte afilada inferior é o lábio do limbo timpânico, que é perfurado por pequenos furos (a habênula perfurada) para ramos do nervo coclear. A face superior do lábio do limbo vestibular é cruzada perpendicularmente por sulcos, separados por numerosas elevações, os dentes acústicos. O limbo espiral é coberto por uma camada que parece superficialmente ser epitélio escamoso, entretanto apenas as células sobre os "dentes" são achatadas, e aquelas nos sulcos são células interdentais em forma de frasco. O epitélio é contínuo com o epitélio no sulco espiral interno e na face inferior da membrana vestibular. Durante o desenvolvimento, as células interdentais secretam algum material que forma a membrana tectória.

Lâmina basilar

A lâmina basilar se estende do lábio do limbo timpânico da lâmina espiral óssea à crista basal do ligamento espiral (Fig. 37.2B e C). Ela consiste em duas zonas. A fina zona arqueada se estende do limbo espiral às bases das células pilares externas e suporta o órgão espiral. Ela é composta de feixes compactos de pequenos (8–10 nm de diâmetro) filamentos colágenos, em orientação principalmente radial. A zona pectinada mais espessa, externa, começa embaixo das bases das células pilares externas e é fixada à crista basal. A lâmina basilar é trilaminar na zona pectinada, mas as camadas superior e inferior se fundem na sua fixação à crista basal. O comprimento da lâmina basilar é 35 mm; sua largura aumenta de 0,21 mm basalmente a 0,36 mm no seu ápice, acompanhado por estreitamento correspondente da lâmina espiral óssea e uma diminuição na espessura da crista basal. A face inferior ou timpânica da lâmina basilar é coberta por uma camada de tecido conjuntivo vascular e células perilinfáticas alongadas. Um vaso, o vaso espiral, é maior; ele está situado imediatamente abaixo do túnel espiral.

Órgão espiral

O órgão espiral consiste em uma série de estruturas epiteliais que residem sobre a zona arqueada da lâmina basilar (Fig. 37.2B e C). As mais centrais dessas estruturas são duas fileiras de células, as células pilares internas e externas. As bases das células pilares são expandidas e repousam contiguamente sobre a lâmina basilar, mas os seus corpos celulares semelhantes a bastões são largamente separados. As duas fileiras se inclinam uma para a outra e entram em contato novamente nas cabeças dos pilares, encerrando entre elas e a lâmina basilar o túnel espiral interno, que tem uma seção transversa triangular (Fig. 37.2C). Interna às células pilares interna está uma fileira única de células ciliadas internas. Externa às células pilares externas há três ou quatro fileiras de células ciliadas externas. As bases das células ciliadas externas são escavadas por células de suporte chamadas células falângicas externas (de Deiters), exceto um espaço onde axônios da cóclea fazem sinapse com elas. As extremidades apicais das células ciliadas e processos apicais das células de suporte formam um mosaico regular chamado membrana reticular, que é coberta pela membrana tectória, uma estrutura semelhante a um gel que se projeta do limbo espiral. A membrana reticular é impermeável a íons e, assim, mantém o gradiente eletroquímico entre os líquidos que circundam os ápices e as membranas basolaterais das células ciliadas sensitivas. Um espaço estreito separa a membrana tectória da membrana reticular, exceto onde os estereocílios apicais das células ciliadas externas se projetam para fazer contato com ela.

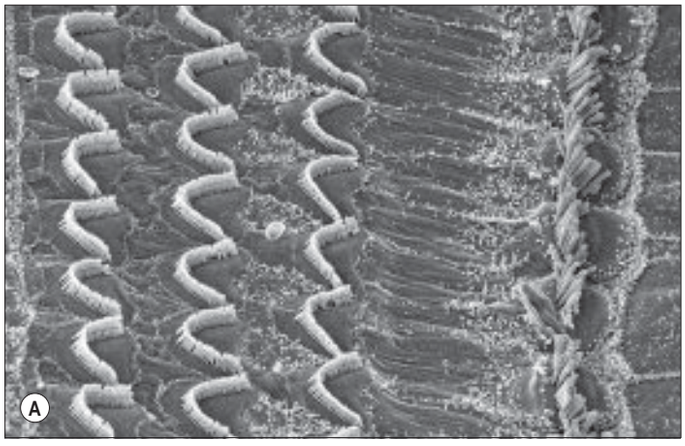
Além do túnel espiral interno, outros espaços intercomunicantes, os espaços de Nuel, rodeiam as células ciliadas externas. Esse complexo intercomunicante inteiro de espaços de Nuel e túnel espiral interno é preenchido com perilinfa, a qual se difunde através da matriz da lâmina basilar. O líquido nesses espaços é também chamado às vezes de cortilinfa; é possível que pequenas alterações na composição perilinfática ocorram dentro dela porque ela está exposta às atividades das terminações sinápticas e células excitáveis especializadas.

Cada célula pilar tem uma base ou pilar, uma haste alongada e uma extremidade superior ou cabeça (Fig. 37.2C); cada pilar e cabeça estão em contato, mas as hastes são separadas pelo túnel espiral interno. A microscopia eletrônica mostra muitos microtúbulos, de 30 nm de diâmetro, dispostos em feixes paralelos ligados de 2.000 ou mais na haste, originando-se no pilar e divergindo acima da haste para terminar na região da cabeça. O núcleo é situado na expansão em forma de pé que repousa sobre a lâmina basilar.

Há quase 6.000 células pilares internas. Suas bases repousam sobre a lâmina basilar próximo do lábio do limbo timpânico do sulco espiral interno, e seus corpos formam um ângulo de aproximadamente 60° com a lâmina basilar. Suas cabeças se assemelham à extremidade proximal da ulna, com concavidades profundas para as cabeças das células pilares externas, sobre as quais elas se projetam e pendem. Há quase 4.000 células pilares externas. Elas são mais longas e mais oblíquas que as células pilares internas, e formam um ângulo de aproximadamente 40° com a lâmina basilar. Suas cabeças se encaixam nas concavidades das cabeças das células pilares internas e se projetam externamente como finos processos que fazem contato com os processos das células de Deiters. As distâncias entre as bases das células pilares internas e externas aumentam da base da cóclea para o seu ápice, enquanto os ângulos que elas fazem com a lâmina basilar diminuem.

As células ciliadas cocleares são os transdutores sensitivos da cóclea: coletivamente, elas detectam a amplitude e a frequência das ondas sonoras que entram na cóclea. Todas as células ciliadas cocleares têm um padrão comum de organização. Elas são células alongadas com um grupo de microvilos apicais modificados ou estereocílios (os quais contêm arranjos paralelos de filamentos de actina) e um grupo de contatos sinápticos com axônios cocleares nas suas bases arredondadas (Fig. 37.10B). As células ciliadas internas formam uma fileira única ao longo da margem interna das células pilares internas (e o túnel espiral interno), enquanto as células ciliadas externas são dispostas em três ou, em algumas regiões da cóclea humana, em quatro ou mesmo cinco fileiras, entremeadas com células de suporte (Fig. 37.10A). Esses dois grupos têm papéis distintivos na recepção do som; as diferenças na sua estrutura detalhada refletem essa divergência funcional. Há 3.500 células ciliadas internas e 12.000 células ciliadas externas. Os dois conjuntos de células ciliadas inclinam-se um para o outro apicalmente com cerca dos mesmos ângulos das células pilares internas e externas vizinhas. O arranjo geométrico dessas células é muito preciso, e esse padrão é estreitamente relacionado ao desempenho sensitivo da cóclea.

As células ciliadas internas são em forma de pera e levemente curvas; a extremidade mais estreita é dirigida para a superfície do órgão espiral, e a extremidade basal mais larga é posicionada a alguma distância acima da extremidade interna da lâmina basilar (Fig. 37.2C). As células ciliadas internas são rodeadas por células limítrofes internas e células falângicas internas, as quais são fixadas externamente às cabeças das células pilares internas. A superfície apical plana de cada célula ciliada interna é elíptica quando vista de cima, seu eixo longo dirigido na direção da fileira de células ciliadas (Fig. 37.10A). A largura do ápice excede a das células pilares internas de tal modo que cada célula ciliada interna é relacionada a mais de uma célula pilar interna. O ápice apresenta 50–60 estereocílios,



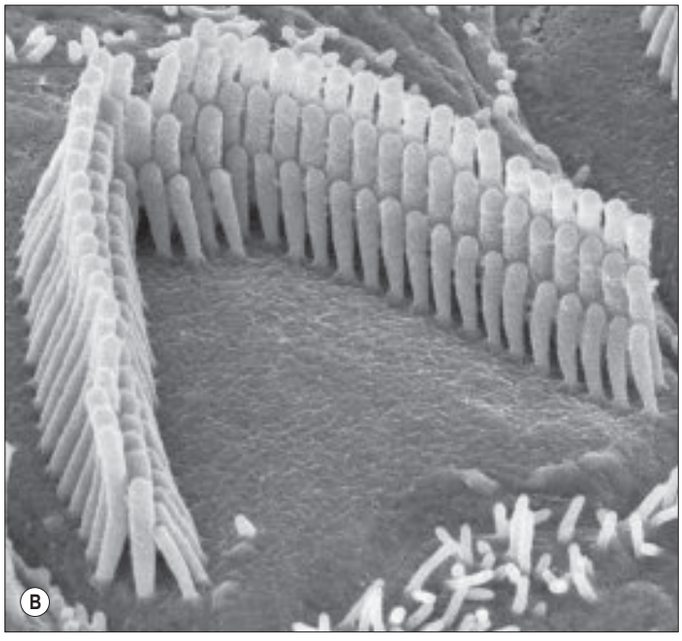


Fig. 37.10 Micrografias eletrônicas de varredura da superfície do órgão espiral (cobaia). **A,** Membrana reticular: três fileiras de feixes estereociliares em forma de V podem ser vistas protraindo dos ápices das células ciliadas externas. Elas são separadas da fileira única de células ciliadas internas (as quais têm feixes estereociliares relativamente lineares) pelos ápices das células pilares internas. **B,** Feixe estereociliar de uma célula ciliada externa mostrando três fileiras de estereocílios com alturas crescentes: deflexão dos estereocílios na direção da fileira mais alta resulta em despolarização da célula ciliada. Microvilos podem ser vistos na superfície das células de Deiters (na frente, à direita). (**A** e **B** por cortesia de DN Furness, The Institute of Science and Technology in Medicine, School of Life Sciences, Keele University.)

dispostos em várias classes de altura progressivamente ascendente, a mais alta no lado estrial. As extremidades das fileiras mais curtas são conectadas diagonalmente aos lados dos estereocílios mais altos adjacentes por finos filamentos chamados ligações das pontas; cada estereocílio também é conectado a todos os seus vizinhos por ligações laterais. O comprimento de uma fileira estereociliar varia ao longo do comprimento da cóclea, sendo o mais longo de todos no ápice e o mais curto de todos na sua base. As bases estereociliares se inserem em uma lâmina transversa de material fibrilar denso, a lâmina cuticular, que reside imediatamente embaixo da superfície apical de cada célula ciliada interna. A lâmina cuticular inclui pequena abertura contendo um corpo basal. Durante o desenvolvimento, um cinecílio contendo microtúbulos é ancorado aqui, uma condição que persiste nas células ciliadas vestibulares.

Na sua base, cada célula ciliada interna forma dez ou mais contatos sinápticos com terminações aferentes, cada uma sendo marcada por uma estrutura pré-sináptica semelhante às sinapses em fita da retina. Ocasionalmente, uma sinapse eferente faz contato direto com uma base de célula ciliada, mas estas usualmente são pré-sinápticas às expansões terminais das terminações aferentes, em vez da própria célula ciliada.

As células ciliadas externas são longas células cilíndricas quase duas vezes mais altas que as células ciliadas internas (Figs. 37.2C, 37.6, 37.10A). Há uma gradação de comprimento: a fileira mais externa é mais longa em qualquer região coclear, e aquelas do ápice da cóclea são mais altas que

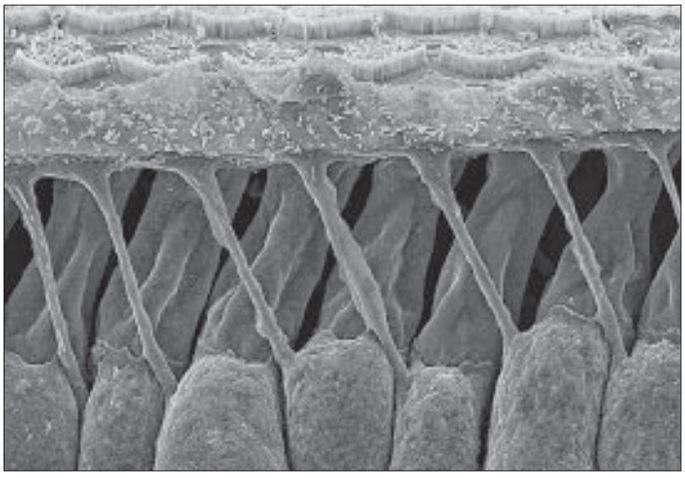


Fig. 37.11 Micrografia eletrônica de varredura de uma porção do órgão espiral (cobaia) dissecada para expor a fileira externa de células ciliadas externas e suas células de Deiters acompanhantes com estreitos processos falângicos. Os feixes estereociliares de duas fileiras de células ciliadas externas são visíveis acima da membrana reticular. (Por cortesia de DN Furness, The Institute of Science and Technology in Medicine, School of Life Sciences, Keele University.)

as da base. Elas são rodeadas pelos processos apicais ou falângicos das células de Deiters ou, no lado interno da fileira interna, pelas cabeças das células pilares externas. Os estereocílios, que podem ser em número de até 100 por célula, são dispostos em três fileiras de alturas graduadas; a mais longa é no lado externo. As fileiras são dispostas na forma de um V ou W, dependendo da região da cóclea, as pontas dos ângulos dirigidas externamente. Os estereocílios também são graduados em comprimento de acordo com a região da cóclea: os da base da cóclea são os mais curtos. Como os das células ciliadas internas, os estereocílios possuem ligações de pontas e outras conexões filamentosas com seus vizinhos, e são inseridos nas suas bases estreitas em uma lâmina cuticular. Os estereocílios mais altos estão embutidos em impressões superficiais no lado inferior da membrana tectória.

O núcleo arredondado é posicionado próximo da base da célula. Abaixo do núcleo há algumas sinapses semelhantes a fitas associadas com terminações aferentes do nervo coclear. As últimas são em menor número e menores do que a aglomeração de botões eferentes que fazem contato com a base da célula. O neurotransmissor na sinapse aferente nas células ciliadas internas e externas é o glutamato, enquanto o das terminações eferentes é a acetilcolina, embora outros neurotransmissores ou neuromoduladores tenham sido demonstrados.

As células ciliadas cocleares respondem com fenomenal velocidade e sensibilidade às vibrações sonoras que causam deflexões submicrônicas dos seus feixes de cílios estereociliares. As células ciliadas externas não apenas detectam essas vibrações, mas também geram força para aumentar a sensibilidade auditiva e a discriminação de frequência (ver Fettiplace e Hackney, 2006, para detalhes adicionais acerca das funções sensitivas e motoras das células ciliadas auditivas).

As células de Deiters ou falângicas situam-se entre as fileiras de células ciliadas externas. Suas bases expandidas localizam-se sobre a lâmina basilar, e suas extremidades apicais envolvem parcialmente as bases das células ciliadas externas (Figs. 37.2C e 37.11). Cada uma tem um processo digitiforme (falângico) que se estende diagonalmente para cima entre as células ciliadas para a membrana reticular, onde ele forma uma expansão semelhante a uma lâmina que enche os espaços entre os ápices das células ciliadas.

Cinco ou seis fileiras de células de suporte colunares ou células limitantes externas, como as células de Hensen e as células de Claudius, situam-se externas às células de Deiters (Fig. 37.2C).

Os ápices das células ciliadas e células de suporte que formam a membrana reticular são ligados por junções íntimas, desmossomos e extensas junções de espaço que as acoplam eletricamente. Esse arranjo é importante por duas razões. A membrana reticular cria uma barreira altamente impermeável à passagem de íons por outra via que não os canais mecanotransdutores nas membranas estereociliares. Ele também forma um suporte rígido entre os ápices das células ciliadas, acoplando-os mecanicamente aos movimentos da lâmina basilar subjacente, o que causa movimentos tangenciais laterais entre os estereocílios e a membrana tectória sobrejacente. Se houver perda de células ciliadas como resultado de trauma, como ruído excessivo ou drogas ototóxicas, as células de suporte se expandem rapidamente para preencher o espaço, perturbando o padrão regular da membrana reticular (cicatrizes falângicas), mas restaurando sua função.

Membrana tectória

A membrana tectória localiza-se sobre o sulco espiral interno e órgão espiral, e é uma lâmina gelatinosa rígida (Fig. 37.2B e C). Ela contém colágeno tipos II, V e IX, entremeados com glicoproteínas (tectorinas), as quais contribuem com aproximadamente a metade da proteína total.

Em corte transversal, a membrana tectória tem forma característica. A face inferior é aproximadamente plana, e a face superior é convexa, sendo fina no lado modiolar onde é fixada ao lábio do limbo vestibular do limbo espiral. Sua parte externa forma uma crista espessada, projetando-se pendente pela margem da membrana reticular. A face inferior é relativamente lisa, exceto onde os estereocílios das células ciliadas externas estão inclusos na membrana, deixando um padrão de impressões em forma de W ou V, uma crista em forma de S chamada listra de Hensen que se projeta na direção dos estereocílios das células ciliadas internas. Admite-se que as células interdentais do limbo espiral secretem a membrana.

SUPRIMENTO VASCULAR

ARTÉRIAS

A orelha interna é suprida principalmente pela artéria do labirinto. O ramo estilomastóideo da artéria occipital ou a artéria auricular posterior também suprem os canais semicirculares.

Artéria do labirinto

A artéria do labirinto origina-se da artéria basilar ou, às vezes, da artéria cerebelar inferior anterior. Ela se divide no fundo do meato acústico interno em ramos coclear e vestibular. O ramo coclear se divide em 12–14 ramúsculos, os quais atravessam os canais no modíolo e são distribuídos como um plexo capilar à lâmina espiral, lâmina basilar, estria vascular e outras estruturas da cóclea. Ramos arteriais vestibulares suprem utrículo, sáculo e ductos semicirculares.

VEIAS

As veias que drenam o vestíbulo e canais semicirculares acompanham as artérias. Elas recebem as veias cocleares na base do modíolo e formam a veia do labirinto, que termina na parte posterior do seio petroso superior ou no seio transverso. Um pequeno vaso a partir da volta basal da cóclea atravessa o canalículo coclear para se unir à veia jugular interna.

Para detalhes da microvasculatura da cóclea do homem e outros mamíferos, ver Axelsson (1988).

INERVAÇÃO

NERVO VESTIBULOCOCLEAR

O nervo vestibulococlear emerge do ângulo pontocerebelar (Fig. 19.3). Ele segue através da fossa posterior do crânio para entrar na parte petrosa do osso temporal pelo meato acústico interno, onde se divide em um tronco anterior, o nervo coclear, e um tronco posterior, o nervo vestibular (Figs. 27.8, 37.12A). Ambos contêm os axônios centralmente dirigidos de neurônios bipolares, juntamente com um número menor de fibras eferentes que se originam de neurônios do tronco encefálico e terminam em células sensitivas cocleares e vestibulares. Nos humanos, a porção intratemporal do nervo vestibulococlear consiste em duas porções histologicamente distintas: uma zona glial central adjacente ao tronco encefálico e uma zona periférica ou não glial (Bridger e Farkashidy, 1980). Na zona glial, os axônios são suportados por neuróglia central, enquanto na zona não glial eles são embainhados por células de Schwann. A zona não glial estende-se adentro do ângulo pontocerebelar, medial ao meato acústico interno em mais de 50% dos nervos vestibulococleares humanos. Durante o desenvolvimento, um espaço de várias semanas foi descrito entre o início da mielinização pelas células de Schwann distalmente e a mielinização glial proximalmente: foi sugerido que o espaço pode coincidir com a época da maturação final do órgão espiral (para detalhes adicionais acerca do nervo coclear humano, ver Ray et al., 2005).

Na prática otológica, é importante distinguir entre lesões intratemporais e intracranianas. Entretanto, essa distinção cirúrgica não se correlaciona com a descrição anatômica precisa das porções periférica e central dos sistemas auditivo e vestibular. Clinicamente, o termo "lesão auditiva periférica" é usado para descrever lesões periféricas ao gânglio espiral, e o termo "distúrbio vestibular periférico" inclui lesões do gânglio vestibular e do nervo vestibular inteiro.

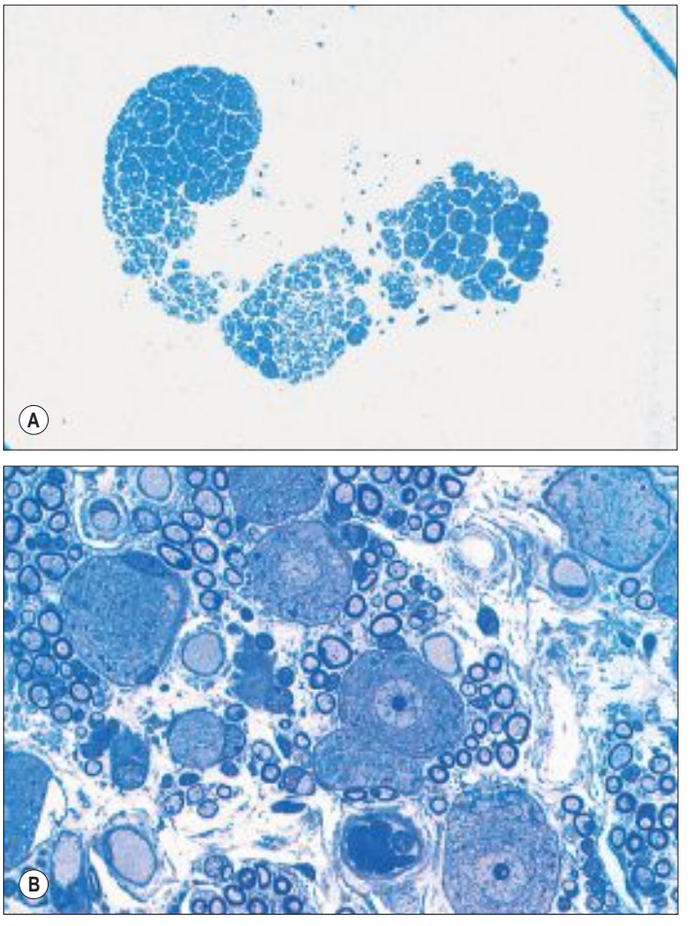


Fig. 37.12 Nervo vestibulococlear (humano). **A,** Corte transverso. O nervo coclear (perfil em forma de vírgula à esquerda) se encontra com a parte inferior do nervo vestibular (direita). O nervo ampular posterior é um fascículo separado entre as partes superior e inferior do nervo vestibular. **B,** Uma porção de um gânglio vestibular, mostrando pericários neuronais, axônios mielinizados e pequenos vasos sanguíneos. (Cortes em resina corados com azul de toluidina por cortesia de H. Felix, M. Gleeson e L.-G. Johnsson, ENT Department, University of Zurich and School of Medicine, King's College, London.)

Nervo vestibular

Os corpos celulares dos neurônios bipolares que contribuem para o nervo vestibular residem no gânglio vestibular, o qual é situado no tronco do nervo dentro do extremo lateral do meato acústico interno (Fig. 37.12B). Seus processos periféricos inervam as máculas do utrículo e sáculo e as cristas ampulares dos canais semicirculares (ver adiante). Seus axônios viajam para o SNC no nervo vestibular, o qual entra no tronco encefálico no ângulo pontocerebelar e termina no complexo nuclear vestibular. Os neurônios nesse complexo se projetam para núcleos motores no tronco encefálico, região superior da medula espinal superior, e ao cerebelo e tálamo. Projeções eferentes talâmicas passam para uma área vestibular cortical que provavelmente é localizada perto do sulco intraparietal na área 2 do córtex somatossensitivo primário.

Gânglio vestibular

Os corpos celulares dos neurônios no gânglio vestibular variam consideravelmente em tamanho: suas circunferências variam de 45 a 160 µm (Felix et al., 1987). Nenhuma distribuição topograficamente ordenada relacionada ao tamanho foi encontrada. Os corpos celulares são notáveis pelo seu abundante retículo endoplasmático granuloso, o qual em certos lugares forma corpos de Nissl, e complexos de Golgi proeminentes. Eles são cobertos por uma fina camada de células satélites e frequentemente dispostos aos pares, fazendo contato estreito uns com os outros de tal modo que apenas uma fina camada de endonêurio separa as coberturas adjacentes de células satélites. Esse arranjo levou à especulação de que as células ganglionares possam afetar umas às outras diretamente por alastramento eletrotônico (transmissão efáptica: ver Felix et al., 1987).

Dois componentes simpáticos distintos foram identificados no gânglio vestibular: um sistema adrenérgico perivascular derivado do gânglio estrelado e um sistema independente dos vasos sanguíneos derivado do gânglio cervical superior.

Nervo vestibular intratemporal

Os processos periféricos das células do gânglio vestibular estão agregados em nervos definíveis, cada um com uma distribuição específica. O nervo principal se divide no gânglio e, dentro dele, nas partes superior e inferior, as quais são conectadas por um istmo. A parte superior, a maior das duas, passa através dos pequenos furos na área vestibular superior no fundo do meato acústico interno (Fig. 37.4) e supre as cristas ampulares dos canais semicirculares lateral e anterior por meio dos nervos ampulares lateral e anterior, respectivamente. Um ramo secundário do nervo ampular lateral supre a mácula do utrículo; entretanto, a maior parte da mácula do utrículo é inervada pelo nervo utricular, que é um ramo separado da parte superior. Outro ramo da parte superior, o nervo de Voit, supre parte do sáculo.

A parte inferior do nervo vestibular passa através de pequenos furos na área vestibular inferior (Fig. 37.4) para suprir o resto do sáculo e a crista ampular posterior por meio dos nervos sacular e ampular posterior, respectivamente; o último passa através do forame singular. Ocasionalmente, um ramo suplementar muito pequeno ou acessório inerva a crista posterior; provavelmente, é um resto vestigial da crista neglecta, uma área adicional de epitélio sensitivo encontrada em alguns mamíferos mas raramente no homem.

Fibras cocleares aferentes e eferentes também estão presentes na parte inferior do nervo vestibular, mas saem na anastomose de Oort para se unir ao nervo coclear principal (ver revisão por Warr, 1992). Outra anastomose, a anastomose vestibulofacial, é situada mais centralmente entre os nervos facial e vestibular, e é o ponto no qual fibras originadas no nervo intermédio passam do nervo vestibular para o tronco principal do nervo facial.

Existem aproximadamente 20.000 fibras no nervo vestibular, das quais 12.000 viajam na parte superior e 8.000 seguem na parte inferior. A distribuição dos diâmetros das fibras é bimodal, com picos em 4 µm e 6,5 µm. As menores fibras vão principalmente para as células ciliadas tipo II, e as maiores fibras tendem a suprir células ciliadas tipo I. Além das aferentes, foram identificadas fibras eferentes e autonômicas. As fibras eferentes fazem sinapse exclusivamente com os terminais caliciais em torno das células tipo I e usualmente com os botões aferentes sobre as células tipo II, embora algumas estejam em contato direto com os corpos celulares das células tipo II. As fibras autonômicas não fazem contato com células sensitivas vestibulares, mas terminam embaixo dos epitélios sensitivos.

Anatomia do equilíbrio e postura

Os labirintos vestibulares em cada lado da cabeça estão dispostos simetricamente um em relação ao outro. As vias sensitivas vestibulares ocupam-se com a percepção da posição da cabeça no espaço e do movimento da cabeça; elas também estabelecem importantes conexões para movimentos reflexos que governam o equilíbrio do corpo e a fixidez da mirada.

O sistema vestibular consiste em dois órgãos otolíticos, o utrículo e o sáculo, e três ductos semicirculares. Os órgãos otolíticos detectam aceleração linear devida a tração gravitacional (aceleração gravitoinercial) e a direção de outras acelerações lineares, como os movimentos da cabeça para cima e para baixo que ocorrem durante a corrida. Eles também respondem quando a cabeça é inclinada em relação à gravidade, os chamados movimentos de inclinação longitudinal (inclinação para a frente e para trás) e de rolagem (inclinação de lado para lado). Os ductos semicirculares detectam acelerações angulares que resultam de rotações da cabeça ou do corpo.

Os estereocílios nos feixes ciliares apicais das células ciliadas mecanossensíveis em cada um desses órgãos estão embutidos em uma estrutura acessória semelhante a um gel sobrejacente, a membrana dos estatocônios (no utrículo e no sáculo) e a cúpula (nos ductos semicirculares). Suas superfícies apicais são banhadas em endolinfa: complexos juncionais íntimos entre os ápices das células ciliadas e suas células de suporte adjacentes separam a endolinfa da perilinfa que banha suas superfícies basolaterais. A deflexão dos estereocílios (causada por desvios das suas membranas acessórias sobrejacentes pelos movimentos líquidos no labirinto membranáceo) produz uma frequência aumentada ou diminuída de abertura dos canais de mecanotransdução nas suas extremidades, dependendo de serem defletidos na direção ou afastando-se da fileira mais alta, respectivamente. A alteração no potencial de membrana da célula receptora é sinalizada para o cérebro como uma alteração na frequência de descarga dos aferentes do nervo vestibular (um aumento ou uma diminuição da descarga basal em repouso, dependendo da direção de estimulação). Os sinais são comparados centralmente com sinais visuais e somatossensitivos, os quais também sinalizam a posição da cabeça no espaço (Furness, 2002).

Ductos semicirculares

Aceleração e desaceleração angular da cabeça causam um contrafluxo de endolinfa nos ductos semicirculares, o que deflete a cúpula de cada crista e faz se curvarem os feixes de estereocílios/cinecílios. Quando uma velocidade constante de movimento da cabeça é atingida, a endolinfa rapidamente adota a mesma velocidade que as estruturas circundantes por causa do atrito com as paredes dos canais, de modo que a cúpula e as células receptoras retornam ao seu estado de repouso. Os três ductos semicirculares são orientados perpendicularmente um ao outro, o que significa que

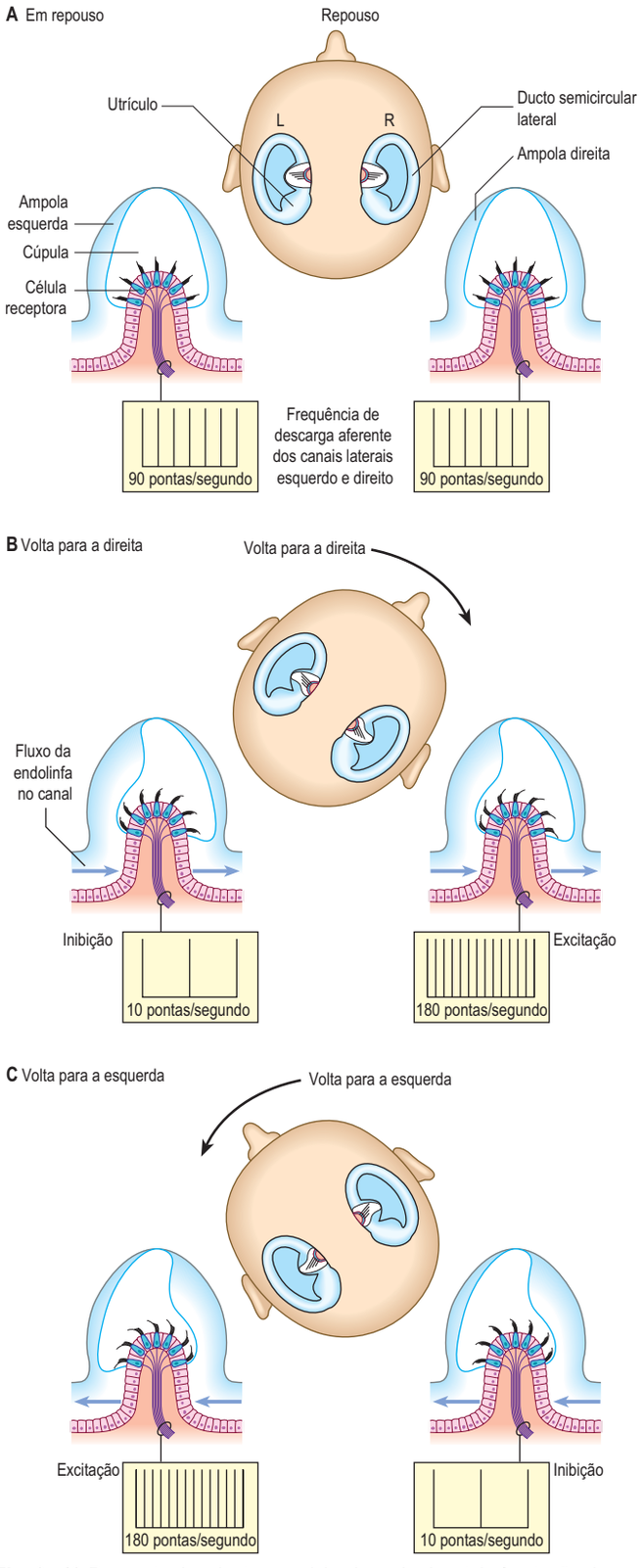


Fig. 37.13 Resposta dos ductos semicirculares horizontais à rotação da cabeça no plano horizontal. As frequências de descarga dos aferentes dos ductos horizontais esquerdo e direito são equivalentes em repouso (**A**). Entretanto, quando a cabeça é virada para a direita (**B**) ou para a esquerda (**C**), despolarização dos receptores e excitação das fibras aferentes ocorrem no lado para o qual a cabeça se volta; há inibição no lado contralateral.

todas as direções possíveis de aceleração podem ser detectadas. A sensibilidade direcional ao movimento da cabeça é codificada pelos sinais dos receptores opostos: os ductos semicirculares esquerdo e direito de cada par funcional (p. ex., os ductos superiores esquerdo e direito) respondem de modo oposto a qualquer movimento da cabeça que os afete (Fig. 37.13). Alguns neurônios vestibulares recebem um *input* bilateral a partir de receptores vestibulares, o que significa que eles são capazes de comparar as frequências de descarga dos aferentes dos ductos direito e esquerdo, um mecanismo que aumenta a sensibilidade do sistema.

Máculas

Nas máculas, o peso dos estatocônios cria uma tração gravitacional sobre a membrana dos estatocônios e, assim, sobre os feixes estereociliares das células sensitivas que estão inseridas na sua base. Em virtude disso, elas são capazes de detectar a orientação estática da cabeça em relação à gravidade. Elas também detectam desvios em posição de acordo com a extensão à qual os estereocílios são defletidos da perpendicular. As duas máculas estão dispostas em ângulo reto uma com a outra, e as células de ambas as máculas são orientadas funcionalmente em direções opostas através dos seus limites estriolares. Movimento causa despolarização das células ciliadas em um lado da estríola e hiperpolarização das células no outro lado; como a estríola é curva, pequenos grupos de células ciliadas no epitélio macular em cada uma respondem a uma direção específica de inclinação da cabeça ou aceleração linear (Fig. 37.14). Além disso, uma vez que os estatocônios possuem inércia/momento coletivo, aceleração e desaceleração linear ao longo do eixo anteroposterior podem ser detectadas pelo atraso ou ultrapassagem da membrana dos estatocônios em relação à superfície epitelial, e assim a mácula do sáculo é capaz de sinalizar essas alterações de velocidade.

Os receptores maculares também podem ser estimulados por som de baixa frequência que estabelece movimentos vibratórios na membrana dos estatocônios, embora isso pareça exigir níveis relativamente altos de som. Sinapses eferentes nas terminações aferentes das células sensitivas tipo I e nas bases das células tipo II recebem *inputs* a partir do tronco encefálico que parecem ser inibitórios. Eles servem para reduzir a atividade das fibras aferentes indiretamente, no caso das células tipo I, ou diretamente, nas células tipo II.

Reflexos visuais

O sistema vestibular desempenha um papel importante no controle dos reflexos visuais, os quais permitem a fixação da mirada sobre um objeto, apesar de movimentos da cabeça, e exigem os movimentos coordenados do olho, pescoço e região superior do tronco. Ajustes constantes dos eixos visuais são obtidos principalmente através do fascículo longitudinal medial, que conecta o complexo nuclear vestibular com neurônios nos núcleos oculomotores, trocleares e abducentes, e com neurônios motores espinais superiores (Figs. 37.15, 39.12) e também pelos tratos vestibulospinais.

Atividade anormal do *input* vestibular ou conexões centrais tem vários efeitos sobre esses reflexos, por exemplo, a produção de nistagmo. Este pode ser provocado pelo teste calórico, um teste clínico da função vestibular, ao irrigar com seringa o meato acústico externo com água acima ou abaixo da temperatura corporal, um procedimento que parece estimular diretamente as cristas do ducto semicircular lateral. Alta atividade espontânea nas fibras aferentes do nervo vestibular é vista na doença de Ménière, na qual aqueles afetados experimentam uma variedade de perturbações incluindo a sensação de tonteira e náusea, a última refletindo o *input* vestibular para a via reflexa vagal.

Nervo coclear

Nervo coclear infratemporal

O nervo coclear conecta o órgão espiral aos núcleos cocleares e núcleos correlatos do tronco encefálico. O nervo coclear situa-se inferior ao nervo

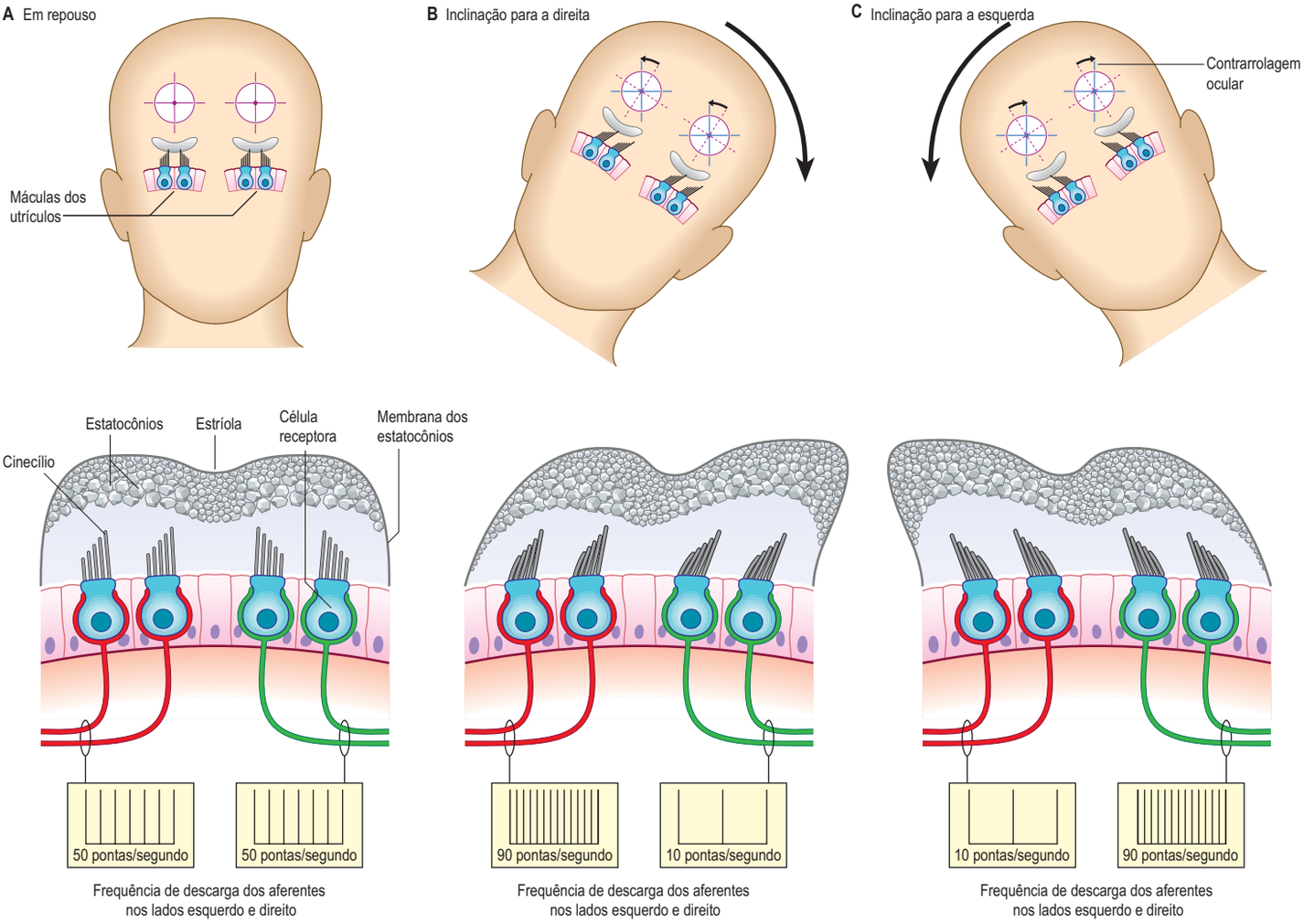


Fig. 37.14 A inclinação da cabeça é codificada por um mapa macular do espaço direcional. Esses diagramas representam as respostas das máculas dos utrículos à inclinação da cabeça. As frequências de descarga nos aferentes vestibulares que inervam receptores em cada lado da estríola (linhas vermelhas e azuis) são equivalentes quando a cabeça está ereta (**A**). Quando a cabeça é inclinada para a direita (**B**) ou para a esquerda (**C**), os estereocílios são defletidos pelos estatocônios desviados: células ciliadas no lado para cima da inclinação da estríola aumentam sua frequência de descarga, enquanto aquelas na inclinação para baixo diminuem sua frequência de descarga.

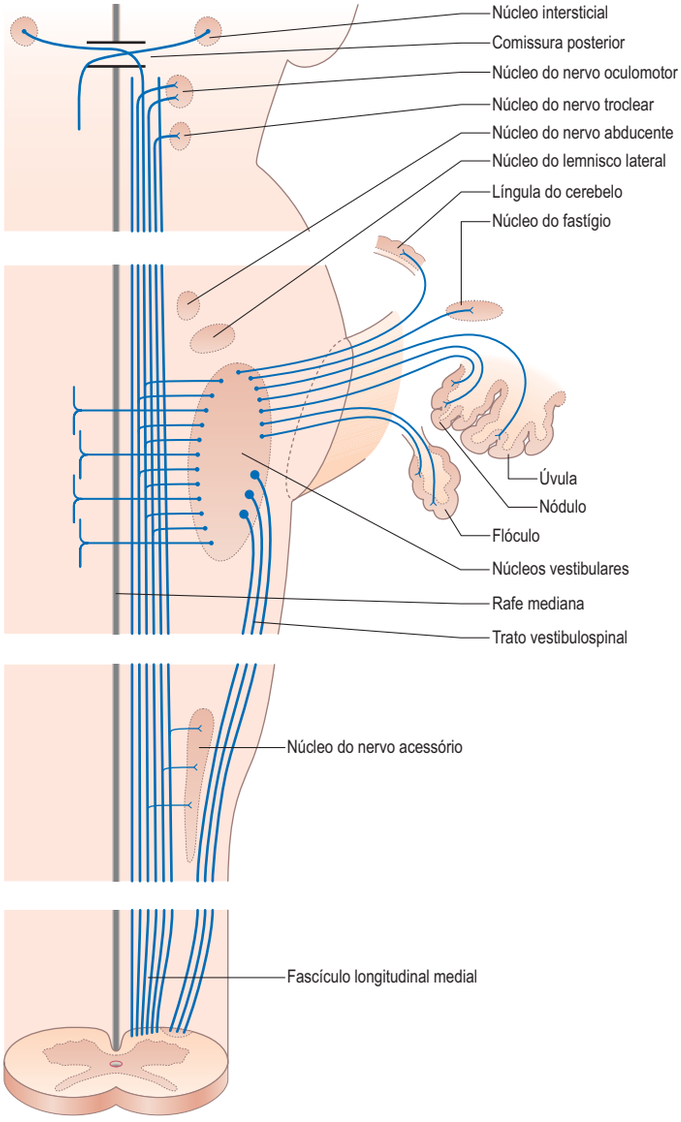


Fig. 37.15 Algumas das fibras componentes do fascículo longitudinal medial.

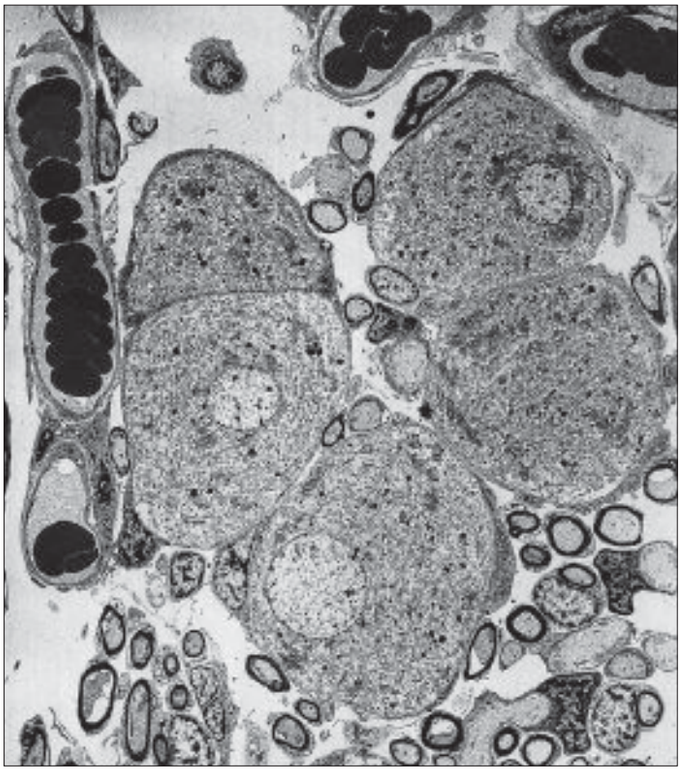


Fig. 37.16 Micrografia eletrônica mostrando várias células ganglionares tipo II e fibras nervosas em um gânglio espiral humano. Observar a ausência de mielina das bainhas circundantes das células ganglionares. (Por cortesia de H Felix, M Gleeson e L.-G. Johnsson, ENT Department, University of Zurich and GKT School of Medicine, London.)

facial através de todo o meato acústico interno (ver anteriormente). Ele se torna intimamente associado com as partes superior e inferior do nervo vestibular, as quais estão situadas no compartimento posterior do canal, e sai do meato acústico interno em um fascículo comum (Fig. 37.12A).

Há aproximadamente 30–40.000 fibras nervosas no nervo coclear humano (Nadol, 1988). Sua distribuição dos diâmetros de fibras é unimodal, e varia de 1 a 11 µm, com um pico em 4–5 µm. Funcionalmente, o nervo contém fibras somáticas aferentes e eferentes, junto com fibras simpáticas pós-ganglionares adrenérgicas a partir do sistema simpático cervical.

Inervação aferente coclear

As fibras aferentes são axônios mielinizados com corpos celulares bipolares que se situam no gânglio espiral no modíolo (Figs. 37.2B, 37.16). Há dois tipos de célula ganglionar: a maioria (90–95%) são grandes células tipo I; as restantes são células menores tipo II (Nadol, 1988; Eybalin, 1993). As células tipo I contêm núcleo esférico proeminente, ribossomos abundantes e muitas mitocôndrias; em muitos mamíferos (embora possivelmente não em humanos) elas são rodeadas por bainhas de mielina. Em contraste, as células tipo II são menores, sempre mielinizadas, e possuem núcleo lobulado. O citoplasma das células tipo II é enriquecido com neurofilamentos, mas tem menos mitocôndrias e ribossomos do que as células tipo I.

Cada célula ciliada interna está em contato sináptico com os processos periféricos não ramificados de aproximadamente 10 células ganglionares tipo I. Os processos periféricos e centrais das células ganglionares tipo I são relativamente grandes em diâmetro e mielinizados, enquanto aqueles do tipo II são menores e não mielinizados. Os processos periféricos de ambos os tipos de célula irradiam do modíolo para a lâmina espiral óssea, onde os axônios tipo I perdem sua bainha de mielina antes de entrarem no órgão espiral através da habênula perfurada..

Três grupamentos distintos de fibras aferentes foram identificados: fibras radiais internas, basilares e espirais externas (Fig. 37.17).

Fibras radiais internas O grupo das fibras radiais internas consiste na maioria das fibras aferentes. Elas seguem diretamente em uma direção radial para as células ciliadas internas, cada uma das quais recebe terminações de várias dessas fibras.

Fibras basilares As fibras basilares são aferentes das células ciliadas externas e tomam um curso espiral independente, seguindo na direção do ápice da cóclea perto das bases das células ciliadas internas. Elas seguem por uma distância de cerca de cinco células pilares antes de virarem radialmente outra vez e cruzarem o soalho do túnel espiral interno, muitas vezes diagonalmente, para formar parte do feixe espiral externo.

Feixes espirais externos As fibras aferentes dos feixes do grupo espiral externo seguem na direção da base da cóclea, continuamente se ramificando no caminho para suprir várias células ciliadas externas. Os feixes espirais externos também contêm fibras eferentes (ver adiante).

Fibras cocleares eferentes

As fibras nervosas eferentes no nervo coclear são derivadas do sistema olivococlear (Warr, 1992; Guinan, 1996). Dentro do modíolo, as fibras eferentes formam o feixe espiral intraganglionar, que pode ser um ou grupos individualizados de fibras situadas na periferia do gânglio espiral (Fig. 37.17). Há dois grupos principais de eferentes olivococleares: lateral e medial. Os eferentes laterais vêm de pequenos neurônios dentro e na proximidade do núcleo olivar superior lateral e se originam principalmente, mas não exclusivamente, ipsilateralmente. Eles são organizados em fibras espirais internas que seguem no feixe espiral interno antes de terminarem nos axônios aferentes que suprem as células ciliadas internas. Os eferentes mediais originam-se de neurônios maiores na vizinhança do núcleo olivar superior medial, e a maioria se origina contralateralmente. Elas são mielinizadas e cruzam o túnel espiral interno para fazer sinapse com as células ciliadas externas, principalmente pelo contato direto com suas bases, embora algumas façam sinapse com os terminais aferentes. A inervação eferente das células ciliadas externas diminui ao longo do órgão

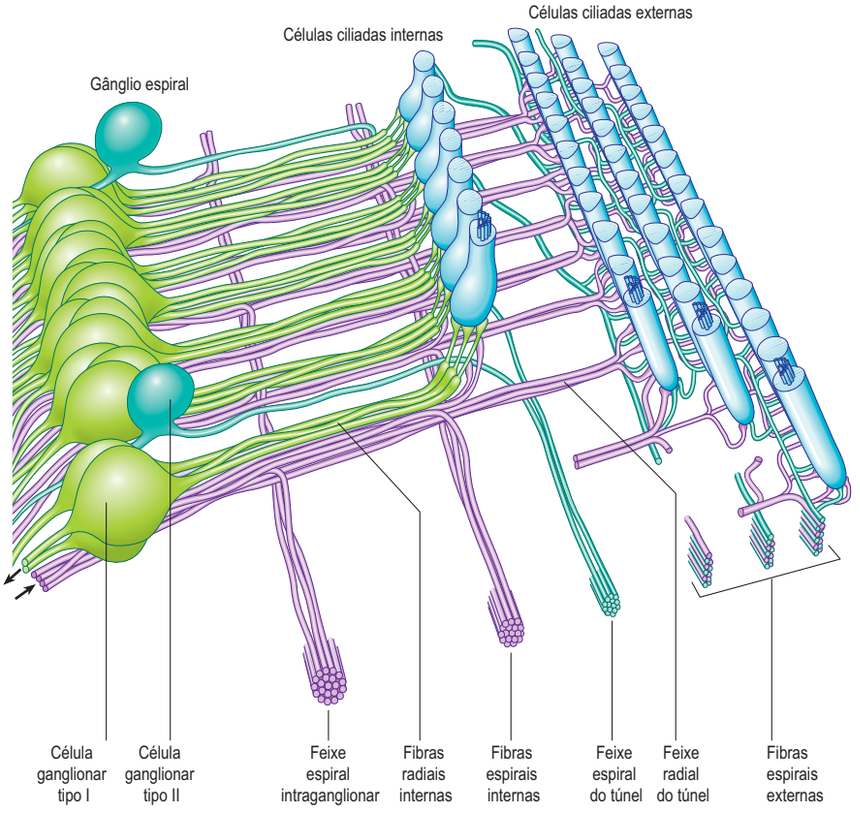


Fig. 37.17 Vista simplificada da inervação do órgão espiral (ver o texto para detalhes adicionais). Há grande contraste entre a inervação aferente convergente das células ciliadas internas (aproximadamente 10 fibras para cada célula) e o suprimento divergente das células ciliadas externas (uma fibra aferente para 10 células).

espiral desde a base para o ápice da cóclea e da primeira fileira (interna) para a terceira. Os eferentes usam acetilcolina, ácido γ-aminobutírico (GABA) ou ambos como seu neurotransmissor. Eles também podem conter outros neurotransmissores e neuromoduladores.

A atividade dos eferentes mediais inibe respostas cocleares ao som: a força da atividade cresce lentamente com o aumento do nível sonoro. Acredita-se que eles modulem a micromecânica da cóclea alterando as respostas mecânicas das células ciliadas externas, assim mudando sua contribuição para a seletividade e sensibilidade às frequências. Os eferentes laterais relacionados às células ciliadas internas também respondem ao som. Eles parecem modificar a transmissão através da sua ação pós-sináptica sobre aferentes das células ciliadas internas. As fibras colinérgicas podem excitar as fibras radiais, enquanto as que contêm GABA podem inibi-las, embora o seu papel seja menos bem compreendido que o dos eferentes mediais (Guinan, 1996).

Inervação coclear autonômica

As terminações nervosas autonômicas parecem ser inteiramente simpáticas. Dois sistemas adrenérgicos foram descritos dentro da cóclea: um plexo perivascular derivado do gânglio estrelado e um sistema independente dos vasos sanguíneos, derivado do gânglio cervical superior. Ambos os sistemas seguem com as fibras cocleares aferentes e eferentes, e parecem ser restritas a regiões longe do órgão espiral. O sistema nervoso simpático pode causar efeitos primários e secundários na cóclea alterando à distância o metabolismo de vários tipos de células e influenciando os vasos sanguíneos e fibras nervosas com os quais ele faz contato.

Anatomia da audição

As ondas sonoras que entram na orelha externa são convertidas em sinais elétricos no nervo coclear pelo sistema auditivo periférico (Fig. 37.18). Os axônios no nervo coclear constituem o componente auditivo do nervo vestibulococlear e terminam nos núcleos cocleares posteriores e anteriores: as conexões para a frente constituem a via auditiva ascendente (central).

Sistema auditivo periférico

Vibrações na coluna de ar no meato acústico externo causam um conjunto comparável de vibrações na membrana timpânica e ossículos da audição. A cadeia de ossículos atua como uma alavanca que aumenta a força por unidade de área na janela da cóclea 1,2 vez enquanto a redução no tamanho da janela da cóclea em comparação com a membrana timpânica aumenta a força por unidade de área da superfície em oscilação mais 17 vezes. Isso supera a inércia dos líquidos cocleares e produz neles ondas de pressão que são conduzidas quase instantaneamente a todas as partes da lâmina basilar. A última varia continuamente em largura, massa e rigidez desde a extremidade da base até o ápice da cóclea. Cada parte da lâmina basilar vibra, mas só a região afinada a uma frequência específica responderá maximamente a um tom puro entrando na orelha. Uma onda de movimento mecânico, a onda viajante, é propagada ao longo da lâmina basilar para a posição onde ela responde maximamente e em seguida extingue-se. Com o aumento da frequência, o *locus* de amplitude máxima se move progressivamente do extremo do ápice para a base da cóclea. O padrão de vibrações na lâmina basilar, assim, varia com a intensidade e a frequência das ondas acústicas que atingem a perilinfa. Em virtude da disposição das células ciliadas sobre a lâmina basilar, essas oscilações geram uma força predominantemente tangencial transversa entre as células ciliadas externas e a membrana tectória sobrejacente (na qual os ápices dos estereocílios das células ciliadas estão inclusos). Esse movimento depende das propriedades mecânicas do órgão espiral inteiro, incluindo seu citoesqueleto, que enrijece essa estrutura. Os estereocílios das células ciliadas internas, os quais provavelmente não tocam a membrana tectória embora cheguem muito próximo dela, provavelmente são estimulados por movimentos locais da endolinfa. O desvio do feixe estereociliar de uma célula ciliada ativa canais iônicos de transdução mecanoelétrica (TEM) próximo das extremidades dos seus estereocílios, e isso permite que íons potássio e cálcio a partir da endolinfa entrem na célula ciliada (ver vistas gerais por Fettiplace, 2002; Fettiplace e Hackney, 2006). Isso induz um potencial receptor despolarizante e a liberação de neurotransmissor por sobre os aferentes cocleares na base da célula. Dessa maneira, um grupo específico de axônios auditivos é ativado na posição de vibração máxima da lâmina basilar.

O comportamento mecânico da lâmina basilar é responsável por uma discriminação bastante ampla entre diferentes frequências (afinação passiva, ver vista geral por Ashmore, 2002), mas discriminação fina de frequência na cóclea parece ser relacionada a diferenças fisiológicas entre as células ciliadas. Afinação individual das células ciliadas pode resultar de diferenças em forma, comprimento estereociliar ou, possivelmente, variações na composição molecular das membranas sensitivas, e pode ter um papel na amplificação coclear (afinação ativa).

A atividade das células ciliadas externas parece desempenhar um papel importante na regulação da sensibilidade das células ciliadas internas a frequências específicas. As células ciliadas externas podem alterar seu comprimento quando estimuladas eletricamente a frequências de muitos milhares de ciclos por segundo. A rapidez dessas alterações em comprimento indica um novo tipo de mecanismo de motilidade, que é considerado dependente de alterações conformacionais em proteínas localizadas na membrana plasmática das células (Fettiplace e Hackney, 2006) (Fig. 37.19). Quando o potencial de membrana das células ciliadas externas se altera, elas geram forças ao longo dos seus eixos. Quando os canais de transdução mecanoelétrica se abrem, admite-se que eles se opõem às forças viscosas que tendem a amortecer a vibração da partição coclear e ajustam

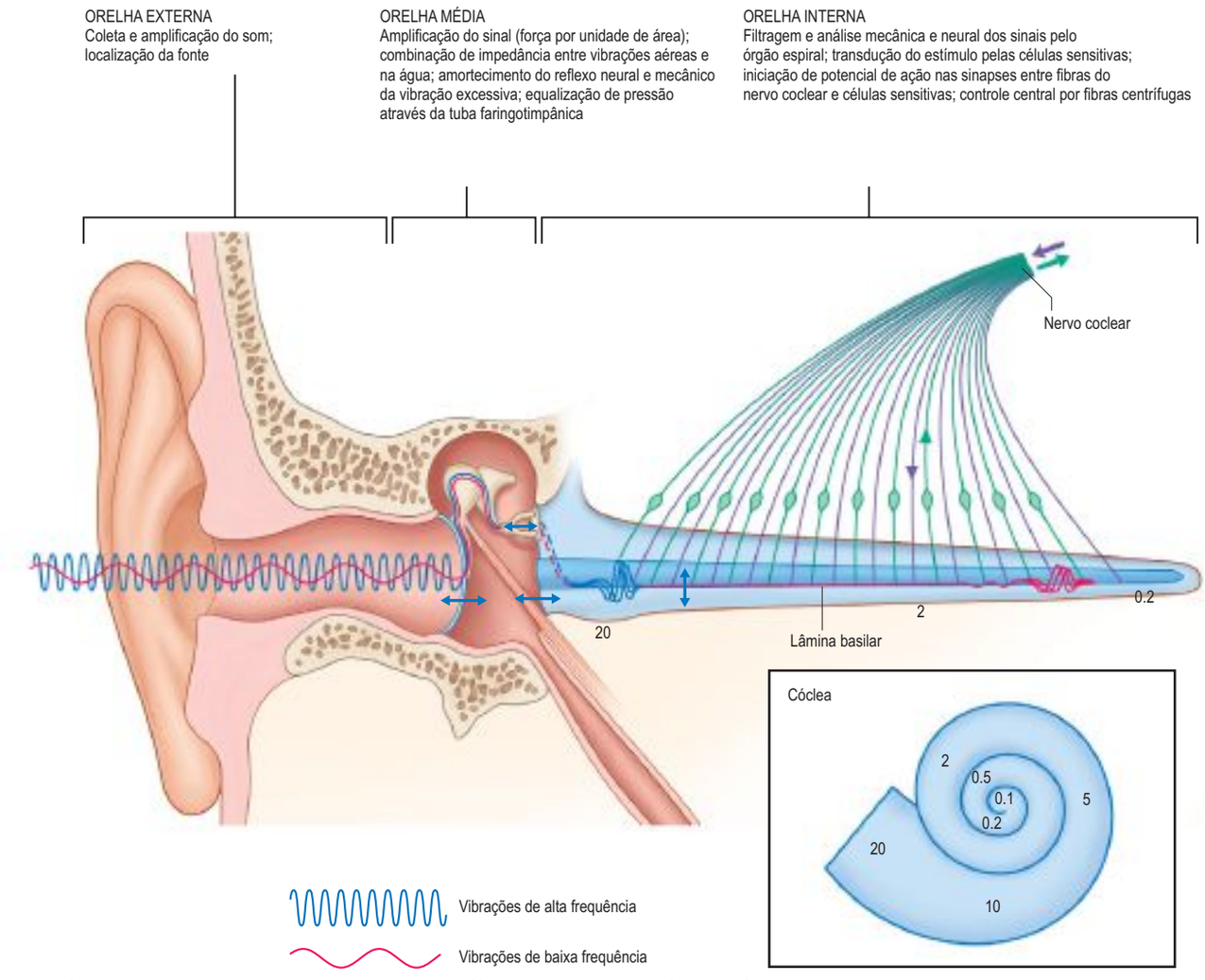


Fig. 37.18 Principais atividades do aparelho auditivo periférico. Para clareza, a cóclea está representada como se tivesse sido desenrolada, mas normalmente ela é enrolada como no detalhe. Diferentes frequências de som excitam diversas regiões da cóclea; as localizações específicas são dadas em kHz de 0,1 a 20 kHz nos humanos. Observar que o mapa de frequências é logarítmico, de modo que cada década ocupa uma distância equivalente na lâmina basilar. Os componentes estão desenhados aproximadamente na escala da orelha humana, na qual a cóclea tem 35 mm de comprimento. Os pontos de estimulação máxima da lâmina basilar por vibrações de alta frequência e baixa frequência, junto com suas vias de transmissão através da orelha externa e média, também estão indicados.

a mecânica do órgão espiral em uma base de ciclo a ciclo. Alternativamente, elas podem alterar a mecânica da partição mais lentamente sob a influência da via eferente.

A uma frequência particular, um aumento na intensidade de estímulo é assinalado por um aumento na frequência de descarga em axônios cocleares individuais. A maiores intensidades, ela é assinalada pelo número de axônios cocleares ativados (recrutamento).

Os papéis respectivos dos dois grupos de células ciliadas foram muito debatidos, particularmente uma vez que diferenças na sua inervação e comportamento fisiológico se tornaram aparentes. Em virtude do seu rico suprimento aferente, as células ciliadas internas são consideradas a principal fonte de sinais auditivos no nervo coclear. Alguma evidência em favor dessa interpretação é baseada no fato de que animais tratados com antibióticos que são especificamente tóxicos para as células ciliadas externas ainda são capazes de ouvir, mas sua sensibilidade e discriminação de frequências estão prejudicadas.

Algumas respostas elétricas da cóclea podem ser registradas com eletrodos extracelulares. A mais importante é o potencial endolinfático, um potencial constante registrável entre o ducto coclear e a rampa do tímpano, que é causado pelas diferentes composições iônicas dos seus líquidos. Uma vez que o potencial de repouso das células ciliadas é aproximadamente 70 mV (negativo no interior) e o potencial endolinfático é positivo no ducto coclear, o potencial transmembrânico total através dos ápices das células ciliadas é 150 mV. Esse é um potencial de repouso maior do que o encontrado em qualquer outro lugar no corpo e fornece a força impulso para mecanotransdução e para o amplificador coclear.

Sob estimulação por som, um potencial microfônico coclear oscilatório rápido pode ser registrado. Ele combina precisamente a frequência do estímulo e os movimentos da lâmina basilar, e parece depender de flutuações na condutância das membranas das células ciliadas, provavelmente das células ciliadas externas. Ao mesmo tempo, um potencial de soma extracelular se desenvolve, um desvio de corrente contínua relacionado aos potenciais receptores (intracelulares) das células ciliadas. As fibras do nervo coclear então começam a responder com potenciais de ação que também são registráveis da cóclea. O registro intracelular de respostas auditivas das células ciliadas internas confirmou que essas células se assemelham a outros receptores: seus potenciais receptores constantes são relacionados em tamanho à amplitude do estímulo acústico. Ao mesmo tempo, os axônios aferentes são estimulados pela ação sináptica nas bases das células ciliadas. Elas se descarregam mais rapidamente à medida que a vibração da lâmina basilar aumenta em amplitude, até um limiar que depende da sensibilidade da fibra nervosa específica envolvida. Cada célula ciliada interna recebe contato de axônios com limiares de resposta que variam de 0 decibel de nível de pressão sonora (dBNPS), o limiar aproximado da audição humana, àqueles que respondem a intensidades excedendo 100 dBNPS; o som mais intenso tolerável é em torno de 120 dBNPS. Cada axônio responde mais sensivelmente à frequência representada pela sua localização coclear particular, sua frequência característica (Fig. 37.18).

Via auditiva central

Os aferentes primários da via auditiva originam-se de corpos celulares no gânglio espiral da cóclea. Os axônios seguem no nervo vestibulococlear, que entra no tronco encefálico no ângulo pontocerebelar. As fibras aferentes se bifurcam e terminam nos núcleos cocleares posteriores e anteriores (Fig. 37.20). O núcleo coclear posterior se projeta pela estria coclear posterior para o colículo inferior contralateral. O núcleo coclear anterior se projeta pelo corpo trapezoide ou a estria coclear intermédia para centros de retransmissão no complexo olivar superior, os núcleos do lemnisco lateral ou o colículo inferior. O complexo olivar superior é dominado pelo núcleo olivar superior medial, que recebe *input* direto do núcleo coclear anterior em ambos os lados e está envolvido na localização do som pela

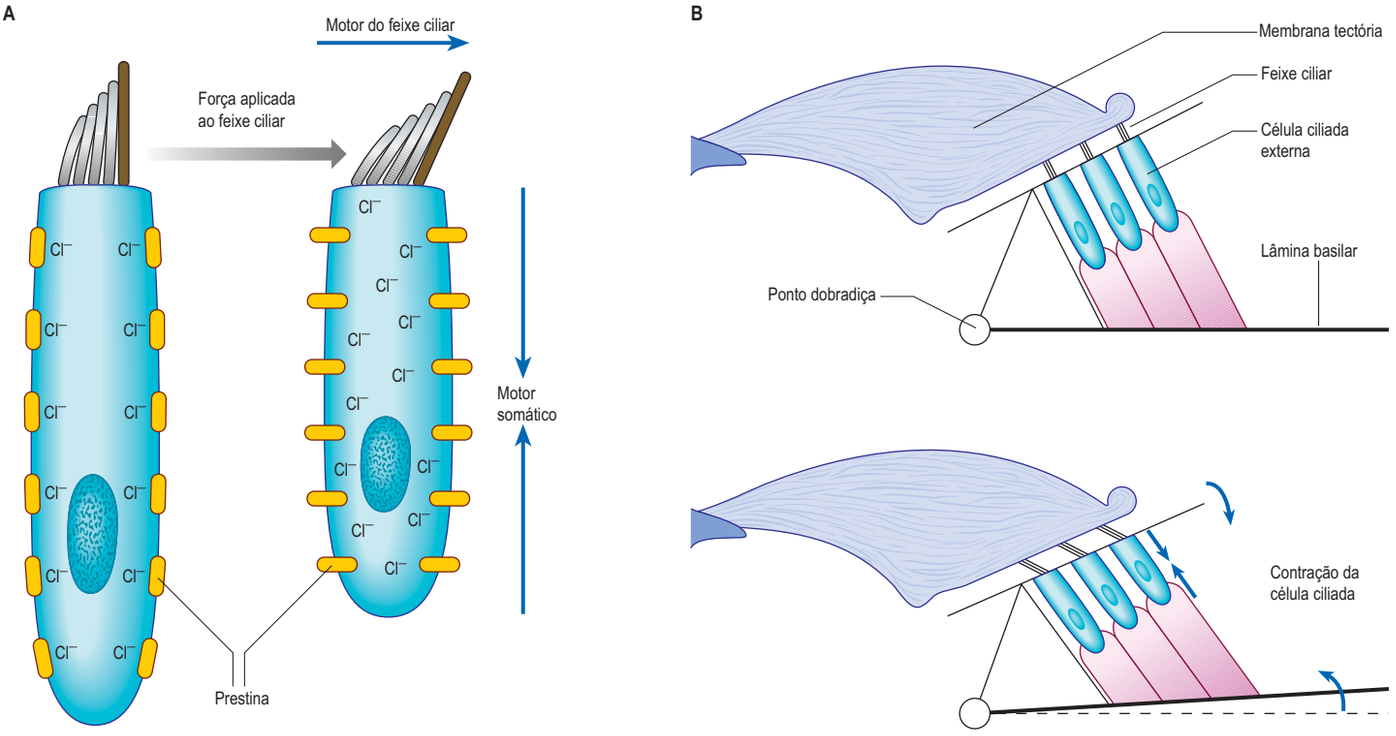


Fig. 37.19 Motores putativos das células ciliadas externas. As células ciliadas externas podem gerar força, reforçando mecanicamente as vibrações do feixe ciliar induzidas pelo som e aumentando a afinação de frequência. Dois mecanismos foram propostos para explicar esse amplificador da cóclea: o motor somático e o motor do feixe ciliar. **A,** No estado de repouso, íons Cl^- estão ligados a moléculas de prestina na membrana lateral da célula ciliada. Quando é aplicada força ao feixe ciliar, a célula é despolarizada, os íons Cl^- se dissociam e a prestina muda de conformação, reduzindo sua área no plano da membrana e encurtando o corpo da célula ciliada (o motor somático). Adaptação dos canais de transdução mecanoelétrica (TME), que são ativados pelo encurvamento dos estereocílios na sua base afilada, também faz o cílio produzir força extra na direção do estímulo (o motor do feixe ciliar). As amplitudes dos movimentos do feixe ciliar foram exageradas para ilustrar o conceito. **B,** Os efeitos do motor somático (setas azuis) sobre a mecânica do órgão espiral, que levam ao movimento da membrana reticular (a superfície superior do órgão espiral) para baixo e uma deflexão negativa do feixe ciliar. Essa é uma via de *feedback* negativo, uma vez que uma deflexão positiva do feixe ciliar causa despolarização das células ciliadas externas, contração celular e movimento de oposição do feixe (Ver Fettiplace e Hackney, 2006.)

medição da diferença de tempo entre os impulsos aferentes que chegam pelas duas orelhas.

O colículo inferior consiste em um núcleo central e duas áreas corticais. O córtex posterior é situado dorsomedialmente, e o córtex externo situa-se ventromedialmente. Fibras secundárias e terciárias ascendem no lemnisco lateral. Elas convergem no núcleo central, que se projeta para a divisão anterior do corpo geniculado do tálamo. O córtex externo recebe *input* tanto auditivo quanto somatossensitivo. Ele se projeta para a divisão medial do corpo geniculado medial e, junto com o núcleo central, também se projeta para as células olivococleares no complexo olivar superior e para células nos núcleos cocleares. O córtex posterior recebe um *input* do córtex auditivo e se projeta para a divisão posterior do corpo geniculado medial (Cap. 21). Conexões também seguem do núcleo do lemnisco lateral para a parte profunda do colículo superior, para coordenar respostas auditivas e visuais.

A via auditiva ascendente cruza a linha mediana em vários pontos abaixo e ao nível do colículo inferior. Entretanto, o *input* para o núcleo central do colículo inferior e centros superiores tem clara dominância contralateral: durante os estágios iniciais do processamento auditivo cortical, ambos os hemisférios respondem mais fortemente à orelha contralateral. O corpo geniculado medial é conectado reciprocamente ao córtex auditivo primário, que é situado na metade posterior do giro temporal superior e também mergulha para dentro do sulco lateral sob a forma dos giros temporais transversos (Cap. 23). Áreas secundárias do córtex auditivo estão localizadas em uma região de cinturão adjacente, e outras regiões de córtex de associação auditiva foram descritas em uma região de paracinturão além do córtex secundário.

O corpo caloso, particularmente o terço posterior do corpo, contém fibras inter-hemisféricas auditivas que se originam dos córtices auditivos primário e secundário. Assimetrias do número de minicolunas nas regiões auditivas primária e de associação foram correlacionadas com o número de fibras axonais nas sub-regiões do corpo caloso através das quais elas se projetam (Chance et al., 2006).

A presença de gradientes tonotópicos no córtex auditivo primário está bem estabelecida em animais e em humanos. Diferenças hemisféricas de seletividade de frequência (*i.e.*, a capacidade da cóclea de separar as frequências acústicas ao longo da sua extensão como um prisma acústico) e organização tonotópica foram descritas; por exemplo, o hemisfério direito parece ser mais responsivo a características acústicas do som como a frequência, enquanto o hemisfério esquerdo parece ser mais envolvido no processamento da dinâmica temporal, como os aspectos fonológicos da fala. Assimetrias morfológicas favorecendo o hemisfério esquerdo no plano temporal e giros temporais transversos foram correlacionadas com dominância hemisférica esquerda para funções de linguagem, mas uma ligação direta entre estrutura e função não foi claramente estabelecida: estudos frequentemente mostram diferenças relativas em vez de absolutas na especialização hemisférica para atributos particulares.

Admite-se que a transformação das características físicas do som em "objetos auditivos" ocorra na transição do córtex auditivo primário para o secundário (para uma perspectiva crítica dos objetos auditivos, ver Griffiths e Warren, 2004.)

Surdez

Deficiência de audição é o mais comum defeito sensitivo incapacitante em humanos. Duas causas de surdez são usualmente distinguidas: perda auditiva de condução e perda auditiva neurossensorial.

A perda auditiva condutiva pode resultar de trauma à orelha externa ou média, bloqueio do meato acústico externo ou ruptura da membrana timpânica (p. ex., por sons intensos ou alterações extremas de pressão) (Cap. 36). Ela também pode resultar da inflamação crônica da membrana timpânica (p. ex., por um colesteatoma, o qual também pode danificar os ossículos); de uma infecção da orelha média (otite média com derrame), que produz acúmulo de líquido na orelha média normalmente cheia de ar e assim impede os movimentos dos ossículos; ou de otosclerose, um espessamento inapropriado do osso em torno da base do estribo.

Perda auditiva neurossensorial é a forma mais prevalente de comprometimento da audição. Ela designa perda ou lesão das células ciliadas sensitivas ou da sua inervação. As células sensitivas da orelha interna são particularmente vulneráveis a trauma mecânico produzido por ruído de alta intensidade e a alterações no ambiente fisiológico causadas por infecção ou hipoxia. Alterações no seu ambiente iônico rapidamente levam a processos degenerativos que resultam em perda de células ciliadas, muitas vezes por apoptose, e produzem perda auditiva ou disfunção vestibular. Essas alterações podem ser induzidas por drogas como antibióticos aminoglicosídeos, alguns diuréticos e certas drogas anticâncer. Diminuição na

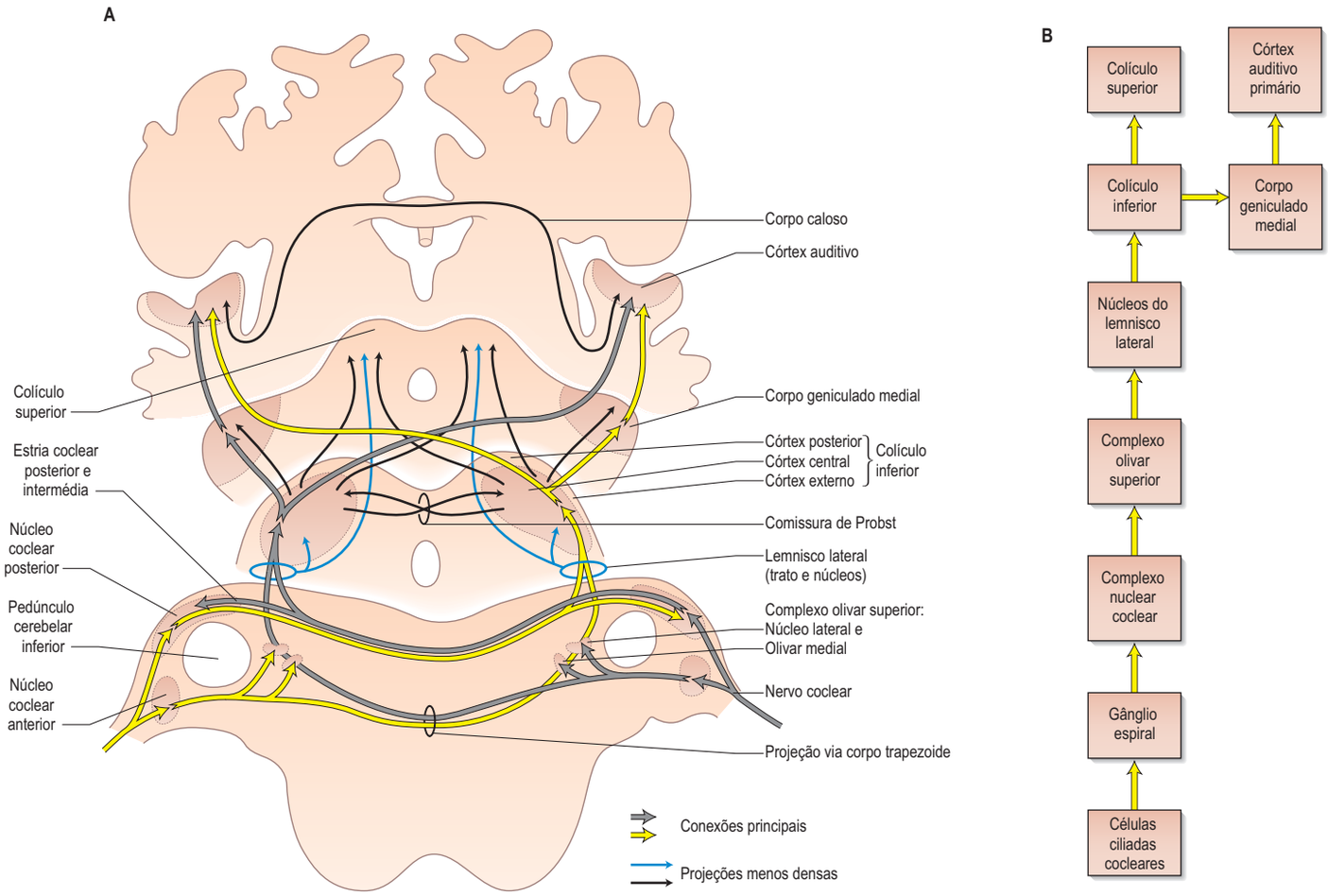


Fig. 37.20 Principais características da via auditiva ascendente humana. **A,** Uma série de cortes mostrando que conexões ipsilaterais e comissurais ocorrem na maioria dos níveis nesse sistema. As principais conexões são mostradas pelas setas mais grossas; as setas mais finas denotam projeções menos densas. **B,** As principais estações da vida auditiva.

sensibilidade coclear, presbiacusia, quase invariavelmente ocorre com a idade: células ciliadas no extremo de alta frequência da cóclea tendem a ser perdidas primeiro. Pelo menos 60% da perda auditiva pode ter base genética, uma proporção importante pode ser não sindrômica, e a maioria desses genes é herdada de modo recessivo autossômico.

A doença de Ménière é um transtorno angustiante da orelha média caracterizado por episódios de perda auditiva, zumbido e vertigem. Exame histológico de uma orelha afetada revela hidropisia endolinfática (edema dos espaços endolinfáticos), sugerindo má drenagem da endolinfa através do saco endolinfático.

Vias de acesso cirúrgico à orelha interna

A orelha interna pode ser acessada cirurgicamente a partir de várias direções. O promontório que é sobrejacente à volta da base da cóclea e a janela do vestíbulo podem ser abertos pela orelha média (depois de elevar a membrana timpânica). O canal semicircular lateral pode ser aberto através do ádito ao antro mastóideo (depois do alargamento do meato acústico externo ósseo e remoção da bigorna). A eminência arqueada pode ser aberta para dar acesso ao canal semicircular anterior através do soalho da fossa média do crânio. O canal semicircular posterior pode ser aberto profundo ao segmento mastóideo do canal facial através do processo mastoide (depois de desbastar as células aéreas sobrejacentes). Todos esses acessos usualmente são reservados para operações destrutivas do labirinto para tratar vertigem intratável.

O nicho da janela da cóclea e sua membrana podem ser acessados através de uma timpanotomia posterior. Nesse procedimento, as células mastóideas são removidas para permitir acesso ao trígono ósseo limitado acima pela fossa para a bigorna, superficialmente pela corda do tímpano e profundamente pela porção descendente do nervo facial. Esse osso é tirado com broca cuidadosamente para expor o recesso facial da cavidade timpânica e o nicho da janela da cóclea. Usando esse acesso, o eletrodo estimulador de um implante intracoclear multicanal pode ser passado para dentro da rampa do tímpano na cóclea de modo a localizar-se contra a lâmina espiral, e pode estimular as fibras adjacentes do nervo coclear.

O saco endolinfático pode ser acessado após exenteração das células mastóideas por elevação do osso cortical da parede anterolateral da fossa posterior do crânio, anterior ao seio sigmóideo e posterior ao canal semicircular posterior (abaixo de uma linha estendida a partir do eixo do canal semicircular lateral). O acesso ao saco é necessário em algumas operações que visam a controlar a vertigem secundária à doença de Ménière.

O meato acústico interno pode ser acessado, com custo para a audição, pela perfuração e desbaste do labirinto ósseo inteiro através da fossa posterior do crânio (depois de craniectomia na região occipital e afastamento do cerebelo) ou através da fossa média do crânio (após craniotomia temporal e afastamento da dura-máter da fossa média do crânio e do lobo temporal). Essas vias de acesso são usualmente empregadas para operar tumores do ângulo pontocerebelar e do meato acústico interno.

REFERÊNCIAS

Ashmore J 2002 The mechanics of hearing. In: Roberts D (ed) Signals and Perception: The Fundamentals of Human Sensation. Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan: 3–16.

Axelsson A 1988 Comparative anatomy of cochlear blood vessels. Am J Otolaryngol 9: 278–90.

Blanks RH, Curthoys IS, Markham CH 1975 Planar relationships of the semicircular canals in man. Acta Otolaryngol 80: 185–96.

Bridger MW, Farkashidy J 1980 The distribution of neuroglia and Schwann cells in the 8th nerve of man. J Laryngol Otol 94: 1353–62.

Chance SA, Casanova MF, Switala AE, Crow TJ 2006 Minicolumnar structure in Heschl's gyrus and planum temporale: asymmetries in relation to sex and callosal fiber number. Neuroscience 143: 1041–50.

Curthoys IS, Blanks RH, Markham CH 1977 Semicircular canal radii of curvature (R) in cat, guinea pig and man. J Morphol 115: 1–15.

Eybalin M 1993 Neurotransmitters and neuromodulators of the mammalian cochlea. Physiol Rev 73: 309–73.

Felix H, Hoffman V, Wright A, Gleeson MJ 1987 Ultrastructural findings on human Scarpa's ganglion. Acta Otolaryngol Suppl 436: 85–92.

Fettiplace R 2002 The transformation of sound stimuli into electrical signals. In: Roberts D (ed) Signals and Perception: The Fundamentals of Human Sensation. Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan: 17–28.

Fettiplace R, Hackney CM 2006 The sensory and motor roles of auditory hair cells. Nat Rev Neurosci 7: 19–29.
Descreve as proteínas recentemente identificadas envolvidas nas funções sensorial e motora das células ciliadas auditivas e apresenta evidências para cada gerador de força.

Furness DN 2002 The vestibular system. In: Roberts D (ed) Signals and Perception: The Fundamentals of Human Sensation. Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan: 77–90.

Griffiths TD, Warren JD 2004 What is an auditory object? Nat Rev Neurosci 5: 887–92.

Guinan J Jr 1996 Physiology of olivocochlear efferents. In: Dallos P, Popper AN, Fay RR (eds) The Cochlea. New York: Springer Verlag: 435–502.
Descrição abrangente da inervação eferente da cóclea e sua função.

Keifer J, Böhnke F, Adunka O, Arnold W 2006 Representation of acoustic signals in the human cochlea in presence of a cochlear implant electrode. Hearing Res 221: 36–43.

Nadol JB 1988 Comparative anatomy of the cochlea and auditory nerve in mammals. Hear Res 34: 253–66.

Oertel D, Fay RR, Popper AN (eds) 2002 Integrative Functions in the Mammalian Auditory Pathway. Springer Handbook of Auditory Research, vol. 15. New York: Springer.

Ray B, Roy TS, Wadhwa S, Roy KK 2005 Development of the human fetal cochlear nerve. Hearing Res 202: 74–86.

Shepherd RK, Colreavy MP 2004 Surface microstructure of the perilymphatic space. Implications for cochlear implants and cell- or drug-based therapies. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 130: 518–23.

Spoor F, Zonneveld F 1998 Comparative review of the human bony labyrinth. Am J Phys Anthropol Suppl 27: 211–51.

Wangemann P, Schacht J 1996 Homeostatic mechanisms in the cochlea. In: Dallos P, Popper AN, Fay RR (eds) The Cochlea. New York: Springer Verlag: 130–5.
Revisa o que se sabe sobre os líquidos da orelha interna (perilinfa e endolinfa), como são produzidos e sua possível importância funcional.

Warr WB 1992 Organization of olivocochlear efferent systems in mammals. In: Webster DB, Popper AN, Fay RR (eds) Mammalian Auditory Pathway: Neuroanatomy. New York: Springer Verlag: 410–48.

CAPÍTULO
38

Desenvolvimento da orelha

ORELHA INTERNA

A formação de uma orelha interna precisamente posicionada e funcionalmente bem afinada depende do molde genético e de uma cascata de sinais de transcrição expressos por numerosos tecidos, incluindo a orelha interna em desenvolvimento e seu mesênquima periótico circundante, o encéfalo posterior, a crista neural e a notocorda adjacentes (p. ex., Liu et al., 2003).

Os primeiros sinais de desenvolvimento da orelha interna são visíveis pouco depois dos associados aos olhos em desenvolvimento. Duas áreas de espessamento da ectoderme, os placoides óticos, aparecem laterais ao encéfalo posterior no estádio 9. Cada placoide ótico invagina-se sob a forma de uma fosseta ótica, adjacente aos rombômeros 5 e 6 do encéfalo posterior e dorsais à segunda fenda faríngea. A fosseta é pinçada e destacada da ectoderme de superfície para formar um saco epitelial simples, o otocisto (vesícula ótica ou auditiva), durante o estádio 12 (Fig. 38.1).

A primeira diferenciação morfológica da vesícula ótica é visível durante o estádio 14 (aproximadamente 33 dias) e prenuncia as três subdivisões principais da orelha interna, *i.e.*, o saco e ducto endolinfáticos, a parte utricular dorsal, que posteriormente dá origem aos ductos semicirculares,

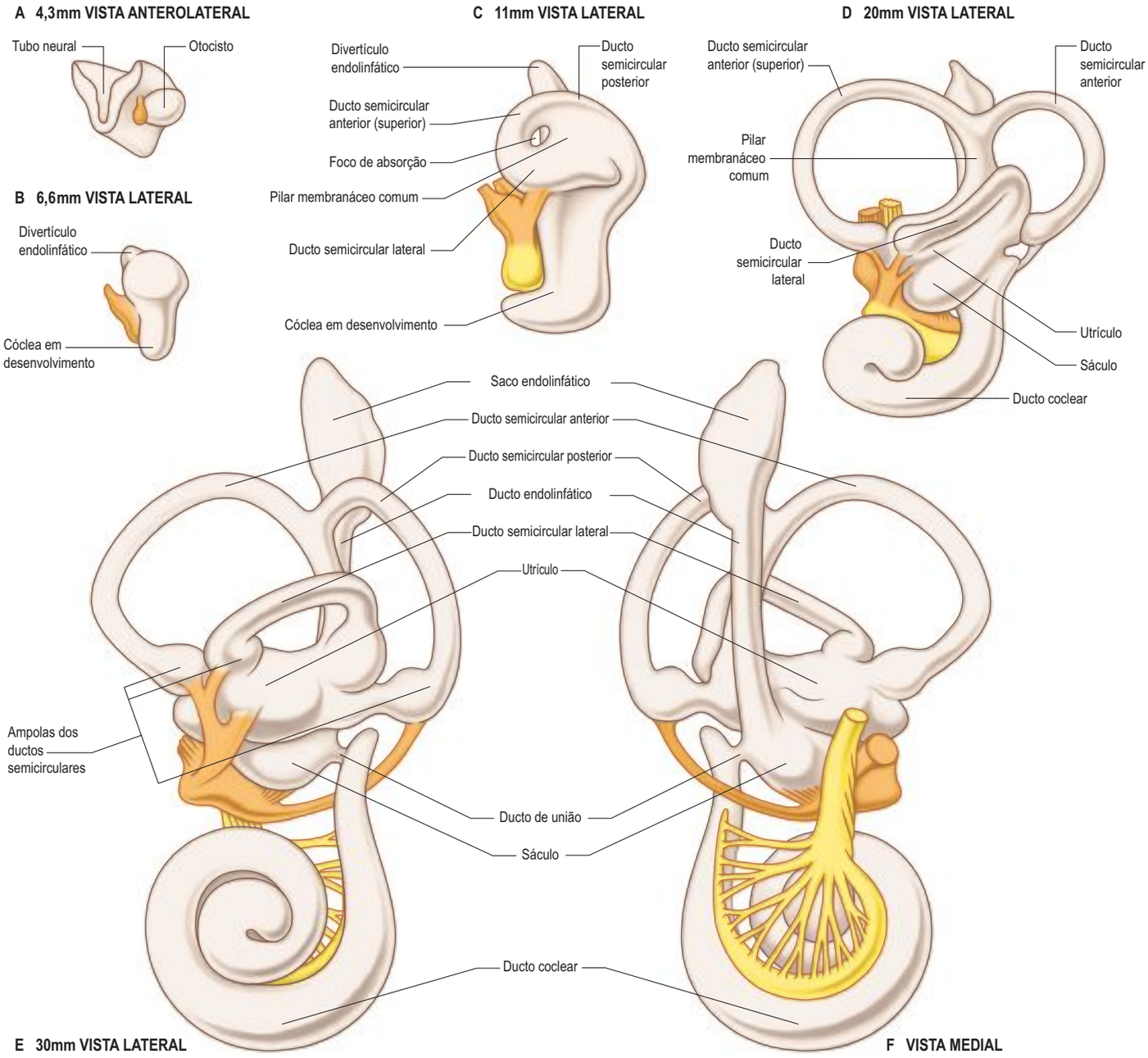


Fig. 38.1 A-F, Os estádios do desenvolvimento do labirinto membranáceo a partir do otocisto, nos estádios e aspectos embrionários indicados. Observar a relação das partes vestibular (laranja) e coclear (amarela) do nervo vestibulococlear.

e a parte sacular ventral que originará a cóclea. Nesse período, o otocisto é piriforme. Um divertículo tubular desenvolve-se a partir da sua margem medial e se diferencia no ducto e saco endolinfáticos. O saco comunica-se pelo ducto endolinfático com o restante do otocisto, que se situa lateralmente e pode ser visto como a câmara utriculossacular. Simultaneamente, dois divertículos semelhantes a placas, um vertical e um horizontal, emergem da parte dorsal da câmara utriculossacular. Os epitélios opostos da região central de cada protuberância coalescem para formar uma placa de fusão, e a parte central dessa placa eventualmente é reabsorvida, produzindo um canal tubular. A placa vertical dá origem aos ductos semicirculares anterior e posterior, que compartilham uma fixação comum à câmara utriculossacular (o pilar membranáceo comum), e a placa horizontal origina o ducto semicircular lateral ou horizontal. Uma evaginação dirigida medialmente, o primórdio coclear, está evidente na parte ventral da câmara utriculossacular em um embrião de 7–9 mm (aproximadamente 35 dias). A região proximal do ducto coclear continua a aumentar em comprimento, e sua região distal torna-se progressivamente mais enrolada. Quando o ducto atinge seu comprimento e configuração espiral finais, sua parte proximal se torna constringida, formando o ducto de união (*ductus reuniens*).

A parte central da câmara utriculossacular agora representa o vestíbulo membranáceo, que se torna dividido em um pequeno sáculo ventral e um utrículo dorsal maior. Isso ocorre principalmente pelo pregueamento horizontal, que se estende desde a parede lateral da câmara na direção da abertura do ducto endolinfático, até que apenas um estreito ducto utriculossacular permaneça entre o sáculo e o utrículo. O ducto torna-se intensamente recurvado sobre si mesmo: seu ápice é contínuo com o ducto endolinfático. Durante esse período, o labirinto membranáceo gira de tal modo que o seu eixo longo, que originalmente era vertical, se torna mais ou menos horizontal.

As células derivadas do otocisto diferenciam-se: nos neurônios bipolares que preenchem os gânglios vestibular e coclear; nas células sustentaculares; nos exclusivos epitélios produtores de endolinfa da estria vascular; nos epitélios absorventes do saco endolinfático; no revestimento epitelial geral do labirinto membranáceo; nas células especializadas das seis áreas sensitivas da orelha interna (cristas ampulares dos três ductos semicirculares, máculas do utrículo e do sáculo, órgão espiral da cóclea). Cada uma das áreas sensitivas consiste em células ciliadas mecanossensitivas e células de suporte não sensitivas dispostas em um padrão de mosaico. As únicas células na orelha interna matura que não têm origem no otocisto são melanócitos da estria vascular, os quais são derivados da crista neural. As morfologias muito diferentes das cristas, máculas e órgão espiral maturos refletem a expressão diferencial de múltiplos genes durante o seu desenvolvimento.

Ao mesmo tempo que essas alterações ocorrem no interior do labirinto membranáceo, a orelha interna em desenvolvimento também recruta células mesenquimais circunvizinhas, para coalescerem em torno dela e formarem uma cápsula ótica cartilagínea envolvente. Esta posteriormente se ossifica para formar todo o labirinto ósseo da orelha interna, exceto o modíolo da cóclea e a lâmina espiral óssea, que se ossificam diretamente a partir de tecido conjuntivo. A cápsula ótica cartilagínea está inicialmente incompleta, e os gânglios coclear, vestibular e geniculado estão temporariamente expostos no espaço entre suas partes cocleares dos canais. Subsequentemente eles são cobertos por uma protuberância de cartilagem, na qual o nervo facial se torna envolvido.

Os espaços perilinfáticos desenvolvem-se no tecido conjuntivo embrionário entre a cápsula ótica cartilagínea e a parede epitelial do labirinto membranáceo. O rudimento do espaço perilinfático vestibular ou cisterna periótica pode ser visto no retículo entre o sáculo e a janela do vestíbulo em um embrião de 11–14 mm (aproximadamente 42 dias). A rampa do tímpano se desenvolve defronte à janela da cóclea e é seguida posteriormente pela rampa do vestíbulo. As duas rampas gradualmente se estendem ao longo de cada lado do ducto coclear; quando elas atingem a extremidade do ducto espiralado, uma comunicação, o helicotrema, se abre entre elas.

O rudimento do oitavo nervo craniano aparece no embrião de 4–6 mm (aproximadamente 28 dias) sob a forma de gânglio vestibulococlear (estatoacústico). Ele está situado entre o otocisto e o encéfalo posterior, e está inicial e temporariamente fundido com o gânglio do nervo facial. As células do gânglio vestibulococlear são neuroblastos cujo destino já está especificado na ectoderme do placoide ótico. Eles se destacam da região anteroventral do otocisto, proliferam e migram para o local do gânglio precursor onde coalescem. Eles se diferenciam em neurônios sensitivos bipolares maturos e segregam-se nos gânglios vestibular e espiral da cóclea, cada um associado com a divisão correspondente do oitavo nervo craniano. Os neurônios ganglionares são incomuns porque são exclusivamente de origem placoidal (diferentemente dos neurônios da maioria dos gânglios cranianos, que têm dupla origem: placoidal e da crista neural), e muitos dos seus somas são envolvidos por uma fina bainha de mielina. Seus processos periféricos coletivamente proveem a inervação aferente das células labirínticas ciliadas, retransmitindo informação de equilíbrio e audição. O feixe olivococlear, uma expansão de axônios a partir de neurônios dos complexos olivares superiores da ponte, acompanha os axônios do oitavo nervo craniano em desenvolvimento: esses axônios fornecem à orelha interna uma inervação eferente, principalmente para as células no órgão espiral, onde estão associados com a modulação da audição.

ORELHA MÉDIA (CAVIDADE TIMPÂNICA) E TUBA AUDITIVA (FARINGOTIMPÂNICA)

Todos os componentes das orelhas externa e média se desenvolvem do primeiro e segundo arcos faríngeos. A tuba auditiva (faringotimpânica) e a cavidade timpânica são extensões laterais da faringe primitiva (Fig. 35.4). Elas se tornam visíveis em um embrião de 4–6 mm (aproximadamente 28 dias) sob a forma de divertículo tubular, o recesso tubotimpânico, situado entre o primeiro e o segundo arco faríngeo, com um soalho que consiste no segundo arco e suas bolsas limitantes. O crescimento para a frente do terceiro arco faz a parte proximal do recesso permanecer estreita, formando a região da tuba auditiva (faringotimpânica) e também exclui a parte interna do segundo arco dessa parte do soalho. A parte mais lateral do recesso eventualmente entra em contato com a primeira fenda faríngea, se alarga e se desenvolve para a cavidade timpânica; seu soalho posteriormente forma a parede lateral da cavidade timpânica até aproximadamente o nível no qual a corda do tímpano se ramifica do nervo facial. A parede lateral (parede membranácea) da cavidade timpânica contém elementos do primeiro e segundo arcos. O território do primeiro arco está limitado à parte anterior ao processo anterior do martelo, e o segundo arco forma a parede externa posterior a este e também vira para a parede posterior para incluir a região tímpano-hióidea.

O recesso tubotimpânico a princípio situa-se inferolateral à cápsula ótica cartilagínea; essa relação espacial se altera à medida que a cápsula aumenta e a cavidade timpânica se torna anterolateral. Um processo cartilagíneo cresce a partir da parte lateral da cápsula para formar o tegme timpânico. Ele se curva caudalmente para formar a parede lateral da tuba auditiva, incorporando a cavidade timpânica e a parte proximal da tuba auditiva no interior da parte petrosa do osso temporal. O antro mastóideo aparece como uma expansão dorsal da cavidade timpânica durante o sexto ao sétimo mês.

Os ossículos da orelha média têm origem na crista neural, *i.e.*, células da crista que migraram dos rombômeros 1–4 para o interior do mesênquima do primeiro e segundo arcos faríngeos. O martelo se desenvolve da extremidade dorsal da cartilagem mandibular ventral (de Meckel) do primeiro arco. A bigorna se desenvolve da cartilagem dorsal do primeiro arco, que provavelmente é homóloga do osso quadrado das aves e répteis. A origem do estribo nos humanos permanece controversa. Admite-se que seja derivado principalmente de um primórdio situado na extremidade cranial da cartilagem do segundo arco faríngeo, inicialmente como um anel (o anel do estribo) que circunda a pequena artéria estapedial (para uma análise recente do desenvolvimento do estribo, consultar Rodriguez-Vazquez, 2005). O primórdio do músculo estapédio aparece próximo da artéria e do nervo facial em um embrião de 13–17 mm (aproximadamente 48 dias), e o músculo tensor do tímpano começa a aparecer perto da extremidade do recesso tubotimpânico quase ao mesmo tempo. De início, os ossículos estão inclusos no teto mesenquimal da cavidade timpânica; posteriormente se tornam cobertos pela mucosa da orelha média, à medida que a cavidade timpânica se enche com ar depois do nascimento. Alterações posteriores no desenvolvimento pós-natal contribuem para a maturação funcional da orelha média.

ORELHA EXTERNA

O meato acústico externo se desenvolve a partir da extremidade dorsal da primeira fenda faríngea (hiomandibular) (Fig. 35.4). Junto da sua extremidade dorsal essa fenda se estende para o inferior como um meato primário em forma de funil, a partir do qual a parte cartilagínea inteira do meato e uma pequena área do seu teto são desenvolvidas. Um tampão epidérmico sólido se estende para o interior a partir do tubo ao longo do soalho do recesso tubotimpânico. As células no centro do tampão subsequentemente degeneram para produzir a parte interna do meato (meato secundário). O estrato epidérmico da membrana timpânica é formado a partir das células ectodérmicas mais profundas do tampão epidérmico, e o estrato fibroso é formado a partir do mesênquima entre a placa meatal e o soalho endodérmico do recesso tubotimpânico.

O desenvolvimento da orelha (pavilhão da orelha) inicia-se pelo aparecimento de seis elevações teciduais, as protuberâncias auriculares, que se formam em torno das margens da parte dorsal da primeira fenda faríngea. Das seis, três estão na margem caudal do primeiro arco faríngeo (mandibular) e três na margem cranial do segundo arco faríngeo (hióideo).

As protuberâncias aparecem a partir do estádio 15; antes disso, só a protuberância mais ventral do arco mandibular, o qual subsequentemente forma o trago, pode ser identificada. O restante da orelha forma-se no mesênquima do arco hióideo, que se estende anteriormente em torno da extremidade dorsal dos remanescentes da primeira fenda faríngea, formando uma elevação semelhante a uma quilha, que é precursora da hélice. A contribuição trazida pelo arco mandibular para a orelha é máxima ao término do segundo mês; posteriormente essa contribuição torna-se relativamente reduzida à medida que o crescimento continua, até que finalmente a área de pele suprida pelo nervo mandibular estende-se um pouco acima do trago. O lóbulo é a última parte da orelha a se desenvolver.

Deformidades congênitas comuns da orelha são descritas no Capítulo 36.

REFERÊNCIAS

Liu W, Oh SH, Kang Yk Y, Li G, Doan TM, Little M, Li L, Ahn K, Crenshaw EB, Frenz DA 2003 Bone morphogenetic protein 4 (BMP4): a regulator of capsule chondrogenesis in the developing mouse inner ear. Develop Dynamics 226: 427–38.

Rodriguez-Vazquez JF 2005 Development of the stapes and associated structures in human embryos. J Anat 207: 165–73.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Órbita e aparelho visual acessório

CAPÍTULO 39

ÓRBITA

As órbitas são cavidades esqueléticas localizadas em cada lado da raiz do nariz. Elas abrigam os olhos, os órgãos pares da visão. As paredes de cada órbita protegem o olho de lesão, fornecem pontos de fixação para seis músculos extrínsecos do bulbo do olho que permitem o posicionamento preciso do eixo visual e determinam a relação espacial entre os dois olhos, o que é essencial para a visão binocular e os movimentos oculares conjugados.

Cada cavidade se aproxima de uma pirâmide quadrilátera com sua base na abertura da órbita, estreitando para o seu ápice ao longo de um eixo dirigido posteromedialmente. Cada órbita possui teto, soalho e paredes medial e lateral. As paredes mediais localizam-se separadas aproximadamente por 25 mm em adultos e são aproximadamente paralelas. O ângulo entre as paredes medial e lateral é de cerca de 45°. O compromisso entre proteção e garantia de um bom campo de visão dita que cada bulbo do olho seja localizado anteriormente dentro da órbita. O bulbo do olho, assim, ocupa apenas um quinto do volume da órbita (Fig. 39.1): o resto da cavidade é preenchido com vasos e nervos que estão contidos dentro e suportados pela gordura e tecido conjuntivo da órbita. Resumidamente, a órbita também contém os músculos extrínsecos do bulbo do olho; os nervos óptico, oculomotor, troclear e abducente, e ramos das divisões oftálmica e maxilar do nervo trigêmeo; o gânglio parassimpático ciliar; os vasos oftálmicos; o aparelho lacrimal.

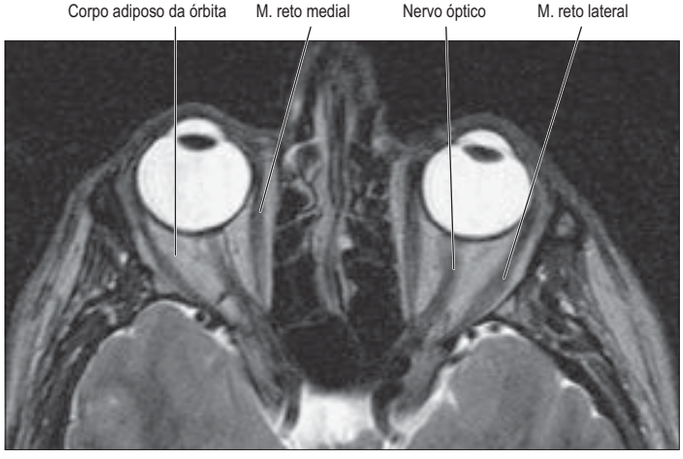


Fig. 39.1 Imagem de RM axial ponderada para T2 através do centro da órbita. (Por cortesia do Dr Timothy Beale FRCR, Royal National Throat Nose and Ear Hospital, London.)

Teto

O teto da órbita é formado principalmente pela fina lâmina orbital do osso frontal (Fig. 39.2). Ela é delicadamente côncava na sua face voltada para a órbita, que separa o conteúdo da órbita e o cérebro na fossa anterior do crânio. Anteromedialmente ele contém o seio frontal e exibe pequena fóvea troclear, às vezes encimada por pequena espinha, onde a tróclea (polia) cartilagínea para o músculo oblíquo superior está fixada. Anterolateralmente há uma fossa da glândula lacrimal rasa que abriga a parte orbital da glândula. O teto decai significativamente para o ápice, juntando-se à asa menor do esfenoide, que completa o teto. O canal óptico localiza-se entre as raízes da asa menor e é limitado medialmente pelo corpo do esfenoide.

Parede medial

A parede medial da órbita é formada principalmente pela lâmina orbital do osso etmoide (Fig. 39.2). Essa lâmina retangular da espessura de papel cobre as células etmoidais médias e posteriores, proporcionando um caminho pelo qual a infecção pode disseminar-se à órbita (Cap. 32). O etmoide se articula com a margem medial da lâmina orbital do osso frontal em uma sutura que é interrompida pelos forames etmoidais anterior e posterior. Posteriormente, ele se articula com o corpo do esfenoide, que forma a parede medial da órbita até o seu ápice. O osso lacrimal localiza-se anterior ao etmoide: ele contém a fossa do saco lacrimal, que é limitada na frente pela crista lacrimal anterior no processo frontal da maxila, e atrás pela crista lacrimal posterior do osso lacrimal (à qual a parte lacrimal do músculo orbicular do olho e a fáscia lacrimal estão fixadas). Um processo descendente do osso lacrimal no extremo inferior da crista lacrimal posterior contribui para a formação da parte superior do canal lacrimonasal, que é completado pela maxila (Fig. 39.3).

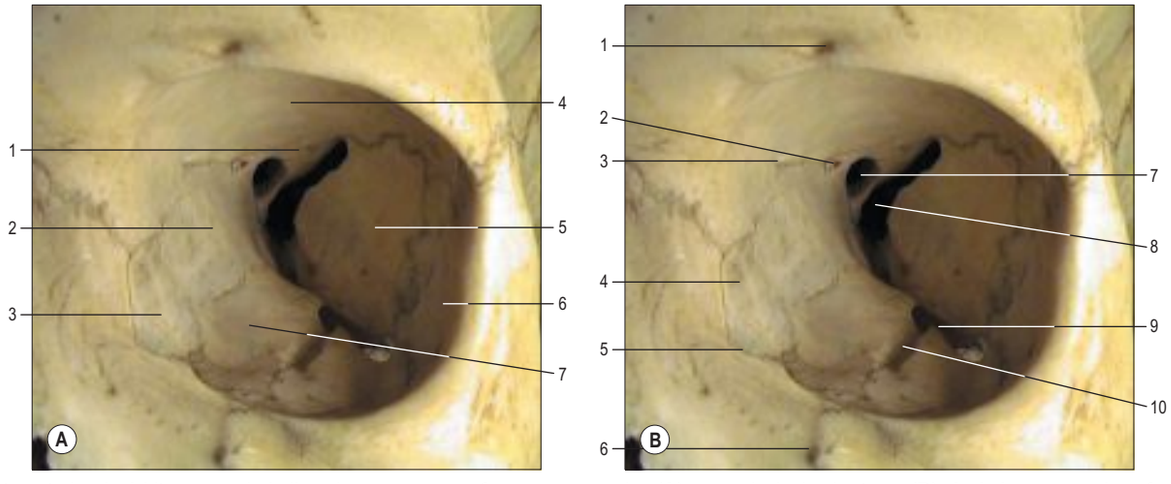


Fig. 39.2 Vista anterior da órbita esquerda indicando os ossos que formam as paredes (**A**) e as principais aberturas (**B**). **A, 1.** Asa menor do esfenoide. **2.** Lâmina orbital do osso etmoide. **3.** Osso lacrimal. **4.** Lâmina orbital do osso frontal. **5.** Asa maior do esfenoide. **6.** Zigomático. **7.** Lâmina orbital da maxila. **B, 1.** Forame supraorbital. **2.** Forame etmoidal posterior. **3.** Forame etmoidal anterior. **4.** Fossa do saco lacrimal. **5.** Ducto lacrimonasal. **6.** Forame infraorbital. **7.** Canal óptico. **8.** Fissura orbital superior. **9.** Fissura orbital inferior. **10.** Sulco infraorbital.

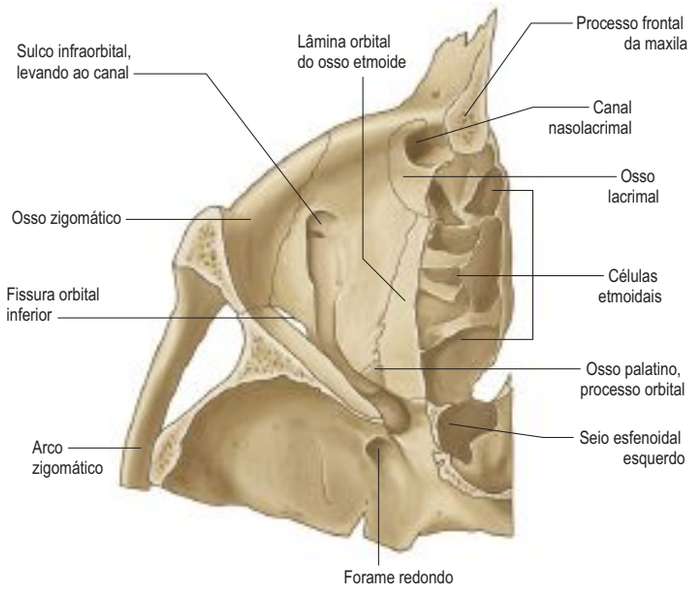


Fig. 39.3 Corte horizontal através da órbita esquerda e cavidade nasal visto de cima.

Soalho

O soalho da órbita é principalmente formado pela face orbital da maxila, que se articula com o osso zigomático anterolateralmente e o pequeno processo orbital triangular do osso palatino posteromedialmente (Fig. 39.3). O soalho é fino e, em grande parte, constitui o teto do seio maxilar. Não inteiramente horizontal, ele ascende um pouco lateralmente. Anteriormente curva-se para a parede lateral, e posteriormente é separado da parede lateral pela fissura orbital inferior, que conecta a órbita posteriormente com a fossa pterigopalatina, e mais anteriormente com a fossa infratemporal. O lábio medial é entalhado pelo sulco infraorbital. Este último passa para a frente e mergulha para dentro do soalho para se tornar o canal infraorbital, o qual se abre na face no forame infraorbital: o sulco, o canal e o forame infraorbitais contêm o nervo e os vasos infraorbitais. Proporcionalmente, mais fraturas orbitais comprometem o soalho, particularmente na região do sulco infraorbital. A clássica "fratura em explosão" deixa a margem orbital intacta e tipicamente aprisiona estruturas de tecidos moles, levando a diplopia, motilidade ocular prejudicada e enoftalmia; comprometimento do nervo infraorbital leva à perturbação sensitiva ipsilateral da pele do centro da face.

Parede lateral

A parede lateral da órbita é formada pela face orbital da asa maior do esfenoide posteriormente e o processo frontal do osso zigomático anteriormente: os ossos se encontram na sutura esfenozigomática (Fig. 39.2). A face zigomática contém as aberturas de diminutos canais para os nervos zigomaticofacial e zigomaticotemporal, o primeiro próximo à junção do soalho e parede lateral, o último em um nível levemente mais alto, às vezes perto da sutura. O tubérculo orbital, ao qual o ligamento palpebral lateral, o ligamento de restrição lateral e a aponeurose do músculo levantador da pálpebra estão fixados, situa-se imediatamente dentro do ponto médio da margem orbital lateral. A parede lateral é a parede mais espessa da órbita, especialmente posteriormente, onde ela separa a órbita da fossa média do crânio. Anteriormente, a parede lateral separa a órbita e a fossa infratemporal. A parede lateral e o teto são contínuos anteriormente, mas são separados posteriormente pela fissura orbital superior, que reside entre a asa maior (abaixo) e a asa menor (acima) do esfenoide, e se comunica com a fossa média do crânio. A fissura se afila lateralmente, mas se alarga na sua extremidade medial, com seu eixo longo descendo posteromedialmente. Onde a fissura começa a se alargar, sua margem inferolateral mostra uma projeção, frequentemente uma espinha, para a fixação lateral do anel tendíneo comum. Um sulco infraorbital que segue da extremidade superolateral da fissura orbital superior na direção do soalho da órbita é, às vezes, associado com uma anastomose entre as artérias meníngea média e infraorbital.

FISSURAS E FORAMES ORBITAIS

Canal óptico

A asa menor do esfenoide é conectada ao corpo do esfenoide por uma raiz anterior fina, achatada, e uma raiz posterior grossa, triangular. O canal óptico está situado entre essas raízes (Fig. 39.2) e conecta a órbita à fossa média do crânio, transmitindo o nervo óptico, suas bainhas meníngeas e a artéria oftálmica. O anel tendíneo comum, que dá origem aos quatro músculos retos, é fixado ao osso próximo das margens superior, medial e inferior da abertura orbital do canal.

Fissura orbital superior

A fissura orbital superior é a fenda entre as asas maior e menor do osso esfenoide, limitada medialmente pelo corpo do esfenoide e fechada em sua extremidade anterior pelo osso frontal (Fig. 39.2). Ela conecta a cavidade do crânio com a órbita e transmite os nervos oculomotor, troclear e abducente, ramos do nervo oftálmico e as veias oftálmicas.

Fissura orbital inferior

A fissura orbital inferior é limitada acima pela asa maior do esfenoide, abaixo pela maxila e o processo orbital do osso palatino e lateralmente pelo osso zigomático (Fig. 39.2). A maxila e o esfenoide muitas vezes se encontram no extremo anterior da fissura, excluindo o osso zigomático. A fissura orbital inferior conecta a órbita com as fossas pterigopalatina e infratemporal, e transmite os ramos infraorbital e zigomático do nervo maxilar e vasos acompanhantes, ramos orbitais do gânglio pterigopalatino e uma conexão entre a veia oftálmica inferior e o plexo venoso pterigóideo. Pequena depressão pode marcar a inserção do músculo oblíquo inferior anteromedialmente, lateral ao hâmulo lacrimal.

Forames etmoidais

Os forames etmoidais anterior e posterior usualmente situam-se na sutura frontoetmoidal (Fig. 39.2). O forame posterior pode estar ausente, e ocasionalmente há um forame etmoidal médio. Os forames se abrem para canais que transmitem seus vasos e nervos para dentro das células etmoidais, fossa anterior do crânio e cavidade nasal.

ANEL TENDÍNEO COMUM

O anel tendíneo comum é um anel fibroso que circunda o canal óptico e parte da fissura orbital superior no ápice da órbita, e dá origem aos quatro músculos retos (Fig. 39.4). O nervo óptico e a artéria oftálmica entram na órbita pelo canal óptico e, assim, localizam-se dentro do anel tendíneo comum. Os ramos superior e inferior do nervo oculomotor, o nervo nasociliar, ramo do nervo oftálmico, e o nervo abducente também entram na órbita por dentro do anel tendíneo comum, mas o fazem através da fissura orbital superior (Fig. 39.15). O nervo troclear e os nervos frontal e lacrimal, ramos do nervo oftálmico, entram na órbita através da fissura orbital superior, mas localizam-se fora do anel tendíneo comum. As estruturas que entram na órbita através da fissura orbital inferior localizam-se fora do anel tendíneo comum. A relação anatômica estreita do nervo óptico e outros nervos cranianos no ápice da órbita significa que lesões nessa região podem levar a uma combinação de perda visual por neuropatia óptica e oftalmoplegia a partir do comprometimento de múltiplos nervos cranianos.

TECIDO CONJUNTIVO E CORPO ADIPOSO DA ÓRBITA

A órbita contém um arranjo complexo de tecido conjuntivo que forma um arcabouço de suporte para o bulbo do olho e também atua para limitar as rotações oculares e compartimentar o corpo adiposo da órbita (Fig. 39.5). Certas regiões têm significado anatômico e clínico, incluindo o septo orbital, a bainha do bulbo do olho, ligamentos de restrição, o ligamento suspensor do bulbo e o periósteo.

SEPTO ORBITAL

O septo orbital é uma lâmina membranácea fraca, afixada à margem orbital onde ela se torna contínua com o periósteo (Fig. 39.5). Ele passa para dentro em cada pálpebra e se funde com o tarso, e, na pálpebra superior, com a lamela superficial do músculo levantador da pálpe-

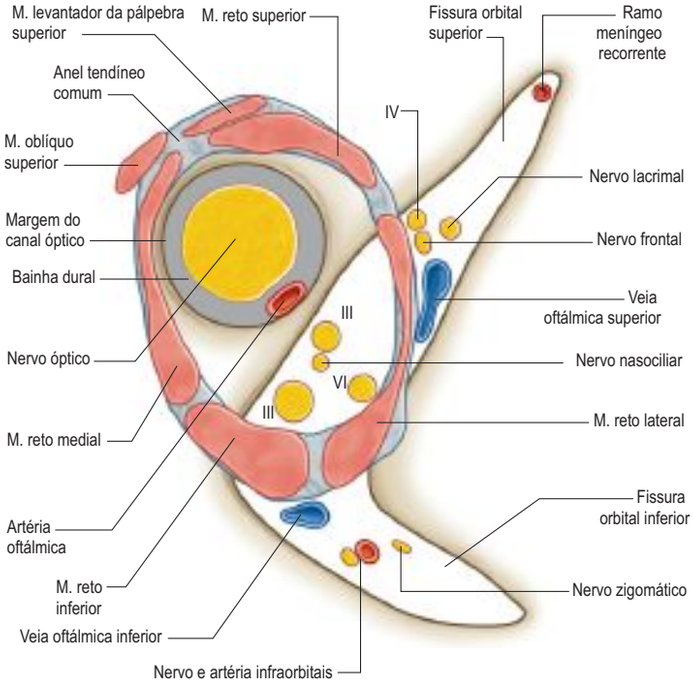


Fig. 39.4 O anel tendíneo comum com suas origens musculares superpostas. São mostradas as posições relativas dos nervos e vasos que entram na cavidade orbital passando através da fissura orbital superior ou o canal óptico. Observar que as fixações do músculo levantador da pálpebra superior e do músculo oblíquo superior localizam-se externas ao anel tendíneo mas estão inseridas nele. As veias oftálmicas frequentemente passam através do anel. O ramo meníngeo recorrente (um ramo da artéria oftálmica) é muitas vezes conduzido da órbita à cavidade do crânio através do seu próprio forame.

bra superior. O septo orbital é mais espesso lateralmente, onde se situa na frente do ligamento palpebral lateral. Ele passa atrás do ligamento palpebral medial e saco lacrimal, mas na frente da polia do músculo oblíquo superior. O septo é perfurado acima pelo músculo levantador da pálpebra superior e embaixo por uma extensão fibrosa a partir das bainhas dos músculos reto inferior e oblíquo inferior. Os nervos e vasos lacrimais, supratrocleares, infratrocleares e supraorbitais passam através do septo a partir da órbita a caminho da face e couro cabeludo.

BAINHA DO BULBO DO OLHO

Uma bainha fascial fina, a bainha do bulbo (cápsula de Tenon), envolve o olho desde o nervo óptico até a junção corneoescleral, separando-o do corpo adiposo da órbita e formando um soquete para o bulbo do olho (Figs. 39.5, 39.6). O aspecto ocular da bainha é frouxamente fixado à esclera por delicadas faixas de tecido conjuntivo episcleral. Posteriormente, ela é atravessada por vasos e nervos ciliares. Ela se funde com a esclera e com a bainha do nervo óptico onde este último entra no bulbo do olho: a fixação à esclera é mais forte nessa posição e de novo anteriormente, imediatamente atrás da junção corneoescleral no limbo. A bainha do bulbo é perfurada pelos tendões dos músculos extrínsecos do bulbo do olho e é refletida sobre cada um como uma bainha tubular chamada fáscia muscular. A bainha do músculo oblíquo superior atinge a tróclea (polia fibrosa) associada com o músculo. As bainhas dos quatro músculos retos são muito espessas anteriormente, mas são reduzidas posteriormente a um delicado perimísio. Imediatamente antes de se fundirem com a bainha do bulbo do olho, as espessas bainhas dos músculos retos adjacentes se tornam confluentes e formam um anel fascial.

Expansões da fáscia muscular são importantes para as fixações que elas fazem. As expansões dos músculos retos medial e lateral são triangulares e fortes, e são fixadas aos ossos lacrimal e zigomático, respectivamente: uma vez que elas podem limitar as ações dos dois músculos retos, são chamadas ligamentos de restrição medial e lateral (Fig. 39.6). Outros músculos extrínsecos do bulbo do olho têm ligamentos de restrição menos substanciais, e a capacidade de qualquer deles de realmente limitar o movimento foi posta em questão.

A bainha do músculo reto inferior é espessada no seu lado inferior e se funde com a bainha do músculo oblíquo inferior. Estas duas, por sua vez, são contínuas com o anel fascial citado anteriormente e, portanto,

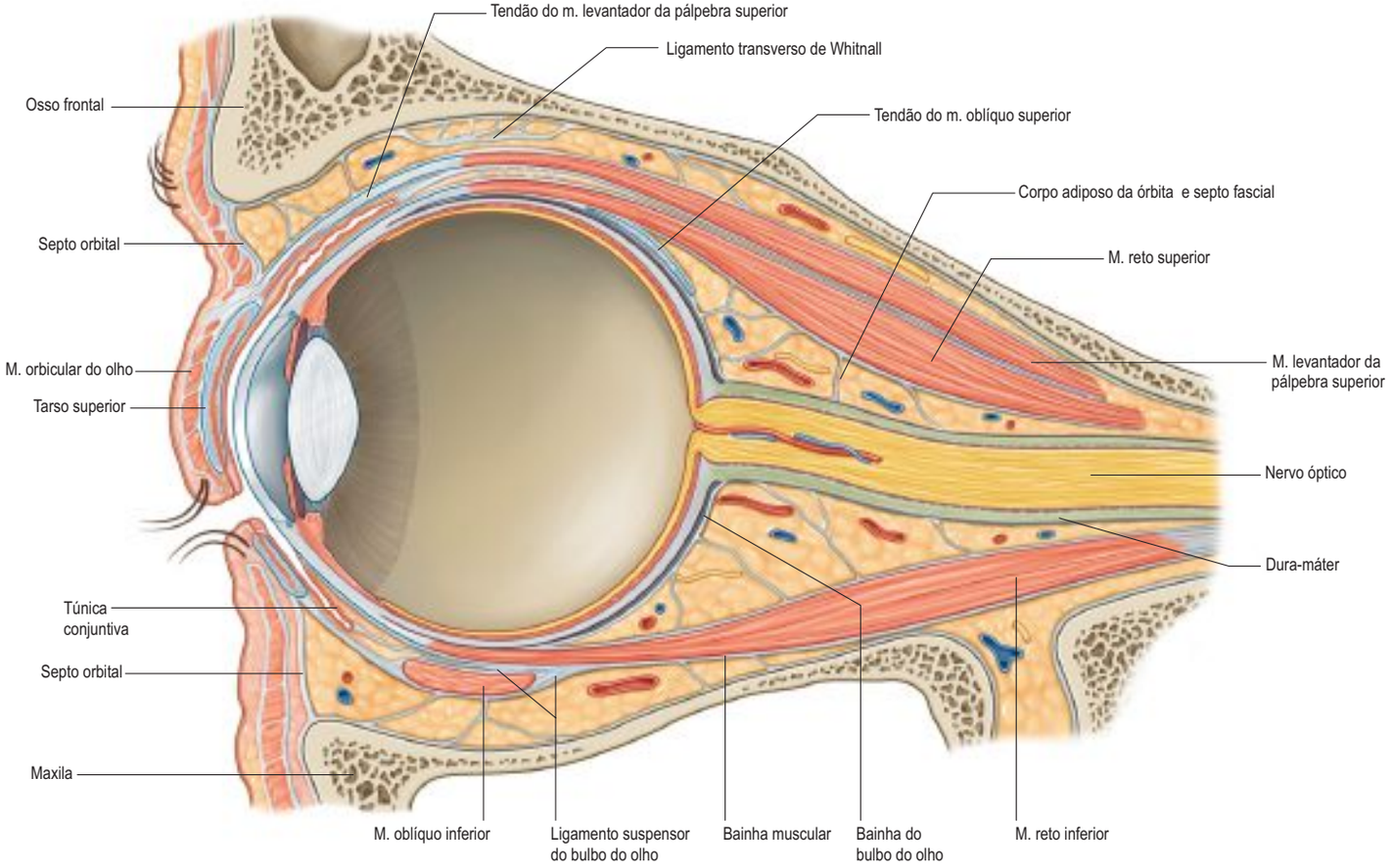


Fig. 39.5 Conteúdo da órbita, corte sagital.

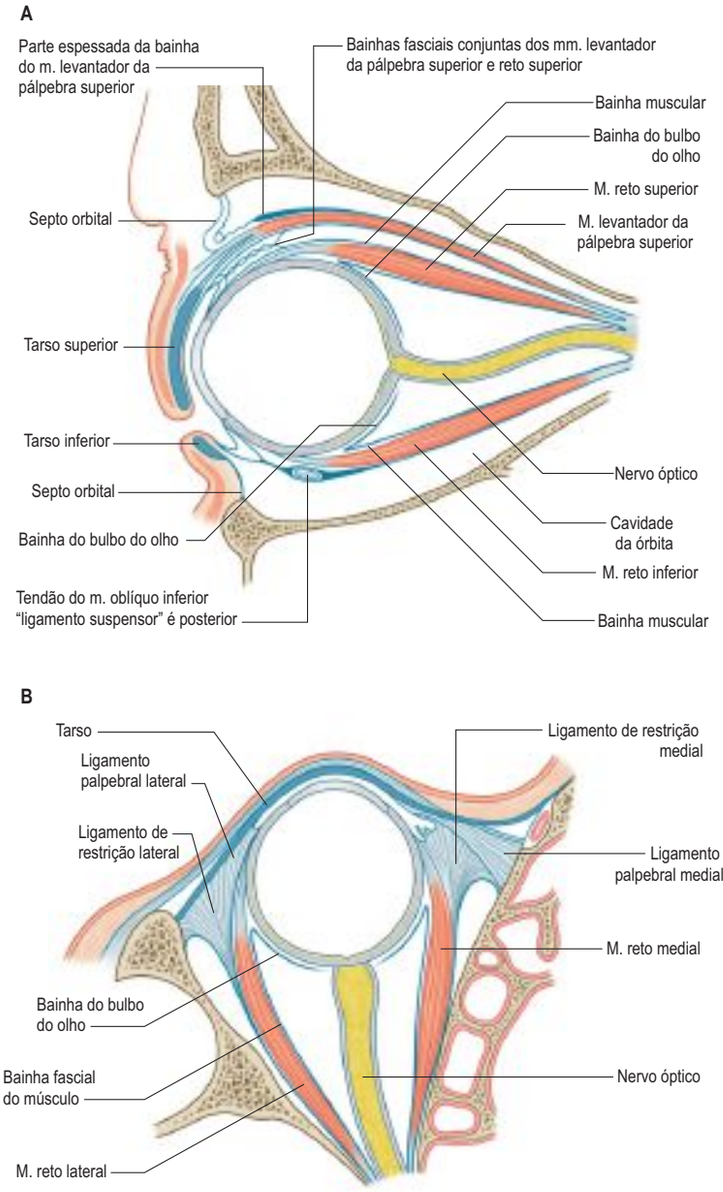


Fig. 39.6 A, Fáscia orbital, corte sagital. **B,** Fáscia orbital, corte horizontal.

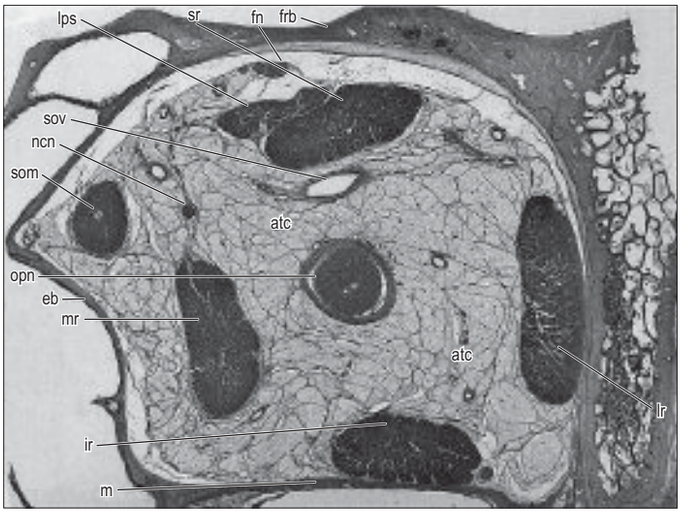


Fig. 39.7 Corte coronal através da órbita esquerda (vista de frente) cortada através de um plano passando 5 cm atrás do polo posterior do bulbo do olho. atc, compartimentos de tecidos adiposos; eb, osso etmoide; fn, nervo frontal; frb, osso frontal; ir, músculo reto inferior; lr, músculo reto lateral; m, maxila (osso); mr, músculo reto medial; ncn, nervo nasociliar; opn, nervo óptico; lps, músculo levantador da pálpebra superior; som, músculo oblíquo superior; sob, veia oftálmica superior; sr, músculo reto superior. (Com permissão de Kornneef ,1977.)

com as bainhas dos músculos reto medial e lateral. Uma vez que eles são fixados às paredes orbitais por ligamentos de restrição, uma faixa contínua de fáscia, o ligamento suspensor do bulbo, é lançada como uma rede embaixo do olho, fornecendo suporte suficiente de modo que, mesmo quando a maxila (formando o soalho da órbita) é removida, o olho retém sua posição.

A bainha fundida espessada do músculo reto inferior e do músculo oblíquo inferior também tem uma expansão anterior para dentro da pálpebra inferior, onde, aumentada por algumas fibras do músculo orbicular do olho, ela se fixa ao tarso inferior como o músculo tarsal inferior: a contração do músculo reto inferior na mirada para baixo, portanto, também puxa a pálpebra para baixo. A bainha do músculo levantador da pálpebra superior também é espessada anteriormente, e imediatamente atrás da aponeurose ela se funde inferiormente com a bainha do músculo reto superior. Ela se estende para a frente entre os dois músculos e se insere no fórnice superior da túnica conjuntiva.

Outras extensões da bainha do bulbo passam medial e lateralmente, e se fixam nas paredes da órbita, formando o ligamento transverso do olho. Essa estrutura é de significado incerto, mas presumivelmente desempenha um papel em tracionar o fórnice para cima na elevação da mirada e pode atuar como um fulcro para movimentos do músculo levantador da pálpebra superior. Outras numerosas fáscias mais finas formam septos radiais que se estendem da bainha do bulbo e das bainhas musculares ao periósteo da órbita, e assim proveem compartimentos para o corpo adiposo da órbita. Muitas das fáscias contêm células musculares lisas. As fáscias oculares e orbitais estão dispostas para ajudar na localização do olho dentro da órbita sem obstruir as atividades dos músculos extrínsecos do bulbo do olho, exceto possivelmente nos extremos de rotação. Elas também evitam o desvio grosseiro do corpo adiposo da órbita, que poderia interferir com o posicionamento preciso dos dois olhos, que é essencial para a visão binocular.

O periósteo da órbita é apenas frouxamente fixado no osso. Atrás, ele é unido com a dura-máter, que circunda o nervo óptico, e na frente é contínuo com o periósteo da margem orbital, onde ele emite uma camada que contribui para o septo orbital. Ele também se fixa à tróclea e, como a fáscia lacrimal, forma o teto e a parede lateral da fossa do saco lacrimal.

CORPO ADIPOSO DA ÓRBITA

Os espaços entre as principais estruturas da órbita são ocupados por gordura, particularmente na região entre o nervo óptico e o cone circundante de músculos (Figs. 39.5, 39.7). A gordura também reside entre os músculos e o periósteo, e é limitada anteriormente pelo septo orbital. Coletivamente, a gordura ajuda a estabilizar a posição do bulbo do olho e também atua como um soquete dentro do qual o olho pode rodar. Condições que resultam em volume global aumentado do corpo adiposo da órbita, por exemplo, hipertireoidismo (doença de Graves), podem levar à protrusão do bulbo do olho para a frente (exoftalmia).

MÚSCULOS EXTRÍNSECOS DO BULBO DO OLHO

Há sete músculos extrínsecos do bulbo do olho (esqueléticos) associados com o olho. O músculo levantador da pálpebra superior é um elevador da pálpebra superior, e os outros seis, *i.e.*, quatro músculos retos (superior, inferior, medial e lateral) e dois músculos oblíquos (superior e inferior) são capazes de mover o olho em quase qualquer direção.

MÚSCULO LEVANTADOR DA PÁLPEBRA SUPERIOR

O músculo levantador da pálpebra superior é um músculo triangular fino que se origina do aspecto inferior da asa menor do esfenoide, acima e na frente do canal óptico, e dele é separado pela inserção do músculo reto superior (Fig. 39.5). Ele tem um tendão estreito curto na sua fixação posterior e se alarga gradualmente, a seguir mais agudamente, quando passa anteriormente acima do bulbo do olho. O músculo termina na frente em uma aponeurose larga. Algumas das suas fibras tendíneas passam direto para dentro da pálpebra superior para se inserirem na superfície anterior do tarso, enquanto o resto se irradia e perfura o músculo orbicular do olho para passar para a pele da pálpebra superior. Uma lâmina fina de músculo liso, o músculo tarsal superior, passa a partir do lado inferior do músculo levantador da pálpebra superior para a margem superior do tarso superior.

As bainhas de tecido conjuntivo das superfícies adjacentes do músculo levantador da pálpebra superior e do músculo reto superior são fundidas (Fig. 39.5). Onde os dois músculos se separam para alcançar suas inser-

ções, a fáscia entre eles forma uma massa espessa à qual o fórnice superior da túnica conjuntiva está fixado: isso é usualmente descrito como uma fixação adicional do músculo levantador da pálpebra superior. Acompanhada lateralmente, a aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior passa entre as partes orbital e palpebral da glândula lacrimal para se fixar no tubérculo orbital do osso zigomático. Acompanhada medialmente, ela perde sua natureza tendínea, ao passar estreitamente sobre o tendão refletido do músculo oblíquo superior, e continua até o ligamento palpebral medial sob a forma de filamentos frouxos de tecido conjuntivo.

Suprimento vascular O músculo levantador da pálpebra superior recebe seu suprimento arterial tanto diretamente da artéria oftálmica quanto indiretamente do seu ramo, a artéria supraorbital.

Inervação O músculo levantador da pálpebra superior é inervado por um ramo do ramo superior do nervo oculomotor que entra pela superfície inferior do músculo. Fibras simpáticas para o componente de músculo liso do músculo levantador da pálpebra superior (músculo tarsal superior) são derivadas do plexo circundante à artéria carótida interna; essas fibras nervosas podem se unir ao nervo oculomotor no seio cavernoso e passar para a frente no seu ramo superior.

Ações O músculo levantador da pálpebra superior eleva a pálpebra superior. Durante esse processo, as partes lateral e medial da sua aponeurose são esticadas e, assim, limitam sua ação: a elevação também é freada pelo septo orbital. A elevação da pálpebra tem a oposição a partir da parte palpebral do músculo orbicular do olho. O músculo levantador da pálpebra superior é ligado ao músculo reto superior por um ligamento de restrição; assim, a pálpebra superior se eleva quando o olhar é dirigido para cima.

A posição das pálpebras depende do tônus recíproco nos músculos orbicular do olho e levantador da pálpebra superior, e do grau de protrusão ocular. Na posição aberta, a pálpebra superior cobre a parte superior da córnea, enquanto a pálpebra inferior fica imediatamente abaixo da sua margem inferior. Os olhos são fechados por movimentos de ambas as pálpebras, produzidos pela contração da parte palpebral do músculo orbicular do olho e relaxamento do músculo levantador da pálpebra superior. Ao olhar para cima, o músculo levantador da pálpebra superior se contrai, e a pálpebra superior acompanha o movimento ocular. Ao mesmo tempo, os supercílios também são usualmente levantados pelos ventres frontais do músculo occipitofrontal para diminuir sua projeção pendente. A pálpebra inferior se atrasa ao movimento ocular, de modo que mais esclera é exposta abaixo da córnea, e a pálpebra é salientada um pouco pela parte inferior do olho elevado. Quando o olho é deprimido, ambas as pálpebras se movem: a superior retém sua relação normal ao bulbo do olho e ainda cobre cerca de um quarto da córnea, enquanto a pálpebra inferior é deprimida porque a extensão da fáscia espessada dos músculos reto inferior e oblíquo inferior tracionam o seu tarso quando a primeira se contrai.

As aberturas palpebrais são alargadas em estados de medo ou excitação, pela contração do músculo liso dos músculos tarsais superior e inferior como resultado de atividade simpática aumentada. Lesões do suprimento simpático resultam em queda da pálpebra superior (ptose), como observado na síndrome de Horner.

OS QUATRO MÚSCULOS RETOS

Os quatro músculos retos têm aproximadamente forma de fita; cada um tem uma parte intermediária que se afina gradualmente para um tendão (Figs. 39.8, 39.9). Eles estão fixados posteriormente em um anel tendíneo comum que circunda as margens superior, medial e inferior do canal óptico, continua lateralmente através das partes inferior e medial da fissura orbital superior, e está fixado a um tubérculo ou espinha na margem da asa maior do esfenoide (Fig. 39.4). O anel tendíneo é estreitamente aderente à bainha dural do nervo óptico medialmente e ao periósteo circundante. O músculo reto inferior, parte do músculo reto medial e as fibras inferiores do músculo reto lateral são inseridos na parte inferior do anel, enquanto o músculo reto superior, parte do músculo reto medial e

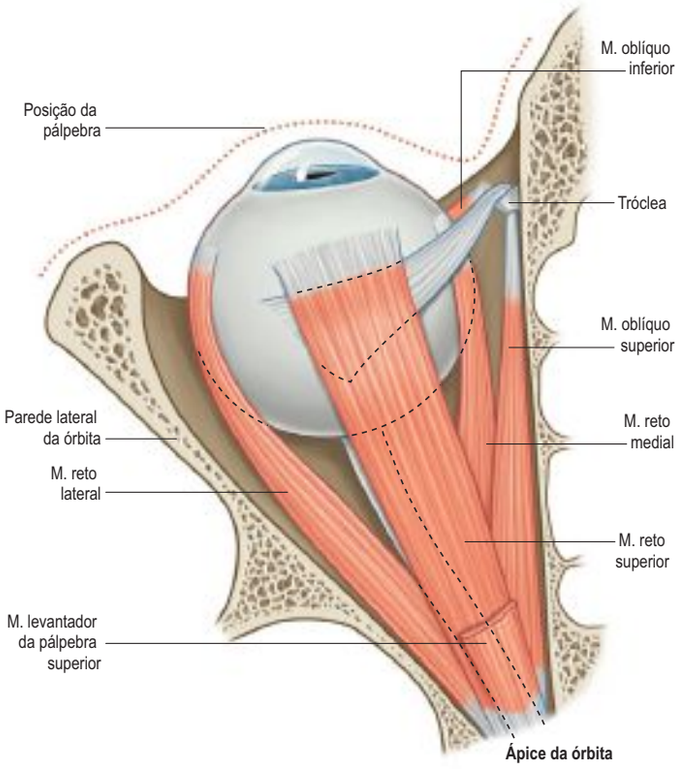


Fig. 39.8 Músculos extrínsecos do bulbo do olho vistos de cima.

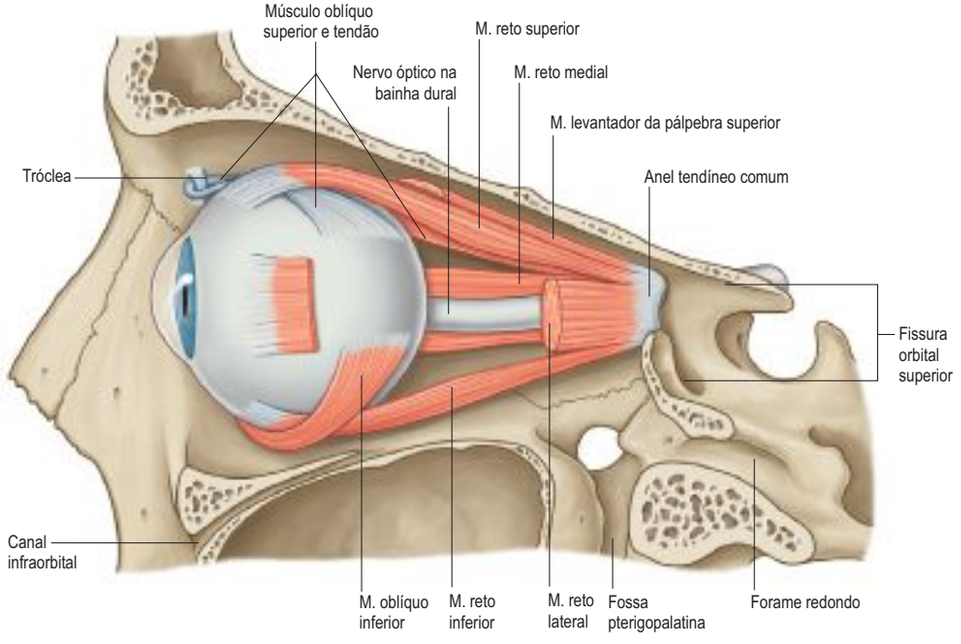


Fig. 39.9 Músculos da órbita esquerda, vista lateral.

as fibras superiores do músculo reto lateral são fixados na parte superior. Uma segunda pequena tira tendínea do reto lateral é fixada à face orbital da asa maior do esfenoide, lateral ao anel tendíneo comum.

Cada músculo reto passa para a frente, na posição implícita no seu nome, para ser fixado anteriormente por uma expansão tendínea na esclera, posterior à margem da córnea.

Músculo reto superior

O músculo reto superior é ligeiramente maior que os outros músculos retos. Ele se origina da parte superior do anel tendíneo comum, acima e lateral ao canal óptico. Algumas fibras também se originam da bainha dural do nervo óptico. As fibras passam para a frente e lateralmente (em um ângulo de aproximadamente 25° com o plano mediano do olho na posição primária) para se inserirem na parte superior da esclera, aproximadamente a 8 mm do limbo (Fig. 39.8). A inserção é ligeiramente oblíqua, a margem medial mais anterior que a margem lateral.

Suprimento vascular O músculo reto superior recebe seu suprimento arterial tanto diretamente da artéria oftálmica quanto indiretamente do seu ramo, a artéria supraorbital.

Inervação O músculo reto superior é inervado pelo ramo superior do nervo oculomotor, que entra na superfície inferior do músculo.

Ações O músculo reto superior move o olho de tal modo que a córnea é dirigida para cima (elevação) e medialmente (adução). Para obter movimento isolado para cima, o músculo tem de funcionar com o músculo oblíquo inferior. O músculo reto superior também causa intorção do olho (*i.e.*, rotação medial). Uma vez que um ligamento de restrição se estende dele ao músculo levantador da pálpebra superior, a elevação do olho também resulta em elevação da pálpebra superior. Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 661.

Músculo reto inferior

O músculo reto inferior se origina do anel tendíneo comum, abaixo do canal óptico. Ele segue ao longo do soalho da órbita em direção semelhante ao músculo reto superior (*i.e.*, para a frente e lateralmente) e se insere obliquamente na esclera abaixo da córnea, aproximadamente a 6,5 mm do limbo (Fig. 39.9).

Suprimento vascular O músculo reto inferior recebe seu suprimento arterial da artéria oftálmica e da artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar.

Inervação O músculo reto inferior é inervado por um ramo do ramo inferior do nervo oculomotor que entra na face superior do músculo.

Ações A principal atividade do músculo reto inferior é mover o olho de tal modo que ele é dirigido para baixo (depressão). Ele também faz o olho se desviar medialmente, e extorce o olho (*i.e.*, produz rotação lateral). Para obter movimento para baixo unicamente, o músculo reto inferior tem de funcionar com o músculo oblíquo superior. Uma extensão fibrosa a partir do músculo reto inferior para o tarso faz a pálpebra inferior ser deprimida quando o músculo se contrai. Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 661.

Músculo reto medial

O músculo reto medial é ligeiramente mais curto que os outros músculos retos, mas é o mais forte do grupo. Ele se origina da parte medial do anel tendíneo comum e também da bainha dural do nervo óptico, abaixo do músculo oblíquo superior (Fig. 39.8). Ele se insere na superfície medial da esclera, aproximadamente a 5,5 mm do limbo e ligeiramente superior aos outros músculos retos.

Suprimento vascular O músculo reto medial recebe seu suprimento arterial da artéria oftálmica.

Inervação O músculo reto medial é inervado por um ramo do ramo inferior do nervo oculomotor que entra na superfície lateral do músculo.

Ações O músculo reto medial move o olho de tal modo que ele é dirigido medialmente (aduzido). Os dois músculos retos mediais atuando juntos são responsáveis pela convergência. Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 661.

Músculo reto lateral

O músculo reto lateral origina-se principalmente da parte lateral do anel tendíneo comum e faz ponte na fissura orbital superior; algumas fibras também se originam de uma espinha na asa maior do esfenoide. O músculo passa horizontalmente para a frente ao longo da parede lateral da órbita para se inserir na superfície lateral da esclera, aproximadamente a 7 mm do limbo (Fig. 39.8).

Suprimento vascular O músculo reto lateral recebe seu suprimento arterial da artéria oftálmica diretamente e/ou do seu ramo, a artéria lacrimal.

Inervação O músculo reto lateral é inervado pelo nervo abducente por ramos que entram na superfície medial do músculo.

Ações O músculo reto lateral move o olho de tal modo que ele é dirigido lateralmente (abduzido). Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 661.

OS MÚSCULOS OBLÍQUOS

Músculo oblíquo superior

O músculo oblíquo superior é um músculo fusiforme que se origina do corpo do esfenoide superomedial ao canal óptico e à fixação tendínea do músculo reto superior. Ele passa para a frente para terminar em um tendão redondo que atua através de uma alça fibrocartilagínea, a tróclea, fixada à fóvea troclear do osso frontal (Fig. 39.8). Tendão e tróclea são separados por uma delicada bainha sinovial. O tendão subsequentemente desce posterolateralmente e inferior ao músculo reto superior, e está fixado na esclera na parte superolateral do quadrante posterior atrás do equador, entre os músculos retos superior e lateral.

Suprimento vascular O músculo oblíquo superior recebe seu suprimento arterial diretamente da artéria oftálmica e indiretamente do seu ramo, a artéria supraorbital.

Inervação O músculo oblíquo superior é inervado pelo nervo troclear, que entra na superfície superior do músculo.

Ações O músculo oblíquo superior é inserido na parte posterior do bulbo do olho; quando ele se contrai, o dorso do olho é elevado, e a frente do olho é deprimida (particularmente na posição aduzida). O músculo oblíquo superior também move o olho lateralmente (abdução) e intorce o bulbo do olho. Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 695.

Músculo oblíquo inferior

O músculo oblíquo inferior é um músculo fino, estreito, que está situado próximo da margem anterior do soalho da órbita. Ele se origina da face orbital da maxila lateral à fossa do saco lacrimal e ascende posterolateralmente, a princípio entre o músculo reto inferior e o soalho da órbita, e a seguir entre o bulbo do olho e o músculo reto lateral. Ele é inserido na parte lateral da esclera atrás do equador do bulbo do olho, na parte inferolateral do quadrante posterior entre os músculos retos inferior e lateral, próximo mas levemente posterior à fixação do músculo oblíquo superior (Fig. 39.9). O músculo se alarga e adelgaça, e, em contraste com os outros músculos extrínsecos do bulbo do olho, seu tendão é escassamente discernível na sua inserção escleral.

Suprimento vascular O músculo oblíquo inferior recebe seu suprimento arterial da artéria oftálmica e da artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar.

Inervação O músculo oblíquo inferior é inervado por um ramo do ramo inferior do nervo oculomotor que entra na superfície orbital do músculo.

Ações O músculo oblíquo inferior é inserido na parte posterior do bulbo do olho; quando ele se contrai, o dorso do bulbo do olho é deprimido, e a frente do bulbo do olho é elevada (particularmente na posição aduzida). O músculo move o olho lateralmente (abdução) e também causa extorção. Para discussão mais detalhada das suas ações, ver página 661.

PEQUENOS MÚSCULOS DAS PÁLPEBRAS

Diversos músculos lisos são associados com a órbita, embora não sejam diretamente fixados no bulbo do olho. O músculo orbital (de Müller) situa-se no dorso da órbita e abrange a fissura infraorbital. Suas funções são incertas, mas sua contração pode possivelmente produzir leve protrusão do bulbo do olho para a frente. Os músculos tarsais superior e inferior são pequenas lâminas musculares inseridas nas pálpebras superior e inferior, e são descritos em mais detalhe com os tarsos (página 670). Todos os três pequenos músculos recebem uma inervação simpática do gânglio cervical superior por meio do plexo carótido interno.

MOVIMENTOS DOS OLHOS

Os movimentos dos olhos envolvem rotações em torno de um centro de rotação dentro do bulbo do olho. Para finalidades práticas, este pode ser considerado como situado 13,5 mm atrás do ápice da córnea. Os movimentos oculares normais são binoculares. Os movimentos dos olhos na mesma direção são chamados versões, enquanto aqueles em direções opostas são chamados vergências. Os movimentos oculares são muitas vezes acompanhados por movimentos correspondentes das pálpebras, particularmente no olhar para cima, quando a atividade do músculo levantador da pálpebra superior é estreitamente acoplada ao do músculo reto superior. A seção a seguir descreve o sistema motor ocular em termos das ações dos músculos extrínsecos do bulbo do olho individuais, da diversidade dos movimentos dos olhos e do seu controle.

Ações dos músculos extrínsecos do bulbo do olho

O músculo levantador da pálpebra superior eleva a pálpebra superior, e seu antagonista é a parte palpebral do músculo orbicular do olho. O grau de elevação que, à parte piscar, é mantido por longos períodos durante as horas de vigília, é um compromisso entre assegurar uma exposição adequada da córnea e controlar a quantidade de luz incidente. Na luz solar brilhante, a última pode ser reduzida baixando-se a pálpebra superior, assim diminuindo a claridade. Eletricamente, as descargas do músculo levantador da pálpebra superior são constantes para uma dada fixação, porém com o aumento de frequência com a posição da pálpebra mais para cima e relaxando durante o fechamento da fissura palpebral. O papel do músculo tarsal superior é menos claro. Seu tônus é relacionado à atividade simpática, e, como a ptose é uma consequência do comprometimento do suprimento nervoso simpático, ele pode funcionar como levantador acessório da pálpebra superior.

Todos os seis músculos extrínsecos do bulbo do olho rotam o bulbo do olho em direções dependentes da relação geométrica entre suas fixações ósseas e globais (Fig. 39.10), as quais são alteradas pelos próprios movimentos oculares. Por questão de conveniência, cada músculo será considerado isoladamente, mas deve ser apreciado que qualquer movimento do bulbo do olho altera a tensão e/ou o comprimento em todos os seis músculos. É útil considerar os quatro músculos retos e dois músculos oblíquos como grupos separados (lembrando sempre que eles atuam em concerto) porque eles formam agrupamentos mais óbvios como antagonistas ou sinergistas. Os músculos extrínsecos do bulbo do olho coletivamente posicionam o bulbo do olho na cavidade da órbita e impedem seus movimentos anteroposteriores, a não ser uma ligeira retração durante o piscar, porque os músculos retos exercem uma tração posterior enquanto os músculos oblíquos puxam o bulbo do olho em certo grau anteriormente. Eles podem ser assistidos por vários "ligamentos de restrição" (ver anteriormente). Uma descrição simplificada das ações dos músculos extrínsecos do bulbo do olho encontra-se sumariada na Figura 39.11.

Dos quatro músculos retos, o medial e o lateral exercem forças comparativamente simples sobre o bulbo do olho. Sendo aproximadamente horizontais, quando o eixo visual está na posição primária, *i.e.*, dirigido para o horizonte, eles rodam o olho medialmente (adução) ou lateralmente (abdução) em torno de um eixo vertical imaginário. Eles são antagonistas. O eixo visual pode ser varrido através de um arco horizontal por ajuste recíproco dos seus comprimentos. Quando, como é usual, ambos os olhos estão envolvidos, quatro músculos retos (mediais e laterais) de cada olho podem ajustar ambos os eixos visuais em um movimento conjugado de ponto a ponto ao infinito (seus eixos permanecendo paralelos) ou eles podem convergir ou divergir os eixos para ou a partir de objetos de atenção mais perto ou mais distante no campo visual.

Os músculos retos mediais e laterais não rodam o olho em torno do seu eixo horizontal e, assim, não são capazes de elevar ou deprimir os eixos visuais à medida que o olhar é transferido de objetos mais próximos para mais distantes ou o inverso. Esse movimento requer os músculos retos superiores e inferiores (ajudados pelos dois músculos oblíquos). Deve ser lembrado que o eixo da órbita não corresponde ao eixo visual na sua posição primária, mas diverge dele em um ângulo de aproximadamente 23° (esse valor varia entre os indivíduos e depende do ângulo entre os eixos da órbita e o plano mediano). Assim, a rotação simples causada por um músculo reto superior isolado, analisada com referência aos três eixos oculares hipotéticos, parece mais complexa, sendo principalmente elevação (eixo horizontal), secundariamente uma rotação medial menos potente (eixo vertical) e leve intorção (eixo anteroposterior) na qual o ponto médio da margem superior da córnea (muitas vezes chamada "12 horas") é rodado medialmente na direção do nariz. Essas ações, compostas como uma única rotação simples, são facilmente apreciadas quando se observa que a direção de tração do músculo reto superior segue em uma direção posteromedial desde a sua inserção na frente, que é anterior ao equador e superior à córnea, até a sua fixação óssea perto do ápice da órbita (Fig. 39.10). O músculo reto inferior traciona de maneira semelhante o músculo reto superior, mas roda o eixo visual para baixo em torno do eixo horizontal. Ele roda o olho medialmente sobre um eixo vertical, mas sua ação em torno do eixo anteroposterior extorce o olho, isto é, roda-o de tal modo que o ponto das "12 horas" da córnea gira lateralmente. As contrações combinadas iguais dos músculos retos superior e inferior, portanto, rodam o bulbo do olho medialmente, uma vez que os seus efeitos em torno dos eixos horizontal e anteroposterior são opostos. Em movimentos binoculares, eles ajudam os músculos retos mediais a convergir os eixos visuais e, por ajustamento recíproco, podem elevar ou deprimir os eixos visuais. Quando o bulbo do olho é rodado lateralmente, as linhas de tração dos músculos reto superior e inferior aproximam-se do plano do eixo ocular anteroposterior (Fig. 39.10), e assim seus efeitos rotacionais em torno deste e do eixo ocular vertical diminuem. Em abdução a aproximadamente 23°, eles se tornam quase puramente elevador e depressor, respectivamente, do eixo visual.

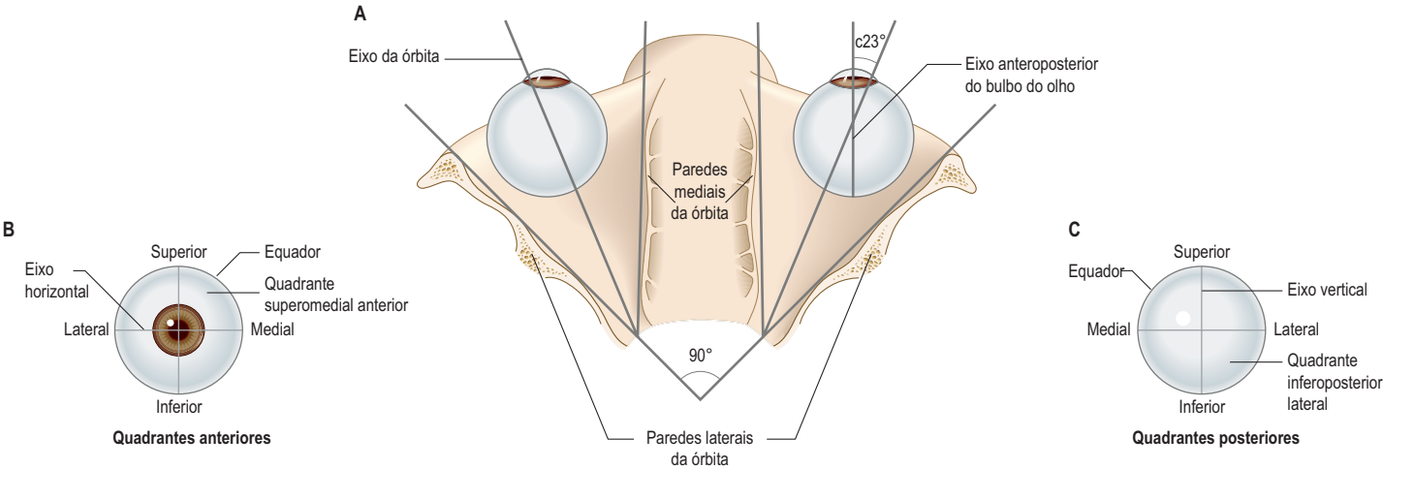
O músculo oblíquo superior atua sobre o olho a partir da tróclea e, como a inserção do músculo oblíquo inferior é, para finalidades práticas, verticalmente abaixo disso, ambos os músculos chegam ao bulbo do olho com o mesmo ângulo, sendo fixados em posições aproximadamente semelhantes nos quadrantes oculares posterolateral superior e inferior (Fig. 39.10). O músculo oblíquo superior eleva o aspecto posterior do bulbo do olho, e o músculo oblíquo inferior o deprime, o que significa que o primeiro roda o eixo visual para baixo e o último o roda para cima, e ambos os movimentos ocorrem em torno do eixo horizontal. Quando o olho está na posição primária, a obliquidade de ambos os músculos significa que eles tracionam em uma direção posterior ao eixo vertical e ambos, portanto, rodam o olho lateralmente em torno desse eixo. No que concerne ao eixo anteroposterior, isoladamente o músculo oblíquo superior intorce o olho, e o músculo oblíquo inferior o extorce. Como os músculos retos superior e inferior, portanto, os dois músculos oblíquos têm um momento de giro comum em torno do eixo vertical, mas são forças opostas em relação aos outros dois. Atuando em concerto eles poderiam, portanto, assistir ao músculo reto lateral abduzir o eixo visual, como na divergência dos olhos ao transferir atenção de perto para longe. Novamente, como os músculos retos superior e inferior, as direções de tração dos músculos oblíquos também variam com a posição ocular, de tal modo que eles se tornam mais aproximadamente um elevador e um depressor puros quando o olho é aduzido.

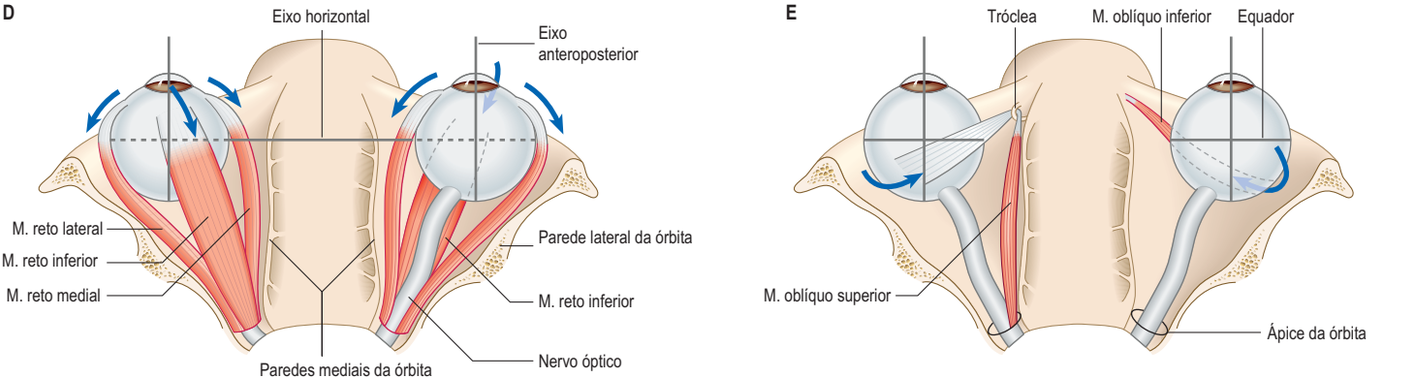
As rotações oculares estão na maior parte sob controle voluntário, enquanto os movimentos torcionais não podem ser iniciados voluntariamente. Quando a cabeça é inclinada em um plano frontal, ocorrem torções reflexas. Qualquer pequeno lapso no ajuste concertado de ambos os olhos produz diplopia.

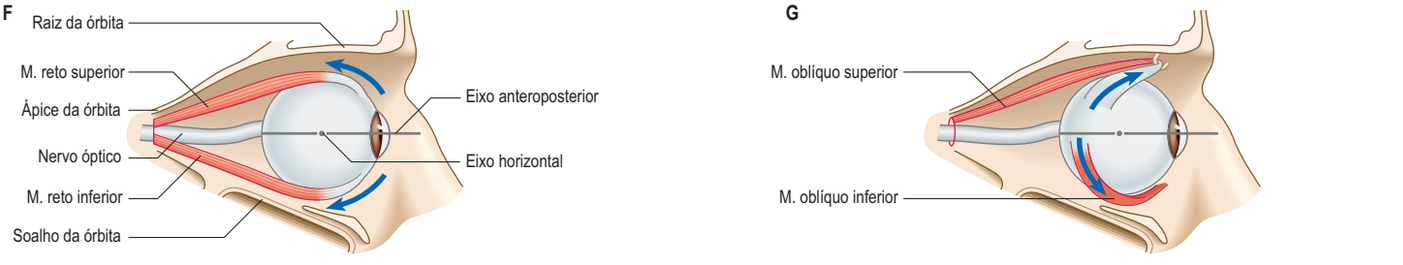
Movimentos que mudam ou estabilizam a mirada

O papel dos movimentos oculares é trazer a imagem dos objetos de interesse visual para a fóvea central da retina e reter a imagem constantemente a fim de obter o mais alto nível de acuidade visual. Diversos tipos de movimento ocular são requeridos para assegurar que essas condições sejam preenchidas. Além disso, os movimentos de ambos os olhos precisam ser quase perfeitamente combinados para obter os benefícios da binocularidade. Estão envolvidos movimentos voluntários e reflexos, e podem ser assim classificados. Alternativamente, eles podem ser agrupados nos movimentos que mudam o olhar conforme o interesse visual muda, e aqueles que estabilizam a mirada mantendo uma imagem firme na retina. Eles possuem características distintas e são gerados por diferentes mecanismos neurais em resposta a diferentes estímulos, mas compartilham uma via motora final comum. Os movimentos que mudam ou estabilizam o olhar são de três tipos: sacadas, vergência e alterações na fixação geradas pelo vestíbulo.

Na chamada "fixação" de um foco de atenção, quer monocular quer binocular, o eixo visual não é "fixado" de maneira perfeitamente constante, mas sofre diminutos porém mensuráveis pequenos saltos (de alguns minutos ou mesmo segundos de arco) através da verdadeira linha de fixação. Essas microssacadas são rápidas e surpreendentemente complexas. Quando o interesse muda para outra característica da cena visual, os olhos executam um movimento rápido ou sacádico para captar fixação. Se a rotação requerida for pequena, a sacada é precisa, enquanto pequenas sacadas corretivas suplementares são necessárias se o desvio for substancial. Sacadas também podem ocorrer em resposta a outros estímulos, *i.e.*, não visuais, exteroceptivos (p. ex., auditivos, táteis ou centralmente evocados). Elas podem ser volicionais ou reflexas. Como exemplo das últimas, na leitura de uma linha impressa os olhos fazem três ou quatro sacadas em abalos, em vez de acompanharem a linha suavemente: a linha só é imageada utilmente quando o olho está estacionário, o que significa que pouco da linha é visto pelo centro da fóvea. Em geral, os tempos de reação e os movimentos são medidos em microssegundos, a amplitude varia de segundos de arco a muitos graus, com uma precisão de 0,2° ou melhor, e







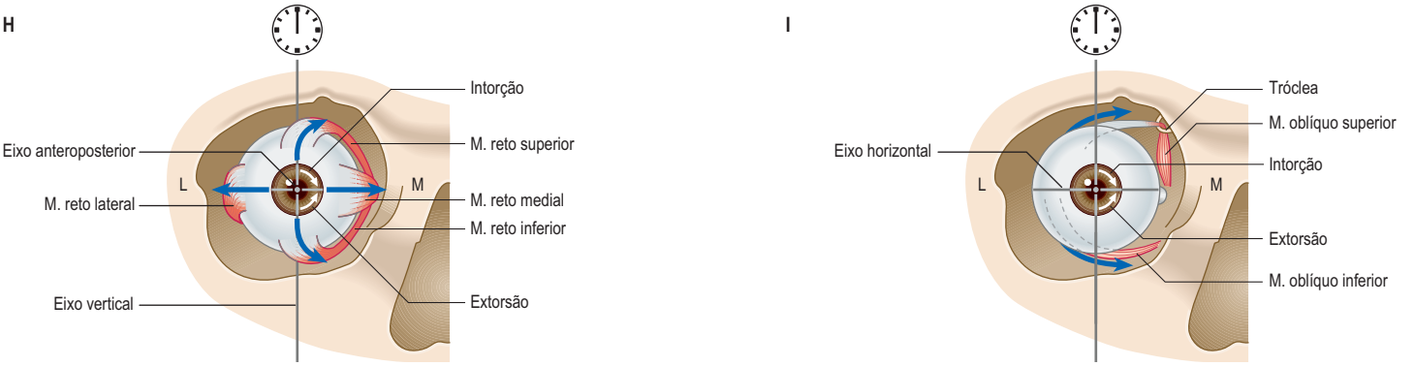


Fig. 39.10 Bases geométricas dos movimentos oculares. **A,** Relação entre os eixos orbitais e oculares, com os olhos na posição primária, quando os eixos visuais são paralelos. **B** e **C,** O bulbo do olho em vistas anterior e posterior para mostrar a geometria convencional. **D,** As órbitas vistas de cima, mostrando os músculos retos mediais e laterais e os músculos reto superior (esquerdo) e reto inferior (direito), indicando momentos de rotação principalmente em torno do eixo vertical. **E,** Músculos oblíquos superior (esquerdo) e inferior (direito), mostrando momentos de rotação principalmente em torno do eixos verticais e também anteroposteriores. **F,** Vista lateral para mostrar as ações dos músculos retos superior e inferior em torno do eixo horizontal. **G,** Vista lateral para mostrar a ação dos músculos oblíquos superior e inferior em torno do eixo anteroposterior. **H,** Vista anterior para mostrar o movimento rotacional medial dos músculos retos superior e inferior em torno do eixo vertical. Convencionalmente se diz que a posição de 12 horas indicada é intorcida (músculo reto superior) ou extorcida (m. reto inferior), conforme indicado pelas setas pequenas na córnea. **I,** Vista anterior para mostrar os efeitos torcionais do músculo oblíquo superior (intorção) e músculo oblíquo inferior (extorção) em torno do eixo anteroposterior, conforme indicado pelas pequenas setas na córnea.

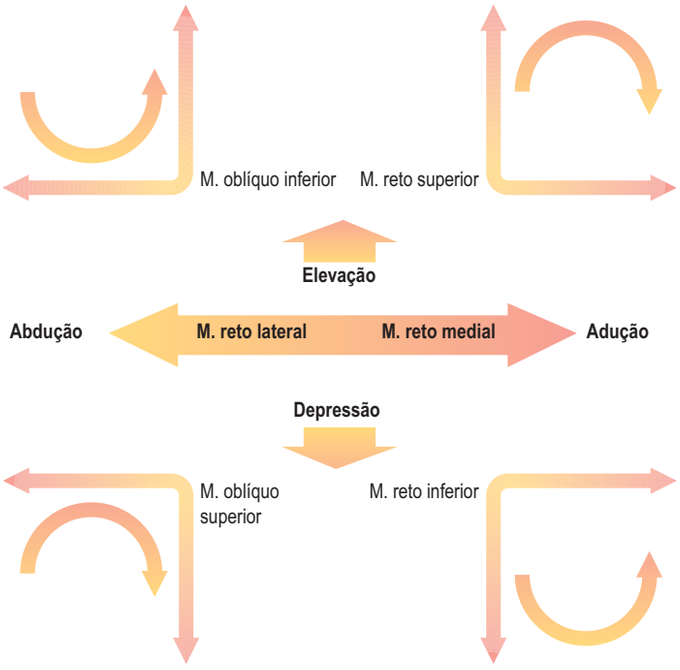


Fig. 39.11 Sumário simplificado das ações dos músculos extrínsecos do bulbo do olho.

a velocidade de uma grande sacada pode alcançar $500°/s^{-1}$. A velocidade das sacadas é assegurada por uma contração inicial, ligeiramente excessiva, dos músculos apropriados. A desaceleração necessária quando o alvo é fixado é em grande parte dependente da viscoelasticidade dos músculos extrínsecos do bulbo do olho e tecidos moles da órbita, e não de atividade muscular antagonista.

Vergência é um movimento relativamente lento que permite a manutenção da visão binocular isolada de objetos próximos. Os olhos convergem para a linha mediana entre os dois olhos para alcançar formação de imagem do objeto sobre ambas as fóveas. A vista do objetivo nos dois olhos não é inteiramente a mesma, e a disparidade é usada para avaliar profundidade. Ademais, as pupilas se constringem e os olhos acomodam-se para obter imagens focalizadas nítidas. Essas três atividades constituem o reflexo para perto.

O aparelho vestibular induz uma variedade de movimentos oculares reflexos para compensar os efeitos potencialmente perturbadores sobre a visão causados pelo movimento da cabeça e do corpo (Cap. 37). Os receptores nos canais semicirculares respondem a acelerações rotacionais (angulares) ativas ou passivas da cabeça. Quando o corpo faz movimentos rotacionais substanciais, um reflexo vestíbulo-ocular gera um ciclo de respostas que envolvem ao mesmo tempo a mudança e a estabilização da mirada. A rotação do corpo é equiparada pela contrarrotação dos olhos de tal modo que a direção da mirada fica inalterada e a visão clara é mantida. Restrição física limita a rotação a 30° ou menos e é seguida por um movimento sacádico rápido dos olhos para outro objeto na cena visual, e o ciclo é repetido. A visão por essa razão é nítida durante a maior parte do ciclo, enquanto a imagem é estacionária, mas à custa de nenhuma visão útil durante os breves períodos das sacadas. O reflexo é eficiente e rápido: essa velocidade não poderia ser gerada pelo sistema visual, que é lento em relação à curta latência dos receptores vestibulares.

Outros reflexos gerados pelo sistema vestibular, que induzem movimentos oculares compensadores para estabilizar o olhar, são ativados durante movimentos breves da cabeça. Quando a cabeça é rodada agudamente em qualquer direção, o bulbo do olho roda uma quantidade igual na direção oposta em resposta à estimulação das cristas do canal semicircular (aceleração angular), e a mirada fica imperturbada. Breves movimentos rotacionais são comumente combinados com movimentos translacionais (aceleração linear) que são monitorados pelos órgãos otolíticos. Por exemplo, um desvio linear ocorre na marcha quando a cabeça oscila verticalmente com cada passada, e um desvio rotacional ocorre quando a cabeça oscila, invocando respostas dos otólitos e canais, respectivamente, para estabilizar a imagem na retina. Doença vestibular acarretando a perda dos movimentos oculares compensadores rápidos, finos, na locomoção desestabiliza a imagem retiniana, turva a visão e pode tornar intolerável a locomoção.

Os otólitos também respondem à tração da gravidade, gerando reflexos vestíbulo-oculares estáticos associados com a inclinação da cabeça. Quando a orientação estática dos otólitos é mudada, por exemplo, quando a cabeça é inclinada para cima ou para baixo, os olhos contrarrotam para manter fixação do meridiano do horizonte. Inclinação lateral na direção de um ombro gera contrarrotação torcional dos olhos, um movimento que não pode ser feito voluntariamente. O reflexo torcional à inclinação, igual e oposto em direção pelos dois olhos, é completamente compensatório ao longo de 40° mais ou menos em animais afoveados, mas no homem é vestigial: ele é fracionariamente compensatório e varia em extensão entre os indivíduos. Uma vez que a imagem foveal fica inafetada pelos movimentos torcionais, o sujeito não tem percepção de qualquer penalidade visual.

Movimentos de perseguição ocular são usados para rastrear um objeto em movimento de interesse visual, mantendo a imagem aproximadamente na fóvea. Eles são usualmente precedidos por uma sacada para capturar a imagem, mas, diversamente das sacadas, são lentos e motivados pela visão. Se o desvio angular exigido para rastrear o objeto em movimento for grande ou estiver se movendo rapidamente, a sacada inicial frequentemente é inacurada, e uma ou mais sacadas corretivas são feitas antes de o rastreamento começar. Uma vez que o estímulo é visual, a resposta do sistema de perseguição é sujeita a uma latência relativamente longa (aproximadamente 100 ms): a limitação de desempenho que isso impõe pode ser contrabalançada por uma capacidade preditiva quando o movimento do objeto segue um padrão regular, e os movimentos oculares se ajustam antecipadamente à velocidade e direção.

A resposta otocinética é outro reflexo visualmente mediado que estabiliza a formação de imagem retiniana quando uma cena visual é rodada em torno de um sujeito estacionário. À medida que a cena visual muda, os olhos acompanham e retêm firme a imagem retiniana até que os olhos mudem rapidamente na direção oposta para outra área da cena visual. O campo inteiro de visão, em vez de pequenos objetos dentro dele, é o estímulo, e as fases alternadas lenta e rápida do movimento que são geradas descrevem o nistagmo otocinético. Esse reflexo funciona em colaboração com o reflexo vestíbulo-ocular rotacional. Em rotações sustentadas do corpo, o reflexo vestíbulo-ocular desaparece por causa dos arranjos mecânicos dos canais semicirculares. Na escuridão, o reflexo, que inicialmente é compensatório, perde velocidade, e após 45 segundos os bulbos dos olhos se tornam estacionários. Com um *input* visual, o reflexo é sustentado pela resposta otocinética. Uma vez que o reflexo já está iniciado, o retardo relativo do *input* visual é superado. A integração dos dois sistemas é servida por uma projeção acessória do sistema visual aos núcleos vestibulares por intermédio da região inferior da oliva e o cerebelo. O método usual de evocar nistagmo otocinético no laboratório ou na clínica é apresentar um padrão movendo-se horizontalmente de tiras verticais pretas sobre branco enquanto a cabeça do sujeito é mantida estacionária.

A atividade sacádica é quase onipresente na visão humana. Assim, ambos os eixos visuais são interminável e rapidamente transferidos para novos pontos de interesse em qualquer parte do campo visual. O olhar binocular é frequentemente realizado para seguir rotas da mais variável complexidade ao examinar objetos de interesse no campo, e ambos os eixos visuais têm de ser mantidos com suficiente precisão para evitar diplopia. Movimentos binoculares envolvendo convergência são acentuadamente mais lentos que movimentos conjugados, presumivelmente refletindo a maior complexidade de controle neural que esses movimentos exigem. A maioria da atividade visual humana diz respeito a alvos suficientemente próximos para exigir convergência e, portanto, intermediação neuronal de maior flexibilidade. Uma vez que a finalidade principal é a percepção clara de um "alvo", não é de surpreender que o *input* visual seja ele próprio utilizado em *feedback* contínuo para realizar a pontaria correta dos eixos visuais.

Movimentos contínuos do bulbo do olho são essenciais para a visão. As redes neurais da retina e as mais centrais parecem ser destinadas principalmente a detectar eventos transitórios como movimentos, em vez de estímulos estáticos sustentados. De fato, imagens que são essencialmente estáticas, como as devidas aos vasos sanguíneos da retina, não são detectáveis a não ser que as sombras que lançam sobre os fotorreceptores sejam feitas se mover, por exemplo, por iluminação cambiante de ângulo estreito com um oftalmoscópio.

Controle neural da mirada

Embora os substratos anatômicos detalhados dos diferentes tipos de movimento ocular sejam diferentes, eles compartilham os circuitos neurais comuns situados principalmente na ponte e mesencéfalo, para movimentos de mirada horizontal e vertical, respectivamente (Fig. 39.12). O elemento comum de todos os tipos de movimentos do olhar horizontal é o núcleo do nervo abducente. Ele contém neurônios motores que inervam o músculo reto lateral ipsilateral e interneurônios que se projetam pelo fascículo longitudinal medial (FLM) ao núcleo do nervo oculomotor contralateral que controla o músculo reto medial. Uma lesão do nervo abducente leva a uma perda total do olhar conjugado horizontal ipsilateral. Uma lesão do FLM produz adução retardada ou ausente do olho ipsilateral, usualmente associada com movimentos de abalos (nistagmo) do olho em abdução, uma síndrome chamada oftalmoplegia internuclear. O

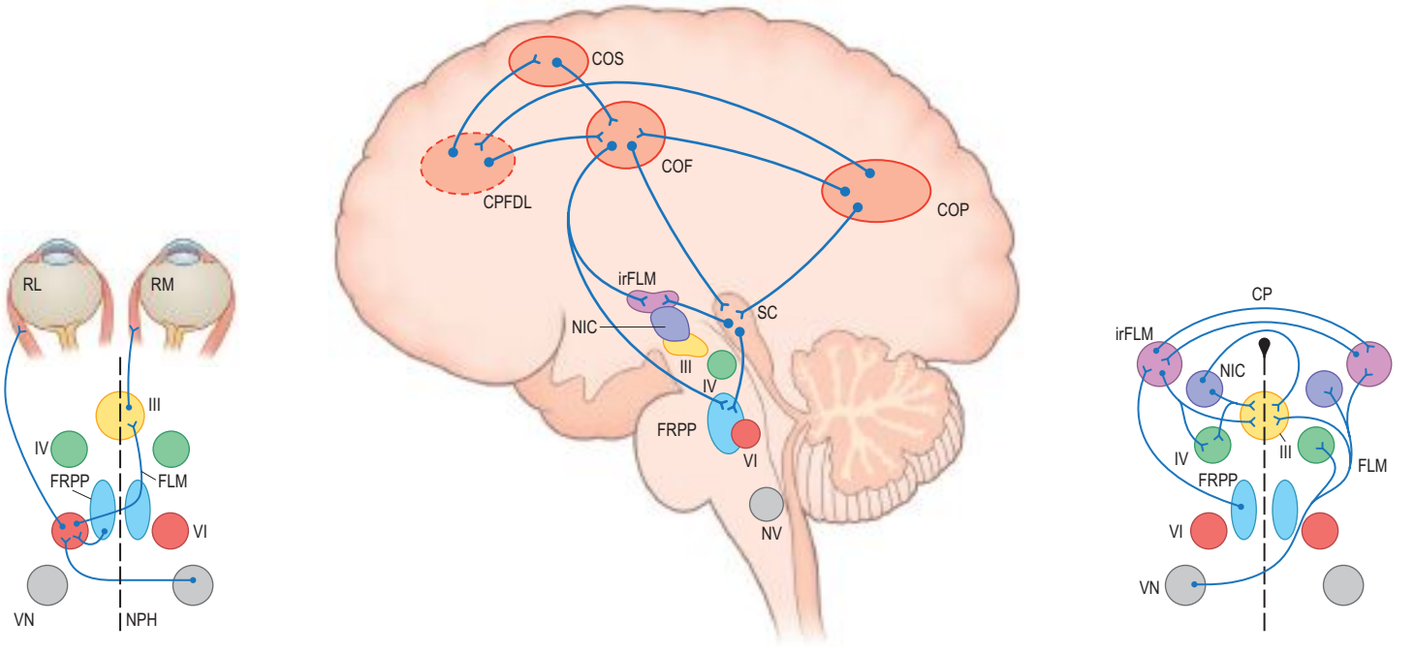


Fig. 39.12 Sumário do controle dos movimentos oculares. O desenho central mostra as conexões supranucleares a partir do campo ocular frontal (COF) e o campo ocular posterior (COP) ao colículo superior (CS), núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial (irFLM), e a formação reticular paramediana da ponte (FRPP). O COF e o CS estão envolvidos na produção de sacadas, enquanto se admite que o COP seja importante na produção de movimentos de perseguição. O diagrama à esquerda mostra as vias do tronco encefálico para mirada horizontal. Axônios da FRPP viajam para o núcleo do nervo abducente ipsilateral que inerva o músculo reto lateral (RL). Axônios internucleares do nervo abducente cruzam a linha mediana e seguem no fascículo longitudinal medial (FLM) para o conjunto neuronal no núcleo do nervo oculomotor (III) que inerva o músculo reto medial (RM) do olho contralateral. O diagrama à direita mostra as vias do tronco encefálico para o olhar vertical. As estruturas importantes incluem irFLM, FRPP, o núcleo intersticial de Cajal (NIC) e a comissura posterior (CP). Outras abreviações são: CPFDL, córtex pré-frontal dorsolateral; IV, núcleo do nervo troclear; NPH, núcleo prepósito; COS, campo ocular suplementar; VI, núcleo do nervo abducente; NV, núcleo vestibular.

comando motor da mirada envolve áreas especializadas da formação reticular do tronco encefálico que recebem uma variedade de *inputs*. A principal região para o olhar horizontal é a formação reticular paramediana da ponte (FRPP), localizada em cada lado da linha mediana na parte paramediana central do tegmento da ponte, e que se estende desde a junção pontobulbar até a junção pontopeduncular. Cada FRPP contém neurônios excitatórios (chamados células "explosivas") que descarregam a altas frequências imediatamente antes e durante sacadas ipsilaterais. Neurônios de pausa, localizados em um núcleo caudal mediano da ponte chamada núcleo interposito da rafe, descarregam tonicamente exceto imediatamente antes e durante as sacadas. Eles parecem exercer uma influência inibitória sobre os neurônios explosivos e, assim, prevenir a ocorrência de sacadas estranhas durante a fixação.

Os núcleos vestibulares e o complexo peri-hipoglossal (especialmente o núcleo prepósito) se projetam diretamente aos núcleos do nervo abducente. Essas projeções provavelmente carregam tanto sinais de perseguição suave, via cerebelo, quanto sinais vestibulares. Além disso, esses núcleos, por inervação recíproca com o FRPP, contêm neurônios integradores que controlam a alteração gradativa em inervação requerida para manter a posição excêntrica do olho contra as forças viscoelásticas na órbita. Essas forças tendem a mover o bulbo do olho de volta para a posição de olhar direto para a frente, *i.e.*, a posição primária, depois de uma sacada.

A via final comum dos movimentos de mirada vertical é formada pelos núcleos dos nervos oculomotor e troclear. O núcleo intersticial rostral do fascículo longitudinal medial (irFLM) contém neurônios que descarregam em relação a movimentos sacádicos verticais para cima e para baixo. O irFLM se projeta através da comissura posterior ao seu equivalente no outro lado do mesencéfalo, bem como diretamente ao núcleo do nervo oculomotor. Lesões dentro da comissura posterior, portanto, dão origem a perturbação na mirada vertical, especialmente o olhar para cima. Lesões localizadas mais ventralmente na região do irFLM causam transtornos da mirada vertical, que podem ser mistos para cima e para baixo ou principalmente do olhar para baixo. O núcleo intersticial de Cajal situa-se ligeiramente caudal ao irFLM, e está diretamente conectado com ele; ele contém neurônios que parecem estar envolvidos em retenção do olhar vertical.

O cerebelo desempenha papel importante no controle dos movimentos oculares (Cap. 20). O vestibulocerebelo (flóculo e nódulo) está envolvido na retenção da mirada, perseguição suave e reflexo vestíbulo-ocular. A região posterior do verme e o núcleo do fastígio desempenham papel importante na programação de sacadas precisas e perseguição suave.

Os hemisférios cerebrais são extremamente importantes para a programação e coordenação de movimentos oculares conjugados sacádicos e de perseguição (Cap. 23). Parece haver quatro áreas corticais principais nos hemisférios cerebrais envolvidas na geração de sacadas. Elas são o campo ocular frontal (COF), situado lateralmente ao extremo caudal do segundo giro frontal no córtex pré-motor (área 8 de Brodmann); o campo ocular suplementar (COS), situado na região anterior da área motora suplementar no primeiro giro frontal (área 6 de Brodmann); o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL), situado anterior ao COF no segundo giro frontal (área 46 de Brodmann); e um campo ocular posterior (COP), situado no lobo parietal, possivelmente na parte superior do giro angular (área 39 de Brodmann) e o sulco intraparietal adjacente. Essas áreas parecem ser interconectadas umas com as outras e enviar projeções ao colículo superior e áreas do tronco encefálico que controlam as sacadas.

Há duas vias paralelas envolvidas na geração cortical de sacadas. Um sistema anterior origina-se no COF e se projeta tanto diretamente quanto pelo colículo superior para os geradores sacádicos do tronco encefálico. Essa via também passa indiretamente pelos núcleos da base para o colículo superior. Projeções a partir do córtex frontal influenciam células na parte reticular da substância negra, por meio de uma retransmissão no núcleo caudado. Uma via inibitória a partir da parte reticular se projeta diretamente ao colículo superior. Isso pode ser um circuito portão relacionado a sacadas voluntárias, especialmente do tipo guiado pela memória. Uma via posterior origina-se no campo ocular posterior e passa para os geradores sacádicos do tronco encefálico através do colículo superior.

O sistema de perseguição suave desenvolveu-se relativamente independente do sistema oculomotor sacádico para manter a foveação de um alvo em movimento, embora haja inevitáveis interconexões entre os dois. A primeira tarefa é identificar e codificar a velocidade e a direção de um alvo em movimento. Isso é realizado na área visual extraestriada conhecida como área visual temporal média (TM; também chamada área visual V5), que contém neurônios sensíveis ao movimento dos alvos visuais. No homem, isso se situa imediatamente posterior ao ramo ascendente do sulco temporal inferior na fronteira occipitotemporal. A área TM envia esse sinal de movimento para a área visual temporal superior medial (TSM), considerada situada superior e um pouco anterior à área TM dentro do lobo parietal: dano nessa área resulta em comprometimento da perseguição suave de alvos movendo-se para o hemisfério danificado.

A área TSM e o COF enviam projeções diretas para um grupo de núcleos situados na parte basilar da ponte. No macaco, os grupos dorsolateral e lateral de núcleos da ponte recebem *inputs* corticais diretos relacionados à perseguição suave. Lesões de núcleos similarmente localizados no homem resultam em perseguição anormal. Esses núcleos transferem o sinal de perseguição bilateralmente para a região posterior

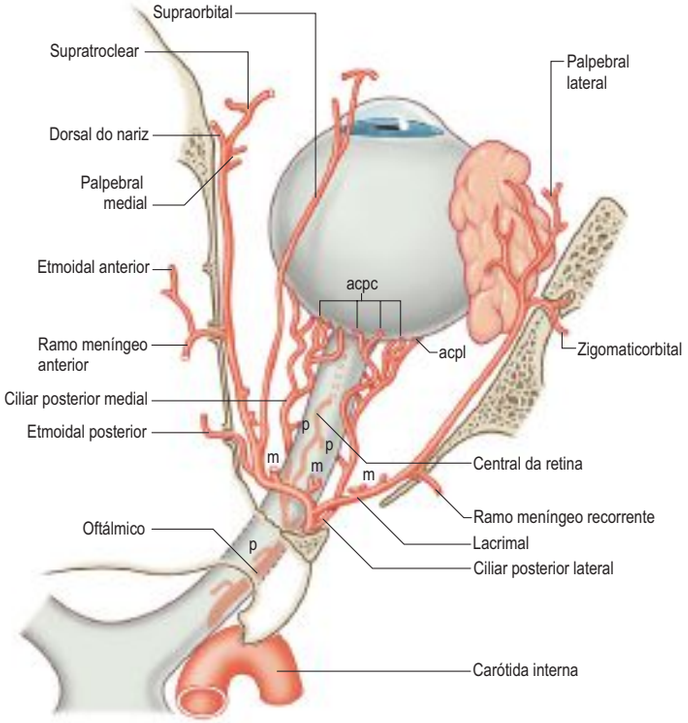


Fig. 39.13 A distribuição orbital da artéria oftálmica. acpl, artérias ciliares posteriores longas; m, artérias musculares; p, artérias piais; acpc, artérias ciliares posteriores curtas.

do verme, flóculo contralateral e núcleos do fastígio no cerebelo (Cap. 20). O sinal de perseguição afinal passa do cerebelo para o tronco encefálico, especificamente para o núcleo vestibular medial e o nucleo préposito, dali para a FRPP e, possivelmente, diretamente aos núcleos motores oculares. Esses circuitos, portanto, envolvem dupla decussação, primeiramente ao nível da região intermédia da ponte (neurônios pontocerebelares) e em segundo lugar na região inferior da ponte (neurônios vestibuloabducentes).

O reflexo vestíbulo-ocular mantém a coordenação da visão durante movimento da cabeça e resulta em um movimento ocular conjugado compensador que é igual mas oposto ao movimento da cabeça. Esse arco, essencialmente com três neurônios, consiste em neurônios vestibulares primários que se projetam aos núcleos vestibulares, neurônios secundários que se projetam desses núcleos diretamente aos núcleos dos nervos abducente e oculomotor, e neurônios terciários que inervam os músculos extrínsecos do bulbo do olho. Os neurônios vestibulares que respondem à rotação da cabeça também respondem a estímulos otocinéticos, o que significa que o substrato neural provavelmente inclui os sistemas visual e vestibular.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

O principal vaso que supre as estruturas da órbita é a artéria oftálmica (Fig. 39.13). Seus ramos terminais se anastomosam na face e couro cabeludo com aqueles das artérias facial, maxilar e temporal superficial, estabelecendo desse modo conexões entre as artérias carótidas externa e interna. A artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar, e possivelmente a artéria meníngea recorrente, também suprem estruturas da órbita.

Artéria oftálmica

A artéria oftálmica origina-se da artéria carótida interna quando ela sai do seio cavernoso medial ao processo clinoide anterior. Ela entra na órbita pelo canal óptico, inferolateral ao nervo óptico e continua para a frente por uma curta distância antes de virar medialmente para cruzar sobre (80%) ou sob (20%) o nervo óptico. O tronco principal da artéria continua ao longo da parede medial da órbita entre os músculos oblíquo superior e reto lateral, e se divide em artérias supratroclear (frontal) e dorsal do nariz, no extremo medial da pálpebra superior. Embora a ordem dos ramos da artéria oftálmica seja bastante variável, certo número pode ser identificado constantemente, incluindo artéria central da retina, artéria lacrimal, artérias musculares, artérias ciliares, artéria supraorbital, artérias etmoidais anterior e posterior, ramo meníngeo, artérias palpebrais mediais, artéria supratroclear e artéria dorsal do nariz. Muitos dos ramos da artéria oftálmica acompanham nervos sensitivos do mesmo nome e têm distribuição similar.

Artéria central da retina

A pequena artéria central da retina é o primeiro ramo da artéria oftálmica. Ela começa abaixo do nervo óptico e por uma curta distância situa-se na bainha dural do nervo. Ela entra na superfície ínferomedial do nervo aproximadamente 1,2 cm atrás do olho, e segue para a retina (acompanhando a veia central da retina) ao longo do seu eixo. A distribuição adicional da artéria central da retina está descrita na página 693.

Ramos musculares

Ramos musculares frequentemente saem de um tronco comum para formar grupos superior e inferior, a maioria dos quais acompanha ramos do nervo oculomotor. O ramo inferior contém a maioria das artérias ciliares anteriores. Outros vasos musculares ramificam-se das artérias lacrimal e supraorbital ou do tronco da artéria oftálmica.

Artérias ciliares

As artérias ciliares são distribuídas em posteriores longas e curtas, e anteriores. Artérias ciliares posteriores longas, usualmente duas, perfuram a esclera perto do nervo óptico, passam anteriormente ao longo do meridiano horizontal e se juntam ao círculo arterioso principal da íris (Fig. 40.10). Cerca de sete artérias ciliares posteriores curtas passam junto do nervo óptico para atingir o bulbo do olho, onde se dividem em 15–20 ramos. Elas perfuram a esclera em torno do nervo óptico para suprir a corioide e se anastomosam com ramúsculos da artéria central da retina no disco óptico (Fig. 40.31). As artérias ciliares anteriores se originam de ramos musculares da artéria oftálmica. Elas alcançam o bulbo do olho sobre os tendões dos músculos retos, formam uma zona vascular subtúnica conjuntival circuncorneal e perfuram a esclera próximo da junção esclerocorneal para terminar no círculo arterioso principal da íris (pág. 685).

Artéria lacrimal

A artéria lacrimal é um grande ramo que usualmente deixa a artéria oftálmica próximo da sua saída do canal óptico, embora ocasionalmente se origine antes de a artéria oftálmica entrar na órbita. Ela acompanha o nervo lacrimal ao longo da margem superior do músculo reto lateral, supre e atravessa a glândula lacrimal, e termina nas pálpebras e túnica conjuntiva como as artérias palpebrais laterais. As últimas seguem medialmente nas pálpebras superior e inferior, e se anastomosam com as artérias palpebrais mediais. A artéria lacrimal emite um ou dois ramos zigomáticos. Um alcança a fossa temporal pelo forame zigomaticotemporal e se anastomosa com as artérias temporais profundas. O outro alcança a bochecha pelo forame zigomaticofacial e se anastomosa com as artérias facial transversa e zigomaticorbital. Um ramo meníngeo recorrente, usualmente pequeno, passa de volta pela parte lateral da fissura orbital superior para se anastomosar com um ramo meníngeo médio. Esse ramo é às vezes grande e substitui a artéria lacrimal, caso no qual ele se torna um contribuinte mais importante para o suprimento sanguíneo da órbita.

Artéria supraorbital

A artéria supraorbital deixa a artéria oftálmica, onde cruza o nervo óptico, e ascende medial aos músculos reto superior e levantador da pálpebra superior. Ela acompanha o nervo supraorbital entre o periósteo e o músculo levantador da pálpebra superior, passa através da incisura ou forame supraorbital e se divide em ramos superficiais e profundos. Estes suprem a pele, músculos e periósteo frontais, e se anastomosam com a artéria supratroclear e o ramo frontal da artéria temporal superficial e seu companheiro contralateral. A artéria supraorbital supre os músculos reto superior e levantador da pálpebra superior, e envia um ramo através da tróclea para o canto medial. Ela, muitas vezes, envia um ramo para a díploe do osso frontal na margem supraorbital, e também pode suprir o mucoperiósteo no seio frontal.

Artéria etmoidal posterior

A artéria etmoidal posterior segue através do forame etmoidal posterior e supre as células etmoidais posteriores. Entrando no crânio, ela emite um ramo meníngeo para a dura-máter e ramos nasais que descem para a cavidade nasal pela lâmina cribriforme e se anastomosam com ramos da artéria esfenopalatina.

Artéria etmoidal anterior

A artéria etmoidal anterior passa com seu nervo acompanhante através do forame etmoidal anterior para suprir as células etmoidais e frontais. Entrando no crânio, ela emite um ramo meníngeo para a dura-máter e

ramos nasais que descem para a cavidade nasal com o nervo etmoidal anterior. Ela segue em um sulco a superfície profunda do osso nasal para suprir a parede nasal lateral e o septo. Um ramo terminal aparece no nariz entre o osso nasal e a cartilagem nasal superior (Cap. 32).

Ramo meníngeo

Um ramo meníngeo, usualmente pequeno, passa de volta através da fissura orbital superior para a fossa média do crânio, onde se anastomosa com as artérias meníngeas média e acessória. Ele às vezes é grande, caso no qual se torna um contribuinte importante para o suprimento sanguíneo da órbita.

Artérias palpebrais mediais

Acima da tróclea, duas artérias palpebrais mediais se ramificam separadamente da artéria oftálmica e se unem às artérias palpebrais laterais para completar os arcos palpebrais superior e inferior.

Artéria supratroclear

A artéria supratroclear é um ramo terminal da artéria oftálmica. Ela deixa a órbita superomedialmente com o nervo supratroclear, ascende na testa para suprir a pele, músculos e pericrânio, e se anastomosa com a artéria supraorbital e com sua companheira contralateral.

Artéria dorsal do nariz

A artéria dorsal do nariz é o outro ramo terminal da artéria oftálmica, e emerge da órbita entre a tróclea e o ligamento palpebral medial. Ela dá um ramo para a parte superior do saco lacrimal e a seguir se divide em dois ramos. Um ramo se une à parte terminal da artéria facial e o outro segue ao longo do dorso do nariz, supre sua face externa e se anastomosa com sua companheira contralateral e o ramo nasal lateral da artéria facial.

Artéria infraorbital

A artéria infraorbital, ramo da artéria maxilar, entra na órbita através da parte posterior da fissura orbital inferior. Ela passa ao longo do sulco infraorbital da maxila no soalho da órbita antes de entrar no canal infraorbital e vem para fora por sobre a face através do forame infraorbital. Enquanto no sulco infraorbital, emite ramos que suprem os músculos reto inferior e oblíquo inferior, o saco lacrimal e, ocasionalmente, a glândula lacrimal.

VEIAS

A órbita é drenada pelas veias oftálmicas superior e inferior e a veia infraorbital (Fig. 39.14). As veias do bulbo do olho drenam principalmente para as veias vorticosas; as veias da retina drenam para a veia central da retina (pág. 693).

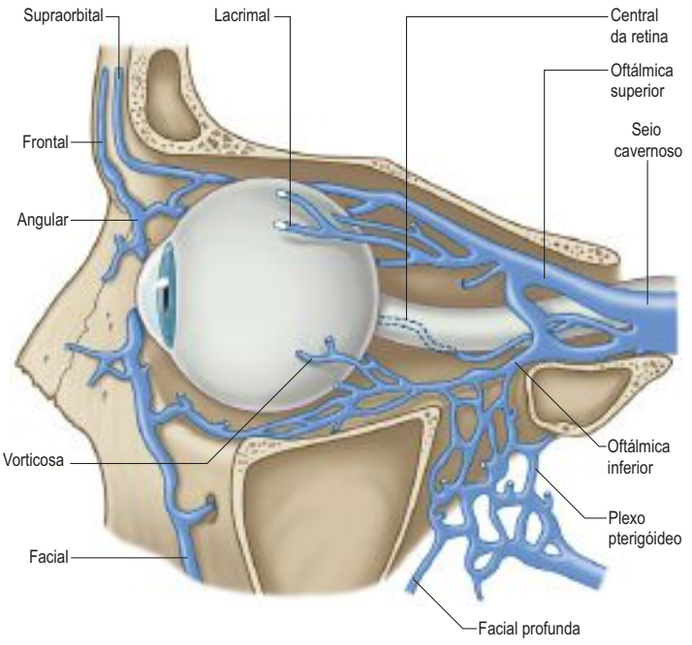


Fig. 39.14 Principais veias da órbita.

Veias oftálmicas superior e inferior

As veias oftálmicas superior e inferior ligam as veias facial e intracranianas e são desprovidas de válvulas. A veia oftálmica superior se forma posteromedial à pálpebra superior a partir de duas tributárias que se conectam anteriormente com as veias facial e supraorbital. Ela segue com a artéria oftálmica, localizando-se entre o nervo óptico e o músculo reto superior, e recebe as tributárias correspondentes, as duas veias vorticosas superiores do bulbo do olho e a veia central da retina. A veia central da retina, algumas vezes, drena diretamente para o seio cavernoso, embora ainda dê um ramo comunicante para a veia oftálmica superior. A veia oftálmica superior também pode receber a veia oftálmica inferior. Ela atravessa a fissura orbital superior, usualmente acima do anel tendíneo comum dos músculos retos, e termina no seio cavernoso.

A veia oftálmica inferior começa em uma rede próximo da região anterior do soalho da órbita e parede medial. Ela segue para trás sobre o músculo reto inferior e através da fissura orbital inferior, e a seguir se junta à veia oftálmica superior ou passa através da fissura orbital superior, dentro ou abaixo do anel tendíneo comum, para drenar diretamente para dentro do seio cavernoso. A veia oftálmica inferior recebe tributárias dos músculos reto inferior e oblíquo inferior, do saco lacrimal e pálpebras, e recebe as duas veias vorticosas inferiores do bulbo do olho. Ela se comunica com o plexo venoso pterigóideo por um ramo que passa através da fissura orbital inferior e pode também se comunicar com a veia facial através da margem inferior da órbita.

Veia infraorbital

A veia infraorbital segue com o nervo e artéria infraorbitais no soalho da órbita, e passa para trás através da fissura orbital inferior, para dentro do plexo venoso pterigóideo. Ela drena estruturas no soalho da órbita e se comunica com a veia oftálmica inferior; também pode se comunicar com a veia facial na região da face.

DRENAGEM LINFÁTICA

Outros vasos linfáticos além daqueles que drenam a túnica conjuntiva não foram identificados.

INERVAÇÃO

Nervos motores somáticos e autonômicos e nervos sensitivos somáticos são encontrados na órbita (Figs. 39.15, 39.16, 39.17). Os nervos oculomotor, troclear e abducente suprem os músculos extrínsecos do bulbo do olho. Fibras parassimpáticas a partir do nervo oculomotor suprem o músculo esfíncter da pupila e o músculo ciliar, por intermédio do gânglio ciliar, e a partir do nervo facial inervam a glândula lacrimal e a corioide por meio do gânglio pterigopalatino (Cap. 31). Fibras simpáticas suprem o músculo dilatador da pupila. Tanto nervos simpáticos quanto parassimpáticos suprem as artérias. Os nervos sensitivos dentro da órbita são os nervos óptico, oftálmico e maxilar (o nervo maxilar e a maioria dos ramos oftálmicos só passam através da órbita a caminho para suprir a face e os maxilares).

Nervo oculomotor

O nervo oculomotor é o terceiro nervo craniano (Fig. 39.15). Ele inerva quatro dos músculos extrínsecos do bulbo do olho (retos superior, inferior e medial e oblíquo inferior) e também transmite fibras parassimpáticas que fazem contato no gânglio ciliar. O nervo emerge no mesencéfalo, no lado medial do pilar do cérebro, e passa ao longo da parede dural lateral do seio cavernoso, dividindo-se em ramos superior e inferior, que seguem embaixo dos nervos troclear e oftálmico. Os dois ramos entram na órbita através da fissura orbital superior, dentro do anel tendíneo comum dos músculos retos, separados pelo nervo nasociliar, ramo do nervo oftálmico.

O ramo superior do nervo oculomotor passa acima do nervo óptico para entrar na face inferior (ocular) do músculo reto superior. Ele supre esse músculo e emite um ramo que segue para inervar o músculo levantador da pálpebra superior. O ramo inferior do nervo oculomotor se divide em ramos medial, central e lateral. O ramo medial passa embaixo do nervo óptico para entrar na face lateral (ocular) do músculo reto medial; o ramo central segue para baixo e para a frente, para entrar na face superior do músculo reto inferior; o ramo lateral segue para a frente sobre a região lateral do músculo reto inferior, para entrar na face orbital do músculo oblíquo inferior e também se comunica com o gânglio ciliar para distribuir fibras parassimpáticas ao músculo esfíncter da pupila e o músculo ciliar.

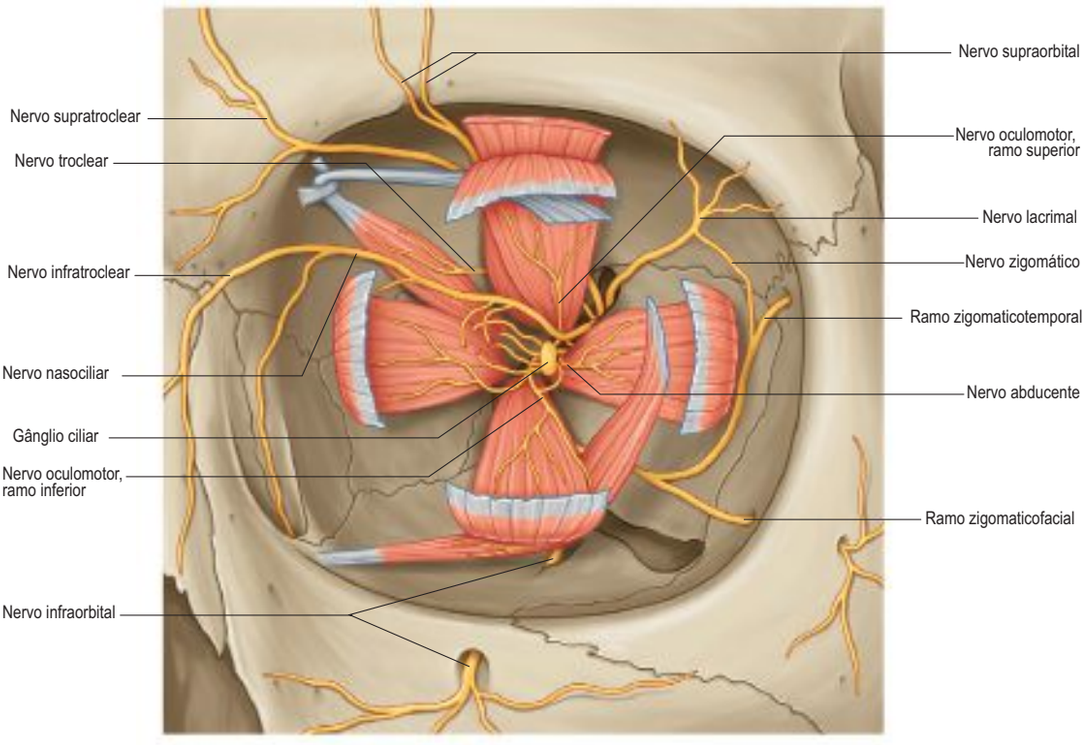


Fig. 39.15 Órbita esquerda vista de frente mostrando nervos motores e sensitivos, e as origens dos músculos extrínsecos do bulbo do olho. Observar que nessa figura o nervo troclear é mostrado inserindo-se no aspecto superior do músculo oblíquo superior, enquanto ele mais comumente se insere na face inferior do músculo. (Com permissão de Dutton 1994 Atlas of Clinical and Surgical Orbital Anatomy. Philadelphia: Saunders.)

Nervo troclear

O nervo troclear é o quarto nervo craniano, e inerva exclusivamente o músculo oblíquo superior. Ele é o único nervo craniano a emergir da face posterior do tronco encefálico, passando do mesencéfalo para a face lateral do pilar do cérebro. Ele segue através da parede dural lateral do seio cavernoso e depois cruza o nervo oculomotor para entrar na órbita através da fissura orbital superior, acima do anel tendíneo comum e do músculo levantador da pálpebra superior, e medial aos nervos frontal e lacrimal (Fig. 39.15). O nervo troclear segue não mais que uma curta distância para entrar na face superior (orbital) do músculo oblíquo superior.

Nervo abducente

O nervo abducente é o sexto nervo craniano, e inerva exclusivamente o músculo reto lateral. Ele emerge do tronco encefálico entre a ponte e o bulbo, e usualmente segue através do compartimento venoso inferior da confluência venosa petroclival em um canal em forma de arco, o canal de Dorello (Cap. 27). A seguir se curva agudamente, cruzando a margem superior da parte petrosa do osso temporal, para entrar no seio cavernoso, onde se localiza lateral à artéria carótida interna (diferentemente dos nervos oculomotor, troclear, oftálmico e maxilar, que meramente se invaginam na parede dural do seio). O nervo abducente entra na órbita através da fissura orbital superior, dentro do anel tendíneo comum, inicialmente abaixo e a seguir entre os dois ramos do nervo oculomotor, e lateral ao nervo nasociliar (Fig. 39.15). Ele passa para a frente para entrar na face medial (ocular) do músculo reto lateral.

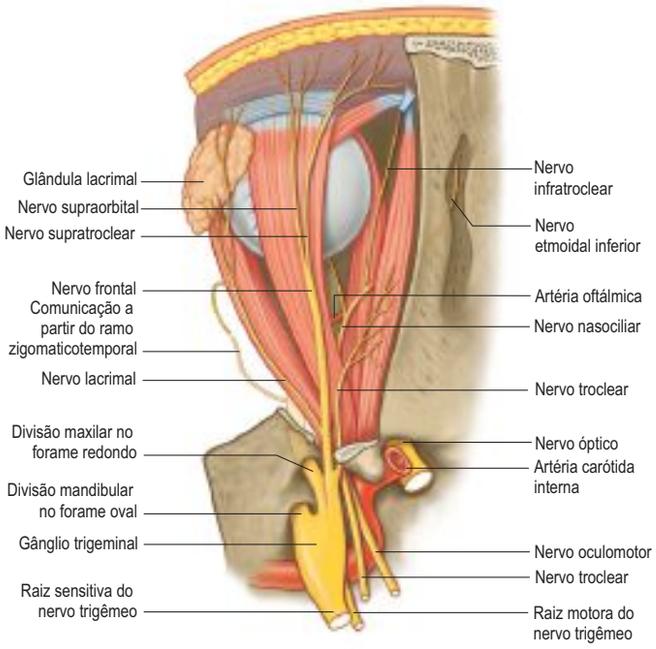


Fig. 39.16 Nervos da órbita esquerda: vista superior.

Nervo óptico

O nervo óptico é o segundo nervo craniano. Ele se origina do quiasma óptico no soalho do diencéfalo e entra na órbita através do canal óptico, acompanhado pela artéria oftálmica. Ele muda de forma, de achatado no quiasma para arredondado, ao passar através do canal óptico. Na órbita, o nervo óptico passa para a frente, lateralmente e para baixo, e perfura a esclera na lâmina cribriforme (pág. 695), ligeiramente medial ao polo posterior. Ele tem um trajeto um pouco tortuoso dentro da órbita para permitir os movimentos do bulbo do olho e é rodeado por extensões das três camadas das meninges.

O nervo óptico tem importantes relações com outras estruturas da órbita. Quando ele sai do canal óptico, situa-se superomedial à artéria oftálmica e é separado do músculo reto lateral pelos nervos oculomotor, nasociliar e abducente, e às vezes pelas veias oftálmicas. Ele é estreitamente relacionado às origens dos quatro músculos retos, enquanto mais anteriormente, onde os músculos divergem, é separado deles por quantidade substancial de gordura. Imediatamente além do canal óptico, a artéria oftálmica e o nervo nasociliar cruzam o nervo óptico para atingir a parede medial da órbita. A artéria central da retina entra na substância do nervo óptico a cerca de meio caminho do seu comprimento. Próximo do dorso do bulbo do olho, o nervo se torna rodeado pelos nervos e vasos ciliares longos e curtos.

Nervo oftálmico

A divisão oftálmica do nervo trigêmeo origina-se do gânglio trigêmeo na fossa média do crânio. Ele passa para a frente ao longo da parede dural lateral do seio cavernoso, emitindo três ramos principais, os nervos lacrimal, frontal e nasociliar, imediatamente antes de atingir a fissura orbital superior (Figs. 39.16, 39.17). Esses ramos subsequentemente seguem através da órbita para suprir alvos que estão principalmente na parte superior da face (Cap. 29 para detalhes adicionais dessa distribuição).

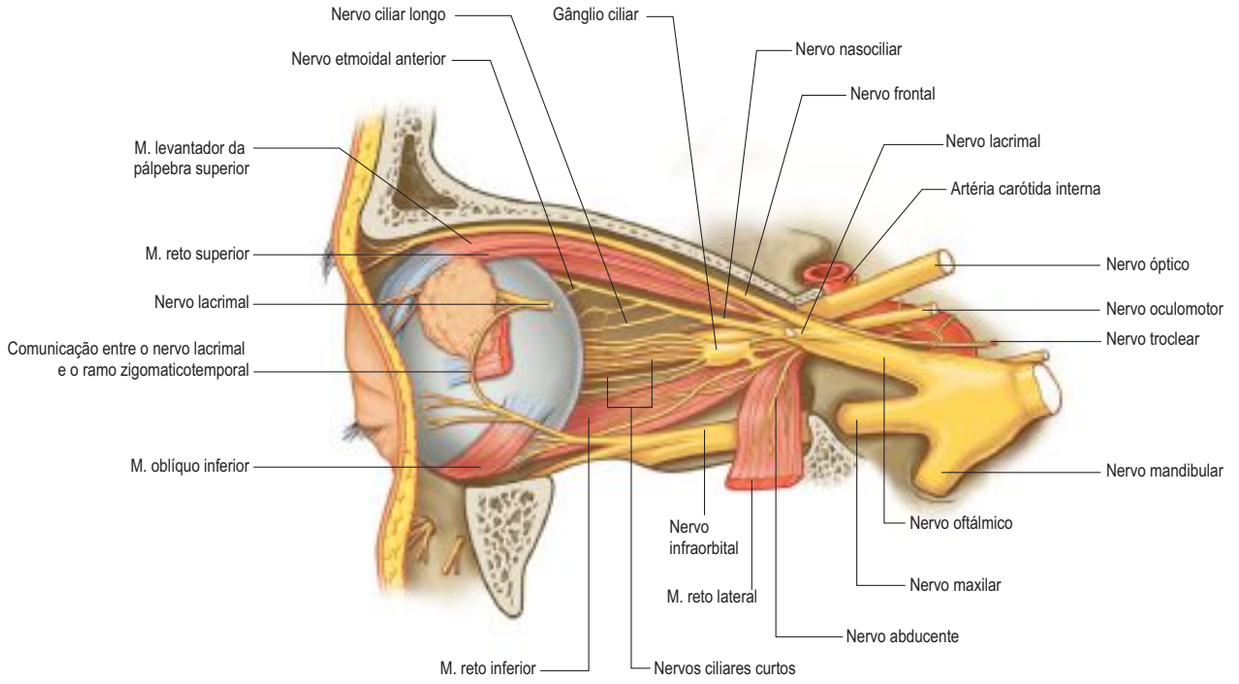


Fig. 39.17 Nervos da órbita esquerda e o gânglio ciliar: vista lateral.

Nervo lacrimal

O nervo lacrimal entra na órbita através da fissura orbital superior acima do anel tendíneo comum e lateral aos nervos frontal e troclear. Ele passa para a frente, ao longo da parede lateral da órbita sobre a margem superior do músculo reto lateral, e segue através da glândula lacrimal e do septo orbital para suprir a túnica conjuntiva e a pele que cobre a parte lateral da pálpebra superior. O nervo também se comunica com o nervo zigomático, ramo do nervo maxilar, que conduz fibras parassimpáticas pós-ganglionares do gânglio pterigopalatino para a glândula lacrimal.

Nervo frontal

O nervo frontal é o maior ramo do nervo oftálmico. Ele entra na órbita através da fissura orbital superior acima do anel tendíneo comum e situa-se entre o nervo lacrimal lateralmente e o nervo troclear medialmente. Passa para a frente na direção da margem da órbita sobre o músculo levantador da pálpebra superior; a cerca de meio caminho ao longo desse trajeto, ele se divide nos nervos supraorbital e supratroclear.

Nervo supraorbital

O nervo supraorbital, o maior dos dois ramos terminais do nervo frontal, continua-se para frente ao longo do músculo levantador da pálpebra superior até que ele deixa a órbita através da incisura ou forame supraorbital. Ele emerge sobre a teste e supre a membrana mucosa que reveste o seio frontal, a pele e a conjuntiva que reveste a pálpebra superior, e a pele sobre a testa e o escalpo (Cap. 29). As fibras simpáticas pré-ganglionares que inervam as glândulas sudoríferas da área supraorbital provavelmente sugerem no nervo supraorbital, entrando no nervo oftálmico através de sua comunicação com o nervo abducente no interior do seio cavernoso.

Nervo supratroclear

O nervo supratroclear segue medialmente acima da tróclea para o tendão do músculo oblíquo superior. Ele dá um ramo descendente para o nervo infratroclear e ascende para a testa através da incisura frontal para suprir a pele e a túnica conjuntiva que cobrem a pálpebra superior, e a pele sobre a testa.

Nervo nasociliar

O nervo nasociliar é intermediário em tamanho dos nervos frontal e lacrimal, e é mais profundamente localizado na órbita, na qual entra através do anel tendíneo comum, situado entre os dois ramos do nervo oculomotor. Ele cruza o nervo óptico com a artéria oftálmica e segue obliquamente abaixo do músculo reto superior e do músculo oblíquo superior para alcançar a parede medial da órbita, onde originam-se os nervos etmoidais anterior e posterior. O nervo nasociliar também origina os nervos ciliar longo e infratroclear, e um ramo comunicante com o gânglio ciliar.

Nervo etmoidal anterior

O nervo etmoidal anterior passa através do forame e canal etmoidal anterior e entra na cavidade do crânio. Ele segue para a frente em um sulco na face superior da lâmina cribriforme, embaixo da dura-máter, e desce através de uma fenda lateral à crista etmoidal para dentro da cavidade nasal, onde ocupa um sulco na face interna do osso nasal e emite os ramos nasais internos, mediais e laterais. Para uma descrição da distribuição subsequente do nervo etmoidal anterior, ver Capítulo 32.

Nervo etmoidal posterior

O nervo etmoidal posterior sai da órbita pelo forame etmoidal posterior e supre as células etmoidais e o seio esfenoidal.

Nervo infratroclear

O nervo infratroclear deixa a órbita abaixo da tróclea e supre a pele das pálpebras, a túnica conjuntiva, o saco lacrimal, a carúncula lacrimal e o lado do nariz acima do canto medial.

Nervos ciliares longos

Dois ou três nervos ciliares longos se ramificam do nervo nasociliar quando ele cruza o nervo óptico. Eles acompanham os nervos ciliares curtos, perfuram a esclera perto da fixação do nervo óptico e seguem para a frente entre a esclera e a corioide. Eles suprem o corpo ciliar, a íris e a córnea, e contêm fibras simpáticas pós-ganglionares para o músculo dilatador da pupila a partir de neurônios no gânglio cervical superior. Uma via alternativa para o suprimento do músculo dilatador da pupila é pela raiz simpática associada com o gânglio ciliar.

Ramo comunicante para o gânglio ciliar

O ramo comunicante para o gânglio ciliar usualmente se ramifica do nervo nasociliar quando este entra na órbita lateral ao nervo ótico. Ele às vezes recebe a junção de um filamento do plexo simpático da artéria carótida interna ou do ramo superior do nervo oculomotor quando entra no ângulo posterossuperior do gânglio.

Nervo maxilar

A maioria dos ramos da divisão maxilar do nervo trigêmeo se originam na fossa pterigopalatina (Cap. 31). Eles incluem os nervos zigomático e intfraorbital, que passam no interior da órbita através da fissura orbital inferior (Fig. 39.17).

Nervo zigomático

O nervo zigomático situa-se junto da base da parede lateral da órbita. Ele se divide logo depois de entrar na órbita em dois ramos, os nervos zigomaticotemporal e zigomaticofacial, os quais seguem dentro da órbita por apenas uma curta distância antes de passarem para a face através da parede

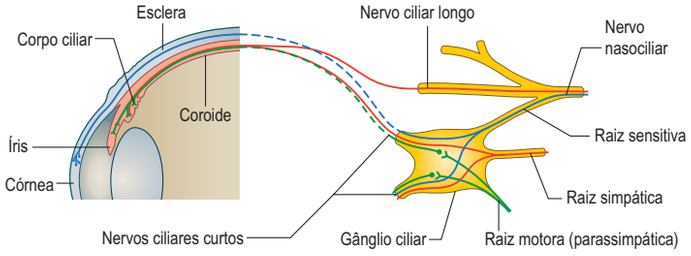


Fig. 39.18 Gânglio ciliar, com suas raízes e ramos de distribuição. Vermelho, fibras simpáticas; verde, fibras parassimpáticas; azul, fibras sensitivas. Vias alternativas são apresentadas para as fibras simpáticas.

lateral da órbita. Eles podem entrar em canais separados dentro do osso zigomático ou o próprio nervo zigomático pode entrar no osso antes de se dividir. Para uma descrição dos nervos zigomaticotemporal e zigomaticofacial na face, ver Capítulo 29.

Nervo infraorbital

O nervo infraorbital inicialmente reside no sulco infraorbital no soalho da órbita. Ao se aproximar da margem da órbita, ele segue dentro do canal infraorbital, através do qual passa para emergir na face pelo forame infraorbital. Ele supre a pele da pálpebra inferior e, possivelmente, a túnica conjuntiva. Para uma descrição da distribuição subsequente do nervo infraorbital na face, ver Capítulo 29.

Gânglio ciliar

O gânglio ciliar é um gânglio parassimpático ocupado com a inervação de certos músculos intraoculares. Ele é uma pequena tumefação achatada, cinza-avermelhada, de 1–2 mm de diâmetro, conectado ao nervo nasociliar e localizado próximo do ápice da órbita em gordura frouxa aproximadamente 1 cm à frente da extremidade medial da fissura orbital superior. Ele está situado entre o nervo óptico e o músculo reto lateral, usualmente lateral à artéria oftálmica. Seus neurônios, multipolares, são maiores que os encontrados em gânglios autonômicos típicos; um número muito pequeno de neurônios mais típicos também está presente.

Suas raízes (motora, sensitiva e simpática) entram ou saem do gânglio posteriormente (Fig. 39.18). Oito a dez filamentos delicados, chamados nervos ciliares curtos, emergem anteriormente do gânglio, dispostos em dois ou três feixes, os inferiores sendo maiores. Eles seguem para a frente sinuosamente com as artérias ciliares, acima e abaixo do nervo óptico, e se dividem em 15–20 ramos que perfuram a esclera em torno do nervo óptico e seguem em pequenos sulcos na face interna da esclera. Eles transmitem fibras parassimpáticas, simpáticas e sensitivas entre o bulbo do olho e o gânglio ciliar: só as fibras parassimpáticas fazem sinapse no gânglio.

A raiz parassimpática, derivada do ramo do nervo oculomotor para o músculo oblíquo inferior, consiste em fibras pré-ganglionares a partir do núcleo visceral (Edinger–Westphal), as quais fazem conexão no gânglio. Fibras pós-ganglionares viajam nos nervos ciliares curtos para o músculo esfíncter da pupila e o músculo ciliar. Mais de 95% dessas fibras suprem o músculo ciliar, que é um músculo muito maior em volume.

A raiz simpática contém fibras a partir do plexo em torno da artéria carótida interna dentro do seio cavernoso. Essas fibras pós-ganglionares, derivadas do gânglio cervical superior, formam um ramo fino que entra na órbita através da fissura orbital superior dentro do anel tendíneo comum. As fibras podem passar diretamente ao gânglio ou podem juntar-se ao nervo nasociliar e seguir para o gânglio na sua raiz sensitiva: de qualquer modo, elas atravessam o gânglio sem fazer sinapse, para emergir dentro dos nervos ciliares curtos. Elas são distribuídas aos vasos sanguíneos do bulbo do olho. Fibras simpáticas que inervam o músculo dilatador da pupila podem às vezes seguir com os nervos ciliares curtos (em vez do caminho mais usual pelos nervos oftálmico, nasociliar e ciliares longos).

As fibras sensitivas que passam através do gânglio ciliar são derivadas do nervo nasociliar. Elas entram nos nervos ciliares curtos e carregam sensibilidade da córnea, corpo ciliar e íris.

Ramos orbitais do gânglio pterigopalatino

Vários ramos orbitais se originam dorsalmente do gânglio pterigopalatino e entram na órbita através da fissura orbital inferior. Ramos deixam a órbita através das células etmoidais posteriores. Há forte evidência experimental de estudos em animais, incluindo macacos, de que ramos parassimpáticos pós-ganglionares passam diretamente para a glândula lacrimal, artéria oftálmica e corioide.

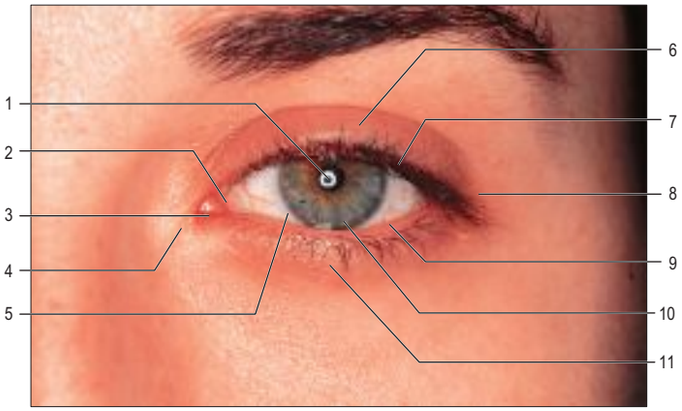


Fig. 39.19 Pálpebras e aspecto anterior do bulbo do olho. **1.** Pupila. **2.** Prega semilunar. **3.** Carúncula lacrimal. **4.** Canto medial. **5.** Túnica conjuntiva. **6.** Pálpebra superior. **7.** Cílios. **8.** Canto lateral. **9.** Margem palpebral. **10.** Íris. **11.** Pálpebra inferior. (Com permissão de Berkovitz BKB, Moxham BJ, 2002. Head and Neck Anatomy. London: Martin Dunitz.)

PÁLPEBRAS, TÚNICA CONJUNTIVA E APARELHO LACRIMAL

A superfície ocular exposta é protegida por pálpebras que podem ser retraídas e por uma película de lágrima produzida principalmente pela glândula lacrimal, com contribuições de glândulas dentro da pálpebra e túnica conjuntiva (uma membrana mucosa transparente que cobre a superfície interna da pálpebra e a superfície exposta da esclera) (Fig. 40.1).

PÁLPEBRAS

As pálpebras são duas pregas de pele modificada que cobrem a superfície anterior do olho (Fig. 39.19). Pelo seu fechamento reflexo, realizado pela contração do músculo orbicular do olho, elas protegem o olho de lesão e defendem os olhos de luz excessiva. O piscar periódico mantém uma película fina de lágrima sobre a córnea que evita dessecamento: o movimento da pálpebra durante o piscar ajuda a assegurar distribuição uniforme da película de lágrima.

A pálpebra superior é maior e mais móvel do que a pálpebra inferior, e contém um músculo elevador, o músculo levantador da pálpebra superior (ver anteriormente). Uma abertura transversa, a fissura palpebral, situa-se entre as margens livres das pálpebras, as quais se unem nas suas extremidades (chamadas canto medial e canto lateral). O canto lateral não é relativamente digno de nota. O canto medial é aproximadamente 2 mm mais baixo que o canto lateral: essa distância é aumentada em alguns grupos asiáticos. Ele é separado do bulbo do olho por um pequeno espaço triangular, o lago lacrimal, no qual está situado um pequeno corpo avermelhado chamado carúncula lacrimal. A carúncula representa uma área de pele modificada contendo alguns pelos finos, e está montada sobre a prega semilunar, uma prega de túnica conjuntiva que alguns acreditam ser um vestígio da membrana nictitante de outros animais.

Uma pequena elevação, a papila lacrimal, está localizada em cada margem palpebral aproximadamente a um sexto do caminho ao longo do canto medial do olho. Há uma pequena abertura, o ponto lacrimal, no centro da papila, que forma a abertura para o sistema de drenagem da lágrima. A margem da pálpebra lateral à papila lacrimal apresenta os cílios e é chamada parte ciliar da pálpebra. A margem medial da pálpebra não possui cílios e forma a parte lacrimal da pálpebra.

Ao olhar direto para a frente, a pálpebra superior superpõe-se à parte superior da córnea por 2–3 mm, enquanto a pálpebra inferior reside imediatamente abaixo da junção corneoescleral (limbo da córnea). Quando as pálpebras estão fechadas, a pálpebra superior se move para baixo para cobrir a córnea inteira. Má posição da pálpebra inferior é comum, particularmente no idoso. Ectrópio descreve a rolagem para fora da pálpebra inferior de tal modo que ela não está mais em contato com a córnea, levando à epífora (lacrimejamento). Entrópio descreve a inversão da pálpebra com correspondente virada dos cílios para dentro (triquíase), os quais fazem contato com a córnea e causam irritação.

Cada margem palpebral tem 2–3 mm de espessura da frente para trás. Os dois terços anteriores são pele, e o terço posterior é mucosa da túnica conjuntiva. Uma estreita "linha cinzenta" localiza-se anterior à junção mucocutânea. Ela corresponde à localização do fascículo ciliar (marginal) do músculo orbicular do olho e constitui um importante marco cirúrgico,

de vez que uma incisão nesse ponto permite que a pálpebra seja desdobrada em lamelas anterior e posterior ao longo de um plano relativamente exangue. Os cílios residem na frente da linha cinzenta, e as aberturas circulares das glândulas tarsais (glândulas de Meibom) localizam-se atrás dela. Quando as pálpebras são evertidas, as glândulas tarsais são visíveis através da túnica conjuntiva da pálpebra, como uma série de linhas paralelas amarelo-claras dispostas perpendicularmente às margens palpebrais.

Os cílios são pelos curtos, grossos, curvos, dispostos em duplas ou triplas fileiras. Os superiores, que são mais longos e mais numerosos, curvam-se para cima, enquanto aqueles na pálpebra inferior se curvam para baixo, de modo que os cílios superiores e inferiores não se entrelaçam quando as pálpebras são fechadas.

As pálpebras passam à pele facial adjacente sem demarcação óbvia, embora seus limites sejam claramente definidos em condições patológicas como um edema. Várias pregas ou sulcos cutâneos são de interesse topográfico. Um sulco ou prega palpebral superior proeminente situa-se aproximadamente defronte à margem superior do tarso e fica profundamente recuado quando as pálpebras estão abertas. Os asiáticos orientais têm uma aba de pele, o epicanto, que começa lateralmente na prega palpebral superior e progride medialmente para cobrir o canto medial. Lactentes caucasianos frequentemente têm um epicanto transitório que às vezes persiste no adulto. Um sulco palpebral inferior menos proeminente ocupa uma posição semelhante na pele da pálpebra inferior e se aprofunda na mirada para baixo. Um sulco nasojugal se estende obliquamente da margem inferior medial da órbita óssea à bochecha, e um sulco malar pode ser visto lateralmente ao longo da margem orbital inferior na meia-idade, mas só infrequentemente e, apagadamente, no jovem.

Estrutura

Da sua superfície anterior para dentro, cada pálpebra consiste em pele, tecido conjuntivo subcutâneo, fibras da parte palpebral do músculo orbicular do olho (Fig. 29.11A), tecido conjuntivo submuscular, o tarso com suas glândulas tarsais e septo orbital, e a túnica conjuntiva da pálpebra (Fig. 39.20). A pálpebra superior também contém a aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior.

A pele é extremamente fina e contínua nas margens palpebrais com a túnica conjuntiva. O tecido conjuntivo subcutâneo é muito delicado, raramente contém algum tecido adiposo e não possui fibras elásticas.

A parte palpebral do orbicular do olho é subdividida anatomicamente em partes ciliar, pré-tarsal e pré-septal. Os feixes de fibras palpebrais são finos e pálidos, e localizam-se paralelos às margens palpebrais. Profundamente a eles localiza-se o tecido conjuntivo submuscular, uma camada fibrosa frouxa que é contínua na pálpebra superior com a camada subaponeurótica do couro cabeludo: derrames de sangue ou pus nesse nível podem, portanto, passar para baixo desde o couro cabeludo para a pálpebra superior. Os nervos principais localizam-se na camada submuscular, o que significa que anestésicos locais devem ser injetados profundamente ao músculo orbicular do olho.

Tarso

O tarso (Fig. 39.21) é composto por lâminas finas alongadas, em forma de crescente, de tecido fibroso firme, denso, com aproximadamente 2,5 cm de comprimento. Há uma em cada pálpebra para fornecer suporte e determinar a sua forma. Cada uma é convexa e obedece à configuração da superfície anterior do olho. A margem ciliar livre é reta e adjacente aos folículos ciliares. A margem orbital é convexa e fixada ao septo orbital. O

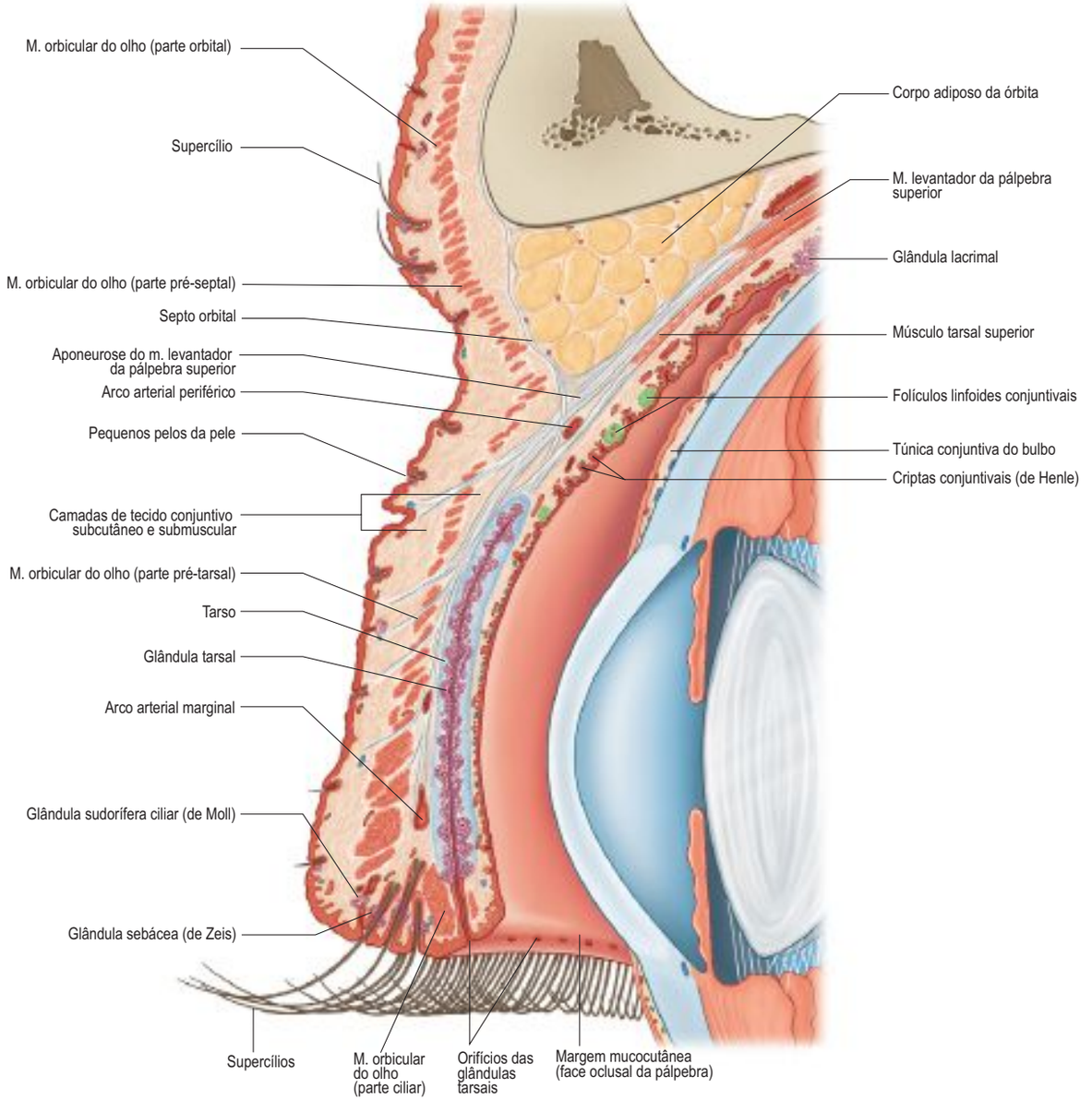


Fig. 39.20 Pálpebra superior e segmento anterior do olho: corte sagital.

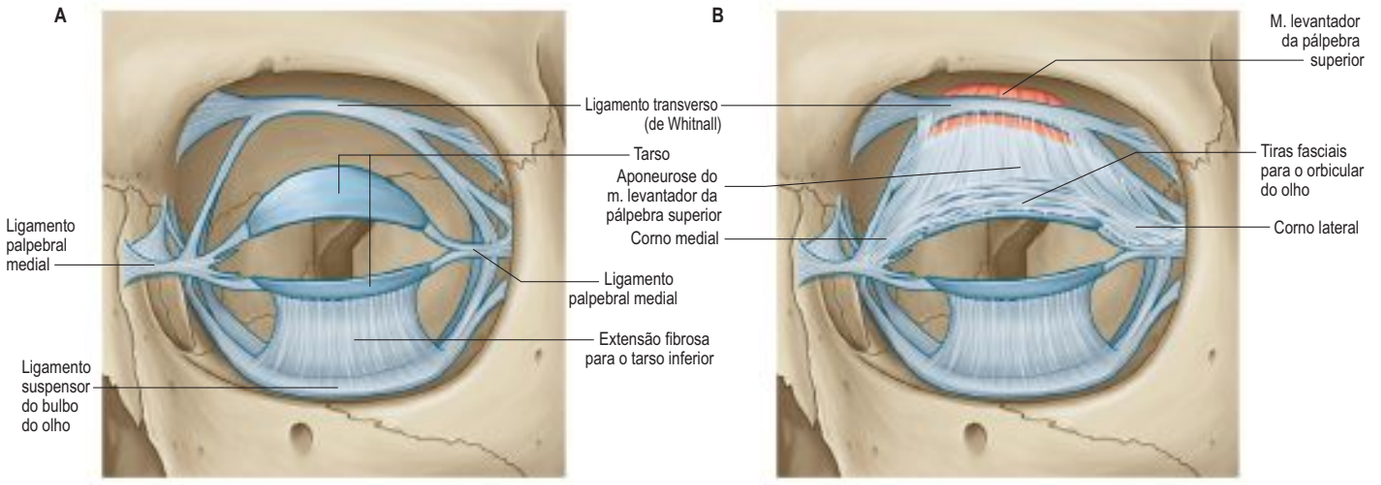


Fig. 39.21 A, Lâminas tarsais e suas fixações. **B,** Inserção anterior do músculo levantador da pálpebra superior.

tarso superior, o maior dos dois, é semioval, com aproximadamente 10 mm de altura centralmente. Sua margem inferior é paralela e situada aproximadamente a 2 mm da margem palpebral. O tarso inferior menor é mais estreito e tem aproximadamente 4 mm de altura vertical.

As lâminas tarsais são conectadas às margens da órbita pelo septo orbital e pelos ligamentos palpebrais medial e lateral (Fig. 39.21). O ligamento palpebral medial passa dos extremos mediais das duas lâminas do tarso para a crista lacrimal anterior e o processo frontal da maxila. Ele se divide na sua inserção no tarso para circundar os canalículos lacrimais, e é situado na frente do saco lacrimal e do septo orbital. O ligamento palpebral lateral é relativamente pouco desenvolvido. Ele passa das extremidades laterais das lâminas tarsais para um pequeno tubérculo no osso zigomático dentro da margem orbital e é mais profundamente situado do que o ligamento palpebral medial. Ele se localiza embaixo do septo orbital e da rafe palpebral lateral do músculo orbicular do olho.

As fibras mais profundas da aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior são fixadas à superfície anterior do tarso superior. As lâminas superior e inferior do tarso são também associadas com uma lâmina fina de músculo liso que forma os músculos tarsais superior e inferior, respectivamente. Defronte ao equador do olho, o músculo tarsal superior passa da face inferior do músculo levantador da pálpebra superior para uma extensão fibrosa que se projeta à margem superior do tarso superior (Fig. 39.20). O músculo é inervado pelo sistema nervoso simpático e, com a contração, eleva a pálpebra. Embora possa ser visto como suplementando a ação do músculo levantador da pálpebra superior, seu papel completo não está claro. (A ptose branda, que é um aspecto característico da síndrome de Horner, é o resultado de uma interrupção do suprimento simpático ao músculo tarsal superior.) Um músculo tarsal inferior correspondente mas menos proeminente na pálpebra inferior une a margem inferior e, possivelmente, também a superfície anterior, do tarso inferior à fáscia capsulopalpebral, que é a expansão anterior da bainha fascial fundida dos músculos reto inferior e oblíquo inferior. A contração do músculo reto inferior durante o olhar para baixo, por essa razão, também puxa a pálpebra inferior para baixo. A pálpebra inferior é capaz de baixar 4–5 mm, embora não seja equipada com uma contraparte de músculo estriado do levantador da pálpebra superior.

Glândulas palpebrais

As glândulas tarsais são glândulas sebáceas modificadas inclusas nos tarsos. Elas são amarelas e dispostas em aproximadamente 25 fileiras paralelas perpendiculares à margem da pálpebra superior e ligeiramente em menor número na pálpebra inferior. Elas ocupam a altura inteira do tarso e, por essa razão, são mais longas centralmente, onde os tarsos são mais altos. Cada glândula consiste em um tubo reto com muitos divertículos laterais, e se abre por um orifício diminuto na margem livre da pálpebra. Ela é encerrada por uma membrana basal e revestida no seu orifício por epitélio estratificado, e em outros locais por uma única camada de células poliédricas. A secreção oleosa das glândulas tarsais espalha-se sobre as margens das pálpebras e, assim, uma camada oleosa é depositada sobre a película de lágrima quando a fissura palpebral se abre depois de uma piscada, reduzindo a evaporação e contribuindo para a estabilidade da película de lágrima. A presença das secreções oleosas, hidrofóbicas, das glândulas tarsais sobre as margens das pálpebras também inibe o derramamento de lágrimas sobre a face. Obstrução dos ductos das glândulas tarsais por lipídio e detritos celulares pode resultar em inflamação lipogranulomatosa e nas manifestações clínicas do calázio (hordéolo interno).

Pequenas glândulas sebáceas (de Zeis) e glândulas sudoríferas (de Moll) são associadas com os cílios e propensas a infecção, produzindo hordéolo externo (terçol).

Suprimento vascular e drenagem linfática

O suprimento arterial para as pálpebras é derivado, principalmente, das artérias palpebrais medial e lateral, ramos da artéria oftálmica. Seus ramos seguem lateralmente ao longo das margens tarsais para formar os arcos palpebrais superior e inferior (dois na pálpebra superior e um na inferior). As pálpebras também são supridas por ramos das artérias infraorbital, facial, facial transversa e temporal superficial.

As veias que drenam as pálpebras são maiores e mais numerosas que as artérias; elas passam superficialmente para as veias na face e testa ou profundamente para as veias oftálmicas dentro da órbita.

Os vasos linfáticos que drenam as pálpebras e a túnica conjuntiva começam em um plexo superficial embaixo da pele e em um plexo profundo na frente e atrás dos tarsos. Esses plexos se comunicam uns com o outros, e conjuntos de vasos mediais e laterais originam-se deles. Os vasos linfáticos do conjunto lateral drenam a espessura completa da parte lateral das pálpebras superior e inferior, e passam lateralmente a partir do canto lateral para terminar nos linfonodos parotídeos superficiais e profundos. Os vasos linfáticos do conjunto medial drenam a pele sobre a parte medial da pálpebra superior, a espessura completa da metade medial da pálpebra inferior e a carúncula lacrimal; eles acompanham o trajeto da veia facial para terminar no grupo de linfonodos submandibulares.

Inervação

A inervação cutânea das pálpebras vem das divisões oftálmica e maxilar do nervo trigêmeo. A pálpebra superior é suprida principalmente pelo nervo supraorbital, ramo do nervo frontal. Contribuições adicionais vêm do nervo lacrimal, do nervo supratroclear, ramo do nervo frontal, e do nervo infratroclear, ramo do nervo nasociliar. O suprimento nervoso para a pálpebra inferior é derivado principalmente do nervo infraorbital, ramo do nervo maxilar, com pequenas contribuições dos nervos lacrimal e infratroclear.

TÚNICA CONJUNTIVA

A túnica conjuntiva é uma fina membrana mucosa transparente que se estende a partir das margens palpebrais anteriormente, fornecendo um revestimento às pálpebras, antes de se virar agudamente sobre si própria para formar os fórnices de onde é refletida para cobrir a esclera até a sua junção com a córnea. A túnica conjuntiva, assim, forma um saco que se abre anteriormente através da rima das pálpebras (Fig. 39.22). Nas margens palpebrais livres, a túnica conjuntiva é contínua com a pele, com o epitélio de revestimento dos ductos das glândulas tarsais e com os canalículos lacrimais e o saco lacrimal (ver adiante). A continuidade entre a túnica conjuntiva e o ducto lacrimonasal e a mucosa nasal é importante na disseminação de infecção (Cap. 32).

A túnica conjuntiva contribui com o componente mucina da película de lágrima pré-ocular e desempenha um papel central na defesa da superfície ocular contra infecção microbiana. Ela é convencionalmente dividida em cinco regiões: marginal, tarsal, orbital, bulbar e limbal (Fig. 39.22). As

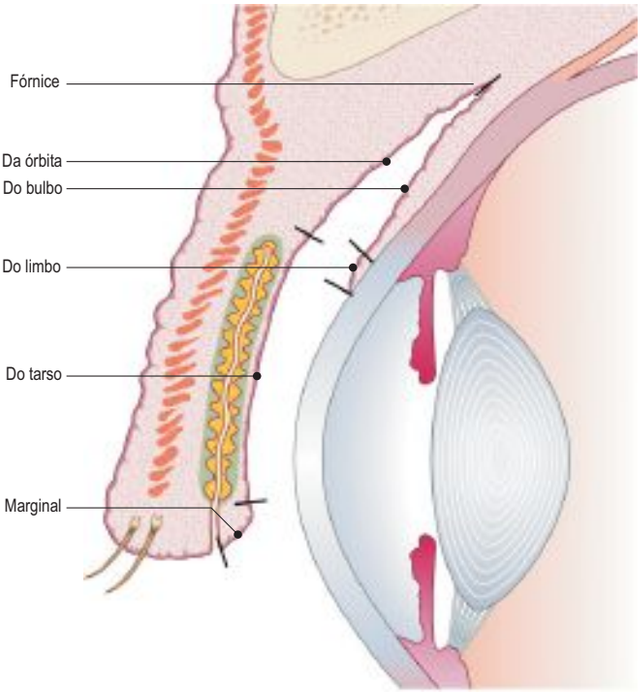


Fig. 39.22 Regiões da túnica conjuntiva: corte sagital.

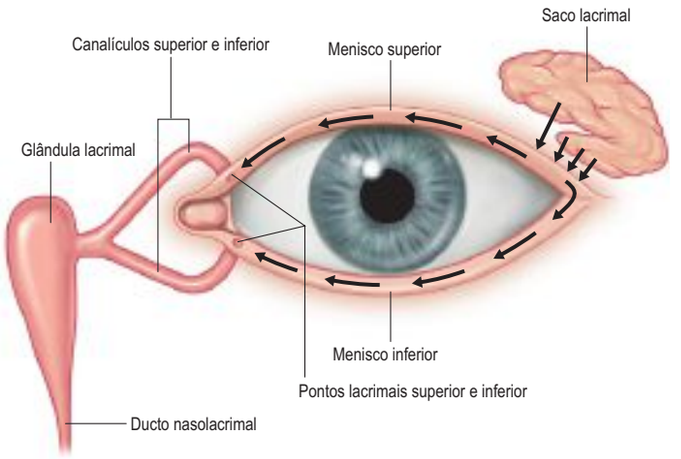


Fig. 39.23 Representação da dinâmica da lágrima sobre a superfície ocular. Lágrimas são produzidas pela glândula lacrimal e fluem dentro do menisco superior e o inferior. As lágrimas drenam sequencialmente através dos pontos, canalículos, saco lacrimal e ducto nasolacrimal.

regiões marginal, tarsal e orbital são chamadas coletivamente de túnica conjuntiva da pálpebra.

A zona marginal se estende a partir de uma linha imediatamente posterior às aberturas das glândulas tarsais e passa em torno da margem palpebral para continuar na superfície interna da pálpebra até tão longe quanto o sulco subtarsal (um sulco raso que marca a margem inferior do tarso). A túnica conjuntiva do tarso é altamente vascular e firmemente fixada ao tarso subjacente. A zona orbital se estende até os fórnices, que marcam a linha de reflexão da túnica conjuntiva das pálpebras por sobre o bulbo do olho. A túnica conjuntiva é mais frouxamente afixada aos tecidos subjacentes sobre a zona orbital e, assim, se pregueia prontamente. Elevações da superfície da túnica conjuntival na forma de papilas e folículos linfoides (parte do tecido linfoide associado à mucosa, TLAM) são comumente observadas nessa região (Knop e Knop, 2002).

Ductos da glândula lacrimal se abrem para a parte lateral do fórnice superior da conjuntiva. A túnica conjuntiva do bulbo é frouxamente conectada ao bulbo do olho sobre a esclera exposta, é fina e transparente, e prontamente permite a visualização dos vasos sanguíneos da túnica conjuntiva e episclerais. A fixação frouxa da túnica conjuntiva à bainha fascial do bulbo do olho nessa região significa que a túnica conjuntiva é frouxamente móvel aqui: à medida que a túnica conjuntiva do bulbo se aproxima da córnea, sua superfície se torna mais lisa e sua fixação à esclera aumenta. A túnica conjuntiva do limbo se estende aproximadamente 1–1,5 mm em torno da córnea e contém uma densa rede de capilares.

Estrutura

A túnica conjuntiva é composta de uma camada epitelial e uma camada fibrosa subjacente ou substância própria. A forma do epitélio e a espessura da substância própria variam com a localização. Na margem das pálpebras, o epitélio é escamoso estratificado, não ceratinizado e com 10–12 células de espessura. O epitélio da túnica conjuntiva do tarso se afina para duas ou três camadas e consiste em células de superfície colunares e planas. Próximo dos fórnices, as células são mais altas, e um epitélio da túnica conjuntiva trilaminar cobre grande parte da túnica conjuntiva do bulbo. Ela se espessa mais perto da junção corneoescleral e, a seguir, muda para epitélio escamoso estratificado típico da córnea (pág. 678). Uma proporção das células epiteliais da túnica conjuntiva limbal serve como células-tronco para o epitélio corneal: essa região da túnica conjuntiva é portanto essencial à manutenção da integridade da córnea.

Células caliciformes secretoras de mucina estão dispersas dentro do epitélio da túnica conjuntiva. Elas mostram acentuada variação regional em densidade, sendo mais frequentes em cada lado do fórnice, mas ausentes das superfícies expostas da túnica conjuntiva do bulbo e da junção corneoescleral.

A substância própria, camada fibrosa ou estroma, é mais espessa no fórnice e mais delgada sobre os tarsos, onde a fixação da túnica conjuntiva é mais firme. Com exceção da túnica conjuntiva do tarso, a substância própria adjacente ao epitélio é predominantemente frouxa. Ela se funde com a fáscia fibrosa do bulbo e a episclera nas regiões limbal e bulbar, e é frouxamente fixada às bainhas dos músculos retos. No fórnice, é contínua com o tendão sobrejacente do músculo levantador da pálpebra superior e a fáscia muscular tarsal superiormente, um arranjo que provê sustentação para o fórnice durante rotação do bulbo do olho.

Suprimento vascular e drenagem linfática

As artérias da túnica conjuntiva da pálpebra são derivadas dos arcos palpebrais. Muitos dos pequenos vasos da pálpebra drenam para as veias conjuntivais que, por sua vez, passam para trás, para as veias orbitárias e fasciais. A substância própria da túnica conjuntiva do tarso e orbital é ricamente vascular. Uma rede capilar densa é disposta em uma única lâmina subepitelial, uma distribuição que satisfaz os requisitos da córnea durante o sono, quando oxigênio é disponível à córnea apenas através desse sistema vascular. A túnica conjuntiva do bulbo recebe sangue dos arcos palpebrais e das artérias ciliares anteriores que alcançam a túnica conjuntiva na face orbital dos músculos retos. As veias drenam pela mesma via e juntam-se às veias oftálmicas.

Os linfáticos drenam para linfonodos pré-auriculares e submandibulares.

Inervação

A túnica conjuntiva é inervada por nervos sensitivos a partir dos mesmos ramos oftálmicos e maxilares do nervo trigêmeo que servem à pálpebra. Fibras nervosas autonômicas são abundantes na túnica conjuntiva, particularmente nas regiões bulbar e limbal, e provavelmente vasomotoras em função.

APARELHO LACRIMAL

O aparelho lacrimal consiste nas estruturas responsáveis pela produção de lágrimas (principalmente a glândula lacrimal principal, com a contribuição de glândulas lacrimais acessórias) e nas vias de drenagem lacrimal que coletam o líquido da lágrima e o transportam para dentro da cavidade nasal (canalículos lacrimais formando um par, saco lacrimal e ducto nasolacrimal) (Fig. 39.23).

O volume lacrimal total é de aproximadamente 7 µl. Ele está distribuído dentro da película de lágrima pré-corneal (1–2 µl) e ao longo das tiras lacrimais marginais superior e inferior (5–6 µl), as quais são meniscos em forma de cunha que seguem ao longo da margem inferior das bordas das pálpebras e se unem nos cantos.

Glândula lacrimal

A glândula lacrimal é o principal produtor do componente aquoso da camada de lágrima. Sua secreção é um líquido aquoso com conteúdo eletrolítico semelhante ao do plasma, contendo diversas proteínas, inclusive as enzimas bactericidas lisozima e lactoferrina, IgA e lipocalina da lágrima (previamente chamada pré-albumina lacrimoespecífica).

A glândula lacrimal consiste em partes orbital e palpebral que são contínuas posterolateralmente em torno da margem lateral côncava da aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior. A parte orbital, aproximadamente do tamanho de uma amêndoa, se aloja na fossa do saco lacrimal no aspecto medial do processo zigomático do osso frontal, imediatamente dentro da margem da órbita. Ela reside acima do músculo

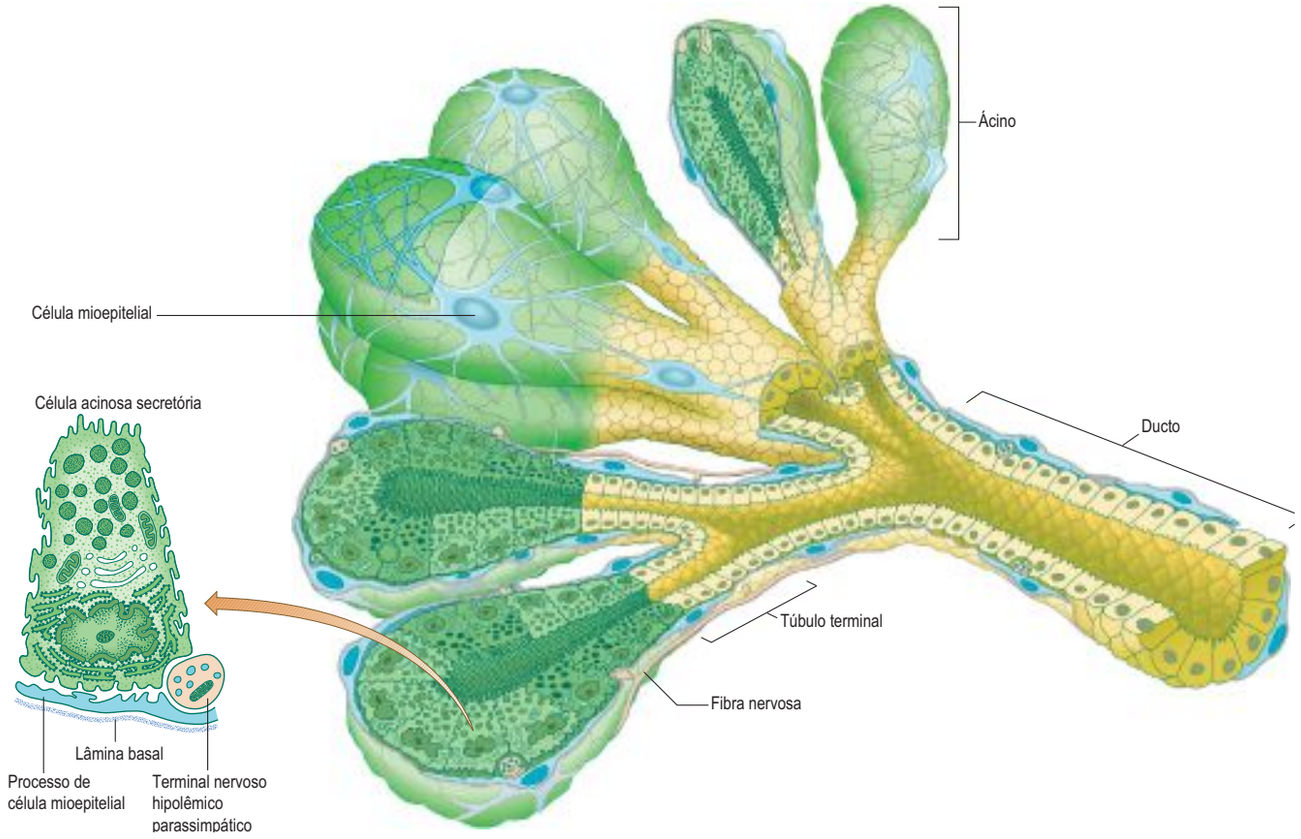


Fig. 39.24 Organização das unidades secretórias na glândula lacrimal.

levantador da pálpebra superior e, lateralmente, acima do músculo reto lateral. Sua superfície inferior é conectada com o periósteo da órbita. Sua margem anterior está em contato com o septo orbital, e sua margem posterior fixada ao corpo adiposo da órbita. A parte palpebral, com cerca de um terço do tamanho da parte orbital, é subdividida em dois ou três lóbulos e se estende embaixo da aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior, para dentro da parte lateral da pálpebra superior. Ela é visível através da túnica conjuntiva quando a pálpebra é evertida.

Os ductos principais da glândula lacrimal, cerca de seis em número, descarregam para dentro do saco da conjuntiva na região lateral do fórnice superior da conjuntiva. Aqueles da parte orbital (quatro ou cinco) penetram a aponeurose do músculo levantador da pálpebra superior para se juntar àqueles da parte palpebral. Excisão da parte palpebral é, portanto, funcionalmente equivalente à remoção total da glândula.

Muitas pequenas glândulas lacrimais acessórias (glândulas de Krause e Wolfring) ocorrem no fórnice ou vizinhança. Elas são mais numerosas na pálpebra superior, e sua presença pode explicar por que a túnica conjuntiva não fica seca após extirpação da glândula lacrimal principal.

Microestrutura

A glândula lacrimal é lobulada e de forma tubuloacinosa. Suas unidades secretórias são ácinos semelhantes aos encontrados nas glândulas salivares (Fig. 39.24; ver também Cap. 30) (Ruskell, 1975). Os ácinos consistem em células secretórias que descarregam seu produto em uma luz central contínua com um ducto intercalado formado de camada única de células epiteliais que não possuem grânulos secretórios. Células mioepiteliais estendem processos em torno do perímetro de ácinos e ductos; sua contração confere força mecânica aos ácinos e ductos que promove a expulsão de lágrimas da glândula. Os interstícios da glândula são compostos de tecido conjuntivo frouxo que contém numerosas células imunes, principalmente linfócitos B e células plasmáticas (particularmente células secretoras de IgA).

Suprimento vascular

A glândula lacrimal recebe seu suprimento sanguíneo da artéria lacrimal, ramo da artéria oftálmica. Ela também pode receber sangue da artéria infraorbital. A drenagem venosa é para a veia oftálmica superior.

Inervação

A glândula lacrimal é inervada por fibras parassimpáticas pós-ganglionares secretomotoras a partir do gânglio pterigopalatino. Elas chegam à glândula via nervo zigomático, ramo do nervo maxilar, e nervo lacrimal, ramo do nervo oftálmico, ou passam diretamente do gânglio. Fibras simpáticas que saem do gânglio cervical superior também suprem a glândula lacrimal. Essas fibras podem estar envolvidas na regulação do fluxo sanguíneo e na modulação da secreção da glândula.

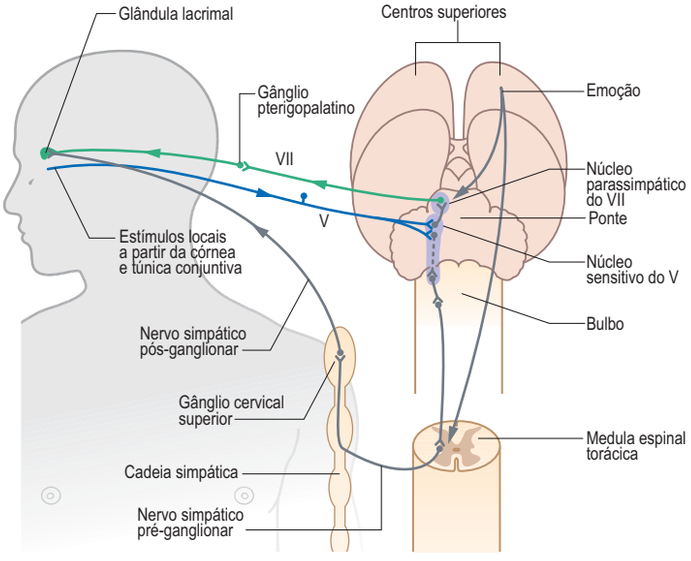


Fig. 39.25 Reflexo de lacrimejamento. (Redesenhado de MacKinnon P, Morris J, 2005. Oxford Textbook of Functional Anatomy, Vol 3, 2nd edn. Head and Neck. Oxford: Oxford University Press. Com permissão de Oxford University Press.)

Reflexo de lacrimejamento

O reflexo de lacrimejamento (Fig. 39.25) é estimulado pela irritação da túnica conjuntiva e córnea, o que provoca grande aumento no volume de lágrima. O ramo aferente do reflexo envolve ramos do nervo oftálmico, com uma contribuição adicional do nervo infraorbital se a túnica conjuntiva da pálpebra inferior for comprometida. Impulsos entram no cérebro e se alastram por interneurônios que ativam neurônios parassimpáticos no núcleo salivatório superior (associado com o nervo facial) e neurônios simpáticos na região torácica superior da medula espinal. A via eferente para a glândula lacrimal envolve o nervo petroso maior, que conduz fibras secretomotoras parassimpáticas pré-ganglionares, e o nervo petroso profundo, que transmite fibras simpáticas pós-ganglionares: as fibras paras-

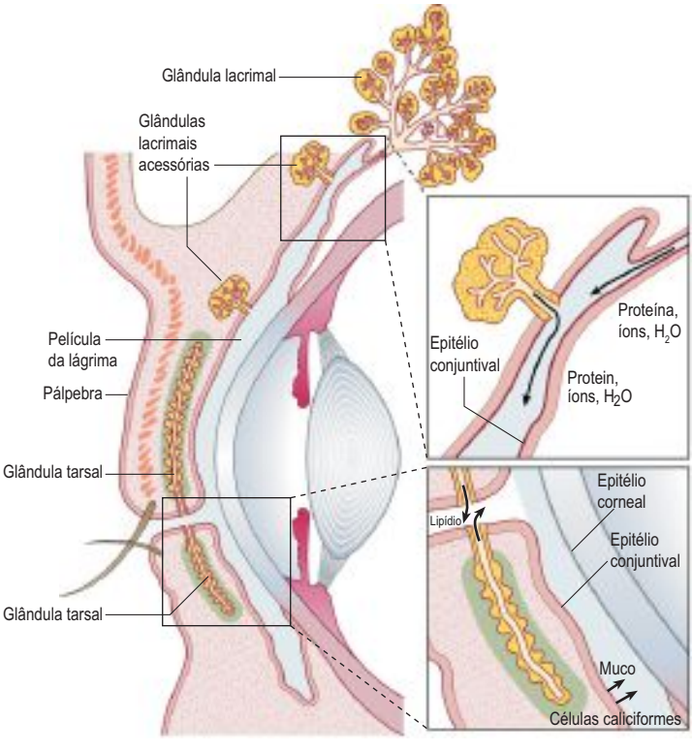


Fig. 39.26 Glândulas orbitais que contribuem com os vários componentes da película de lágrima pré-ocular. O componente aquoso (que consiste principalmente em proteínas, íons e água) é produzido pelas glândulas lacrimais principal e acessórias. Glândulas tarsais nas pálpebras produzem a camada lipídica da película lacrimal, e o componente mucoso é derivado das células caliciformes conjuntivais.

simpáticas fazem conexão no gânglio pterigopalatino, e as fibras simpáticas passam através do gânglio sem fazer sinapse.

Lacrimejamento também pode ocorrer em resposta a gatilhos emocionais.

Película lacrimal pré-ocular

A película de lágrima é um líquido complexo que cobre as partes expostas da superfície ocular emoldurada pelas margens palpebrais. Classicamente, a película lacrimal tem sido vista como uma estrutura trilaminar, com uma camada lipídica superficial (secretada pelas glândulas de Meibom) que se sobrepõe a uma fase aquosa (derivada das glândulas lacrimais principal e acessórias) e uma camada mucinosa interna (produzida principalmente pelas células caliciformes conjuntivais) (Fig. 39.26). A película de lágrima desempenha várias funções importantes. Ao alisar irregularidades do epitélio corneano, ela cria uma superfície uniforme de boa qualidade óptica que é reformada com cada piscada. A interface ar-lágrima forma a principal superfície refrativa do sistema óptico do olho. Uma vez que a córnea é avascular, ela depende da película lacrimal para seu fornecimento de oxigênio. Quando o olho está aberto, a película de lágrima está em estado de equilíbrio com o oxigênio na atmosfera, e a troca gasosa tem lugar através da interface lacrimoepitelial. O giro constante da película lacrimal também provê um mecanismo para a remoção de produtos de excreção metabólica. As lágrimas desempenham papel importante na defesa do olho contra colonização microbiana: a ação de lavagem do líquido da lágrima reduz a probabilidade de adesão microbiana à superfície ocular, e as lágrimas contêm uma multiplicidade de proteínas antimicrobianas protetoras.

Via de drenagem lacrimal

Há uma renovação constante de lágrima: a produção é equiparada pela eliminação. Algumas lágrimas são perdidas por evaporação ou absorção através da túnica conjuntiva, mas a maioria é eliminada pelo sistema de drenagem nasolacrimal (Fig. 39.23). As lágrimas se coletam no ângulo cantal medial onde elas drenam para os pontos lacrimais das pálpebras superior e inferior, os quais são dirigidos para a superfície do olho para receber líquido lacrimal. A partir de cada ponto lacrimal, as lágrimas drenam para os canalículos lacrimais. Há um canalículo, aproximadamente com 10 mm de comprimento, em cada pálpebra. Cada canalículo primeiro passa verticalmente a partir do seu ponto lacrimal por cerca de 2 mm e se alarga para formar uma ampola antes de passar medialmente na direção do saco lacrimal. O canalículo superior é menor e mais curto que o inferior. Em aproximadamente 80% dos adultos, os canalículos se unem para formar um canalículo comum antes de atingir o saco lacrimal.

A mucosa que reveste os canalículos possui um epitélio escamoso estratificado não ceratinizado repousando sobre uma membrana basal, fora da qual há uma lâmina própria rica em fibras elásticas (os canalículos são, portanto, facilmente dilatados quando explorados). Fibras musculares estriadas do músculo orbicular do olho se entrelaçam em cada lado do canalículo de maneira que sugere uma espiral semelhante a um esfíncter, e sustentando a afirmativa de que o tamanho da luz é regulado com a piscada, possivelmente facilitando a drenagem.

O saco lacrimal situa-se no extremo superior fechado do ducto nasolacrimal. Ele tem aproximadamente 12 mm de comprimento e localiza-se em uma fossa no osso lacrimal, na parte anterior da parede medial da órbita (Fig. 39.2). O saco é limitado na frente pela crista lacrimal anterior da maxila e atrás pela crista lacrimal posterior do osso lacrimal. Seu extremo superior fechado é achatado lateralmente, sua parte inferior é arredondada e se funde com o ducto, e os canalículos lacrimais se abrem na sua parede lateral perto da extremidade superior.

Uma camada de fáscia lacrimal, contínua com o periósteo da órbita, passa entre a crista lacrimal da maxila e o osso lacrimal. Ela forma um teto, e a parede lateral da fossa do saco lacrimal separa o saco lacrimal do ligamento palpebral medial na frente e na parte lacrimal atrás do ligamento palpebral medial. Um plexo de veias diminutas reside entre a fáscia e o saco lacrimal. A metade superior da fossa do saco lacrimal é relacionada medialmente às células etmoidais anteriores, e a metade inferior à parte anterior do meato nasal médio. O saco lacrimal tem uma parede fibroelástica e é revestido internamente por mucosa que é contínua com a túnica conjuntiva através dos canalículos lacrimais e com a mucosa nasal através do ducto nasolacrimal.

O ducto nasolacrimal tem aproximadamente 18 mm de comprimento, e desce do saco lacrimal para se abrir anteriormente no meato nasal inferior em um orifício expandido. Uma prega de mucosa (prega lacrimal) forma uma válvula imperfeita imediatamente acima da sua abertura (óstio lacrimal). O ducto segue por um canal ósseo formado pela maxila, osso lacrimal e concha nasal inferior. Ele é mais estreito no meio e é dirigido para baixo, para trás e um pouco lateralmente. A mucosa do saco lacrimal e o ducto lacrimonasal possuem um epitélio colunar bilaminar, que é ciliado em alguns pontos. Rico plexo venoso forma tecido erétil em torno do ducto: o ingurgitamento dessas veias pode obstruir o ducto.

REFERÊNCIAS

Knop E, Knop N 2002 A functional unit for ocular surface immune defence formed by the lacrimal gland, conjunctiva and lacrimal drainage system. Adv Exp Med Biol 506B: 635–44.

Koornneef L 1977 The architecture of the musculo-fibrous apparatus in the human orbit. Acta Morphol Neerl Scand 15: 35–64.

Leigh RJ, Zee DS 2006 The Neurology of Eye Movement, 4th edn. Oxford: Oxford University Press.

Ruskell GL 1975 Nerve terminals and epithelial cell variety in the human lacrimal gland. Cell Tiss Res 138: 121–36.

Olho

CAPÍTULO 40

A superfície externa do olho é composta de partes de duas esferas com raios diferentes. O segmento anterior, parte da esfera menor, é formado pela córnea transparente e abrange aproximadamente 7% da superfície ocular. O segmento posterior do bulbo do olho é parte da esfera maior formada pela esclera opaca (Fig. 40.1).

Internamente à esclera há uma camada pigmentada, vascularizada, que consiste em três partes contínuas que, coletivamente, compõem o trato uveal: uma camada denominada corioide, fina posteriormente, um corpo ciliar mais espesso e uma íris anterior que é deslocada da cobertura externa e termina na pupila (Fig. 40.1). A superfície interna da corioide é coberta pela retina fotossensorial, que termina anteriormente à *ora serrata*, que marca também a junção entre o corpo ciliar e a corioide. A vascularização da corioide fornece os nutrientes para a retina externa avascular.

A lente está situada imediatamente atrás da íris e é suspensa do corpo ciliar através de fibras zonulares (Fig. 40.1). Os músculos lisos dentro do corpo ciliar regulam a tensão exercida sobre a lente elástica e, portanto, determinam a sua forma, ajustando assim o foco do olho no processo de acomodação. A íris, que não possibilita a transmissão de luz devido a uma superfície posterior fortemente pigmentada, também contém músculo liso, possibilitando-lhe regular o tamanho da pupila.

A íris e a lente separam o olho em três câmaras. A maior, a câmara postrema, é preenchida com humor vítreo semelhante a um gel e situa-se posterior à lente, compreendendo cerca de dois terços do volume do olho (Fig. 40.1). Os espaços entre a lente e a íris, e a íris e córnea, são as câmaras posterior e anterior, respectivamente. Ambas são preenchidas com humor aquoso, que é produzido pelo epitélio do corpo ciliar, trafega através da pupila, circula na câmara anterior e é drenado principalmente através do seio venoso da esclera no ângulo de filtração iridocorneal. O humor aquoso promove suporte metabólico para a lente e córnea avasculares.

O único objetivo dos olhos e das suas estruturas associadas dentro da órbita óssea é formar uma boa imagem na retina saudável. Os fotorreceptores da retina convertem a radiação óptica em atividade neurobiológica, e outras células dentro da retina, em seguida, começam a processar a imagem. O sinal da retina é transferido através do nervo óptico, ao longo da via visual (Fig. 40.33) para várias regiões do cérebro, onde processos posteriores resultam na percepção visual.

TÚNICA FIBROSA DO OLHO (REVESTIMENTO EXTERNO)

O revestimento fibroso externo do olho consiste na esclera posterior opaca e na córnea anterior transparente. Juntas, formam uma cápsula protetora semielástica que envolve o olho que, quando se torna túrgida devido à pressão intraocular, determina a geometria óptica do olho e garante que sua forma não se distorça quando se move. A esclera também promove a inserção dos músculos extrínsecos do bulbo do olho e sua superfície externa lisa gira facilmente sobre os tecidos adjacentes da órbita quando esses músculos contraem (Cap. 39.). A opacidade da esclera ajuda a garantir que apenas a luz que entra no olho através da pupila atinja a retina. A córnea, por outro lado, não só admite a luz como também seu filme lacrimal de revestimento (pág. 673) é a principal superfície refrativa do olho.

ESCLERA

A esclera é responsável por aproximadamente 93% do revestimento externo do olho. Anteriormente, é contínua com a córnea na junção corneoscleral (limbo) (Fig. 40.1). É perfurada por alguns forames contendo nervos e vasos sanguíneos, mais notavelmente o forame óptico, que se situa 3 mm medial à linha mediana e 1 mm abaixo da horizontal e abriga o nervo óptico. Aberturas menores contêm as artérias ciliares anteriores que penetram anteriormente, veias vorticosas que atravessam a esclera equatorialmente e os nervos e artérias ciliares longos e curtos que entram posteriormente. A esclera é mais espessa posteriormente (1-1,35 mm), diminuindo gradualmente em direção ao equador, atingindo um mínimo de 300 μm sob os tendões dos músculos retos. Indo para a frente a partir das inserções dos músculos retos, gradualmente aumenta de espessura mais uma vez para 800 μm no limbo da córnea.

A superfície externa da esclera é coberta por uma lâmina episcleral delicada de tecido vascular fibrovascular, que contém vasos sanguíneos esparsos e está em contato com a superfície interna da bainha do bulbo do olho (pág. 657). Anteriormente, a superfície externa da esclera é coberta pela túnica conjuntiva que se reflete sobre ela a partir das superfícies profundas das pálpebras. A superfície interna da esclera adjacente à corioide é inserida nela por uma camada fibrosa delicada, a lâmina supracorioide, que contém numerosos fibroblastos e melanócitos. Anteriormente, a região interna da esclera é inserida no corpo ciliar pela lâmina supraciliar. Posteriormente, a esclera é perfurada pelo nervo óptico. Aqui a metade externa da esclera volta a tornar-se contínua com a dura-máter, enquanto a metade interna é modificada formando uma lâmina perfurada, a lâmina cribriforme da esclera. Os fascículos do nervo óptico passam por estes orifícios minúsculos, enquanto a artéria e veia central da retina passam por uma abertura central maior. A lâmina cribriforme da esclera é a parte mais fraca da esclera e intumesce para fora (disco escavado) quando a pressão intraocular é elevada cronicamente como no glaucoma (pág. 686).

Tal como a córnea, o estroma da esclera é composto principalmente de colágeno densamente concentrado incrustado em uma matriz de proteoglicanos, que são misturados com fibras elásticas e fibroblastos ocasionais. No entanto, ao contrário da córnea, as fibrilas de colágeno da esclera apresentam uma grande variação no diâmetro e espaçamento, bem como no ramo lamelar e entrelaçamentos, de maneira extensa. Esta disposição das fibras resulta em aumento da dispersão da luz, que é responsável pela aparência branca, opaca, embotada, da esclera, e também transmite uma elevada resistência à tração para a esclera para que ela resista à tração dos músculos extrínsecos do bulbo do olho e contenha a pressão intraocular. Os feixes de fibras de colágeno são dispostos circunferencialmente ao redor do disco do nervo óptico e os orifícios da lâmina cribriforme. As fibras dos tendões dos músculos retos interseccionam com as fibras esclerais perpendicularmente à sua inserção, e depois entrelaçam mais profundamente na esclera. As fibras de colágeno do esporão da esclera são orientadas circularmente e há um aumento da incidência de fibras elásticas neste local. Embora a esclera atue como um canal para os vasos sanguíneos, os vasos esclerais são poucos e principalmente dispostos na lâmina episcleral, especialmente perto do limbo. Seu suprimento nervoso é surpreendentemente rico, o que explica a dor intensa associada à inflamação da esclera (Watson & Young 2004).

Ângulo de filtração e drenagem do humor aquoso

O humor aquoso é produzido pelo epitélio ciliar, passa através da pupila e circula dentro da câmara anterior suprindo a córnea avascular e a lente com nutrientes. Drena do olho principalmente através do retículo trabecular para o seio venoso da esclera no ângulo iridocorneal (filtração) (Figs. 40.2, 40.3), formado entre a face posterior do limbo da córnea e a periferia da íris.

O retículo trabecular é constituído por tecido trabecular frouxo, que é contínuo anteriormente com a lâmina limitante posterio da córnea e o endotélio da córnea. O humor aquoso filtra a partir da câmara anterior através de espaços interligados entre as fibras trabeculares. A maioria dessas fibras está inserida na face externa anterior do esporão da esclera. Dentre as restantes, a maioria é contínua com fibras longitudinais do músculo ciliar, algumas das quais se inserem na face interna posterior do esporão da esclera. O retículo trabecular fornece resistência suficiente para o fluxo de humor aquoso gerar uma pressão intraocular de aproximadamente 15 mmHg. Ela também atua como um filtro e tem a capacidade de fagocitar material particulado, embora a sobrecarga possa contribuir para a patogenia de várias formas de glaucomas secundários obstrutivos.

O seio venoso da esclera é um canal endotelial anular localizado perto da superfície interna da esclera próximo do limbo. Em corte, o canal aparece como uma fenda oval, com uma parede exterior que sulca a

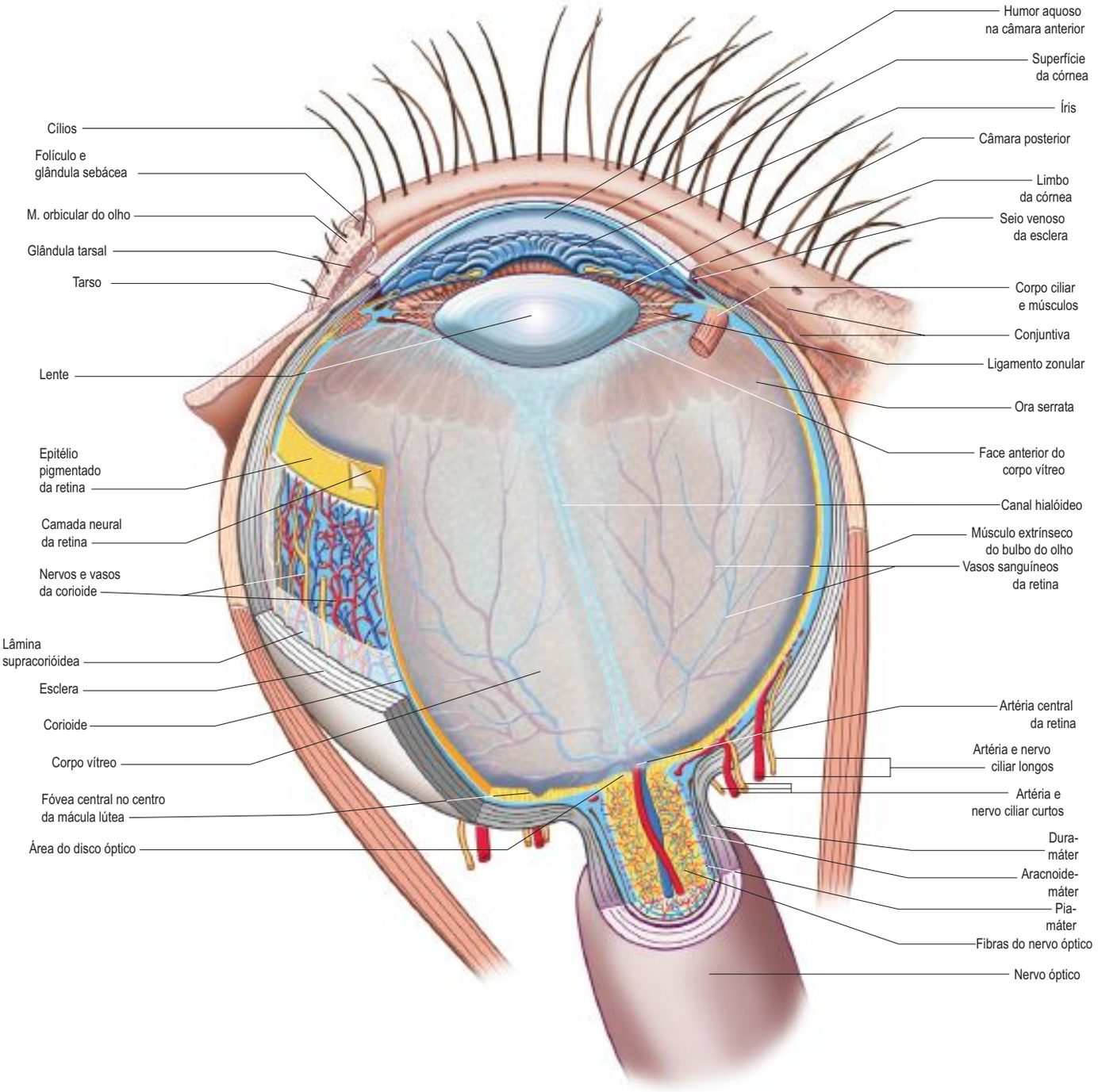


Fig. 40.1 Olho esquerdo e parte da pálpebra inferior em corte horizontal visto de cima: partes foram retiradas para mostrar estruturas internas.

esclera. Posteriormente, a fenda estende-se até um aro de tecido da esclera, o esporão da esclera, que em corte forma um triângulo com o seu ápice direcionado para a frente (Figs. 40.2, 40.3). O seio venoso da esclera pode ser duplo ou múltiplo em parte do seu curso, e suas paredes são constituídas de uma camada endotelial fina, única e contínua. A passagem de humor aquoso para o canal provavelmente ocorre através de vacúolos pinocitóticos gigantes, que se formam sobre a face interna do endotélio e descarregam no canal na face externa, e através de fissuras intercelulares. O humor aquoso atravessa um plexo de vasos intraesclerais finos que ligam o seio venoso da esclera com as veias ciliares anteriores (Fig. 40.4). Normalmente, o canal não contém sangue: os gradientes de pressão evitam o refluxo de sangue, embora os canais entre o canal e as veias não possuam válvulas. No entanto, em congestão venosa, o sangue pode entrar no canal: a parede endotelial externa contínua do canal impede mais refluxo.

Uma via alternativa para a saída do humor aquoso, a via uveoescleral, tem sido descrita. Uma vez que não há nenhuma barreira epitelial entre a câmara anterior e o corpo ciliar, o humor aquoso é capaz de entrar no tecido conjuntivo frouxo na frente do músculo ciliar e passar entre as fibras musculares em direção aos espaços supraciliares e supracorióideos, onde potencialmente pode ser absorvido pelos vasos que drenam a úvea.

CÓRNEA

A córnea avascular é a parte anterior transparente do revestimento externo. Convexa anteriormente, projeta a partir da esclera como uma elevação em forma de cúpula com uma área de 1,1 cm^2, formando cerca de 7% da área da túnica externa. Como é mais curvada (raio médio, r = 7,8 mm) do que a esclera (r = 11,5 mm), um leve sulco da esclera marca a junção corneoscleral (limbo). A córnea tem aproximadamente 670 μm de espessura perto da junção corneoscleral e 520 μm no seu centro. No limbo

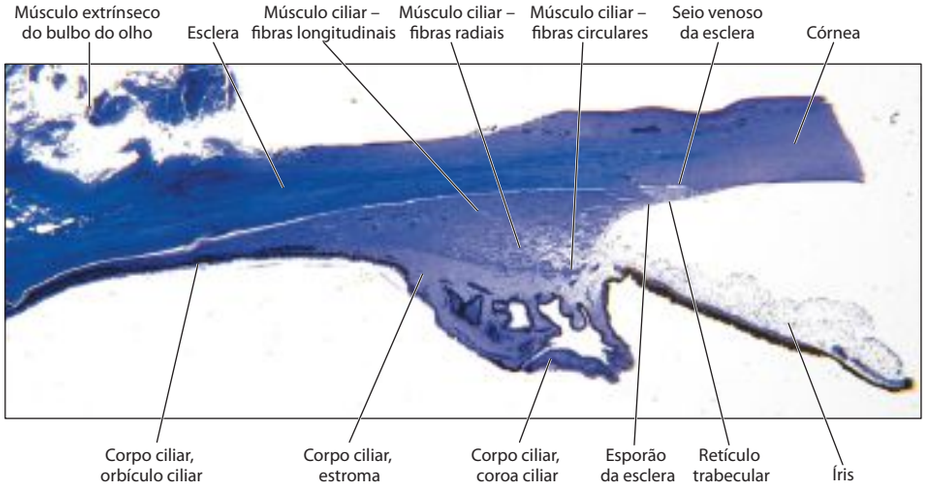


Fig. 40.2 Corte meridional através da região anterior do olho destacando o corpo ciliar e aparelho de drenagem.

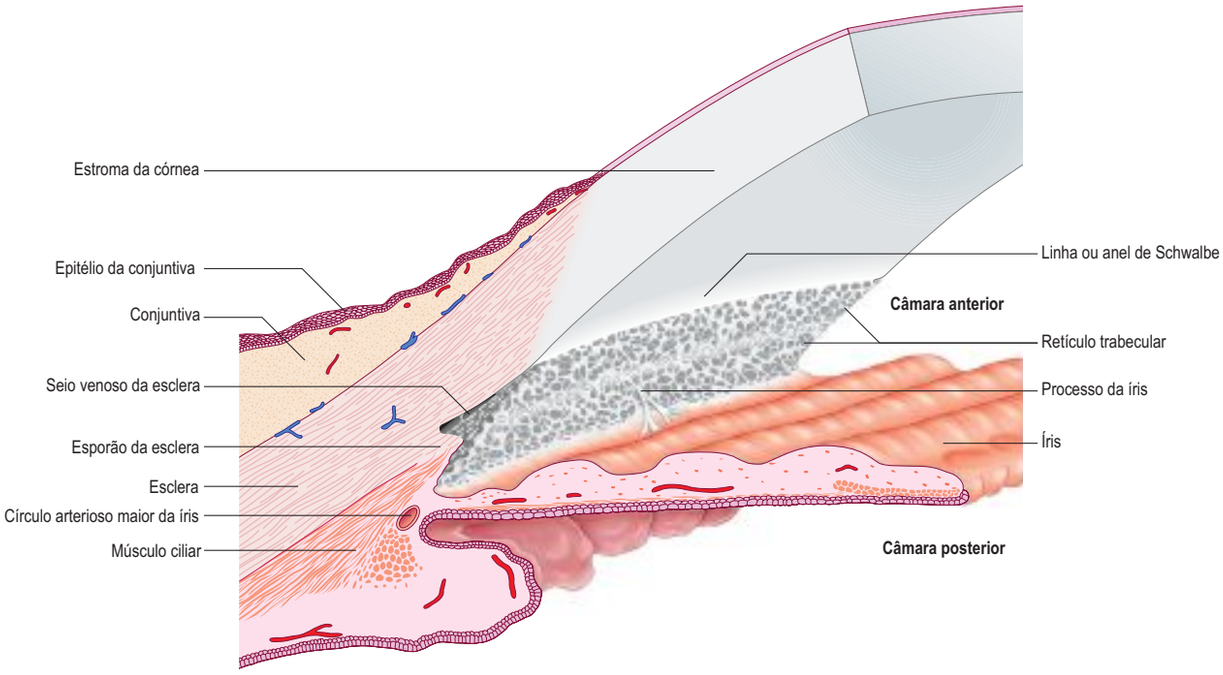


Fig. 40.3 Tecidos que fazem a borda do ângulo da câmara anterior. O retículo trabecular é um anel de tecido que atravessa o ângulo: suas redes são mostradas em corte transversal opostas ao seio venoso da esclera e parcialmente anexadas ao esporão da esclera. Um único processo da íris faz ponte para o ângulo, ligando o retículo trabecular aos tecidos anteriores da íris.

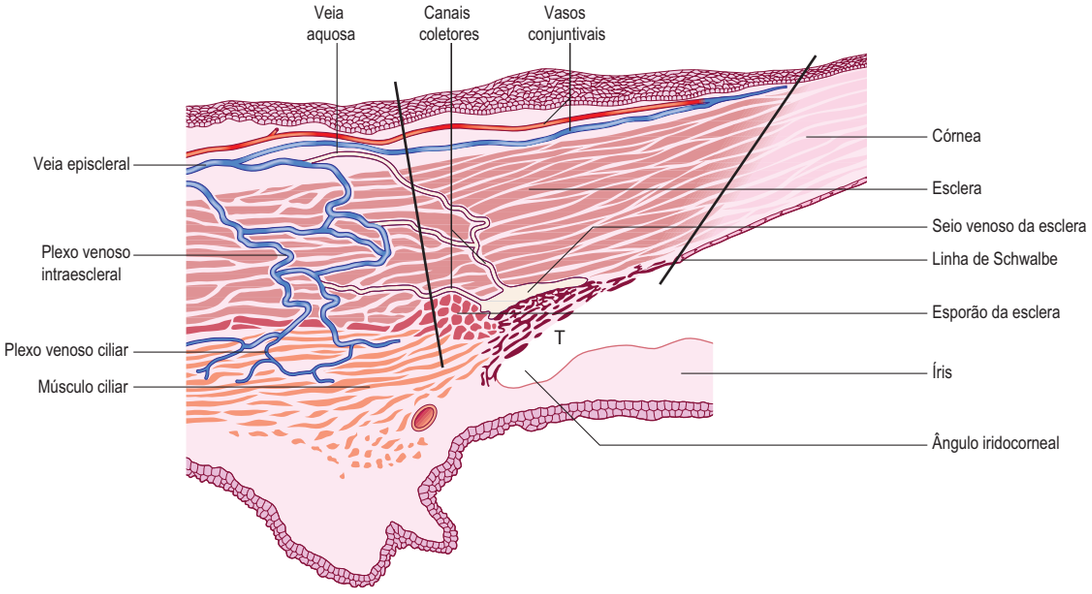


Fig. 40.4 Tecidos do ângulo de filtração em corte. As bordas aproximadas da região do limbo da córnea são indicadas por linhas contínuas. O humor aquoso drena a partir da câmara anterior em T através do retículo trabecular em direção ao seio venoso da esclera, a partir de onde flui através dos canais coletores para um dos plexos venosos intraesclerais, onde se mistura com sangue do plexo venoso ciliar, ou diretamente para os tecidos de superfície do olho como uma veia aquosa. A veia aquosa é mostrada juntando-se a uma veia episcleral na superfície para formar um vaso laminado. O humor aquoso e o sangue drenam posteriormente nas veias episclerais, que por sua vez juntam-se às veias ciliares anteriores.

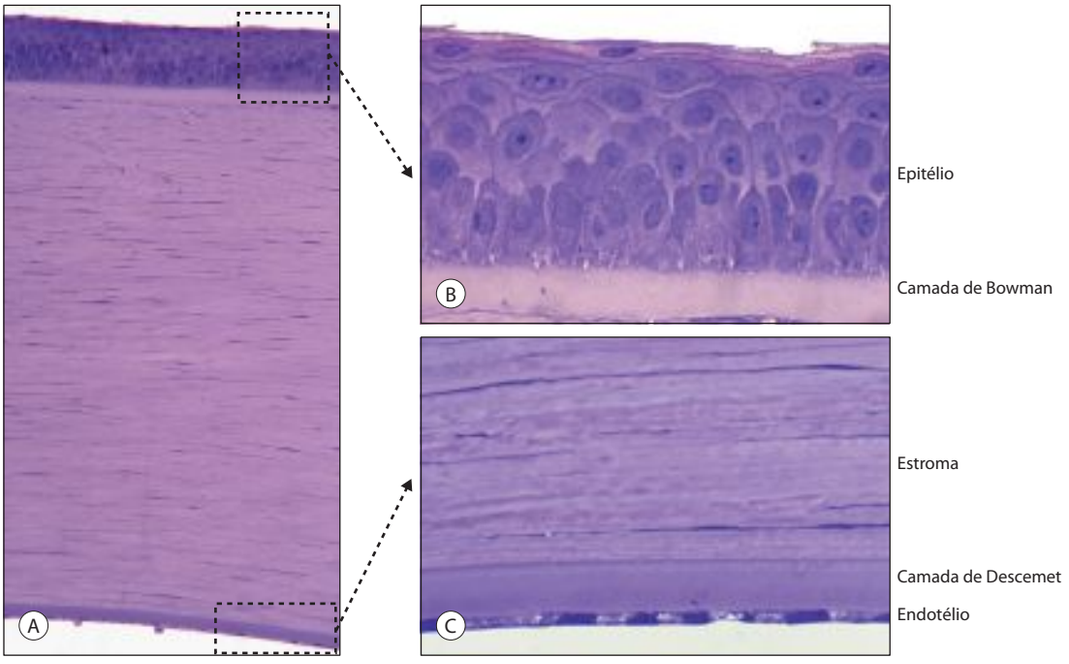


Fig. 40.5 A, Micrografia óptica de pequeno aumento das cinco camadas da córnea. **B,** Micrografia óptica de grande aumento do epitélio da córnea e camada de Bowman. **C,** Micrografia óptica de grande aumento do endotélio da córnea, camada de Descemet e parte do estroma. As células que coram mais escuras no estroma são ceratócitos.

nasal e temporal a transição da córnea para a esclera ocorre em uma linha que é aproximadamente perpendicular à córnea: esta transição ocorre mais obliquamente superiormente e inferiormente, sendo que a esclera sobrepõe a córnea em maior extensão anteriormente. Consequentemente, quando observada de frente, o perímetro da córnea é ligeiramente elíptico, pois seu diâmetro horizontal (11,7 mm) é um pouco maior do que o vertical (10,6 mm). Seu perímetro posterior é circular (diâmetro de 11, 7 mm).

Microscopicamente, a córnea é constituída por cinco camadas, a saber: epitélio da córnea, lâmina limitante anterior, substância própria, lâmina limitante posterior e endotélio, dispostas anteroposteriormente (Fig. 40.5A).

Epitélio da córnea

O epitélio da córnea representa aproximadamente 10% da espessura da córnea (50 μm). Ele geralmente consiste em 5-6 camadas de células (Fig. 40.5B) que protegem a superfície ocular de abrasão mecânica, formam uma barreira de permeabilidade (para pequenas moléculas, água e íons) e evitam a entrada de agentes patogênicos. As células mais profundas são colunares com bases planas, ápices arredondados e núcleos redondos ou ovais grandes. Fora estes há 2-3 camadas de células poliédricas (frequentemente em forma de asa). Nas camadas mais superficiais, as células tornam-se progressivamente mais planas e apresentam uma superfície lisa, opticamente perfeita. A microscopia eletrônica de varredura de células de superfície revela projeções extensas semelhantes a dedos e cristas (microvilosidades e micropregas). Uma complexa rede de junções estreitas liga as células superficiais, compatível com sua função de barreira.

Lâmina limitante anterior

A lâmina limitante anterior está por trás do epitélio da córnea. Ela contém uma densa massa de fibrilas de colágeno organizadas em uma matriz semelhante à da substância própria. A lâmina tem 12 μm de espessura, é imediatamente distinguível da substância própria porque não contém fibroblastos e parece amorfa na microscopia óptica (Fig. 40.5B).

Substância própria

A substância própria tem aproximadamente 500 μm de espessura e forma a maior parte da córnea. É uma camada transparente e compacta, composta por 200-250 lamelas sequenciais, cada uma composta por finas fibrilas paralelas de colágeno, principalmente de colágeno tipo I. Fibroblastos dendríticos planos de interconexão (ceratócitos) formam uma malha grosseira entre as lamelas. Lamelas alternadas são normalmente orientadas em ângulos grandes uns com os outros (Fig. 40.6). Os estudos de difração de raios X indicam que eles seguem ao longo de duas direções preferenciais, superoinferior e nasal-temporal, sendo responsável pelo estresse de tração adicional exercido pelos músculos retos ao longo destes meridianos (Boote *et al.*, 2005). Cada lamela tem aproximadamente 2 μm de espessura e de largura variável (10-250 μm ou, raramente, mais). Na

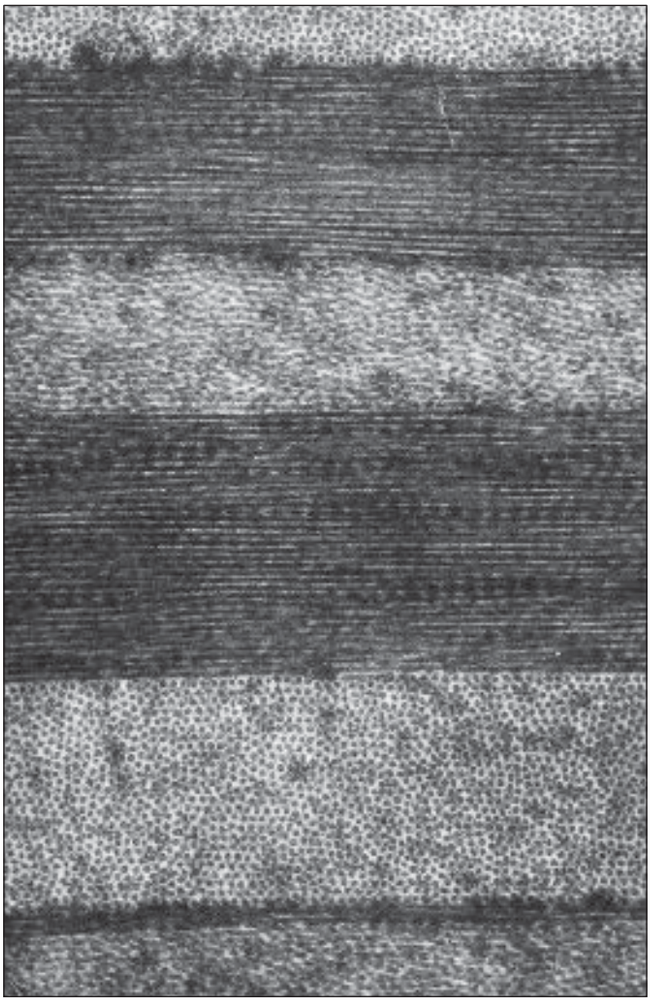


Fig. 40.6 Estroma da córnea humana mostrando a precisão geométrica da alternância de direção das camadas adjacentes das fibras. (Cortesia de John Marshall, St Thomas' Hospital, London.)

região central da córnea, as fibrilas no interior das lamelas têm um diâmetro semelhante de aproximadamente 31 nm. Isto aumenta ligeiramente com a idade e aproximando-se do limbo da córnea. A pequena dimensão das fibrilas (muito menores que o comprimento de onda da luz), juntamente com a regularidade do seu espaçamento (mantido pelo colágeno:

interações com proteoglicanos) e o controle cuidadoso da hidratação da córnea, são os principais fatores que determinam transparência estromal. A luz espalhada por fibrilas de colágeno é eliminada por interferência destrutiva em todas as direções, exceto para a frente.

Lâmina limitante posterior

A lâmina limitante posterior cobre a substância própria posteriormente. É fina e aparentemente homogênea, e é considerada como a membrana basal do endotélio. Tem 4 μm de espessura ao nascimento, e pode aumentar para 12 μm por volta da oitava década.

Endotélio

O endotélio cobre a superfície posterior da córnea e é composto por uma única camada de células escamosas (Fig. 40.5C), com entrelaçamentos entre as células adjacentes, que também estão ligadas por junções estreitas e junções de hiato. Quando observado de frente, o endotélio aparece como um mosaico de células poligonais (tipicamente hexagonal). Como estas células têm uma capacidade limitada de mitose, em resposta a patologia, traumatismos, idade e uso prolongado de lentes de contato, o mosaico endotelial torna-se menos regular, e mostra uma maior variação no tamanho e forma das células, à medida que as células espalham-se preenchendo as lacunas causadas por perda celular. As inúmeras mitocôndrias e RE rugoso proeminente dentro dessas células refletem sua alta atividade metabólica. Assim, por exemplo, mecanismos de bombeamento ativos controlam amplamente o grau de hidratação da córnea.

Inervação da córnea

A córnea é inervada por inúmeros ramos do nervo oftálmico (pág. 667), que formam um plexo anular em torno da periferia da córnea, ou passam diretamente da esclera e entram no estroma da córnea radialmente como 70-80 pequenos grupos de fibras. Ao entrarem na córnea, os poucos nervos mielinizados perdem suas bainhas mielínicas e ramificam por toda a matriz da córnea em um delicado retículo, sendo que seus filamentos terminais formam um intrincado plexo subepitelial. Feixes de axônios a partir deste plexo cruzam a lâmina limitante anterior e formam um plexo sub-basal a partir do qual axônios isolados em conta de rosário passam para camadas epiteliais mais superficiais, subsequentemente terminando como terminações nervosas livres. Os nervos da córneas promovem o braço aferente dos reflexos de piscar e lacrimais (pág. 673) e também podem ter uma função neurotrófica.

JUNÇÃO CORNEOSCLERAL (LIMBO DA CÓRNEA)

O limbo da córnea marca a zona de transição entre a córnea e a esclera. Aqui, o epitélio da córnea funde-se com o epitélio da túnica conjuntiva, que se espessa (até 12 células). A lâmina limitante anterior termina e o colágeno estromal da córnea perde sua regularidade. Como a córnea não contém nem sangue nem vasos linfáticos, os capilares da túnica conjuntiva e da episclera terminam em alças próximas do limbo da córnea. Internamente, a lâmina limitante posterior dispersa nas fibras do retículo trabecular e o endotélio da córnea é contínuo com a aquela que cobre as trabéculas.

A córnea não possui células-tronco epiteliais e a reposição das células depende da migração centrípeta das células da periferia da córnea, que são as descendentes das células-tronco mitóticas do limbo da córnea.

ÚVEA

A túnica vascular do olho consiste na corioide, corpo ciliar e íris, que em conjunto formam uma estrutura contínua, a úvea (Fig. 40.1). A corioide cobre a superfície interna da esclera, e estende-se em frente em direção à ora serrata. O corpo ciliar continua para a frente a partir da corioide até a circunferência da íris, que é um diafragma circular por detrás da córnea e na frente da lente, apresentando uma abertura quase central, a pupila.

CORIOIDE

A corioide é uma camada fina (60-160 μm, mais espessa atrás da mácula), altamente vascularizada, pigmentada, que reveste quase cinco sextos do olho posteriormente. É perfurada pelo nervo óptico, onde é firmemente aderente à esclera. Em outros locais sua superfície externa é apenas vagamente ligada à esclera pela lâmina supracorioide (lâmina fosca). Internamente, é inserida no epitélio pigmentar da retina, e no disco do nervo óptico é contínua com os tecidos pia-aracnóideos ao redor do nervo óptico.

Quatro camadas podem ser identificadas em corte transversal (Figs. 40.7, 40.23): lâmina supracorioide, lâmina vascular, lâmina corióideocapilar e lâmina basilar da corioide .

Lâmina supracorioide

A lâmina supracorioide cobre a superfície externa da corioide, tem aproximadamente 30 μm de espessura e é composta por delicadas lamelas não vascularizadas, sendo que cada uma é uma rede de fibras finas de colágeno e elásticas, fibroblastos e melanócitos. Os nervos ciliares e artérias ciliares longas passam à frente até a região anterior da úvea nesta camada.

Lâmina vascular

Interna à supracorioide há uma camada composta principalmente de artérias e veias, mas também algum tecido conjuntivo frouxo contendo células pigmentares dispersas. Estes melanócitos limitam a passagem de luz através da esclera até a retina. Mais importante, assim como o epitélio do pigmento da retina (pág. 689), eles também absorvem a luz que atravessa a retina e que não é absorvida pelos fotorreceptores, desta forma evitando reflexão interna.

O suprimento sanguíneo da corioide, bem como o restante da úvea, está resumido na Figura 40.10. As artérias ciliares posteriores curtas entram no olho através da esclera próximas ao disco do nervo óptico e suprem a região posterior da corioide. Estes vasos ramificam e gradualmente diminuem de tamanho à medida que se aproximam da borda da retina. A lâmina vascular da corioide pode ser dividida em camadas, com base na mudança no calibre destes vasos; uma camada externa de grandes vasos (camada de Haller), uma camada interna de vasos menores (camada de Sattler) que subsequentemente dão origem à lâmina corióideocapilar (Fig.

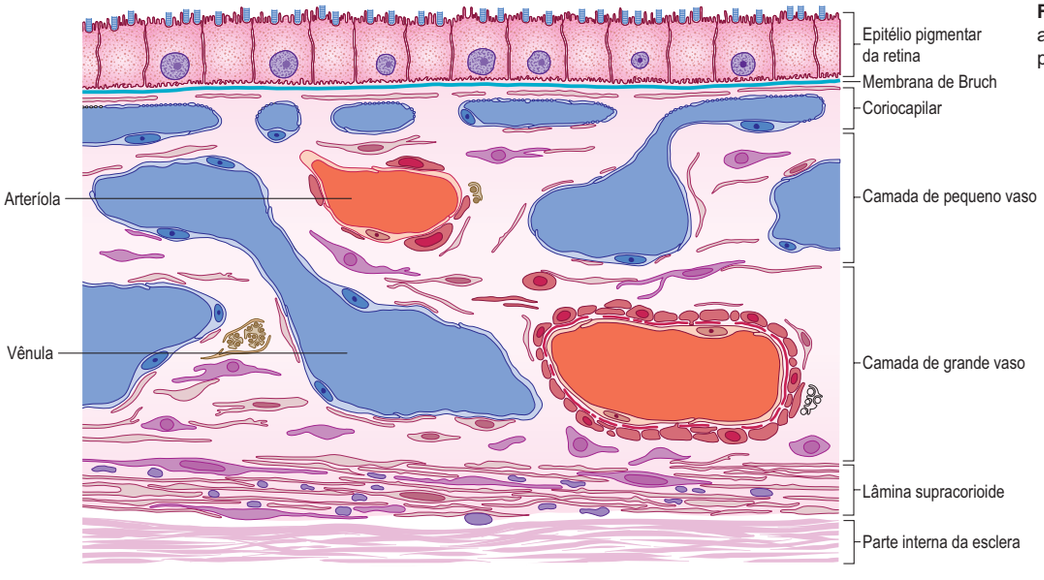


Fig. 40.7 Desenho de um corte histológico através da corioide perto do polo posterior.

40.7). As artérias ciliares posteriores longas e ramos recorrentes das artérias ciliares anteriores suprem a parte anterior da lâmina corióideocapilar .

Veias na corioide convergem em espiral para quatro ou, muito ocasionalmente, mais veias vorticosas principais. Estas perfuram a esclera atrás do equador atingindo tributárias das veias oftálmicas.

Os vasos da corioide têm um rico suprimento vasomotor autônomo.

O fluxo sanguíneo através da corioide é elevado, uma característica provavelmente associada a uma pressão intraocular de 15-20 mm Hg, o que significa que uma pressão venosa acima de 20 mm Hg é necessária para manter a circulação. A taxa de perfusão da corioide excede aquela necessária para fornecer nutrientes e pode servir para esfriar a retina durante a exposição à luz brilhante.

Lâmina corióideocapilar

A lâmina corióideocapilar fornece nutrientes para as cinco camadas externas da retina e é composta por capilares fenestrados grandes (até 20 µm de espessura), densamente concentrados, com anastomose livre. Embora os pericitos ocorram principalmente na superfície da esclera, a maior parte das fenestrações fazem face à retina. A permeabilidade da lâmina corióideocapilar é excepcionalmente elevada mesmo em comparação com outras estruturas recobertas com capilares fenestrados.

Lâmina basilar

A lâmina basilar situa-se entre a lâmina corióideocapilar e o epitélio pigmentar da retina, dos quais é derivada. Ela aparece como uma camada homogênea opaca, de apenas 2-4 µm de diâmetro, sob microscópio óptico. É basicamente constituída por uma malha de fibras elásticas, embora alguns autores incluam camadas internas e externas de colágeno e as lâminas basais da lâmina corióideocapilar e epitélio pigmentar da retina nesta estrutura. Considera-se que sua função esteja relacionada com a passagem de líquido e solutos dos capilares da corioide para a retina. Na idade avançada, depósitos extracelulares podem acumular nesta membrana (drusas), o que dificulta a troca de gases, nutrientes e metabólitos entre o sangue da corioide e as camadas externas da retina, potencialmente contribuindo para doença degenerativa na camada do fotorreceptor da retina neural.

CORPO CILIAR

O corpo ciliar serve para ancorar a lente através de ligamentos suspensores, e pela contração de seu músculo liso muda a potência refrativa da lente (acomodação). Sua superfície interna anterior é também fonte de humor aquoso, enquanto, posteriormente, a sua superfície interna é contígua com o humor vítreo e secreta vários dos seus componentes. As artérias ciliares posteriores longas e anteriores encontram-se no corpo ciliar e os nervos importantes para todos os tecidos anteriores do bulbo do olho passam por ele.

Externamente, o corpo ciliar pode ser representado por uma linha que se estende aproximadamente 1,5 mm posterior ao limbo da córnea (correspondendo também ao esporão da esclera) até uma linha de aproximadamente 7,5-8 mm posterior a esta sobre o lado temporal, e de 6,5 -7 mm de diâmetro no lado nasal. O corpo ciliar é, assim, ligeiramente descentrado. Ele se projeta posteriormente a partir do esporão da esclera, que se encontra em sua inserção, com uma largura meridional que varia de 5,5 a 6,5 mm. Internamente, ele exibe uma periferia fendada ou recortada posteriormente, a ora serrata, onde é contínua com a corioide e retina (Figs. 40.8, 40.9). Anteriormente, é confluente com a periferia da íris, e externamente delimita o ângulo iridocorneal da câmara anterior.

Em corte transversal, o corpo ciliar é composto de quatro camadas (da interna para a externa), ou seja, uma dupla camada de células epiteliais, o estroma, músculo ciliar e uma camada supraciliar (Fig. 40.2).

Meridionalmente, o corpo ciliar pode ser dividido em duas partes (Figs. 40.2, 40.9). Anteriormente, a parte pregueada anterior (coroa ciliar) circunda a base da íris e representa cerca de 1/3 do corpo ciliar. Posteriormente, a parte plana relativamente lisa e fina (orbicular ciliar) situa-se adjacente à ora serrata, e forma um ponto de acesso conveniente para instrumentos durante cirurgia vitreorretiniana e para injeção intraocular. Todo o corpo ciliar é coberto por um epitélio duplo, no qual a camada

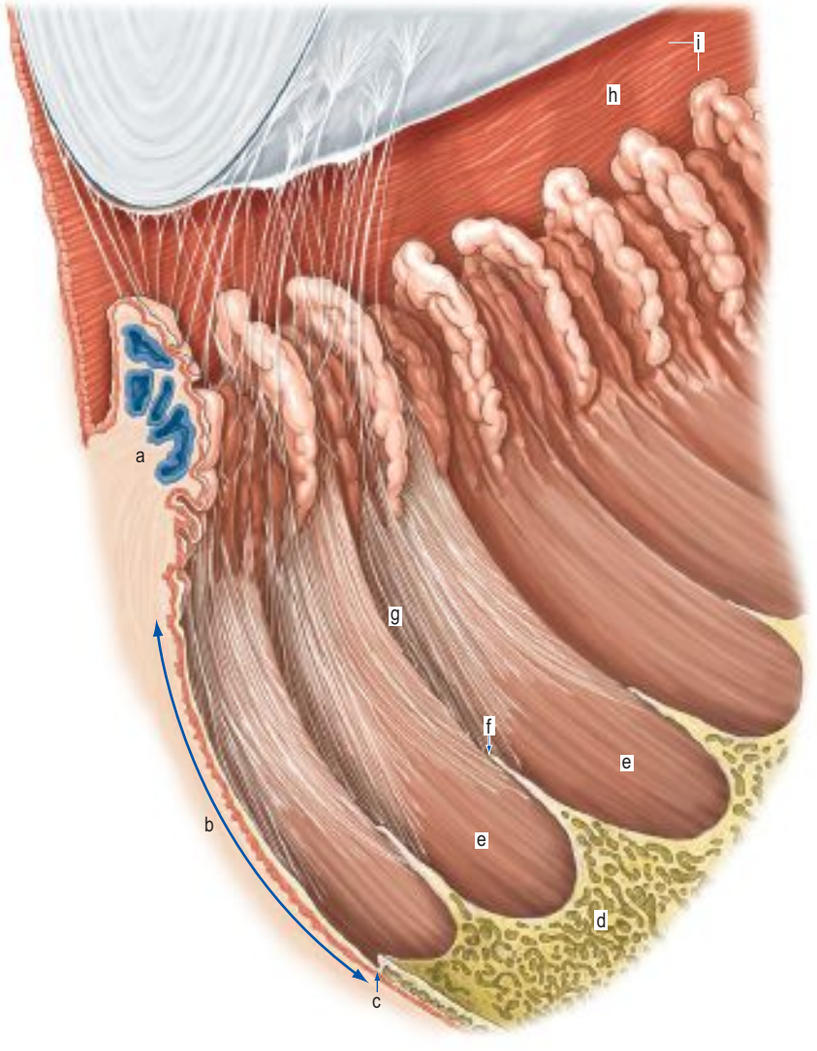


Fig. 40.8 Região ciliar observada a partir do interior ocular. Acima encontra-se a periferia da lente, presa pelas fibras zonulares (ligamento suspensor) aos processos da coroa ciliar do corpo ciliar (a). O orbicular ciliar (b) tem uma fronteira recortada, a ora serrata (c), que a separa da retina (d). Ladeando as "baías" (e) destes estão os processos dentados (f), com os quais as cristas ou estrias lineares (g) são contínuas: as estrias estendem-se para a frente entre os principais processos ciliares, promovendo uma fixação para as fibras zonulares mais longas. A face posterior da íris apresenta sulcos radiais (h) e circunferenciais (i). (Com permissão de Hogan MJ, Alvarado JA, Weddel JE 1971 Histology of the Human Eye. Filadélfia: WB Saunders.)

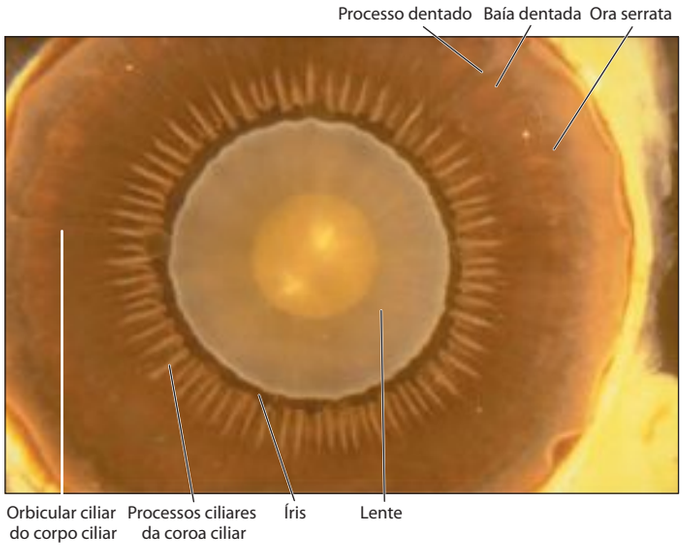


Fig. 40.9 Face posterior da metade anterior do olho mostrando a terminação da retina neural na ora serrata e corpo ciliar. A lente reteve transparência suficiente para revelar a borda da íris: o perímetro fendado da lente é decorrente da tensão imposta pelos ligamentos suspensores anexados (não observado).

interna não é pigmentada, enquanto a camada externa contém melanina. Na ora serrata, o epitélio pigmentar da retina é contínuo com o epitélio pigmentado externo do orbicular ciliar, enquanto a retina neural é substituída por epitélio ciliar interno não pigmentado. Anteriormente, este epitélio duplo continua ao longo da coroa ciliar até se fundir com o epitélio duplo na superfície posterior da íris (onde a camada interna das células também acumula melanina) (pág. 682). A coroa ciliar mais anterior é sulcada meridionalmente por 70-80 processos ciliares que irradiam a partir da base da íris (Figs. 40.2, 40.9). Nos olhos dos jovens, estes processos são estruturas aproximadamente de faces paralelas, mas nos adultos seus flancos se tornam menos regulares e parecem mais espessos. Uma crista menor, ou prega ciliar, situa-se no vale entre a maioria destes processos. As cristas dos processos são menos pigmentadas, dando-lhes a aparência de estrias brancas (ou claras), a partir das quais o nome ciliar é derivado. Fibras zonulares (os ligamentos suspensores da lente) estendem-se para os vales. Eles ultrapassam os processos ciliares fundindo com a lâmina basilar da camada epitelial superficial do orbicular ciliar. Os seus locais de ligação são marcados por estrias que passam de volta a partir dos vales da coroa ciliar, através do orbicular ciliar, quase até nos ápices dos processos dentados da ora serrata (Fig. 40.8).

Epitélio ciliar

O epitélio ciliar é bilaminar, constituído por duas camadas de epitélio simples que são embrionariamente derivadas das duas camadas do cálice óptico. A lâmina superficial é constituída por células colunares sobre o orbicular ciliar, e células cuboidais sobre os processos ciliares da coroa ciliar: torna-se irregular e mais achatado entre os processos. Essas células contêm pouco ou nenhum pigmento. A camada externa do epitélio ciliar, ao contrário, contém células cuboidais que são carregadas com melanina. As duas lâminas são em geral firmemente unidas, mas líquido pode separá-las patologicamente. A camada pigmentar é inserida no estroma do corpo ciliar por sua lâmina basilar, que continua para trás em direção à lâmina basilar da corioide. Como consequência da invaginação do cálice óptico durante o desenvolvimento, uma lâmina basilar cobre a superfície livre da bicamada que é contínua com o estrato limitante interno da retina (pág. 692).

O epitélio ciliar é responsável pela secreção de humor aquoso (pág. 685), enquanto o epitélio pigmentar externo adicionalmente contribui para o "efeito caixa-preta" do olho, como o epitélio pigmentar da retina, pigmento coroidal e epitélio posterior da íris, absorvendo luz espúria para melhorar a qualidade da imagem.

Estroma ciliar

O estroma ciliar é composto em grande parte de feixes frouxos de colágeno, que formam uma massa considerável entre o músculo ciliar e os processos sobrejacentes e estendem-se para os dois. Esta camada interna de tecido conjuntivo contém inúmeros ramos maiores dos vasos ciliares. Um retículo denso de capilares fenestrados grandes (até 35 μm de diâmetro) está concentrado nos processos ciliares. Isto facilita a passagem de substâncias do plasma sanguíneo durante produção de humor aquoso (pág. 685). Anteriormente, perto da periferia da íris, o círculo arterioso maior da íris (Figs. 40.10, 40.14) é formado principalmente pelas artérias ciliares posteriores longas, ramos da artéria oftálmica. Estas entram no olho a alguma distância por trás do equador do bulbo do olho e passam entre a corioide e esclera até o corpo ciliar. As veias ciliares, que também drenam a íris, passam posteriormente juntando-se às veias vorticosas da corioide.

Músculo ciliar

O músculo ciliar é composto de células musculares lisas, sendo que a maioria delas está inserida no esporão da esclera e disposta em três orientações diferentes. As fibras mais externas são meridionais ou longitudinais, e passam posteriormente para o estroma da corioide. As fibras mais internas desviam agudamente desde o esporão da esclera seguindo circunferencialmente como um esfíncter perto da periferia da lente. Obliquamente, seguem fibras radiais de interconexão entre estes dois estratos musculares, frequentemente formando uma treliça (Figs. 40.2, 40.11).

Reflexo de acomodação

Em repouso, objetos distantes são focalizados na retina em um olho emetrópico (pág. 687). A fim de focar objetos mais próximos, a potência dióptrica do olho precisa ser aumentada, o que é conseguido através do aumento da curvatura da lente. Em repouso, a lente fica sob tensão desde as fibras zonulares e, consequentemente, achatada. Na acomodação, o músculo ciliar contrai, movendo o corpo ciliar para a frente e para dentro do eixo óptico. Todas as partes do músculo agem em consonância, e a tensão sobre as fibras zonulares é relaxada. Como a lente é coberta por uma cápsula elástica (pág. 686), quando a tensão sobre ela é liberada, ela assume uma forma mais convexa adequada para focalizar objetos mais próximos. O raio de curvatura da superfície anterior da lente muda mais durante a acomodação.

Informações da retina que passam para o córtex visual não constituem o membro aferente de um reflexo simples no sentido habitual do termo, mas possibilitam que áreas visuais avaliem a claridade dos objetos no campo visual. As informações eferentes corticais passam para a área pré-tetal e daí para o núcleo visceral-N.III (Edinger-Westphal), que contém neurônios parassimpáticos pré-ganglionares cujos axônios trafegam no nervo oculomotor (Fig. 40.12). Os impulsos eferentes passam no nervo oculomotor para a órbita onde sofrem sinapse no gânglio ciliar. As fibras pós-ganglionares (nervos ciliares curtos) inervam o músculo ciliar fazendo com que contraia. Existe também uma escassa inervação simpática do músculo ciliar, que tem uma capacidade muito limitada para relaxar o músculo.

A acomodação é geralmente acompanhada por constrição da pupila provocada pela contração do músculo esfíncter da pupila (pág. 682) e movimentos oculares convergentes causados pela contração dos músculos retos medial, reto superior e reto inferior (todos inervados pelo nervo oculomotor). Esta é a "tríade próxima" que pode ser comprometida em várias doenças.

Camada supraciliar

A fina camada supraciliar separa a esclera do músculo ciliar e é amplamente composta por fibras de colágeno derivadas das duas camadas que ela divide. Também forma uma via alternativa "não convencional" (exceto o seio venoso da esclera) para a drenagem do humor aquoso (pág. 686).

ÍRIS

A íris é um diafragma regulável em torno de um orifício central (ligeiramente medial ao verdadeiro centro), a pupila. Ela se situa entre a córnea e a lente e está imersa em humor aquoso (Fig. 40.1), parcialmente dividindo o segmento anterior em uma câmara anterior, delimitada pela córnea e íris e uma câmara posterior, que se situa entre a íris e a lente anteriormente ao humor vítreo. A eficácia da íris como um obstáculo para a luz se dá principalmente devido a um epitélio duplo posterior densamente pigmentado. A abertura da pupila é regulada pela ação de dois músculos, o dilatador da pupila e o esfíncter da pupila.

Vista de frente, a íris é dividida em uma grande margem ciliar adjacente ao corpo ciliar e uma margem menor, interna, pupilar (Fig. 40.13). As duas regiões juntam-se no colarete. A face anterior da íris frequentemente contém grandes depressões e na margem pupilar o epitélio pigmentado posterior é visível como o colar pupilar (Fig. 40.13).

Em corte transversal, várias subdivisões da íris são evidentes (Fig. 40.14). Da parte anterior para a posterior, são uma lâmina limitante anterior, o estroma da íris (que contém o músculo esfíncter da pupila) e duas lâminas epiteliais pigmentadas, sendo que a mais anterior contém o músculo dilatador da pupila. É mais fina na sua raiz (cerca de 200 μm), onde se insere o corpo ciliar, e mais espessa no colarete.

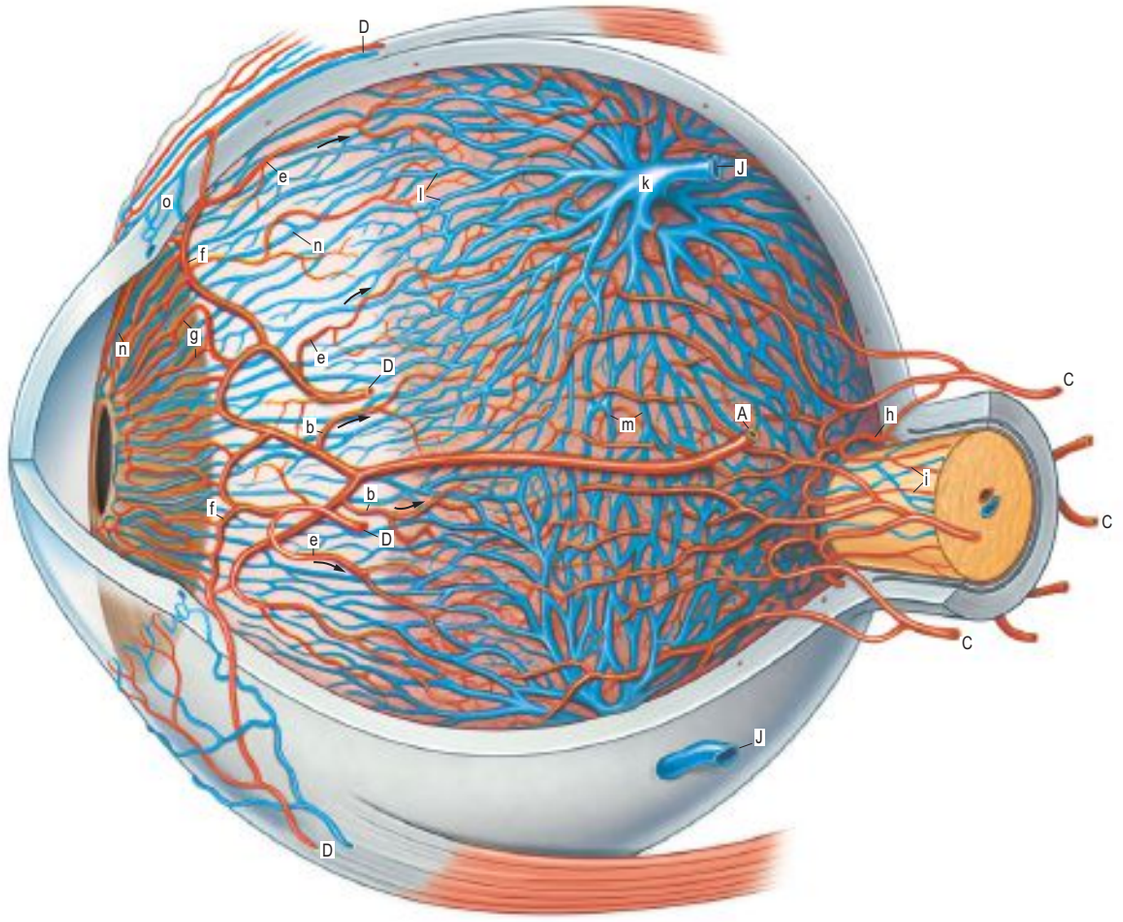


Fig. 40.10 Vascularização do trato uveal. Artérias ciliares posteriores longas, uma das quais é visível (A), ramificam na ora serrata (b) e alimentam os capilares da parte anterior da corioide. Artérias ciliares posteriores curtas (C) dividem-se rapidamente formando a parte posterior do coriocapilar. Artérias ciliares anteriores (D) enviam ramos recorrentes ao coriocapilar (e) e ramos anteriores ao círculo arterioso maior da íris (f). Ramos do círculo estendem-se para a íris (g) e para o limbo da córnea. Ramos das artérias ciliares posteriores curtas (C) formam um círculo anastomótico (de Zinn) (h) ao redor do disco do nervo óptico e ramos pequenos a partir deste (i) juntam-se a uma rede arterial sobre o nervo óptico. As veias vorticosas (J) são formadas pelas junções (k) das tributárias supracoroidais (l). As tributárias menores também são mostradas (m, n). As veias que drenam o seio venoso da esclera (o) juntam-se às veias ciliares anteriores e tributárias vorticosas. (Com permissão de Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE 1971 Histology of the Human Eye. Philadelphia: WB Saunders.)

Lâmina limitante anterior

A face anterior da íris não é um epitélio distinto, mas uma camada modificada do estroma da íris, formada principalmente por um aumento do número de fibroblastos formando uma rede sobre a face anterior com uma camada de melanócitos subjacentes. Na periferia da íris, a lâmina limitante anterior se combina com o tecido conjuntivo do ângulo iridocorneal, e na margem pupilar encontra o epitélio da face posterior da íris.

A cor da íris é um produto do efeito combinado de reflexão/absorção pelo tecido conjuntivo da íris e da concentração de pigmento na camada da borda anterior e, em menor medida, no estroma da íris. A distribuição do pigmento é muitas vezes irregular, o que produz uma aparência manchada. Quando o pigmento é praticamente inexistente, exceto nas camadas epiteliais posteriores (a condição ao nascimento), a cor é azul claro.

Estroma da íris

O estroma da íris é formado por fibroblastos, melanócitos e uma matriz de colágeno frouxo. Os espaços intercelulares parecem comunicar-se livremente com a câmara anterior e a troca de líquidos entre os dois pode auxiliar em mudanças consideráveis na espessura que ocorrem durante a contração e relaxamento da íris. Não há tecido elástico. Algumas "células agrupadas" fortemente pigmentadas podem estar presentes; elas são fagócitos e contêm lisossomos e melanossomos ingeridos. O estroma contém vasos e nervos regionais. Uma agregação de células do músculo liso próximo à margem pupilar forma um músculo esfíncter da pupila contrátil anular (ver adiante).

Camadas epiteliais

A superfície epitelial que cobre a íris é, posteriormente, uma continuação do epitélio bilaminar do corpo ciliar e é formada a partir de duas camadas do cálice óptico. A pupila, através da qual este epitélio se curva por uma curta distância sobre a superfície anterior como colar ou "borda" pigmentar, corresponde à abertura do cálice óptico.

A camada de células epiteliais mais próxima do estroma é, de maneira um pouco confusa, designada epitélio anterior, embora se situe posterior ao estroma. Suas células são pigmentadas, como o são as da mesma camada do epitélio ciliar. Elas dão origem ao músculo dilatador da pupila (ver adiante). Vitreal a este estrato está uma camada de células fortemente pigmentadas, o epitélio posterior, que é contínuo com a camada interna não pigmentada do epitélio ciliar. Sua superfície livre sustenta inúmeras cristas radiais que facilitam a circulação do humor aquoso a partir da câmara posterior até a câmara anterior (pelo fato de a face anterior da lente repousar sobre a íris). As células epiteliais adjacentes estão extensamente ligadas por várias junções que asseguram que a camada pode suportar as excursões da íris durante mudanças no tamanho pupilar (Fig. 40.15).

Músculos da íris

Esfíncter da pupila

O músculo esfíncter da pupila é um anel plano de músculo liso de aproximadamente 750 µm de largura e 150 µm de espessura. Suas células musculares fusiformes densamente concentradas são frequentemente dispostas em feixes pequenos, assim como no músculo ciliar, e passam circunferencialmente ao redor da pupila (Fig. 40.13). O tecido conjuntivo colágeno situa-se na frente e atrás das fibras musculares. É muito denso posteriormente, quando liga o esfíncter à extremidade pupilar do músculo dilatador e é inserido à camada epitelial na margem pupilar. Pequenos axônios, principalmente não mielinizados, ramificam-se no tecido conjuntivo entre os feixes.

Dilatador da pupila

O músculo dilatador da pupila é uma camada fina que se situa imediatamente anterior ao epitélio da face posterior da íris. Suas "fibras" são os processos musculares da camada anterior deste epitélio, cujas células são, portanto, mioepiteliais. Os miofilamentos estão presentes em todas essas

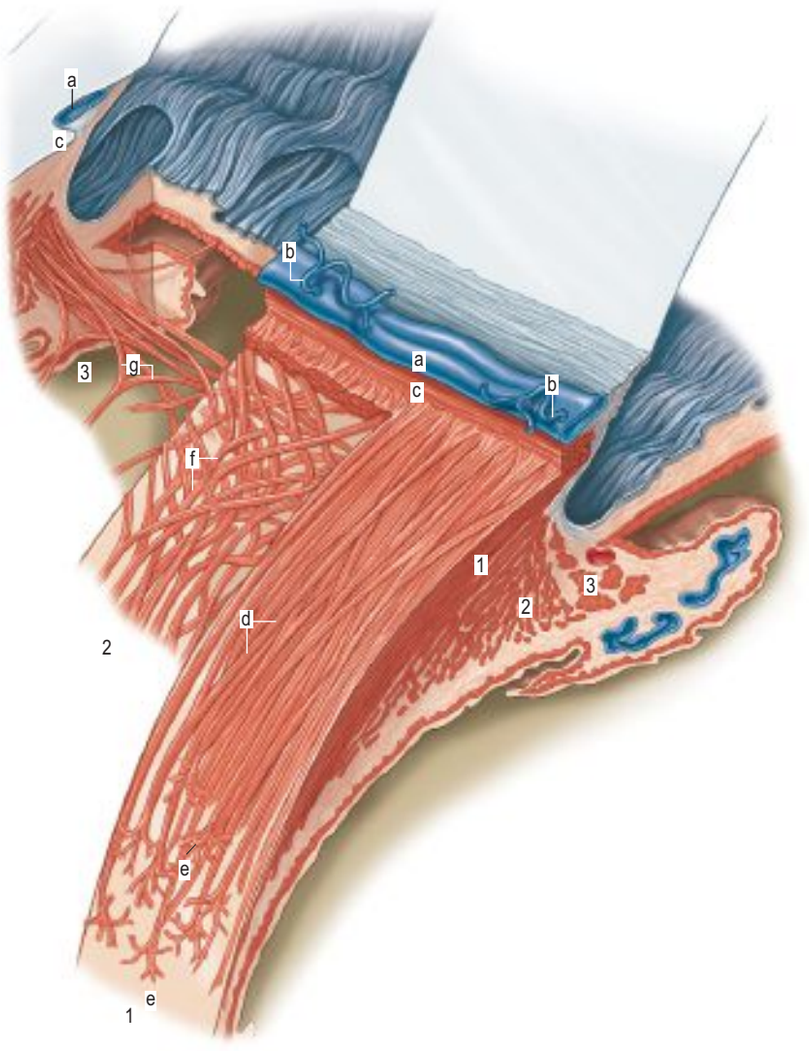


Fig. 40.11 Músculo ciliar e seus componentes. Camadas meridional ou longitudinal (1), radial (2) e circular (3) das fibras musculares são mostradas por remoção sucessiva em direção ao interior ocular. A córnea e a esclera foram removidas, saindo do seio venoso da esclera (a), vênulas coletoras (b) e esporão da esclera (c). As fibras meridionais (1) frequentemente apresentam junções agudamente anguladas (d) e terminam nas estrelas epicoroidais (e). As fibras radiais encontram-se nos ângulos obtusos (f) e junções semelhantes, em ângulos ainda maiores (g), ocorrem no músculo ciliar circular. (Com permissão de Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE 1971 Histology of the Human Eye. Philadelphia: WB Saunders.)

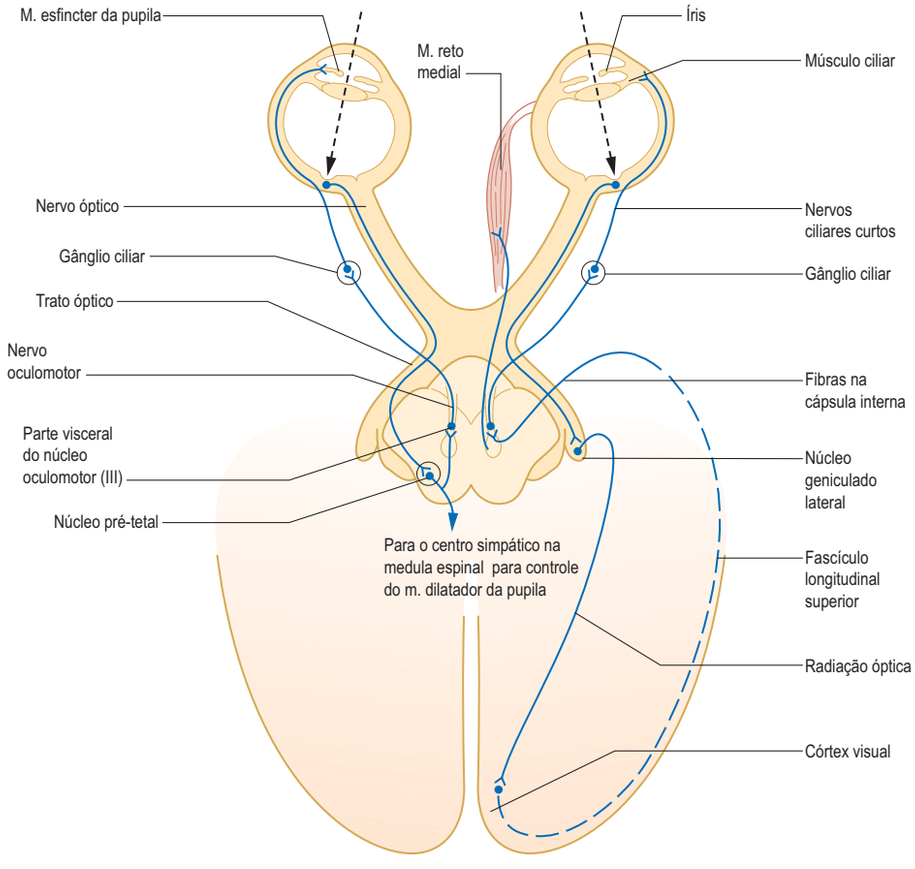


Fig. 40.12 Vias neurais do reflexo pupilar à luz (esquerda) e reflexo de acomodação (direita). (De Oxford Textbook of Functional Anatomy, Vol 3 Head and Neck, MacKinnon P, Morris J (eds) 1990. Com permissão de Oxford University Press.)

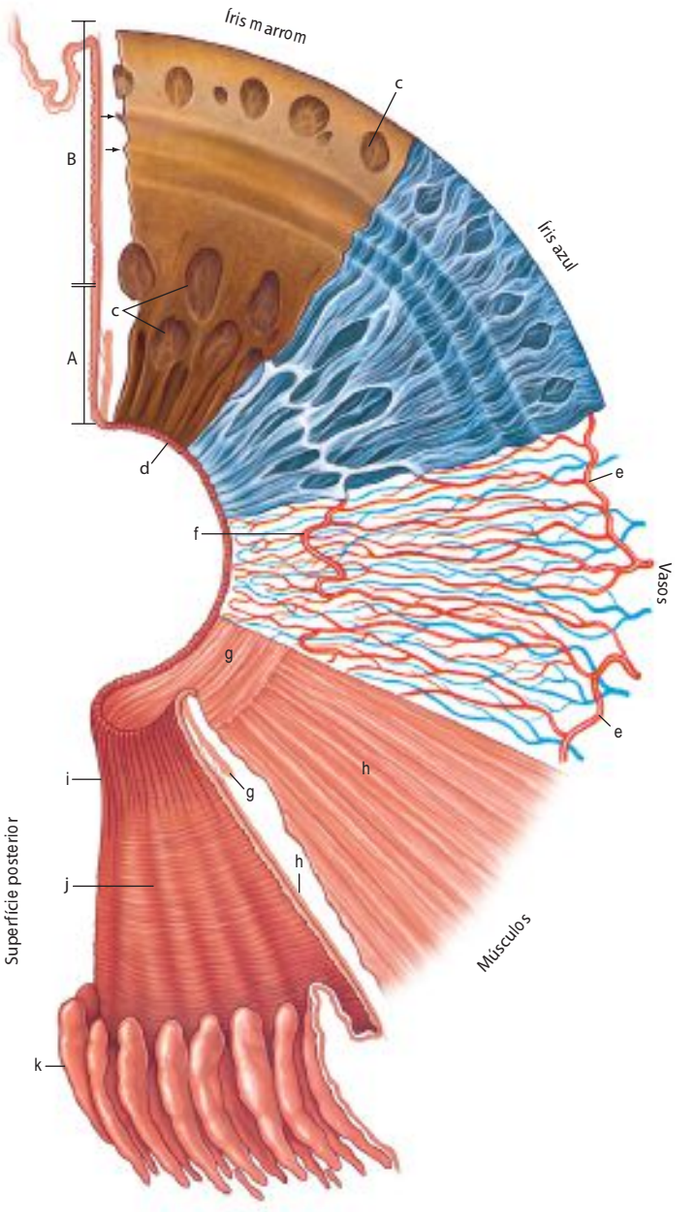


Fig. 40.13 Vista composta das superfícies e estratos internos da íris. No sentido horário a partir de cima, as zonas pupilar (A) e ciliar (B) são mostradas em segmentos sucessivos. O primeiro (íris marrom) mostra a camada da borda anterior e as aberturas das criptas (c). No segundo segmento (íris azul), a camada é muito menos proeminente e as trabéculas do estroma são mais visíveis. O terceiro segmento mostra vasos da íris, incluindo o circulo arterioso maior da íris (e) e o círculo arterioso menor da íris (f). O quarto segmento apresenta o estrato muscular, incluindo o músculo esfíncter (g) e o músculo dilatador (h) da pupila. O "colar pupilar" evertido do epitélio posterior sobre o aspecto da íris (d) aparece em todos os segmentos. O último segmento, dobrado para fins gráficos, ilustra este aspecto da íris, mostrando pregas radiais (i e j) e os processos ciliares adjacentes (k). (Com permissão de Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE 1971 Histology of the Human Eye. Filadélfia: WB Saunders.)

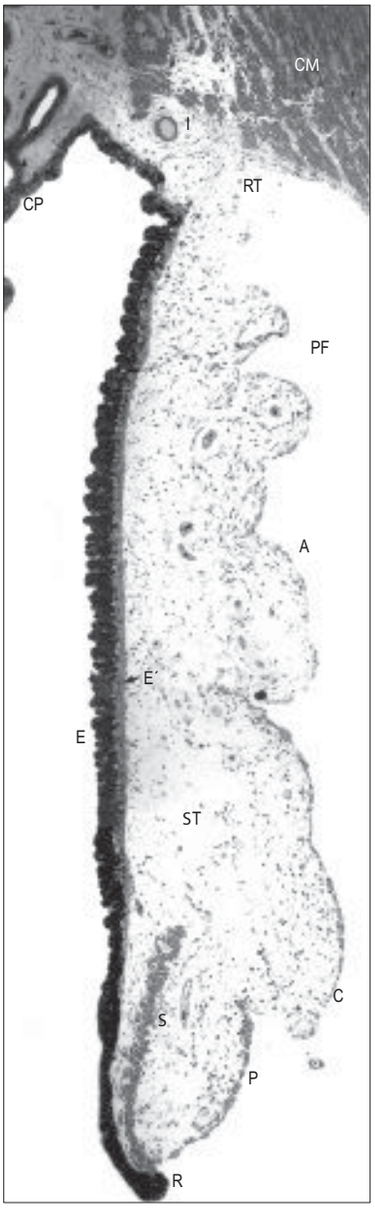


Fig. 40.14 Corte meridional de uma íris. A superfície posterior é forrada com um duplo epitélio (E, E'): a seta aponta para os processos da camada anterior do epitélio formando o músculo dilatador da pupila. ST, estroma. C, colarete. RT, raiz. A, camada da borda anterior. PF, pregas na superfície anterior em direção à raiz. R, colar pupilar. S, músculo esfíncter da pupila. P, região pupilar da íris. A íris está em um estado contraído, como demonstrado pelo epitélio espessado oposto ao músculo dilatador da pupila e adelgaçamento oposto ao músculo esfíncter da pupila, e pela pequenez da zona pupilar. MC, músculo ciliar. PC, processos ciliares. I, círculo maior da íris.

células, mas são mais abundantes em seus processos musculares basais fusiformes, que têm aproximadamente 4 μm de espessura, 7 μm de largura e 60 μm de comprimento. Eles formam uma camada espessa de 3-5 elementos através da maior parte da íris, a partir da sua periferia até o perímetro exterior do esfincter, que ele sobrepõe ligeiramente. Aqui, o músculo dilatador da pupila dilui-se e envia esporas que se juntam ao músculo esfíncter da pupila. Ao contrário das partes apicais das células mioepiteliais, estes têm uma lâmina basilar e são unidos por junções de hiato semelhantes àquelas entre as células musculares esfincterianas. Pequenos axônios não mielinizados passam entre e terminam em seus processos musculares (Fig. 40.15).

Inervação dos músculos da íris

A íris é inervada principalmente pelos nervos ciliares longo e curto. Os nervos ciliares curtos, que contêm axônios mielinizados pós-ganglionares parassimpáticos derivados do gânglio ciliar (Fig. 39.17) inervam o músculo esfíncter da pupila, perdendo sua mielina bem antes de entrar no músculo. O músculo dilatador da pupila é suprido com fibras pós-ganglionares não mielinizadas do gânglio cervical superior; suas vias são menos bem estabelecidas. Algumas vão através do gânglio ciliar e atingem o olho nos nervos ciliares curtos, enquanto outras fibras podem trafegar nos nervos ciliares longos, que são ramos do nervo nasociliar. Tanto o músculo esfíncter da pupila como o músculo dilatador da pupila podem ter um suprimento autônomo duplo. Uma outra pequena fração de terminações nervosas nos músculos esfíncter da pupila e dilatador da pupila foi identificada como sendo parassimpática e simpática, respectivamente, em estudos experimentais com animais, incluindo aqueles em primatas. Embora as células ganglionares tenham sido observadas na íris, a maioria dos axônios é provavelmente pós-ganglionar. Elas formam um plexo em torno da periferia da íris, a partir da qual fibras estendem-se inervando os dois músculos, os vasos e a camada da margem anterior: algumas fibras podem ser aferentes e outras vasomotoras.

Reflexo pupilar à luz

O diâmetro da pupila varia de cerca de 2 mm quando totalmente contraída (miose) na luz brilhante, até pelo menos 8 mm quando dilatada na escuridão (midríase), e possui uma gama ainda mais ampla sob a influência de drogas. A variação resultante na área da pupila (no máximo um fator de 16) irá, obviamente, afetar a quantidade de luz que incide na retina. No entanto, em comparação com a faixa completa de iluminação em que os seres humanos podem manter algum grau de visão (cerca de 10 unidades logarítmicas), este efeito, embora importante, é pequeno. A maioria dos mecanismos de adaptação escuro/claro é neural ou bioquímica. Aumentar a acuidade visual, restringindo a luz para o centro da lente e,

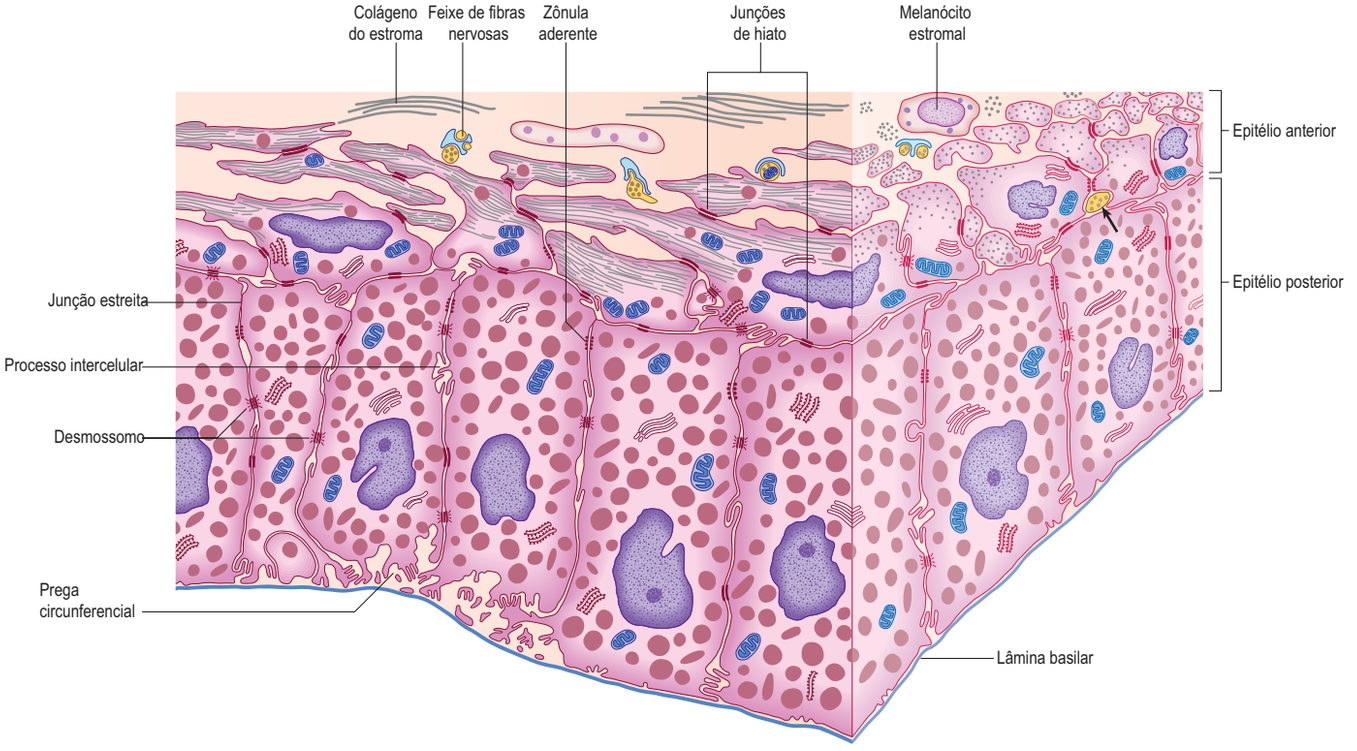


Fig. 40.15 Estruturas posteriores da íris. O músculo dilatador da pupila é mostrado em corte transversal à direita e em corte longitudinal à esquerda (seta mostra terminal nervoso mais profundo e mais raro).

assim, diminuindo a quantidade de aberração esférica, é pelo menos tão importante quanto uma função de constrição pupilar.

Se apenas um olho é iluminado, a pupila daquele olho contrai (resposta direta), bem como a pupila do olho contralateral, não iluminado (resposta consensual). Embora a mudança de diâmetro da pupila seja geralmente considerada uma resposta reflexa a alterações no nível de luz, a pupila também contrai ao visualizar objetos próximos (como parte do reflexo de acomodação) e em resposta a estímulos dolorosos; também pode ser influenciada, até certo ponto, por fatores corticais mais complexos.

Na contração da pupila, a luz que atua tanto nos fotorreceptores tradicionais da retina (bastonetes e cones) como nas células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis, dá origem à atividade nas células ganglionares da retina. Esta atividade é realizada ao longo do nervo óptico, através do quiasma óptico e ao longo do trato óptico. Embora a maioria das fibras do trato termine no núcleo geniculado lateral do tálamo, um pequeno número sai do trato óptico antes que ele atinja o tálamo, no braço superior e sofre sinapse no núcleo olivar pré-tetal. As informações são transmitidas a partir do núcleo pré-tetal por neurônios curtos que sofrem sinapse bilateralmente sobre os neurônios parassimpáticos pré-ganglionares no núcleo visceral – N III (Edinger-Westphal) (no complexo do nervo oculomotor na região rostral do mesencéfalo). Impulsos eferentes passam ao longo de fibras parassimpáticas transportadas pelo nervo oculomotor até a órbita, onde sofrem sinapse no gânglio ciliar. Fibras pós-ganglionares trafegam nos nervos ciliares curtos até o músculo esfíncter da pupila, que reduz o tamanho da pupila quando contrai (Fig. 40.12).

A dilatação da pupila é provocada pela diminuição do impulso parassimpático até o músculo esfíncter da pupila (ver anteriormente) e pela ativação simpática do músculo dilatador da pupila. As fibras pré-ganglionares simpáticas surgem a partir de neurônios na coluna lateral do primeiro e segundo segmentos torácicos, e passam através do tronco simpático para o gânglio cervical superior. Os neurônios pós-ganglionares trafegam até o pescoço próximos à artéria carótida interna como nervo carótico interno; no nível do seio cavernoso o nervo separa-se formando uma rede de fibras entrelaçadas, o plexo carótico, ao redor da artéria carótida. Alguns dos axônios do plexo formam a raiz simpática do gânglio ciliar, passando pelo gânglio ciliar sem sofrer sinapse e, principalmente, trafegando nos nervos ciliares curtos, inervando o músculo dilatador da pupila.

Suprimento vascular da íris

A íris recebe o seu suprimento sanguíneo das artérias ciliares posterior e anterior (Fig. 40.10). Ao chegar à margem fixada da íris, ambas as artérias ciliares posteriores longas dividem-se em um ramo superior e um inferior. Os ramos anastomosam com as artérias contralaterais correspondentes e com as artérias ciliares anteriores, formando o círculo arterioso maior da íris (Figs. 40.10, 40.13, 40.14). Os vasos convergem a partir deste círculo até a margem livre da íris, onde anastomosam formando um círculo arterioso menor: há um ponto de vista de que estes vasos são venosos. As artérias e as veias menores são muito semelhantes em sua estrutura e frequentemente são ligeiramente helicoidais, o que possibilita a elas adaptarem-se às mudanças na forma da íris à medida que a pupila varia de tamanho. Todos estes vasos, incluindo os capilares, têm um endotélio não fenestrado e uma lâmina basilar proeminente, frequentemente espessa. Não há lâmina elástica nas artérias ou veias, e há poucas células de músculo liso, especialmente nas veias. O tecido conjuntivo na túnica média é solto, enquanto a adventícia é extremamente densa e cheia de colágeno, de forma que ela parece formar quase um tubo separado.

LENTE E HUMORES

A córnea, o humor aquoso, a lente e o corpo vítreo, com frequência coletivamente denominados meio ocular, servem para formar uma imagem na retina, através da transmissão e refração da luz. Além disso, o humor aquoso fornece nutrientes para a córnea avascular e a lente e elimina os seus resíduos metabólicos, bem como gera a pressão intraocular que mantém a forma do olho.

HUMOR AQUOSO

O humor aquoso é derivado do plasma no interior dos capilares fenestrados dos processos ciliares. O principal componente do humor aquoso, como do plasma, é a água, e a composição dos dois líquidos é muito semelhante, embora eles apresentem diferença na concentração de alguns eletrólitos e solutos orgânicos. Visando à clareza óptica, a barreira hemato-aquosa também assegura uma concentração muito baixa de proteína no humor aquoso (geralmente menos de 1% do nível no plasma). A inflamação da região anterior da úvea pode levar a uma ruptura desta barreira e à presença de proteína no humor aquoso, resultando em dispersão leve que se manifesta clinicamente como "vermelhidão".

O humor aquoso é ativamente secretado na câmara posterior pelo epitélio sobrejacente aos processos ciliares. Ele passa ao redor do equador da lente e flui através da pupila para a câmara anterior, onde circula como resultado de correntes de convecção derivadas de diferenças de temperatura entre a córnea e a íris. A maior parte do humor aquoso é drenada do olho através do retículo trabecular para o seio venoso da esclera de onde drena para as veias episclerais. No entanto, parte dele sai através do músculo ciliar em direção aos espaços supraciliares e supracoroidais (via uveoescleral).

Qualquer interferência na drenagem do humor aquoso para o seio venoso da esclera aumenta a pressão intraocular e leva ao glaucoma. O

glaucoma é "primário" ou secundário a uma doença ou anomalia do olho específica. O glaucoma primário pode ser tanto de "ângulo fechado", onde o ângulo de filtração é estreitado pela proximidade da raiz da íris com a córnea, ou, mais comumente, de ângulo "aberto", onde o acesso do humor aquoso aos tecidos do ângulo é desimpedido. Na forma mais comum de glaucoma primário de ângulo aberto, as alterações patológicas no retículo trabecular reduzem a facilidade de drenagem do humor aquoso, elevando assim a pressão intraocular. A pressão elevada sustentada leva a defeitos progressivos no campo visual, quer devido a danos mecânicos diretos aos axônios de células ganglionares da retina (especialmente na parte intraocular do nervo óptico), quer devido a comprometimento do suprimento sanguíneo da parte intraocular do nervo óptico, ou ambos.

LENTE

A lente é um corpo transparente, encapsulado, biconvexo, banhado no humor aquoso, que serve para ajustar o foco do olho. Posteriormente, ela entra em contato com a fossa hialóidea do corpo vítreo. Anteriormente, forma um anel de contato com a margem posterior da íris mas, mais longe do eixo da lente, o espaço entre os dois aumenta formando a câmara posterior do olho (Figs. 40.1, 40.16). A lente é circundada pelo processo ciliar e é inserida neles pelas fibras zonulares que saem principalmente do orbicular ciliar do corpo ciliar. Coletivamente, as fibras formam a zônula ciliar que detém a lente no local e transmite as forças que esticam a lente.

A convexidade anterior da lente é menos acentuada do que a superfície posterior. Os pontos centrais dessas superfícies são os polos anterior e posterior da lente e uma linha de ligação entre eles é o seu eixo. A circunferência marginal da lente está em seu equador.

Ao nascimento, a lente é incolor e transmite bem todos os comprimentos de onda, do infravermelho ao UV próximo. No entanto, ao longo da vida, a quantidade de radiação de onda curta transmitida diminui até que, na velhice, a lente adquire uma coloração âmbar, uma vez que absorve radiação visível de ondas curtas, diminuindo a sensibilidade ao azul em pessoas idosas. Na catarata, a lente torna-se gradualmente opaca.

As dimensões da lente são óptica e clinicamente importantes, mas mudam com a idade, como consequência do crescimento contínuo. Seu diâmetro equatorial ao nascimento é de 6,5 mm, primeiramente aumentando rapidamente e, em seguida, mais lentamente para 9,0 mm aos 15 anos de idade, e ainda mais gradualmente, atingindo 9,5 milímetros na nona década. A sua dimensão axial aumenta de 3,5-4,0 mm ao nascimento para 4,75-5,0 mm aos 95 anos de idade. Os raios médios, no adulto, das faces anterior e posterior são de 10 mm e 6 mm, respectivamente. Estes raios diminuem ao longo da vida, sendo que a face anterior aumenta mais em curvatura à medida que a lente espessa-se, de maneira que na velhice a lente empurra a íris ligeiramente para a frente.

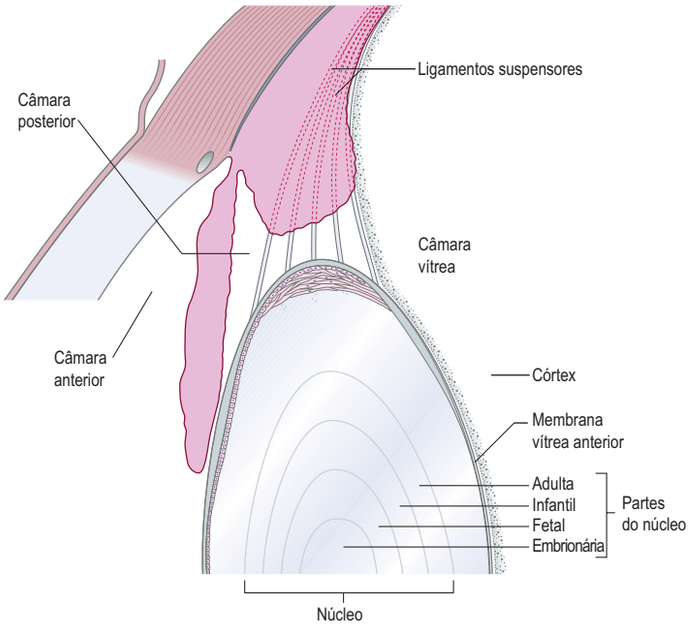


Fig. 40.16 Corte sagital através de parte da lente e estruturas conexas. O córtex é distinguido do núcleo, que é composto por partes embrionárias, fetais, infantis e adultas. A cápsula é desenhada em azul, exagerada na espessura 100 vezes e é baseada em observações de um indivíduo de 35 anos de idade.

A lente consiste em três camadas (Fig. 40.17). A maior parte da lente é composta por células alongadas conhecidas como fibras da lente. A face anterior, até o equador, é coberta por uma camada de células epiteliais e toda ela é circundada pela cápsula da lente. A lente é avascular e desprovida de fibras nervosas ou outras estruturas que possam afetar a sua transparência. Sua superfície constitui uma barreira muito eficaz contra a invasão por células ou elementos do sistema imunológico e, por isso, cria um ambiente imunologicamente isolado. É exclusiva porque mantém todas as células formadas ao longo de sua vida.

Cápsula da lente

A cápsula da lente é uma membrana basal que cobre a superfície da lente. É constituída por várias classes de fibras de colágeno (I, III e IV), bem como uma gama de glicosaminoglicanos e glicoproteínas. É derivada das células epiteliais da lente anterior e seus precursores fetais e encontra-se firmemente anexada ao epitélio anteriormente e às fibras da lente posteriormente. A cápsula é elástica, uma propriedade decorrente da disposição do seu colágeno, e que é essencial para o processo de acomodação. A espessura da cápsula varia com a posição e a idade. Um ponto de vista é de que ela é mais espessa no polo anterior e equador do que no polo posterior, com uma banda de aumento de espessura entre o polo e o equador (Fig. 40.16). As fibras zonulares inserem-se na cápsula no equador. Elas são compostas de fibrilas finas (4-7 nm) com centros ocos e lembram fibrilas associadas a tecido conjuntivo elástico.

Epitélio da lente

A face anterior da lente entre a cápsula e as fibras da lente subjacentes é coberta por uma camada de células epiteliais simples, quase cuboidais (10 µm de altura e 13 µm de largura) que, em vista superficial, são poligonais (Fig. 40.17). Estas células se diferenciam em fibras da lente: elas sofrem mitose em uma zona germinativa imediatamente anterior ao equador e são deslocadas para o equador, onde sintetizam proteínas da fibra da lente típicas e sofrem alongamento extremo. À medida que outras células advêm, as células anteriores ocupam uma posição mais profunda no interior da lente.

Fibras da lente

As células epiteliais interiormente deslocadas alongam ainda mais em uma direção anterior e posterior, tornando-se de até 12 mm de comprimento, dependendo da idade e posição na lente. Fibras próximas à superfície no equador são nucleadas; os núcleos formam um arco curto em forma de S que se estende para dentro a partir da superfície. As fibras mais profundas perdem seus núcleos e a maioria das outras organelas.

As variações na estrutura e composição de fibras da lente tornam possível distinguir uma zona cortical mais suave, que representa fibras mais jovens e uma parte central mais firme, que representa o núcleo mais velho (Fig. 40.16). O núcleo pode ainda ser subdividido em camadas que representam a idade na qual as fibras no interior delas foram formadas.

Em corte transversal, fibras isoladas são hexágonos achatados que medem aproximadamente 10 µm por 2 µm (Fig. 40.17). Elas são firme-

Fig. 40.17 Corte através das camadas anteriores da lente. A cápsula fina cobre a única fileira de células epiteliais e a substância da lente é composta de fibras mais jovens regularmente sobrepostas e fibras mais profundas mais densamente coradas e complexas.

mente concentradas e as fibras estão firmemente fixadas em seus vizinhos por uma variedade de junções mecânicas (Fig. 40.18). As fibras da lente também estão em contato através dos desmossomos e inúmeras junções de hiato.

Todas as fibras da lente atravessam o equador (ou o plano que passa através dele) e terminam tanto na face anterior como posterior da lente nas "suturas" da lente. Estas irradiam para fora, a partir dos polos, em direção ao equador e representam linhas de junções de entrelaçamento linearmente registradas entre as fibras terminais da lente. Nos fetos, as suturas sobre a face anterior da lente formam um padrão trirradiado centrado no polo anterior que é semelhante aos membros da letra Y na posição vertical (Fig. 40.19A). Posteriormente, a configuração sutural é semelhante, mas invertida. As suturas aumentam em número e complexidade, como consequência do crescimento da lente e outras alterações no arranjo das fibras da lente (Fig. 40.19B). As fibras que começam perto do eixo central da lente anteriormente terminam posteriormente em uma sutura próxima da periferia, e vice-versa.

As fibras da lente contêm cristalinas, proteínas que são responsáveis pela transparência e propriedades refringentes, e por grande parte da elasticidade, da lente. Pelo menos três variedades coexistem, α, β e γ, sendo que suas proporções relativas mudam ao longo da vida. Elas ocorrem em concentrações muito elevadas e formam até 60% da massa de fibra da lente. Variações na sua concentração em diferentes partes da lente dão origem a diferenças regionais no índice de refração, que corrigem as aberrações esféricas e cromáticas que possam de outra maneira ocorrer em uma lente homogênea.

Refração ocular

A córnea e os humores têm um índice de refração próximo do da água, mas o filme lacrimal que cobre a superfície da córnea curvada está em contato com o ar e, portanto, aproximadamente 2/3 (cerca de 40 dioptrias) do poder de refração do olho são ativados aqui. A lente tem um maior índice refrativo do que o meio adjacente, variando de 1,386 na sua periferia a 1,406 em seu centro, e o restante contribui com aproximadamente 20 dioptrias da potência do olho relaxado. O principal valor da lente é a sua capacidade de variar o seu poder dióptrico durante o processo de acomodação. A acomodação possibilita um aumento de refração de 12 dioptrias na juventude, mas esta diminui com a idade, sendo reduzida para metade em 40 anos e reduzido para 1 dioptria ou menos aos 60 anos (presbiopia).

Distúrbios de refração

Um olho relaxado é considerado emetrópico quando as estruturas refrativas estão tão relacionadas com seu comprimento, que a retina recebe uma imagem focalizada de um objeto distante. Embora a maioria dos olhos seja emetrópica, uma grande minoria tem erros de refração ou ametropia que podem assumir três formas diferentes. Na miopia, o olho é demasiado longo para seu poder refrativo, e objetos distantes são focados na frente da retina quando relaxados: objetos mais próximos estarão em foco e, consequentemente, o olho é considerado "míope". Em contrapartida, na hipermetropia o olho é demasiado curto para o seu poder de refração e, quando relaxado, objetos distantes são focados atrás da retina. No astigmatismo, o poder de refração do olho não é o mesmo em diferentes meridianos, que têm uma distância de 90 graus no astigmatismo regular. Existe um fator hereditário na ametropia, e há uma ampla aceitação de uma relação entre a miopia e a necessidade de se aproximar os trabalhos dos olhos em jovens. Esses erros de refração são suscetíveis a correção com utilização de óculos ou lentes de contato e por meio de várias formas de cirurgia refrativa.

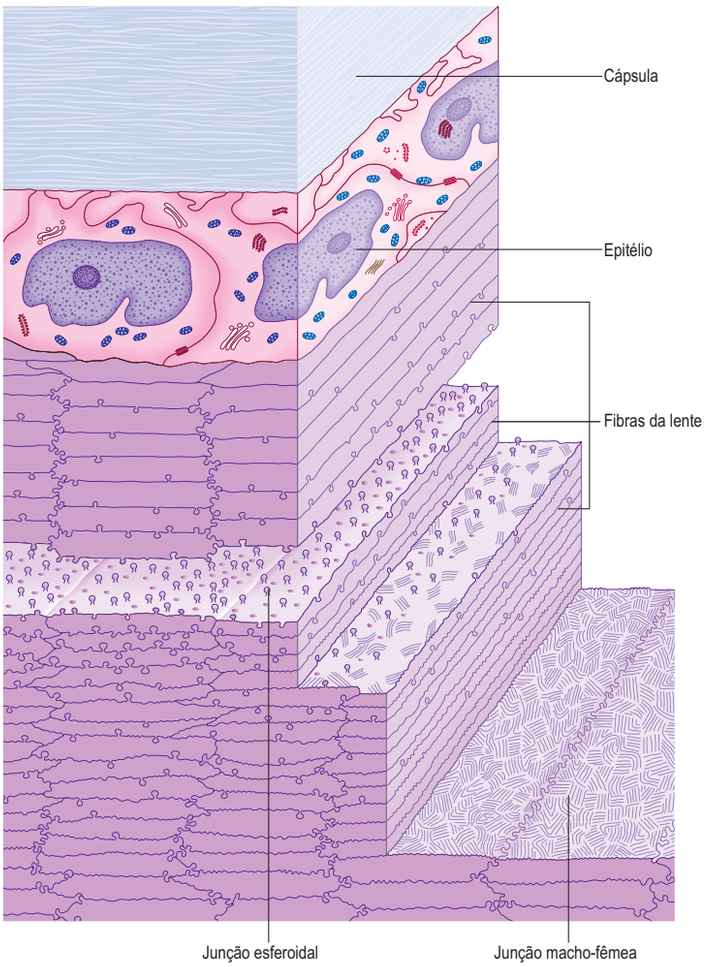


Fig. 40.18 Junções mecânicas entre as fibras da lente. Não existem junções imediatamente abaixo do epitélio. As junções esferoidais desenvolvem-se em camadas mais profundas: são posteriormente eliminadas para o núcleo, onde junções macho-fêmea aprofundam-se gradualmente. As articulações angulares estão presentes na maioria dos níveis.

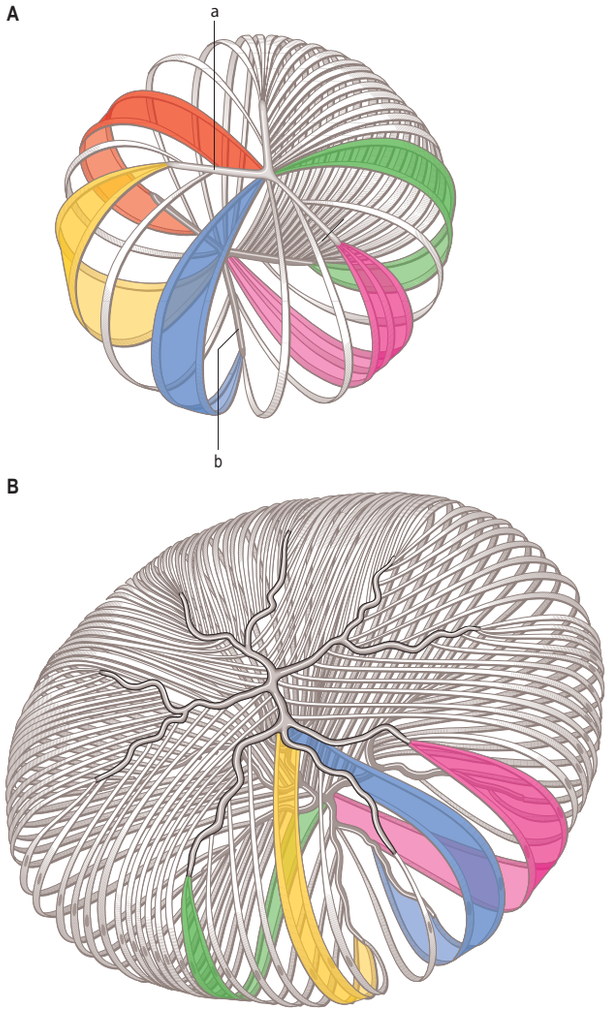


Fig. 40.19 Estrutura da lente humana fetal (**A**) e do adulto (**B**), mostrando os principais detalhes de disposição das fibras da lente. As suturas trirradiadas anterior (a) e posterior (b) são mostradas na lente fetal. As fibras passam do ápice de um braço de uma sutura para o ângulo entre dois braços no polo oposto, como mostrado nos segmentos coloridos. Fibras intermediárias mostram o mesmo comportamento recíproco. O padrão de sutura torna-se muito mais complexo à medida que estratos sucessivos são adicionados ao exterior da lente em crescimento, e os braços originais de cada sutura trirradiada mostram ramificações dicotômicas secundárias e terciárias. (Com permissão de Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE 1971 Histology of the Human Eye. Philadelphia: WB Saunders.)

Tal como referido, a capacidade de alterar a potência da lente através de acomodação diminui durante a quinta década, de tal forma que nem a ametropia corrigida nem a emetropia são capazes de focar objetos próximos de maneira clara, e surge a necessidade de óculos para leitura. Isso é compensado de forma muito limitada pela redução da abertura da pupila com a idade, o que aumenta a profundidade do foco, mas ao custo de criar outro problema de necessidade de maior iluminação.

Outros erros de refração são os concomitantes de doença ocular, especialmente aqueles que acometem a córnea. A curvatura da córnea, por exemplo, pode ser suficientemente alterada como um defeito residual de doença pregressa que provoca astigmatismo irregular. No ceratocone, a córnea é afinada e íngreme centralmente, distorcendo a superfície de refração, e uma lente luxada, causada, por exemplo, por síndrome de Marfan, também perturba o estado refrativo do olho.

HUMOR VÍTREO

O corpo vítreo ocupa cerca de quatro quintos do bulbo do olho. Posteriormente, está em contato com a retina, enquanto ainda mais adiante faz fronteira com o corpo ciliar, zônula e lente. Sua superfície anterior é escavada em uma concavidade profunda, a fossa hialoide, ajuste da forma da lente (Fig. 40.1). É incolor, constituído por aproximadamente 99% de água, mas não é inteiramente desestruturado. No seu perímetro, tem uma consistência semelhante a um gel (100-300 μm de espessura); mais próximo do centro, contém uma zona mais líquida. O hialurano, na forma de cadeias longas de glicosaminoglicano, preenche todo o humor vítreo. Além disso, o gel periférico ou córtex contém uma rede aleatória frouxa de fibrilas de colágeno tipo II, que são por vezes agrupadas em fibras. O córtex também contém células dispersas, os hialócitos, que possuem as características dos fagócitos mononucleares e podem contribuir para a produção de hialuronano. Enquanto estão normalmente em um estado de repouso, eles têm a capacidade de ser ativamente fagocitários em distúrbios inflamatórios. Os hialócitos não estão presentes no córtex que delimita a lente.

O líquido vítreo está ausente ao nascimento, aparece primeiro aos 4 ou 5 anos, e aumenta ocupando metade do espaço vítreo por volta da sétima década de vida. O córtex é mais denso no orbículo ciliar do corpo ciliar adjacente à ora serrata, onde a inserção é a mais forte e esta é muitas vezes referida como a base do corpo vítreo. Aqui o corpo vítreo é espessado em uma massa de fibras radiais (zonulares) que formam o ligamento suspensor da lente. Além da base vítrea, o corpo vítreo também tem uma inserção firme (peripapilar) na extremidade do disco do nervo óptico. Esta aderência do vítreo à retina pode resultar em tração caso o corpo vítreo encolha, como ocorre na terceira idade, resultando em orifícios maculares ou pausas periféricas, possivelmente levando ao descolamento da retina.

Um canal hialoide estreito vai da parte intraocular do nervo óptico até a superfície posterior central da lente (Fig. 40.1). No feto, este contém a artéria hialoide que normalmente desaparece cerca de 6 semanas antes do nascimento. O canal persiste na vida adulta, como uma estrutura fibrosa muito delicada e não é de importância funcional.

RETINA

A retina é uma lâmina fina de células, que varia de menos de 100 μm em sua extremidade até um máximo de cerca de 300 μm na borda da fóvea central. Ela reveste a face posterior interna do bulbo do olho, prensada entre a corioide externamente e o corpo vítreo, internamente, e termina anteriormente à ora serrata (Fig. 40.1).

Quando observada com um oftalmoscópio para mostrar o fundo de olho, a característica mais proeminente são os vasos sanguíneos provenientes do disco do nervo óptico e que nele penetram (Fig. 40.20). Centralizada temporal e inferior ao disco, situa-se na "retina central" ou mácula lútea (diâmetro aproximado de 5-6 mm), sendo que seu meio é composto da fóvea central e da fovéola, e facilmente identificada com um oftalmoscópio como uma área avascular com uma coloração amarela (Fig. 40.20). A ausência de vasos sanguíneos na fovéola é ainda mais evidente em uma angiografia com fluoresceína (Fig. 40.21). A retina periférica fica fora do centro da retina.

Fig. 40.20 Fotografia de fundo do olho direito de um homem caucasiano de 26 anos de idade. Os vasos centrais da retina são observados emanando do disco do nervo óptico. As artérias da retina têm cores mais claras e são mais estreitas do que as veias. O centro avascularizado da região macular pode ser observado temporal ao disco. A miopia de 6,25D do indivíduo é compatível com a atrofia peripapilar temporal à parte intraocular do nervo óptico e com a visibilidade dos vasos da corioide.

MICROESTRUTURA

A retina é composta de uma variedade de tipos de células epiteliais, neurais e gliais cuja distribuição convencionalmente divide-a em 10 camadas (Fig. 40.22). Estas são normalmente aparentes em cortes histológicos convencionais (Fig. 40.23), mas também podem ser observadas *in vivo* utilizando técnicas como a tomografia de coerência óptica, que usa luz de difusão retrógrada para visualizar camadas pelas diferenças em suas propriedades ópticas de dispersão (Fig. 40.24). Embriologicamente, a retina é proveniente das duas camadas da vesícula óptica invaginada. A camada externa torna-se uma camada de células pigmentadas cuboidais que separa a lâmina coroidal vítrea da retina neural e, portanto, forma a camada mais externa da retina, o epitélio pigmentar da retina (EPR – camada 1). Os outros nove estratos da retina desenvolvem-se a partir da camada interna da vesícula óptica e formam a retina neural.

A camada mais externa da retina neural contém partes sensíveis à luz dos fotorreceptores, que convertem a imagem óptica em atividade neural. Dos fotorreceptores, a atividade neural flui radialmente para células bipolares e ganglionares, e lateralmente através de células horizontais no exterior da retina e células amácrinas no interior da retina. Fotorreceptores entram sinapticamente em contato uns com os outros e com células bipolares e horizontais no estrato plexiforme externo (EPE – camada 5), enquanto as células bipolares, amácrinas e ganglionares sofrem sinapse no estrato plexiforme interno (EPI – camada 7). Os axônios das células ganglionares seguem em direção ao disco do nervo óptico no estrato das neurofibras (EN – camada 9), onde saem da retina como nervo óptico, que transmite o impulso da retina para as áreas visuais do cérebro onde o processamento visual é concluído. Embora a maior parte da atividade neural flua a partir de fotorreceptores em direção ao cérebro, parte do fluxo de informações ocorre na direção oposta através de fibras centrípetas do nervo óptico e células interplexiformes da retina que ligam as camadas plexiformes interna e externa.

A aparência clássica de dez camadas da retina está ausente na parte intraocular do nervo óptico, fóvea central e fovéola, bem como na ora serrata. Na parte intra-ocular do nervo óptico, os axônios das células ganglionares da retina deixam a retina formando o nervo óptico e todos os outros tipos de células neurais da retina estão ausentes. Na fóvea central e na fovéola, as cinco camadas internas da retina são "afastadas". Na ora serrata, onde a retina delimita o corpo ciliar (Fig. 40.9), o epitélio pigmentar da retina funde-se com o epitélio pigmentado externo do corpo ciliar, enquanto a retina neural delimita o epitélio ciliar não pigmentado interno: a retina é mais fina neste ponto. A disposição em camadas normal da retina neural que se aproxima da ora serrata é frequentemente interrompida por cistos em indivíduos mais velhos (Fig. 40.25).

Células da retina

Epitélio pigmentar da retina

O epitélio pigmentar da retina, EPR, é composto de células aproximadamente cuboidais que formam uma única camada contínua que se estende desde a periferia do disco do nervo óptico até a ora serrata, onde ele continua como epitélio ciliar externo. As células são planas em corte radial e hexagonais ou pentagonais se observadas na superfície, e são em número de 4-6 milhões na retina humana. O seu citoplasma contém inúmeros

melanossomos. Apicalmente (em direção aos bastonetes e cones), as células sustentam microvilosidades longas (5-7 μm) que entram em contato com os segmentos externos dos bastonetes e cones ou se projetam entre eles. As pontas dos segmentos externos dos bastonetes estão profundamente inseridas em invaginações na membrana apical do EPR. As diferentes origens embriológicas do EPR e retina neural significam que as inserções entre estas duas camadas não são suportadas por complexos juncionais; a retina neural e o EPR são, portanto, facilmente divididos na condição clínica do descolamento da retina decorrente de traumatismo ou doença.

As células do EPR desempenham um papel importante no *turnover* de componentes fotorreceptivos dos bastonetes e cones. Seu citoplasma contém pontas fagocitadas de bastonetes e cones que são submetidos a destruição lisossômica. Os produtos finais deste processo são grânulos de lipofuscina, que se acumulam nestas células com a idade.

A luz que chega à retina externa, mas que não tem fotorreceptores, é absorvida pelo EPR que, assim como a melanina em outras partes do olho, impede que esta luz espúria degrade a qualidade da imagem. A zona de junções estreitas entre as células adjacentes também possibilita ao epitélio funcionar como uma importante barreira hematorretiniana entre a retina e o sistema vascular da corioide. O EPR é necessário para a regeneração do pigmento visual branqueado e pode ter propriedades antioxidantes. Também secreta uma variedade de fatores de crescimento necessários para a integridade do endotélio coriocapilar e fotorreceptores, e produz uma série de fatores imunossupressores. Uma falha de qualquer uma das diversas funções do EPR pode resultar em comprometimento da função da retina e eventual cegueira (Strauss, 2005).

Fig. 40.21 Angiografia com fluoresceínica mostrando a região macular do olho direito. Os principais vasos maculares estão se aproximando a partir da direita. O indivíduo era uma pessoa idosa com considerável pigmentação macular, o que mascara a fluorescência da circulação da corioide.

Bastonetes e cones

Os bastonetes e cones são os fotorreceptores "formadores de imagem" da retina externa e funcionam em níveis de luz baixos (escotópicos) e mais altos (fotópicos), respectivamente. Ambos são estruturas longas, radialmente orientadas, com uma organização semelhante, embora os detalhes sejam diferentes (Fig. 40.26). A partir da extremidade coroidal para dentro, as células consistem em segmentos externos e internos ligados por um cílio de conexão fino (juntos perfazendo a camada 2 da retina), um corpo celular que contém o núcleo e um terminal sináptico (seja um pedículo mais complexo para cones ou uma esférula de bastonete mais simples), onde fazem conexões sinápticas com células bipolares adjacentes e horizontais e com outro cone ou células do bastonete dentro da EPE.

Os núcleos dos bastonetes e cones formam a camada externa nuclear (CEN – camada 4). Os núcleos do cone são relativamente grandes, ovais e geralmente formam uma única camada que frequentemente penetra na membrana externa limitante (ELE – camada 3). Eles também contêm menos heterocromatina e, portanto, em geral coram de maneira mais escura e formam várias camadas vitreais aos núcleos do cone.

A ELE é, na verdade, não de todo uma membrana, embora apareça como tal no microscópio óptico, mas uma série de zônulas aderentes entre fotorreceptores e as células gliais (Müller) que as separam. Estas junções mais provavelmente servem para ancorar os fotorreceptores e evitar vaza-

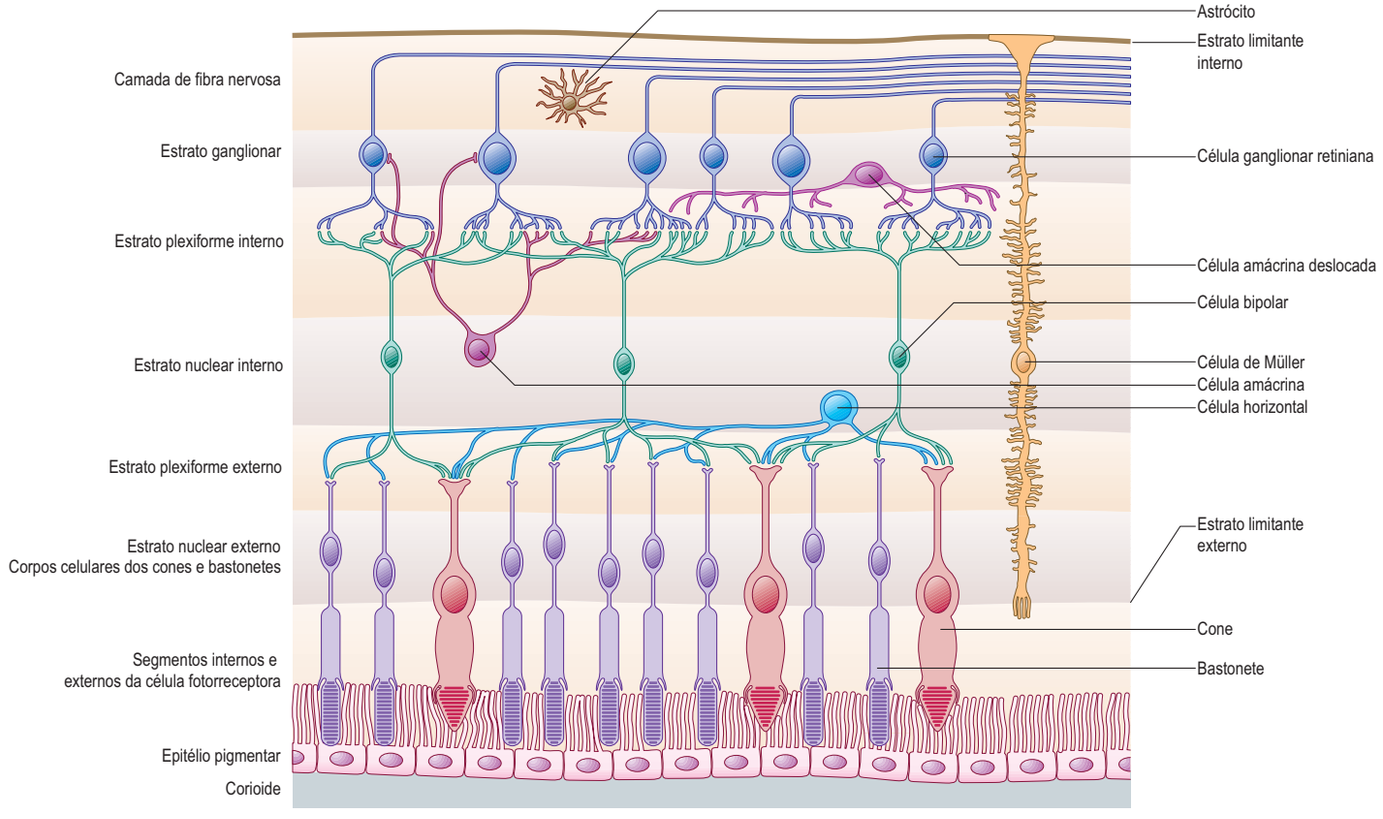


Fig. 40.22 Células neurais cujos corpos celulares e interconexões são responsáveis pela aparência em camadas da retina em corte histológico (comparar com Fig. 40.23). Também são mostrados os dois tipos principais de célula neuroglial na retina (embora as microglias também estejam presentes, elas não são mostradas).

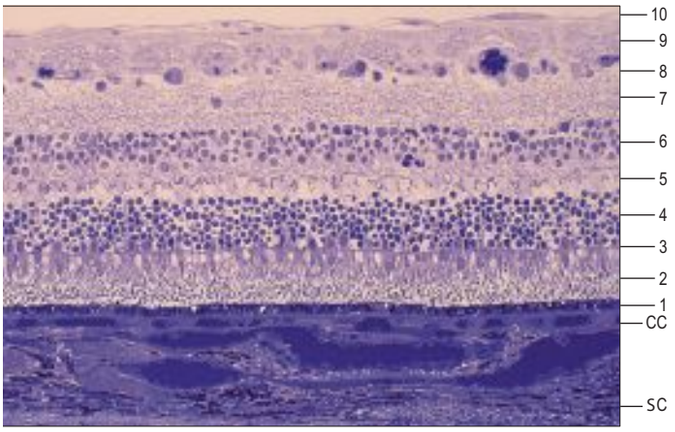


Fig. 40.23 Corte transversal da retina e corioide. As dez camadas da retina são: **1.** Camada epitelial pigmentar. **2.** Camada do bastonete e cone. **3.** Estrato limitante externo. **4.** Estrato nuclear externo. **5.** Estrato plexiforme externo. **6.** Estrato nuclear interno. **7.** Estrato plexiforme interno. **8.** Estrato ganglionar. **9.** Estrato das neurofibras. **10.** Estrato limitante interno. CC, coriocapilar; SC, supracorioide.

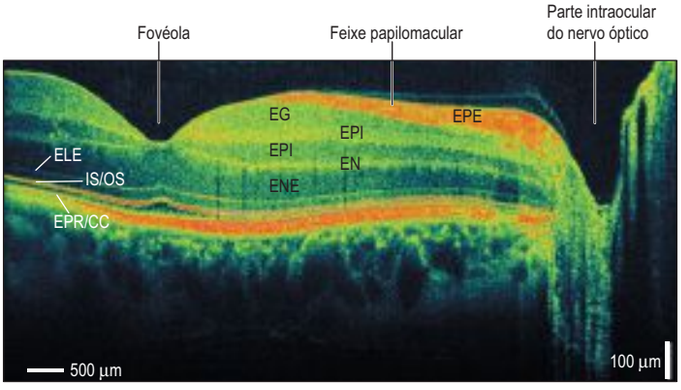


Fig. 40.24 Imagem *in vivo* de tomografia de coerência óptica (OCT) de alta definição da retina humana. A imagem tem resolução axial de aproximadamente 2 µm, tem 8 mm de comprimento e é composta por 10.000 varreduras axiais. EN, estrato das neurofibras. EG, estrato ganglionar. EPI, estrato plexiforme interno. ENI, estrato nuclear interno. EPE, estrato plexiforme externo. ENE, estrato nuclear externo. ELE, estrato limitante externo. IS/OS, fronteira entre os segmentos interno e externo do fotorreceptor. EPR/CC, epitélio pigmentar da retina e coriocapilar. A imagem é expandida na direção vertical para possibilitar uma melhor visualização das camadas da retina. (Por cortesia do Professor James Fujimoto, Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, Boston, USA.)

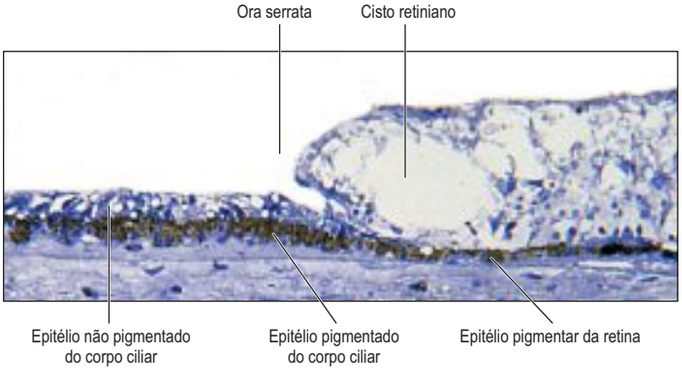


Fig. 40.25 Junção entre a retina e o corpo ciliar (ora serrata). O epitélio pigmentar da retina é contínuo com o epitélio pigmentado externo do corpo ciliar, enquanto a retina neural encontra-se ao lado do epitélio pigmentado externo do corpo ciliar. A aparência em camadas que é evidente nos outros locais da retina neural é comprometida adjacente à ora serrata pela degeneração cística.

mento da matriz interfotorreceptora que circunda os segmentos externo e interno do fotorreceptor.

Os segmentos externos do bastonete são cilíndricos e consistem em cerca de 1.000 discos membranáceos lobulados achatados. Estes formam-se como envoltórios profundos da membrana plasmática na base do segmento externo; germinam e soltam-se após a formação, de maneira que os discos não são fixados à membrana plasmática e ficam livres flutuando no segmento externo. Os segmentos externos do cone geralmente são mais curtos e, como seu nome implica, frequentemente cônicos (especialmente na periferia da retina). Os discos do cone não brotam soltando-se após a formação, e permanecem como envoltórios da membrana plasmática.

O segmento interno tanto dos bastonetes como dos cones está dividido em um elipsoide, rico em mitocôndrias, externo, e um mioide interno que contém retículo endoplasmático (Fig. 40.26). Na maior parte da retina estes segmentos internos são muito mais amplos nos cones (5-6 µm em seu ponto mais largo) do que nos bastonetes (1,5 µm) (Fig. 40.27). Tanto as proteínas dos bastonetes como dos cones são produzidas no interior do mioide e incorporadas aos discos recém-formados na base do segmento externo. Nos bastonetes, como novos discos são adicionados, discos antigos são empurrados para o segmento externo e, subsequentemente, fagocitados pelo EPR. Os discos do cone também são fagocitados, mas a incorporação de novas proteínas dentro dos discos é mais difusa. Embora todos os bastonetes dentro da retina tenham uma estrutura semelhante, os cones na fovéola são altamente modificados comparados àqueles situados mais perifericamente e, em muitos aspectos, são semelhantes a bastonetes com um segmento externo mais longo e um segmento interno mais fino.

A luz é absorvida por rodopsinas, pigmentos visuais constituídos por uma proteína, opsina, que atravessa a membrana dos discos do segmento externo, ligada a um cromóforo que absorve a luz, retinal, que é um aldeído de vitamina A_1. Estas rodopsinas têm um perfil de absorção liso em forma de sino com um ponto de absorvância máxima ($\lambda_{máx}$), indicando o comprimento de onda em que são mais sensíveis. Os seres humanos possuem quatro opsinas diferentes que resultam em quatro pigmentos visuais espectralmente distintos, uma situada no interior dos bastonetes ($\lambda_{máx}$ de 498 nm) e três em diferentes populações de cones que absorvem maximamente na extremidade de onda curta ($\lambda_{máx}$ de 420 nm), média ($\lambda_{máx}$ de 534 nm) e mais longa ($\lambda_{máx}$ de 563 nm) do espectro visível. As três classes de clone são por vezes chamadas de cones azuis, verdes e vermelhos, mas são mais bem classificados como cones S, M e L. A ação da luz é isomerizar a retinal separando-a da opsina, um processo que, através de uma cascata enzimática acoplada à proteína G e um segundo sistema mensageiro, resulta no fechamento dos canais catiônicos na membrana do segmento externo do receptor, uma hiperpolarização do fotorreceptor, e uma consequente diminuição na liberação do neurotransmissor glutamato das suas sinapses.

A retina humana contém, em média, 4,6 milhões de cones e 92 milhões de bastonetes, embora haja variações interindividuais significativas (Curcio *et al.*, 1990). Embora os cones preencham toda a retina, a sua densidade é maior na fovéola, onde cerca de 7.000 cones atingem uma densidade média de 199.000 cones/mm^2: esta área é totalmente livre de bastonetes. Indo para o exterior da fovéola, os números de bastonetes aumentam, atingindo um pico de densidade em um anel elíptico horizontal na excentricidade do disco do nervo óptico, antes de diminuir, uma vez mais em direção à periferia. A densidade do cone é 40-45% maior na retina nasal se comparada com a temporal, e ligeiramente maior superiormente do que inferiormente.

O número de cones S em todas as retinas humanas é semelhante, o que corresponde a menos de 10% de todos os cones (Curcio *et al.*, 1991; Hofer *et al.*, 2005). A distribuição de cones S é relativamente uniforme em toda a retina, embora estejam ausentes na fóvea central. As proporções relativas de cones L e M mostra um grau muito maior de variação entre os indivíduos, sendo que a razão de cones L:M varia de quase uma unidade até mais de 10. A distribuição dos cones L e M é mais irregular do que a de cones S, e parece aleatória com alguns indícios de agrupamento (Bowmaker *et al.*, 2003; Hofer *et al.*, 2005).

A elevada densidade de concentração de cones na fovéola, alcançada pela diminuição do tamanho do segmento interno, garante a máxima resolução, enquanto a presença de mais de um tipo de cone espectral possibilita a visão cromática. Os cones S provavelmente contribuem pouco para a resolução espacial porque estão ausentes na fovéola. A visão baseada em bastonetes proporciona alta sensibilidade, mas com discriminação espacial relativamente baixa e nenhuma capacidade de distinguir comprimentos de ondas. Embora muitas das diferenças funcionais entre os bastonetes e cones dependam das diferentes propriedades dos fotorreceptores em si, a sua conectividade com outros neurônios da retina é igualmente importante.

Células horizontais

Células horizontais são interneurônios inibitórios. Seus dendritos e axônios estendem-se lateralmente no interior da EPE, fazendo contatos sinápticos com pedículos de cones e esférulas de bastonetes e, através das junções de hiato nas extremidades de seus dendritos, uns com os outros. Seus corpos celulares situam-se na parte exterior do estrato nuclear interno (ENI – camada 6). Três tipos morfológicos das células horizontais podem ser distinguidos na retina humana (Kolb *et al.*, 1992). Os dendritos das células HI e HIII contatam os cones, e seus axônios terminam nos basto-

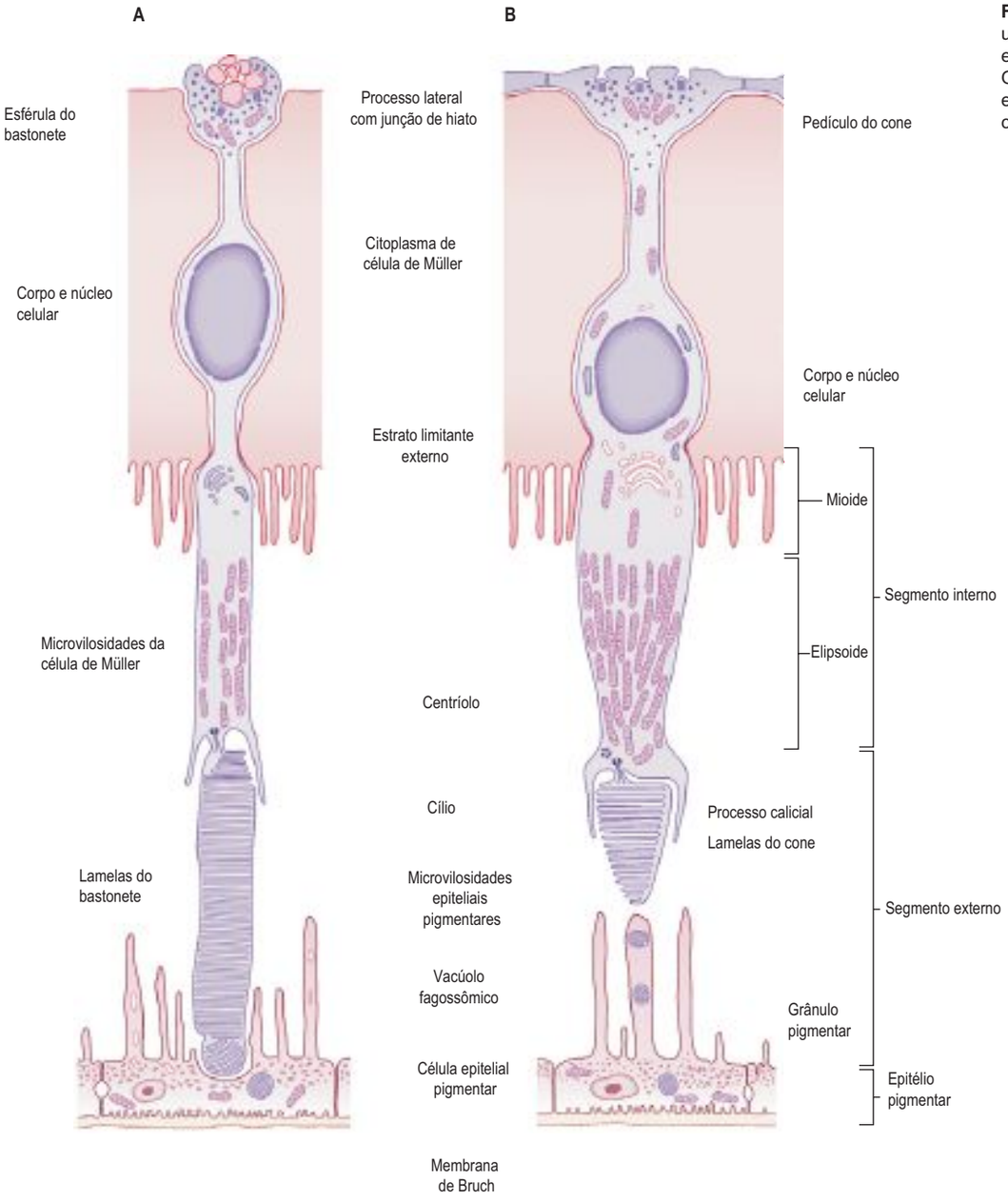


Fig. 40.26 Características principais de uma célula de bastonete da retina (**A**) e de uma célula de cone da retina (**B**). O tamanho relativo das células epiteliais pigmentares foi exagerado com propósito ilustrativo.

netes. Os axônios e dendritos de células HII sofrem sinapse somente com cones.

Células bipolares

Células bipolares são neurônios radialmente orientados. Seus dendritos sofrem sinapse sobre os fotorreceptores, células horizontais e interplexiformes da EPE. Seus corpos celulares estão localizados na ENI, e ramos axonais na EPI sofrem sinapse com dendritos de células ganglionares ou células amácrinas. A coloração de Golgi identificou nove tipos distintos de células bipolares na retina humana (Kolb *et al.*, 1992), oito dos quais entram em contato exclusivamente com os cones, e o tipo restante sofre sinapse apenas nos bastonetes.

As bipolares dos cones são de três tipos principais: anãs, cone S (azuis) e difusas, de acordo com a sua conectividade e tamanho. Células bipolares anãs dos cones invaginam o pedículo do cone ou sofrem sinapse sobre a sua base (subtipo plano). Na parte central da retina, cada célula bipolar anã entra em contato apenas com um único cone (2-3 na periferia) formando parte de canal de um para um do cone até a célula ganglionar que medeia alta resolução espacial. Cones S formam parte de um canal mediador de comprimento de onda curto, enquanto as bipolares do cone difusas maiores estão conectadas a um máximo de dez cones e acredita-se que sinalizam luminosidade em vez de cor.

As células bipolares do cone podem ser de dois tipos, de acordo com a sua resposta à redução induzida pela luz da liberação do glutamato a partir de fotorreceptores aos quais elas estão sinapticamente ligadas. Se a iluminação dos fotorreceptores com um ponto de luz provoca uma despolarização da célula bipolar conectada, é chamada de bipolar "ON", ligada ao cone por sinapses de "sinal invertido" com receptores metabotrópicos. No entanto, se os cones estiverem ligados a uma célula bipolar OFF através de sinapses "conservadoras do sinal" com receptores ionotrópicos, a iluminação do fotorreceptor resultará em hiperpolarização das células bipolares. A iluminação de uma área concêntrica de fotorreceptores circundantes provoca a resposta oposta na célula bipolar. Esta inibição é mediada através de células horizontais e dá origem ao campo receptivo do tipo antagonista que circunda o centro, que é típico de todos os níveis do sistema visual incluindo o córtex occipital.

O único tipo morfológico da célula bipolar do bastonete entra em contato com 30-35 bastonetes na região central da retina, aumentando para 40-45 bastonetes na periferia. Essa convergência serve para aumentar a sensibilidade absoluta do sistema de bastonetes. Todas as células bipolares do bastonete são "ON-centrais" e não entram em contato direto com as células ganglionares, mas sofrem sinapse com uma classe de células amácrinas (AII), que então entram em contato com células bipolares do cone.

A EPI pode ser dividida em duas camadas principais, sendo que uma camada externa contém terminações sinápticas de células OFF bipolares do cone e de uma camada interna de sinapses de células ON bipolares de cones e bastonetes.

Células amácrinas

A maioria das células amácrinas não tem axônios típicos e, consequentemente, seus dendritos fazem tanto sinapses de entrada como de saída. Cada neurônio tem um corpo celular, seja na ENI perto de sua fronteira com a EPI, seja sobre a face externa da camada de células ganglionares, quando ele é conhecido como célula amácrina deslocada. Os processos

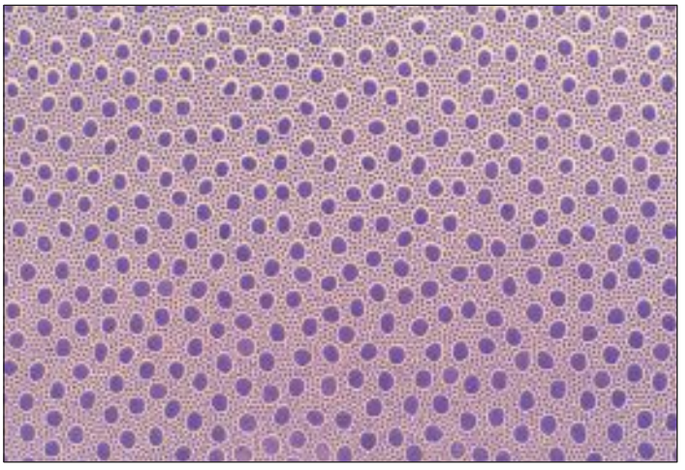


Fig. 40.27 Corte tangencial de uma retina humana no corte da parafóvea no nível dos segmentos internos/externos, mostrando o "mosaico" dos cones maiores e dos bastonetes, mais numerosos, porém menores. Os fotorreceptores no topo da imagem são cortados em um nível mais próximo do epitélio pigmentar da retina do que os receptores no inferior da figura. A redução do tamanho dos cones no topo da figura é explicada pelo tamanho cônico de seu segmento externo. Caso a figura continuasse para cima, representando cortes mais próximos do EPR, o tamanho dos cones continuaria a diminuir e a quantidade de espaço branco circundante aumentaria. O diâmetro do segmento externo do bastonete, no entanto, mudaria pouco.

de células amácrinas fazem uma variedade de contatos sinápticos na EPI com células bipolares e ganglionares, bem como com outras células amácrinas.

As várias classes de células amácrinas desempenham algumas funções importantes na visão. Todas as células têm papel essencial na via do bastonete (ver anteriormente). Outras células parecem ser importantes moduladores dos sinais fotorreceptivos e servem para ajustar ou manter impulsos relativos de cor e luminosidade sob variação de condições de luz. Elas provavelmente são também responsáveis por algumas das formas complexas de análise da imagem conhecidas por ocorrer dentro da retina, tal como a detecção de movimento direcional. Até 24 diferentes tipos morfológicos são reconhecidos em seres humanos (Kolb *et al.*, 1992): acoplados à sua complexidade neuroquímica, isto as torna, talvez, o tipo mais diverso de célula neuronal no corpo.

Células interplexiformes

Células interplexiformes, frequentemente consideradas como uma subclasse das células amácrinas, geralmente têm corpos celulares na ENI. Elas são pós-sinápticas às células no interior da retina e enviam sinais contra a direção geral do fluxo de informações na retina, fazendo sinapse com células fotorreceptoras bipolares, horizontais na EPE. Embora a sua função seja incerta, é provável que adaptem alguns aspectos da função da retina, tal como sensibilidade.

Células ganglionares

A retina humana contém 0,7-1,5 milhão de células ganglionares, os neurônios de saída da retina (Curcio & Allen, 1990). Seus dendritos sofrem sinapse com processos de células bipolares e amácrinas na EPI. Os corpos celulares ganglionares, juntamente com células amácrinas deslocadas, formam a camada de células ganglionares da retina (CCL – camada 8). Ao longo da maior parte da retina formam uma única camada; elas se tornam progressivamente mais numerosas perto da mácula lútea, onde são classificadas em até 10 fileiras, atingindo um pico de densidade de até 38.000/mm^2 em um anel elíptico horizontalmente orientado, 0,4-2,0 mm do centro da fóvea. O seu número diminui novamente em direção à fóvea central, a partir da qual são quase totalmente excluídas.

Até 15 tipos de células ganglionares foram identificados na retina de mamíferos com base na morfologia, fisiologia e área-alvo no cérebro, cada um deles presumivelmente funcionalmente distinto. Por exemplo, alguns projetam para diferentes regiões do NGL e formam três vias visuais paralelas envolvidas na percepção visual consciente, ou seja, os sistemas magnocelular e parvocelular e uma via que transporta o sinal do cone S (Wässle, 2004). As células ganglionares anãs (células P) entram em contato apenas com células bipolares anãs únicas na zona central da retina, que, por sua vez, ligam-se a cones únicos, conferindo a cada cone uma "linha privativa" fora da retina e garantindo acuidade ideal. O grande campo dendrítico de parassol (células M) é compatível com um papel na detecção do movimento. Células ganglionares parassol e anãs juntas perfazem cerca de 80% das células ganglionares da retina humana. As células remanescentes (aproximadamente 200.000) projetam para o colículo superior do mesencéfalo, pulvinar do tálamo, área pré-tetal e sistema óptico acessório, e contribuem para diversos reflexos visuais subconscientes, tais como as respostas pupilares e de acomodação. Além disso, uma população de cerca de 3.000 células ganglionares grandes, intrinsecamente sensíveis à luz, forma uma rede composta por dendritos sobrepostos extensos (Dacey *et al.*, 2005). Estes "fotorreceptores internos da retina" contêm um pigmento visual baseado na retina (melanopsina; $\lambda_{máx}$ de aproximadamente 479 nm) que é semelhante a um pigmento visual do tipo invertebrado em muitas de suas características. Estas células ganglionares sensíveis à luz fazem parte de uma via paralela ao sistema de "formação de imagem" mediada pelo bastonete e cone que monitora os níveis globais de iluminação. Esta via "não imagem" é a principal via pela qual o olho influencia os ritmos circadianos através do núcleo supraquiasmático; ela também contribui para a constrição da pupila evocada pela luz através de projeções para o núcleo olivar pré-tetal.

Os axônios de células ganglionares, que formam a EN sobre a superfície interna da retina, seguem paralelos à superfície da retina, e convergem na parte intraocular do nervo óptico onde saem do olho como o nervo óptico. As fibras da retina medial (nasal) aproximam-se do disco em um padrão radial simples (Fig. 40.28), enquanto os axônios da retina lateral (temporal) adotam uma via arqueada à medida que evitam a fóvea central. Os axônios da mácula lútea formam um fascículo papilomacular que passa quase diretamente para o disco do nervo óptico. A espessura da EN aumenta drasticamente próximo ao disco do nervo óptico à medida que fibras da retina periférica atravessam as zonas mais centrais. Rumo à borda do disco as outras camadas da retina afinam e, no disco, todos os elementos neurais da retina, com exceção de axônios de células ganglionares, são excluídos.

Os axônios de células ganglionares são cercados pelos processos de células gliais radiais e astrócitos da retina e são quase sempre não mielinizados dentro da retina, o que é uma vantagem óptica porque a mielina é refringente. Embora possam ocorrer alguns pequenos axônios mielinizados, a mielinização geralmente não começa até que os axônios entrem no disco do nervo óptico e tornem-se o nervo óptico.

Células gliais da retina

Existem três tipos de células gliais da retina, isto é, células radiais de Müller, astrócitos e microglias. As células de Müller formam o elemento glial predominante da retina; astrócitos da retina são essencialmente restritos à célula ganglionar e camadas de fibras nervosas; as células microgliais estão espalhadas em toda a parte neural da retina, em pequenas quantidades.

As células de Müller abrangem quase toda a espessura da retina neural, envolvendo e separando as diversas células neurais exceto em locais sinápticos. Elas constituem grande parte do volume total da retina, e quase totalmente preenchem o espaço extracelular entre os elementos neurais. Os seus núcleos estão dentro da EPI, e a partir desta região cada corpo celular prolonga uma única fibra espessa que segue radialmente para fora, dando origem a lâminas laterais complexas que ramificam entre os processos de uma EPE. Apicalmente, cada processo central termina na ELE a partir da qual microvilosidades projetam por uma distância curta em direção ao espaço entre os segmentos internos do bastonete e do cone (cestos de fibra) (Fig. 40.22). Na superfície interna da retina, o principal processo da célula de Müller expande para uma plataforma terminal que entra em contato com aquelas das células gliais circunvizinhas e forma parte do estrato limitante interno (ELI; ver adiante).

Assim como os astrócitos, as células de Müller também entram em contato com os vasos sanguíneos, especialmente capilares da EPI, e suas lâminas basais fundem-se com aquelas das células perivasculares ou endotélios vasculares, contribuindo para a formação da barreira hematorretiniana. Eles também mantêm a estabilidade do ambiente extracelular da retina, por exemplo, por meio de regulação dos níveis de K^+, captação de neurotransmissores, remoção de resíduos, armazenamento de glicogênio, isolamento elétrico de receptores e outros neurônios e suporte mecânico da retina neural.

Os corpos celulares de astrócitos da retina situam-se dentro da EN e seus processos ramificam formando bainhas ao redor dos axônios das células ganglionares. A estreita associação entre astrócitos e vasos sanguíneos no interior da retina sugere que eles contribuem para a barreira hematorretiniana. As microglias retinianas estão espalhadas principalmente dentro da EPI. Seus processos ramificados irradiados espalham principalmente paralelos ao plano da retina, conferindo-lhes uma aparência semelhante a uma estrela quando observados microscopicamente a partir da superfície da retina. Eles podem agir como fagócitos, e seu número aumenta na retina lesionada.

A borda interna da retina é formada pelo estrato limitante interno (ELI – camada 10), que consiste em fibras de colágeno e proteoglicanos do vítreo, uma membrana basilar (que é contínua com a lâmina basilar do epitélio ciliar), bem como a membrana plasmática das plataformas terminais da célula expandida de Müller. Tem 0,5-2 μm de espessura na parte posterior da retina e vai se tornando espessa com a idade. O ELI está envolvido na troca de líquidos entre o corpo vítreo e a retina e, talvez através desta última, com a corioide. Tem também várias outras funções, incluindo ancoragem de células gliais da retina e inibição da migração de células no corpo vítreo.

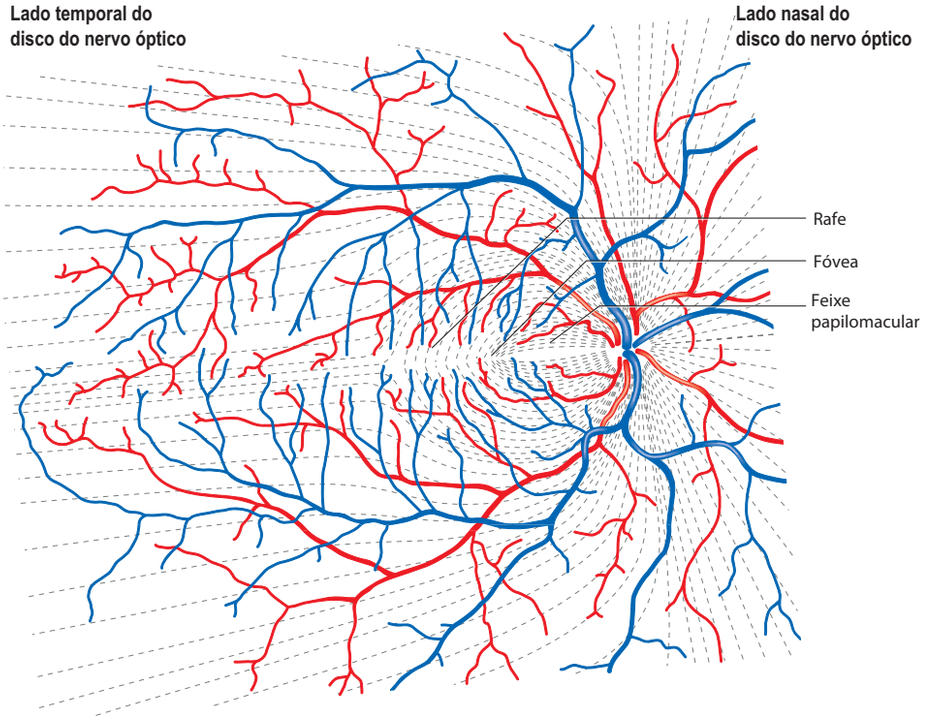


Fig. 40.28 Direções dos axônios (linhas tracejadas) e vasos sanguíneos do estrato das neurofibras da retina. Os axônios passam radialmente no lado nasal do disco do nervo óptico, enquanto as fibras no lado temporal evitam cruzar a fóvea arqueando ao redor dele. Algumas das fibras da fóvea e região central passam direto para o disco do nervo óptico e outras arqueiam acima e abaixo da horizontal; juntas formam o feixe papilomacular. A rafe é formada pelas fibras centrais temporais à fóvea. Vênulas são mostradas cruzando na frente das artérias: a relação inversa provavelmente é o padrão mais comum. Todos os vasos saem do disco à direita da figura; os ramos temporais maiores tendem a arquear ao redor da região central da retina e não se aproximam da fóvea. A retina periférica e a maior parte da retina nasal não são mostradas.

Modificações da retina central

A retina central, clinicamente designada mácula lútea, é composta de quatro áreas concêntricas, que, começando com a parte mais interna, são: a fovéola (0,35 mm de diâmetro, equivalente a uma subtensa angular no ponto nodal de cerca de 1,25°), a fóvea central (1,5 mm, 5,2°), a parafóvea (2,5 mm, 8,6°) e a vagamente definida perifóvea (aproximadamente 5-6 mm, 20°). A fovéola, que não contém bastonetes ou cones S, está centrada a cerca de 3 mm temporal e 1 mm inferior ao disco do nervo óptico (Fig. 40.20). Na fovéola e fóvea central circundante todas as camadas internas da retina neural adiante da CEN foram deslocadas perifericamente resultando em um espessamento da retina de cerca de metade do que em outros locais da retina (Figs 40.24, 40.29). Esta depressão foveal é criada pelos "axônios" do cone, conhecidos aqui como fibras de Henle, seguindo quase paralela à superfície da retina antes de se ligar aos neurônios retinianos pós-receptorais fora da fóvea central. As fibras de Henle contêm dois pigmentos carotenoides xantofil (luteína e zeaxantina) que criam uma área elíptica amarelada (aproximadamente 2 mm horizontalmente e 1 mm verticalmente), a mácula lútea. A densidade do pigmento macular varia em mais de uma ordem de grandeza entre os indivíduos, é influenciada por vários fatores ambientais, incluindo dieta, e é insignificante na região central da fovéola.

A ausência das camadas internas da retina, incluindo vasos sanguíneos (Figs. 40.20, 40.21), reduz a dispersão da luz, o que, juntamente com o aumento da densidade de concentração dos cones na fovéola e a sua falta de convergência com as células ganglionares, garante que a resolução visual seja mais elevada nesta parte da retina. A acuidade pode ser ainda mais reforçada pelo pigmento macular, que além de ter propriedades antioxidantes e eliminar potencialmente a radiação de ondas curtas nociva, irá absorver aqueles comprimentos de onda mais propensos a aberração cromática e dispersão de Rayleigh.

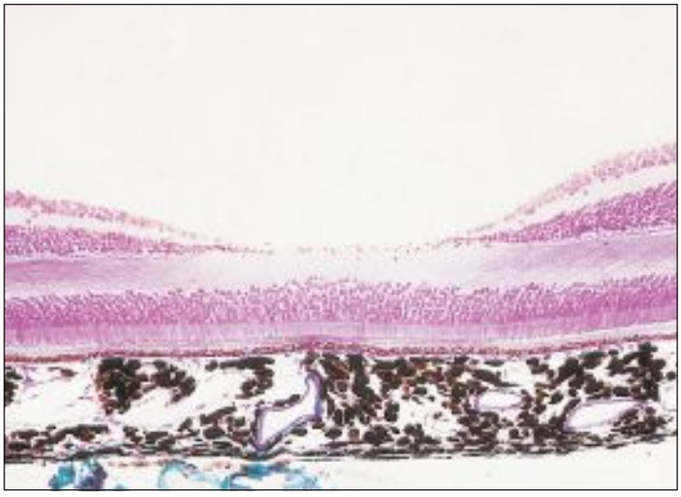


Fig. 40.29 Corte através da fóvea central. (Com permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheater's Functional Histology. Edinburgh, Churchill Livingstone.)

SUPRIMENTO VASCULAR

A retina tem um duplo suprimento arterial e ambas as partes são necessárias para manter sua função. As cinco camadas externas da retina são avascularizadas e dependem de um suprimento indireto do coriocapilar na corioide. A retina interna recebe um suprimento sanguíneo direto através de capilares ligados aos ramos da artéria e veia central da retina. Apenas a circulação da retina interna é descrita aqui. O suprimento sanguíneo da corioide é discutido na página 680.

A artéria central da retina entra no nervo óptico como um ramo da artéria oftálmica de aproximadamente 1,2 cm atrás do bulbo do olho e trafega no interior do nervo óptico até sua cabeça, onde passa através da lâmina cribriforme. Neste nível, a artéria central divide-se em ramos superior e inferior iguais, que, depois de alguns milímetros, se dividem em ramos nasal superior e inferior e temporal superior e inferior, cada um suprindo um "quadrante" da retina (Fig. 40.28). Embora veias da retina semelhantes unam-se formando a veia central da retina, os cursos das artérias e veias não correspondem de maneira exata. Estes vasos seguem principalmente dentro da fibra do nervo e camadas de células ganglionares da retina, sendo responsável por sua clareza quando observados através de um oftalmoscópio (Fig. 40.20). Artérias frequentemente cruzam veias, geralmente se situam superficiais a elas: em hipertensos graves, as artérias podem pressionar as veias e causar dilatações visíveis distais a estes cruzamentos. A localização vítrea das artérias, e sua coloração em vermelho-vivo mais clara e diâmetro menor em comparação com as veias, possibilita que os dois tipos de vasos sejam distinguidos oftalmoscopicalmente.

Das quatro artérias principais, seguem ramos dicotômicos a partir do polo posterior para a periferia, suprindo toda a retina (Zhang, 1994). Artérias e veias ramificam no estrato das neurofibras, perto do ELI, e arteríolas passam mais profundas em direção à retina suprindo os leitos capilares. Vênulas retornam destes leitos para veias superficiais maiores, que convergem para o disco formando a veia central da retina.

As redes de capilares da retina podem ocorrer em três camadas diferentes, sendo que o número de camadas depende da localização (Zhang, 1994). Os capilares peripapilares radiais são os mais superficiais das redes de capilares e situam-se no interior do estrato das neurofibras. Uma camada de capilares internos segue no interior da fibra nervosa e das camadas de células ganglionares, enquanto uma camada capilar externa está localizada nas camadas plexiforme interna e nuclear interna (Fig.

40.30). Ao aproximarem-se da fóvea central, os capilares são restritos a duas camadas, e os capilares terminais eventualmente juntam-se formando um anel capilar macular de única camada, produzindo uma zona livre de capilares de 450-500 μm de diâmetro na fóvea central. Esta região avascularizada é claramente visível em um angiograma por fluoresceína (Fig. 40.21). Os capilares tornam-se menos numerosos na retina periférica e estão ausentes de uma área de aproximadamente 1,5 mm de largura adjacente à ora serrata.

Os territórios das artérias que suprem um determinado quadrante não se sobrepõem, nem os ramos dentro de um quadrante anastomosam uns com os outros e, consequentemente, um bloqueio em uma artéria da retina causa perda de visão na parte correspondente do campo visual. A única exceção para este padrão arterial final é nas proximidades do disco do nervo óptico. Aqui, as artérias ciliares posteriores entram no olho perto do disco (Figs 40.10, 40.31) e seus ramos não só suprem a corioide adjacente, mas também formam um círculo anastomótico na esclera em torno da parte intraocular do nervo óptico (Fig. 40.31). Ramos deste anel juntam-se às artérias piais do nervo, e artérias ciliorretinianas pequenas de qualquer artéria nesta região podem entrar no olho e contribuir para a vascularização da retina, possivelmente resultando na preservação da função visual após oclusão da artéria central da retina. Do mesmo modo, as veias retinociliares pequenas algumas vezes também podem estar presentes.

A estrutura dos vasos sanguíneos da retina assemelha-se à dos vasos em outro local, exceto que a lâmina elástica interna está ausente das artérias e as células musculares podem aparecer em sua adventícia. Os capilares são não fenestrados e células endoteliais são unidas por junções firmes complexas, atendendo aos requisitos de uma barreira hematorretiniana funcional. Dentro do nervo óptico, a artéria central da retina é inervada pelas fibras simpáticas e parassimpáticas: esta inervação não se estende para os vasos na retina. O suprimento parassimpático é proveniente do gânglio pterigopalatino e as fibras são predominantemente VIP-érgicas (e provavelmente NO-érgicas) e vasodilatadoras. O suprimento simpático é proveniente do plexo em torno da artéria carótida interna e artérias oftálmicas.

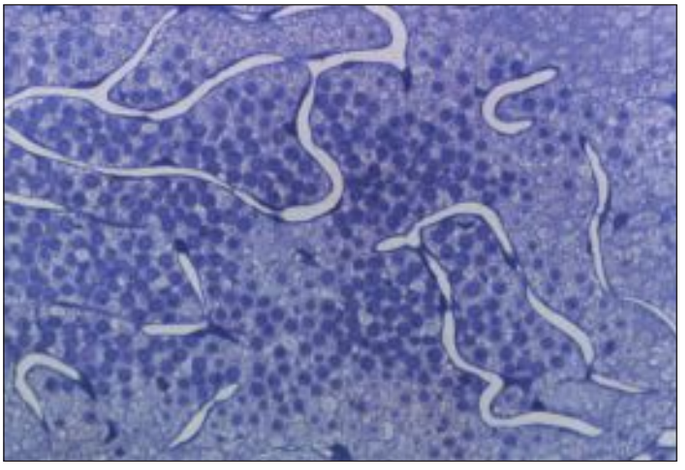


Fig. 40.30 Corte tangencial da retina no nível do estrato nuclear interno, destacando a densa rede de capilares.

INERVAÇÃO RETINOPETAL DA RETINA

A retina humana recebe impulso modular do cérebro através de fibras dentro do nervo óptico que emergem no disco do nervo óptico como grandes axônios e, em seguida, evidentemente através da EN, diminuindo gradualmente de tamanho. Embora haja apenas um pequeno número destes axônios retinopetais (geralmente inferior a 10), eles ramificam extensamente antes de terminar na EPI (Reperant *et al.*, 2006). Um conjunto destes axônios decorre de pericários no hipotálamo posterior e usa histamina como um neurotransmissor, enquanto outras fibras serotoninérgicas surgem a partir de corpos celulares na rafe dorsal. Estes neurônios projetam para muitos alvos no sistema nervoso central, incluindo a retina, formando componentes de um sistema ascendente de excitação. Essas fibras possibilitam que áreas centrais mais altas modulem aspectos da atividade da retina; no homem elas podem, entre outras coisas, afetar a sensibilidade e modular o fluxo sanguíneo da retina (Gastinger et al., 2006).

PARTE INTRAOCULAR DO NERVO ÓPTICO

Os axônios de mais de um milhão de células ganglionares da retina convergem na parte intraocular do nervo óptico (PINO) e saem do olho penetrando a esclera para formar o nervo óptico (NO). A PINO representa aquela parte do nervo óptico situada dentro do bulbo do olho. Como todos os elementos neurais da retina, exceto os axônios da célula ganglionar, estão ausentes desta região, ela é insensível à luz e faz o "ponto cego".

Histologicamente, a PINO pode ser dividida em três partes (Fig. 40.32). Estas são a pré-laminar (a parte anterior terminando no corpo vítreo); a intralaminar (formada pela lâmina cribriforme); a pós-laminar (contínua com o nervo óptico retrobulbar). A vista de superfície da PINO, normalmente observada com um oftalmoscópio, é referida como disco do nervo óptico.

Parte pré-laminar

A superfície interna da PINO é coberta por uma membrana astroglial (de Elschnig) que é contínua com o ELI da retina. No centro do disco, a camada de astrócitos espessa em direção ao menisco central (de Kuhnt). Células ganglionares retinianas viram-se em direção à PINO acompanhadas por astrócitos, que gradualmente aumentam em número posteriormente, subsequentemente formando uma estrutura semelhante a uma peneira, a lâmina cribriforme glial, através da qual as fibras nervosas passam como fascículos separados. No perímetro da PINO, um colar de astrócitos com espessura de várias células (o tecido intermediário de Kuhnt) separa o NO das últimas camadas externas da retina. Esta camada continua posteriormente e forma uma barreira entre a PINO e a corioide (o tecido de borda de Jacoby) (Fig. 40.32).

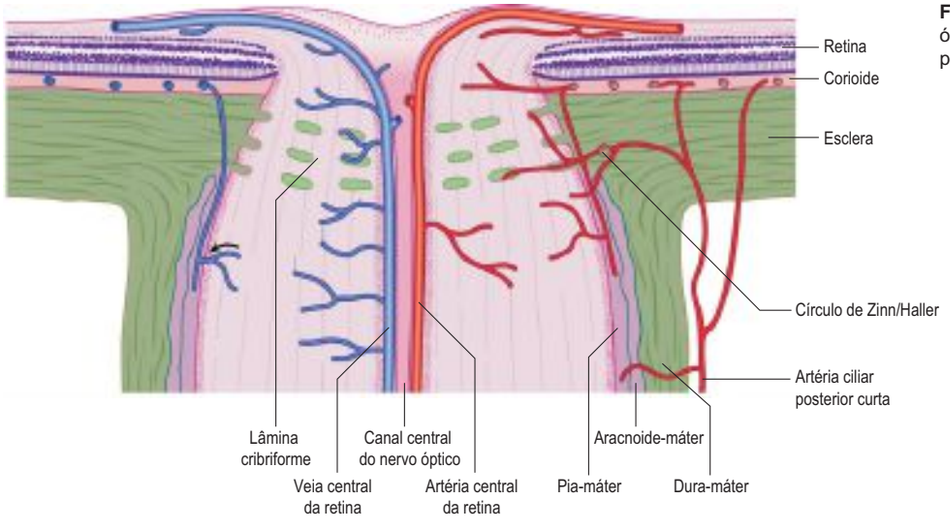


Fig. 40.31 Vasos da parte intraocular do nervo óptico. As áreas pontilhadas representam as principais membranas gliais.

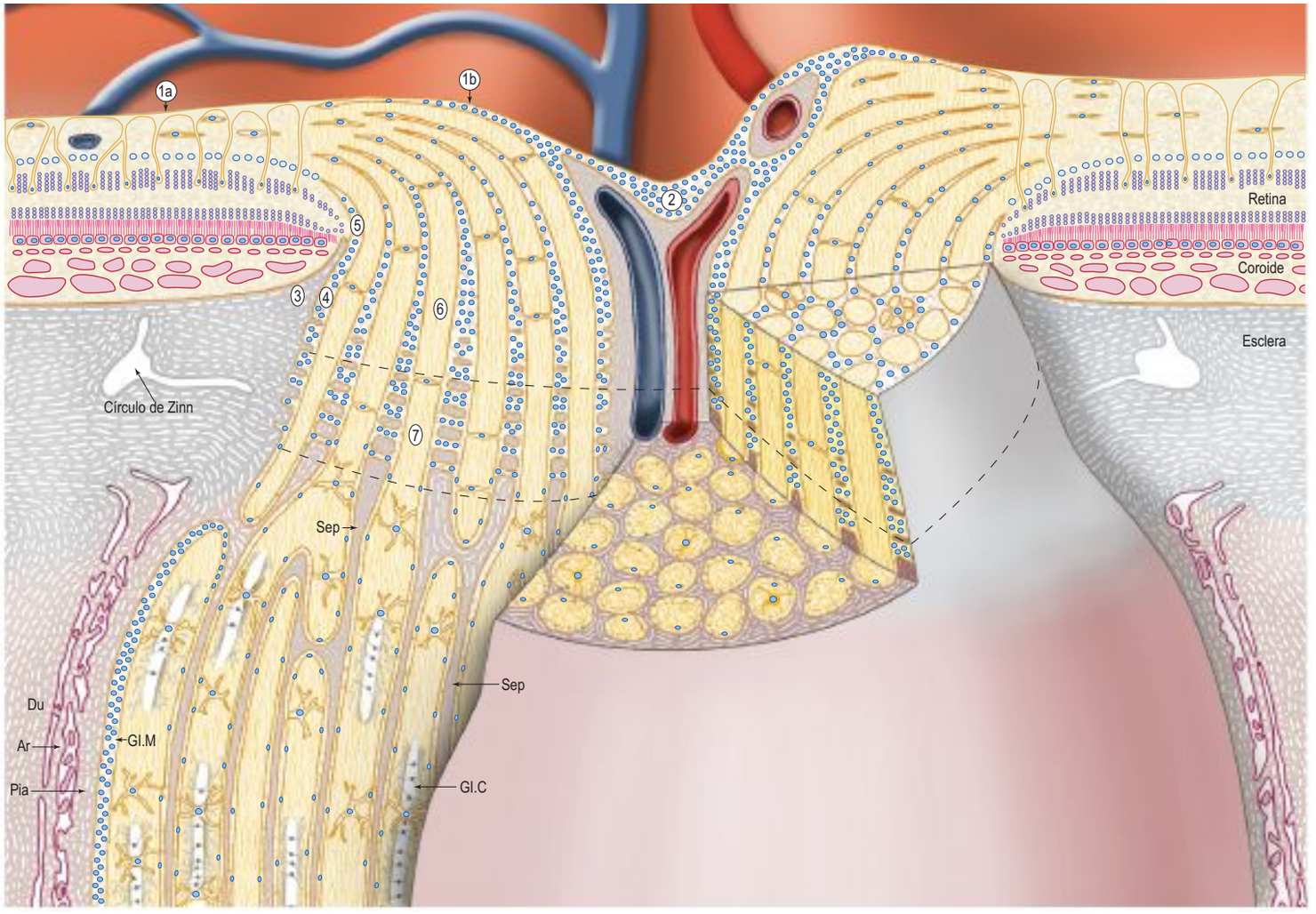


Fig. 40.32 Parte intraocular do nervo óptico, mostrando a distribuição do tecido colágeno (cinza) e núcleos neurogliais (círculos azuis preenchidos). **1a**, estrato limitante interno da retina; **1b**, estrato limitante interno; **2**, menisco central de Kuhnt; **3**, esporão de tecido colágeno que separa a lâmina cribriforme anterior (**6**) da corioide; **4,** tecido da borda de Jacoby; **5,** tecido intermediário de Kuhnt; **7**, lâmina cribriforme posterior; Sep, septos do tecido conectivo da pia-máter; GI.M, membrana astroglial; GI.C, astrócitos e oligodendrócitos entre as fibras em seus fascículos; Du, Ar, Pia: dura-máter, aracnoide-máter e pia-máter, respectivamente. As linhas pontilhadas representam as bordas da lâmina cribriforme. (Com permissão de Anderson DR, Hoyt W 1969 Ultraestruture of intraorbital portion of human and monkey optic nerve. Arch Ophthalmol 82: 506-30.)

Parte intralaminar

A lâmina cribriforme é composta de trabéculas discretas de tecido conjuntivo colágeno e elástico que se estendem desde a esclera para formar uma malha através da qual os fascículos do nervo óptico e os vasos centrais da retina passam. Cada trabécula tem um revestimento de astrócitos que é contínuo com o da lâmina cribriforme glial.

Parte pós-laminar

O NO torna-se espesso na parte pós-laminar à medida que seus axônios tornam-se mielinizados. A esclera refletida e a dura-máter com a qual é contínua reveste o nervo, juntamente com outras duas bainhas meníngeas, a aracnoide-máter e a pia-máter. Septos fibrosos penetram no nervo óptico a partir da pia-máter dividindo-a em 300-400 fascículos, conferindo aos vasos sanguíneos piais acesso ao nervo.

Disco do nervo óptico

Como visível pela oftalmoscopia (Fig. 40.20), o disco é uma região de grande importância clínica. Edema de disco (papiledema) pode ser o primeiro sinal de elevação da pressão intracraniana, que é transmitida para o espaço subaracnóideo ao redor do NO. O disco também é sensível à elevação da pressão intraocular que ocorre no glaucoma e apresenta mudanças estruturais típicas devido à perda de células ganglionares da retina.

O disco do nervo óptico é superomedial ao polo posterior do olho, e assim encontra-se afastado do eixo visual. É redondo ou oval, em geral tem aproximadamente 1,6 mm de diâmetro transversal e 1,8 mm de diâmetro vertical, e a sua aparência é muito variável. Em indivíduos de pele clara, a tonalidade geral da retina é terracota-vermelho brilhante, com a qual o rosa pálido do disco contrasta acentuadamente; sua parte central é geralmente mais pálida e ainda pode ser cinza claro. Estas diferenças são em parte causadas pelo grau de vascularização das duas regiões, o que é muito menor no disco do nervo óptico, e também à ausência total de células de pigmento da retina ou corioide. Em indivíduos com pele fortemente melanizada, tanto a retina como o disco são mais escuros. O disco do nervo óptico raramente se projeta suficientemente para justificar o termo papila, embora em geral seja um pouco elevada sobre a sua face lateral, onde as fibras nervosas papilomaculares viram-se para o nervo óptico (Fig. 40.28). Geralmente há uma ligeira depressão onde os vasos da retina atravessam o seu centro.

Suprimento vascular

O suprimento sanguíneo para as três regiões da PINO difere. A região pré-laminar é suprida principalmente por ramos da artéria central da retina (Fig. 40.31). Ramos das artérias ciliares posteriores curtas formam um círculo frequentemente incompleto dentro da esclera ao redor da PINO (círculo de Zinn/Haller); ramos centrípetos a partir desta estrutura suprem a região intralaminar da PINO. As artérias ciliares posteriores curtas podem também dar origem a ramos centrípetos diretamente para suprir a lâmina e ramos que passam anteriormente para aumentar o suprimento sanguíneo pré-laminar (Fig. 40.31). Na região pós-laminar, artérias do corioide pré-papilar e círculo de Zinn passam retrogradamente como vasos piais, fornecendo ramos centrípetos que suprem o nervo óptico. Mais posteriormente, o nervo óptico recebe arteríolas piais diretamente das artérias ciliares posteriores. A artéria central da retina também pode contribuir com alguns ramos centrífugos nessa região.

A veia central da retina drena a PINO em todos os níveis; outras vias de drenagem são menores.

VIA VISUAL

A via visual inclui os interneurônios da retina, as células ganglionares da retina cujos axônios projetam através do nervo óptico, quiasma óptico e trato óptico para o núcleo geniculado lateral (NGL) e neurônios no interior do NGL que projetam através de radiação óptica para o córtex visual primário (Fig. 40.33).

A retina pode ser dividida por uma linha horizontal que bissecciona a fóvea. Os axônios decorrentes da metade nasal desta linha dentro de cada retina cruzam no quiasma óptico entrando no trato óptico contralateral. As fibras das hemirretinas temporais não atravessam o quiasma. As fibras temporais superiores e inferiores passam lateralmente no quiasma e mudam, respectivamente, para posições mediais e inferolaterais no trato óptico ipsilateral. Elas são unidas pelas fibras cruzadas, sendo que os quadrantes nasais superior e inferior partilham as mesmas posições que os seus homólogos não cruzados. Assim, cada trato carrega uma representação binocular dos meios-campos contralaterais, como mostrado na Figura 40.33. É importante lembrar que o espaço visual é opticamente invertido pela lente quando se relaciona a localização espacial dos neurônios dentro da via visual com as localizações do campo visual correspondente.

O NGL contém células dispostas em seis lâminas. Cada camada recebe um impulso de projeções cruzadas ou não cruzadas a partir da retina. A retina nasal contralateral projeta para as lâminas 1, 4 e 6, enquanto a retina temporal ipsilateral projeta para as camadas 2, 3 e 5. As camadas 1 e 2 contêm células magnocelulares, as camadas restantes são parvocelulares. Há uma disposição retinotópica ponto a ponto entre pontos correspondentes em cada hemirretina, de modo que o campo visual contralateral é mapeado dentro de cada núcleo geniculado lateral.

Axônios do NGL seguem na parte retrolenticular da cápsula interna e formam a radiação óptica. Esta curva-se dorsomedialmente para o córtex visual primário, situado ao redor e no interior do sulco calcarino no lobo occipital (também conhecido como o córtex estriado, área de Brodmann 17, ou V1; Cap. 23). O córtex visual também tem uma organização retinotópica firme. Fibras que representam a metade inferior do campo visual varrem superiormente atingindo o córtex visual acima do sulco calcarino, enquanto aquelas que representam a metade superior do campo visual curvam-se inferiormente em direção ao lobo temporal (alça de Meyer) antes de chegar ao córtex visual abaixo do sulco calcarino. A periferia da retina é representada anteriormente dentro do córtex visual, e a mácula é representada em direção ao polo posterior, ocupando uma área desproporcionalmente grande que reflete o elevado número de células ganglionares da retina foveal que são úteis para o aumento da acuidade visual desta região.

O córtex visual primário está ligado às regiões pré-estriadas e outras regiões corticais onde ocorre mais processamento de estímulos visuais (Cap. 23).

Quase todos os axônios da CGR (90%) terminam em neurônios no NGL. Axônios extrageniculados (10%) deixam o trato óptico antes do NGL: eles podem deixar o quiasma óptico dorsalmente e projetam para o núcleo supraquiasmático do hipotálamo, outros ramificam para fora do trato óptico no braço superior e projetam para o colículo superior, áreas pré-tetais e região inferior do pulvinar do tálamo.

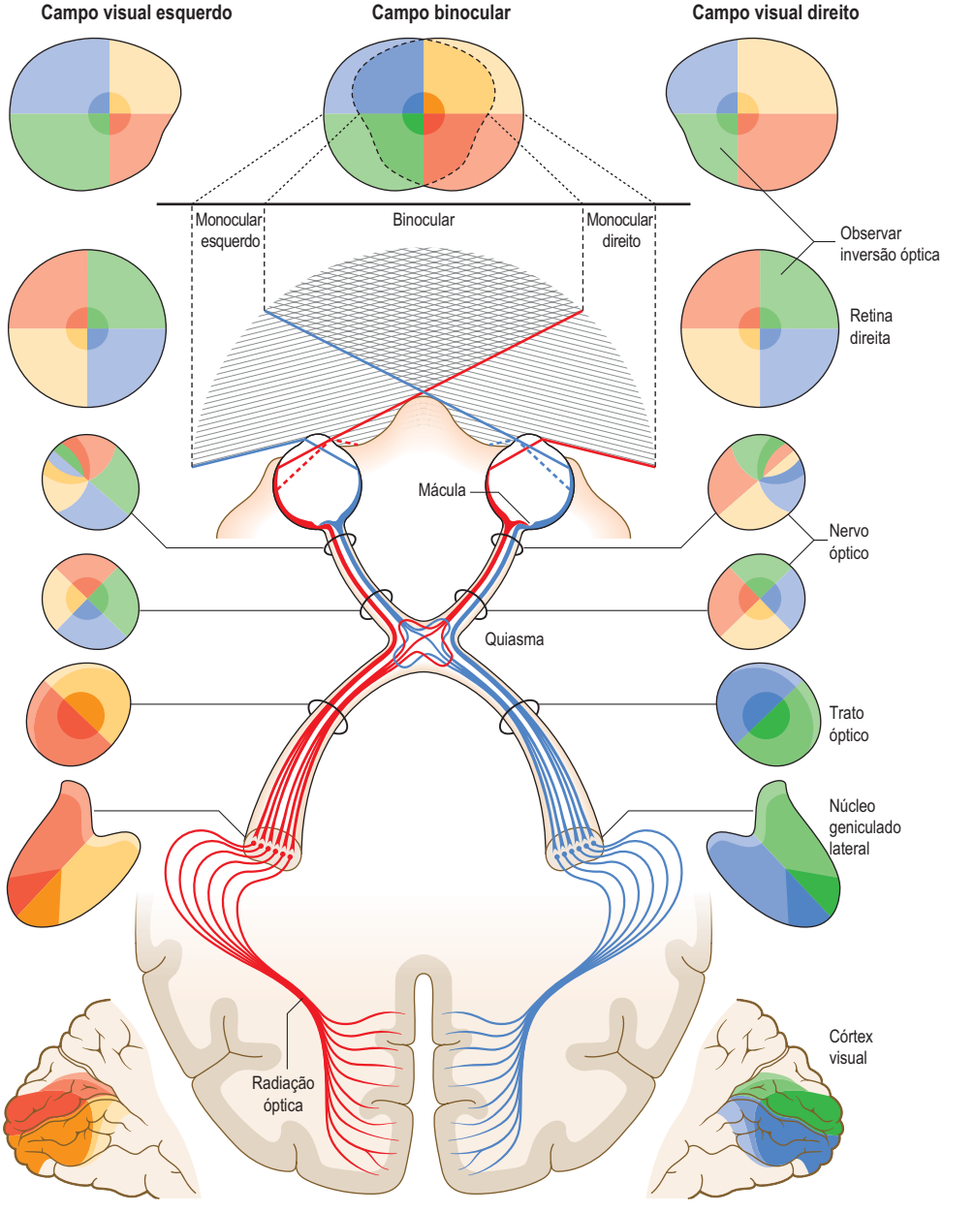


Fig. 40.33 Via visual, mostrando a disposição espacial dos neurônios e suas fibras em relação aos quadrantes das retinas e campos visuais. As proporções em vários níveis não se apresentam exatamente nas dimensões reais. Em particular, a mácula está em tamanho exagerado nos campos visuais e retinas. Em cada quadrante do campo visual e nas partes da via visual subordinados a ele, dois tons de cada uma das respectivas cores são utilizados; o tom mais pálido denota o campo periférico e a tonalidade mais escura indica a parte macular do quadrante. A partir do trato óptico em diante, estas duas tonalidades são tornadas mais saturadas para denotar mistura de neurônios de ambas as retinas, sendo que a tonalidade mais pálida é reservada para partes da via visual relacionadas com visão monocular.

DEFEITOS DO CAMPO VISUAL

A base para a avaliação clínica dos danos para a via visual é uma compreensão das projeções retinotópicas dentro da via. Além disto, o gráfico da perda de campo visual frequentemente revela a localização aproximada da lesão causadora e, por vezes, a sua natureza (Fig. 40.33). Como as lesões da retina podem ser visualizadas com um oftalmoscópio, os testes de campo podem parecer redundantes para esses defeitos, mas a mensuração do campo visual ainda é útil na avaliação da extensão dos danos e pode ser o fator-chave para confirmar um diagnóstico. O glaucoma serve como um exemplo. Defeitos de campo no glaucoma, que ocorrem como consequência de lesão aos feixes de fibras nervosas na parte intraocular do nervo óptico, podem ser detectáveis oftalmoscopicamente, mas a confirmação do diagnóstico frequentemente depende de avaliação do campo. Defeitos precoces consistem em uma ou mais áreas de perda de campo focal paracentral, que progridem para escotomas arqueados. A forma do defeito corresponde ao arranjo anatômico dos axônios das células ganglionares (Fig. 40.28).

No que concerne à localização das lesões na retina central, os déficits na visão de um olho são geralmente atribuíveis à lesão do nervo óptico. As lesões do quiasma óptico, envolvendo fibras nervosas cruzadas, produzem uma perda de campo bilateral como exemplificado por um adenoma hipofisial (Fig. 40.33). O tumor expande-se para cima a partir da fossa hipofisial, comprimindo a linha mediana inferior do quiasma óptico, e subsequentemente produz hemianopsia bitemporal, começando com uma perda precoce nos quadrantes temporais superiores. Defeitos do campo nos raros casos de lesões do trato óptico são distintivos. O trato contém projeções retinianas nasais contralaterais e temporais ipsilaterais e os danos podem vir a causar uma perda de campo homônima contralateral com substancial incongruência (defeitos desiguais nos dois campos). A incongruência provavelmente resulta de um atraso em alcançar coincidência entre projeções topográficas retinianas das duas entradas da via visual, pois projeções contíguas ajustam a sua localização, atingindo coincidência gradualmente. Além disso, provavelmente reflete a reorganização das fibras que ocorre normalmente nos tratos ópticos, pois algumas fibras saem do trato no braço superior e outras progridem para o núcleo geniculado lateral. A incongruência é mais notória nos defeitos do trato óptico, menos óbvia nos defeitos de radiação óptica e em geral é ausente em defeitos de campo corticalmente induzidos, proporcionando assim um indício adicional na avaliação da localização da causa.

As lesões da radiação óptica são normalmente unilaterais e comumente de origem vascular. Defeitos de campo, por conseguinte, desenvolvem-se abruptamente, ao contrário da lenta progressão de defeitos associados a tumores, e a consequente perda de hemicampo segue a regra geral de que defeitos do campo visual centrais ao quiasma estão no lado oposto da lesão. Pouca ou nenhuma incongruência é observada nas lesões corticais visuais, mas elas comumente apresentam o fenômeno de poupar a mácula lútea, sendo que o campo central de 5-10° é mantido em um defeito hemianópico em outros aspectos.

REFERÊNCIAS

Boote C, Dennis S, Huang YF, Quantock AJ, Meek KM 2005 Lamellar orientation in human cornea in relation to mechanical properties. J Struct Biol 149: 1–6.

Bowmaker JK, Parry JWL, Mollon JD 2003 The arrangement of L and M cones in human and a primate retina. In: Mollon JD, Pokorny J, Knoblauch K (eds) Normal and Defective Colour Vision. Oxford: Oxford University Press.

Curcio CA, Allen KA 1990 Topography of ganglion cells in human retina. J Comp Neurol 300: 5–25.

Curcio CA, Sloan KR, Kalina RE, Henrickson AE 1990 Human photoreceptor topography. J Comp Neurol 292: 497–523.

Curcio CA, Allen KA, Sloan KR, Lerea CL, Hurley JB, Klock IB, Milam AH 1991 Distribution and morphology of human cone photoreceptors stained with anti-blue opsin. J Comp Neurol 312: 610–24.

Dacey DM, Liao H-S, Peterson BB, Robinson FR, Smith WC, Pokorny J, Yau K-W, Gamlin PD 2005 Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN. Nature 433: 749–54.

Gastinger MJ, Tian N, Horvath T, Marshak D 2006 Retinopetal axons in mammals: emphasis on histamine and serotonin. Curr Eye Res 31: 655–67.

Hofer H, Carroll J, Neitz J, Neitz M, Williams DR 2005 Organization of the human trichromatic cone mosaic. J Neurosci 25: 9669–79.

Kolb H, Linberg KA, Fisher SK 1992 Neurons of the human retina – a Golgi study. J Comp Neurol 318: 147–87.

Repérant J, Ward R, Miceli D, Rio JP, Médina M, Kenigfest NB, Vesselkin NP 2006 The centrifugal visual system of vertebrates: a comparative analysis of its functional anatomical organization. Brain Res Rev 52: 1–57.

Strauus O 2005 The retinal pigment epithelium in visual function. Phys Rev 85: 845–81.

Wässle H. 2004 Parallel processing in the mammalian retina. Nature Rev Neurosci 5: 1–11.

Watson PG, Young RD 2004 Scleral structure; organisation and disease. A review. Exp Eye Res 278: 609–23.

Zhang HR 1994 Scanning electron-microscopic study of corrosion casts on retinal and choroidal angioarchitecture in man and animals. Prog Retinal Eye Res 13: 243–70.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 41

Desenvolvimento do olho

O desenvolvimento do olho envolve uma série de interações indutivas entre tecidos circunvizinhos na cabeça embrionária. Estes são a neuroectoderme do prosencéfalo (que forma a retina sensorial e as estruturas pigmentadas acessórias), a ectoderme superficial (que forma a lente e o epitélio corneano) e o mesênquima da crista neural intermediário (que contribui para os revestimentos fibrosos dos olhos e para os tecidos do segmento anterior do olho). Um amplo domínio anterior da neuroectoderme caracterizada pela ativação de vários reguladores transcricionais que contêm homeobox, como *PAX6, RX, SIX3 e OTX2*, desenvolve o potencial para formar as vesículas ópticas. Interações subsequentes entre o mesênquima e a neuroectoderme que envolvem expressão da proteína secretada SHH na linha média subdividem esta região do campo ocular em domínios bilaterais nos futuros locais dos olhos (Chow & Lang, 2001). A perda da função de SHH causa holoprosencefalia e uma série de malformações que podem incluir a ciclopia. O processo paralelo de determinação da lente parece depender de um breve período de influência indutiva que se propaga através da ectoderme superficial a partir da placa neural rostral e produz uma área formadora da lente da cabeça. As interações recíprocas que são necessárias para o desenvolvimento completo de ambos os tecidos ocorrem à medida que a vesícula óptica forma-se e entra em contato com o potencial ectoderme da lente (Saha *et al*., 1992). O tecido vascular do olho em desenvolvimento pode formar-se por angiogênese local ou vasculogênese de mesênquima angiogenético. (Explicações sobre o desenvolvimento do olho são fornecidas em O'Rahilly, 1966 e 1983.)

COMPONENTES EMBRIONÁRIOS DO OLHO

O primeiro sinal morfológico de desenvolvimento do olho é um espessamento das pregas neurais diencefálicas aos 29 dias após a ovulação, quando o embrião tem sete a oito somitos. Este primórdio óptico (campo do olho) estende-se em ambos os lados da placa neural e cruza a linha média no primórdio quiasmático. Uma ligeira indentação transversal, o sulco óptico, aparece na superfície interna do primórdio óptico de cada lado do encéfalo. Durante o período em que o neuroporo rostral se fecha, em cerca de 30 dias (estádio 11), as paredes do diencéfalo 1 (Fig. 24.2) começam a evaginar no sulco óptico e projetam-se lateralmente em direção à ectoderme superficial, de modo que, com 32 dias, as vesículas ópticas estão formadas. Falha da especificação e desenvolvimento da vesícula óptica está associada à mutação de vários genes reguladores transcricionais expressos no campo ocular e leva à anoftalmia (ausência do olho) (Graw, 2003). A luz de cada vesícula óptica é contínua com aquela do neurômero diencefálico 1; a vesícula é cercada por uma bainha de células mesenquimais derivadas do mesênquima da cabeça e da crista neural. Com 31 dias, a diferenciação regional é evidente em cada um dos tecidos de origem do olho. A vesícula óptica está visivelmente diferenciada em suas três partes principais: na junção com o diencéfalo, uma região de paredes espessas marca a futura haste óptica; lateralmente, o tecido que se tornará a retina sensorial (neural) forma um disco plano de epitélio espesso em estreito contato com a ectoderme superficial; a parte de paredes finas, que se situa entre essas regiões e mais tarde irá formar a camada pigmentada da retina (epitélio pigmentado da retina). A área da ectoderme superficial que está intimamente justaposta à vesícula óptica distal e forma o placoide da lente e a bainha mesenquimal da vesícula começa a mostrar sinais de angiogênese. Entre 33 e 35 dias após a ovulação, o placoide da lente e a vesícula óptica, em resposta a interações de sinalização indutiva que envolvem fatores de crescimento fibroblástico (FCF) entre esses dois tecidos (Chow & Lang, 2001), passam por morfogênese coordenada. O placoide da lente invagina e forma uma depressão que se destaca da ectoderme superficial para formar a vesícula da lente (Fig. 41.1). A ectoderme superficial reforma uma camada contínua, que se tornará o epitélio corneano. A parte lateral da vesícula óptica invagina e forma um cálice: a camada interna (que faz face à vesícula da lente) irá se tornar a retina sensorial (neural), e a camada externa, influenciada por sinais provenientes do mesênquima extraocular circundante, torna-se o epitélio pigmentar da retina. Como resultado desses movimentos de dobra, o que eram as superfícies apicais (luminais) das duas camadas do cálice agora ficam face a face através de uma luz muito reduzida, o espaço intrarretinal. A camada pigmentada torna-se anexa à bainha mesenquimal, mas a junção entre as camadas pigmentada e sensorial é menos firme, e é o local de deslocamento patológico da retina. As duas camadas são contínuas nos lábios do cálice (Fig. 41.2). A parte estreita da vesícula óptica entre a base do cálice e o encéfalo forma a haste óptica. Assim como a invaginação da parte lateral da vesícula óptica, a superfície ventral da vesícula e a parte distal da haste invaginam de forma semelhante e formam um sulco largo, a fissura coroide (óptica), através da qual o mesênquima e a artéria hialoide estendem-se. Essas dobras envolvem crescimento diferencial, movimento de células e níveis de proliferação na camada neuroepitelial interna. À medida que o crescimento prossegue, a fissura fecha-se e a artéria é incluída na parte distal da haste. O processo de fusão é caracterizado por apoptose nas margens da fissura. A falha no fechamento da fissura óptica é uma anomalia rara acompanhada por uma deficiência correspondente na coroide e na íris (coloboma congênito) e é frequentemente associada à microftalmia (olhos pequenos). O crescimento reduzido do cálice óptico causado por uma mutação do gene homeobox *CHX10*, que é importante para a especificação e para o crescimento da retina neural, é uma causa conhecida de microftalmia (Graw, 2003).

DIFERENCIAÇÃO DOS COMPONENTES FUNCIONAIS DO OLHO

Os desenvolvimentos descritos anteriormente trazem os componentes embrionários do olho para as relações espaciais necessárias para a passagem, focalização e sensibilidade à luz. A próxima fase de desenvolvimento envolve ainda a padronização e a diferenciação fenotípica, a fim de desenvolver as estruturas especializadas do órgão adulto.

O cálice óptico torna-se modelado, a partir da base até a margem, em regiões com funções distintas. Vários fatores secretados, como proteínas morfogenéticas ósseas (BMP), ácido retinóico e SHH e reguladores transcricionais, que incluem *PAX6* e *PAX2*, são importantes para especificar cada região (Chow & Lang, 2001). A camada externa do cálice óptico permanece como uma fina camada de células que começam a adquirir melanossomos pigmentados e formar o epitélio pigmentar da retina por volta de 36 dias. Em um processo paralelo, que começa antes da invaginação, as células da camada interna do cálice proliferam e formam um neuroepitélio pseudoestratificado, a futura retina neural, sobre a base e nos lados do cálice. A região periférica ao redor dos lábios do cálice diferenciar-se-á em componentes da futura íris na margem e no corpo ciliar um pouco mais posterior e adjacente à retina neural (Fig. 41.2). O desenvolvimento deste modelo reflete-se nas diferenças regionais na expressão de vários genes que codificam reguladores transcricionais e que, portanto, apresentam probabilidade de desempenhar papéis importantes no controle e na coordenação do desenvolvimento. Conjuntos distintos de genes são expressos antes e durante a evidente diferenciação do tipo celular. Por exemplo, *PAX6* é expresso nas precursoras regiões ciliar e da íris do cálice óptico: indivíduos heterozigotos para mutações no *PAX6* não possuem íris (aniridia), o que sugere um papel causal para esse gene no desenvolvimento da íris. Os genes expressos nos olhos também são frequentemente ativos em uma variedade de outros locais específicos do embrião, o que pode, em parte, ser responsável pelo coenvolvimento do olho e outros órgãos em síndromes que resultam de lesões genéticas únicas; por exemplo, mutação de *PAX2* provoca coloboma e defeitos renais, o que reflete os locais de expressão do gene (Graw, 2003).

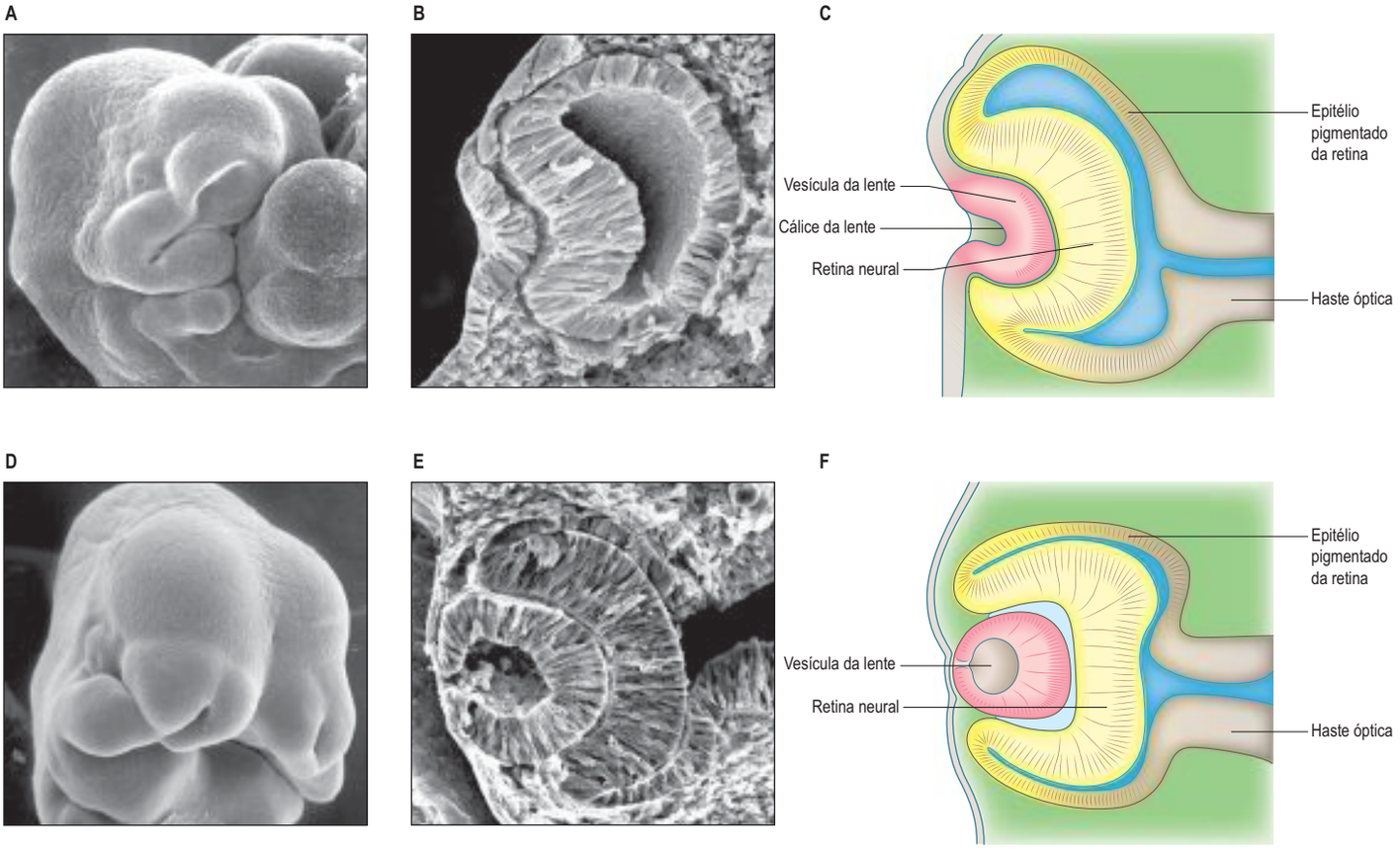


Fig. 41.1 Desenvolvimento e morfogênese da vesícula óptica. (A, B, D, E Por cortesia de Kathleen Sulik PhD, Professor, University of North Carolina.)

Desenvolvimento da retina neural

O desenvolvimento da retina neural consiste em uma zona nuclear externa, que contém células progenitoras retinianas neuroepiteliais em divisão, e uma zona marginal interna, inicialmente desprovida de núcleos. Por volta de 37 dias, as células da zona nuclear invadem a zona marginal e, por volta do estádio 18 (44 dias), o estrato nervoso da retina está constituído pelas camadas neuroblásticas internas e externas. As análises da linhagem celular demonstraram que os sete tipos de células da retina são todos derivados de uma célula progenitora multipotencial comum da retina. Diferentes tipos de células da retina nascem (cessam a divisão) em uma sequência definida durante o desenvolvimento: as células ganglionares, as células amácrinas, os fotorreceptores cones e as células horizontais desenvolvem-se precocemente, enquanto as células bipolares, os fotorreceptores bastonetes e as células gliais de Müller desenvolvem-se posteriormente (Cepko *et al.*, 1996). Células recém-nascidas migram da superfície apical (ventricular) para a camada de células apropriada na retina em desenvolvimento e estabelecem sua estrutura laminar típica. A camada de célula ganglionar em desenvolvimento separa-se primeiro das camadas neuroblásticas por meio da formação da camada plexiforme interna. A camada nuclear interna, que contém células amácrinas, horizontais, bipolares e gliais de Müller em desenvolvimento, em seguida separa-se da camada nuclear externa, que contém os fotorreceptores bastonetes e cones em desenvolvimento, por meio da formação da camada plexiforme externa. Os neurônios da retina maduros primeiramente aparecem na parte central da retina. Por volta do oitavo mês todas as camadas nomeadas da retina podem ser identificadas. No entanto, as células fotorreceptoras continuam sua diferenciação após o nascimento, o que gera uma gama de resolução e sensibilidade crescentes; a mácula lútea não atinge a maturidade até 15-45 meses após o nascimento (Hendrickson & Yuodelis, 1984).

A diferenciação divergente das camadas pigmentadas e sensoriais da retina, a partir do neuroepitélio da vesícula óptica inicialmente bipotencial, depende de interações mediadas por moléculas difundíveis, derivadas de tecidos adjacentes. A ativação de genes reguladores específicos de cada região, por exemplo *CHX10* na precursora retina neural e *MITF* no precursor epitélio pigmentado, é um aspecto importante para se estabelecer a identidade regional do cálice óptico e a subsequente maturação desses respectivos tecidos. Os fatores solúveis da retina produzem a distribuição polarizada das proteínas da membrana plasmática e a formação de junções de oclusão no epitélio pigmentado. A diferenciação da retina neural é mediada por diversos fatores de crescimento, como os fatores de crescimento do fibroblasto, SHH e ácido retinoico. Os genes reguladores transcricionais pró-neurais básicos hélice-alça-hélice também desempenham um papel central na regulação do destino da célula da retina. No entanto, o epitélio pigmentado inicialmente mantém o potencial para tornar-se retina neural e irá fazê-lo caso a retina embrionária seja ferida, o que demonstra a plasticidade do comprometimento inicial do destino do epitélio pigmentar ou da retina neural.

Nervo óptico

O nervo óptico desenvolve-se a partir da haste óptica. O centro do cálice óptico, onde a fissura óptica é mais profunda, posteriormente formará o disco óptico, onde a retina neural é contínua com a camada celular invaginada correspondente da haste óptica: os axônios em desenvolvimento das células ganglionares, portanto, passam diretamente para a parede da haste e convertem-no em nervo óptico. A mielinização dos axônios no interior do nervo óptico começa logo antes do nascimento, mas o processo não estará concluído até algum tempo depois. O quiasma óptico é formado pelo encontro e decussação parcial dos axônios dentro dos dois nervos ópticos na parte ventral da lâmina terminal (na junção do telencéfalo com o diencéfalo no assoalho do terceiro ventrículo). Para além do quiasma, os axônios continuam como tratos ópticos e passam principalmente para os corpos geniculados laterais e para o teto superior do mesencéfalo.

Corpo ciliar

O corpo ciliar é uma estrutura composta. Seus componentes epiteliais são a região da camada interna da retina entre a íris e a retina neural e a camada externa adjacente do epitélio pigmentado. As células aqui diferenciam em estreita associação com o mesênquima circundante e formam pregas altamente vascularizadas que secretam líquido aquoso no globo ocular. O epitélio ciliar também mantém uma população de células com propriedades de células progenitoras embrionárias da retina (células-

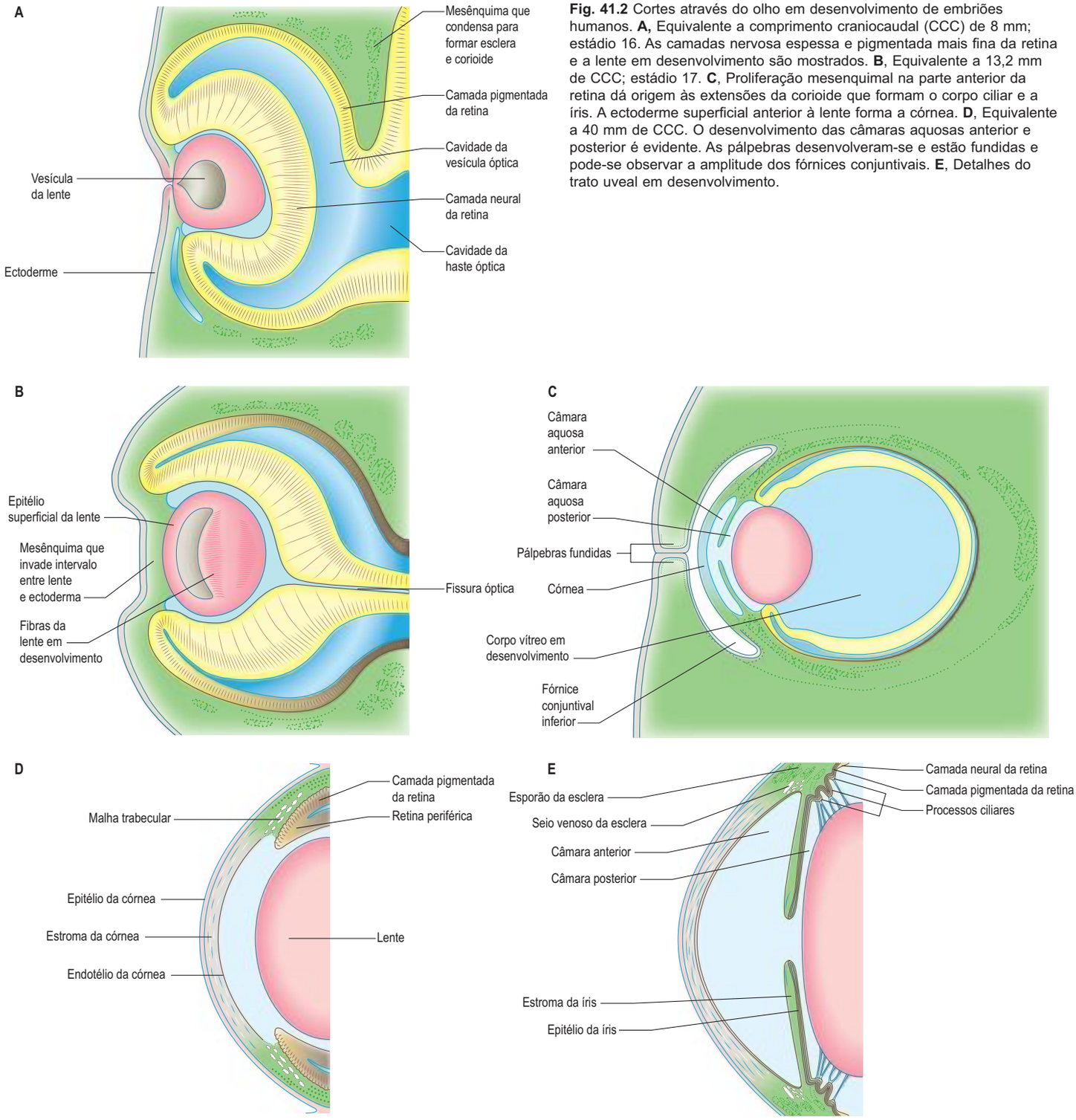


Fig. 41.2 Cortes através do olho em desenvolvimento de embriões humanos. **A,** Equivalente a comprimento craniocaudal (CCC) de 8 mm; estádio 16. As camadas nervosa espessa e pigmentada mais fina da retina e a lente em desenvolvimento são mostrados. **B**, Equivalente a 13,2 mm de CCC; estádio 17. **C**, Proliferação mesenquimal na parte anterior da retina dá origem às extensões da corioide que formam o corpo ciliar e a íris. A ectoderme superficial anterior à lente forma a córnea. **D**, Equivalente a 40 mm de CCC. O desenvolvimento das câmaras aquosas anterior e posterior é evidente. As pálpebras desenvolveram-se e estão fundidas e pode-se observar a amplitude dos fórnices conjuntivais. **E**, Detalhes do trato uveal em desenvolvimento.

tronco da retina) que, mesmo na idade adulta, podem ser induzidas a formar novos neurônios.

A superfície interna do corpo ciliar forma o local de fixação da lente. A camada externa está associada ao músculo liso derivado de células mesenquimais na corioide que se localizam entre a condensação escleral anterior e o epitélio pigmentado ciliar.

Íris

A íris desenvolve-se a partir da ponta do cálice óptico onde as duas camadas neuroepiteliais permanecem finas e estão associadas ao tecido conjuntivo muscular vascularizado. Os músculos esfíncter e dilatador da pupila são incomuns, pois são de origem neuroectodérmica e desenvolvem-se como resultado do crescimento e da diferenciação adicionais das duas camadas do cálice óptico. As células mesenquimais, compostas em grande parte de células da crista neural que migraram para a região anterior à lente, formam o estroma da íris rico em colágeno; elas sobrepõem-se ao epitélio pigmentado da íris, que é contínuo com o corpo ciliar e a retina neural e é de origem neuroectodérmica. A cor madura da íris desenvolve-se após o nascimento e é dependente das contribuições feitas pelo epitélio pigmentado na superfície posterior da íris e por melanócitos derivados da crista neural no estroma mesenquimal da íris. Se houver presença apenas de pigmento epitelial, o olho parece azul, enquanto se houver uma contribuição adicional dos melanócitos, o olho parece castanho.

Lente

A lente desenvolve-se a partir da vesícula da lente (Figs. 41.1F, 41.2A). Inicialmente, esta é uma bola de epitélio ativamente proliferativo, mas por volta do estádio 16, há uma clara diferença entre o epitélio anterior fino (ou seja, com a face voltada para fora) e o epitélio posterior espessado. As células da parede posterior alongam-se e preenchem a vesícula (Fig. 41.2B, C), diminuindo a cavidade original para uma fenda, por volta de 44 dias. As células posteriores tornam-se preenchidas com uma elevada

concentração de proteínas (cristalinas) que as tornam transparentes; elas também se tornam densamente concentradas no interior da lente como fibras primárias da lente. As células da região equatorial da lente alongam-se e contribuem com as fibras secundárias da lente para o corpo da lente, em um processo que continua na vida adulta, sustentado pela proliferação de células no epitélio anterior. A polaridade e o crescimento da lente parecem depender da distribuição diferencial de fatores solúveis, que promovem a divisão celular ou a diferenciação de fibras da lente e estão presentes na câmara anterior e no humor vítreo. A catarata congênita pode estar associada a mutações em genes que codificam proteínas estruturais da lente, especialmente as proteínas cristalinas, bem como genes que codificam fatores reguladores transcricionais expressos especificamente na lente, como o *MAF* e *PITX3*, que são necessários para o desenvolvimento normal da lente e que também influenciam o crescimento normal do globo ocular (Graw, 2003).

O desenvolvimento da lente encontra-se circundado por uma condensação vascular mesenquimal, a túnica vascular, e a sua parte anterior é chamada de membrana pupilar. A parte posterior da túnica é suprida por ramos da artéria hialóidea e a parte anterior é suprida por ramos das artérias ciliares anteriores. Durante o quarto mês, a artéria hialóidea dá origem aos ramos da retina. No sexto mês, todos os vasos já atrofiaram, exceto a artéria hialóidea, que se torna ocluída durante o oitavo mês de vida intrauterina, embora a sua parte proximal persista no adulto como a artéria central da retina. A atrofia da vasculatura hialóidea e da membrana pupilar parece ser um processo ativo de remodelação tecidual programada que é dependente de macrófagos: o comprometimento da visão ocorre no vítreo primário hiperplásico persistente, uma condição que ocorre quando a regressão normal da vasculatura hialóidea falha. O canal hialóideo, que leva os vasos através do vítreo, persiste após os vasos tornaram-se ocluídos. Na criança recém-nascida, estende-se mais ou menos horizontalmente a partir do disco óptico até a face posterior da lente, mas quando o olho adulto é examinado com uma lâmpada de fenda pode-se observar que segue um curso ondulante, curvando-se para baixo à medida que passa para a frente em direção à lente. Com a perda dos seus vasos sanguíneos, a túnica vascular desaparece e a lente torna-se dependente, para a sua nutrição, da difusão através dos humores aquoso e vítreo. A lente permanece envolvida pela cápsula da lente, uma lâmina basal espessada derivada do epitélio da lente. Às vezes, a membrana pupilar persiste ao nascimento, o que dá origem à atresia congênita da pupila.

Corpo vítreo

O corpo vítreo desenvolve-se entre a lente e o cálice óptico como um gel avascular, transparente, de substância extracelular. A derivação exata do vítreo permanece controversa. O rudimento da lente e a vesícula óptica primeiramente entram em contato, mas separam-se após o fechamento da vesícula da lente e a formação do cálice óptico, e permanecem conectados por uma rede de processos citoplasmáticos delicados. Essa rede, derivada em parte de células da lente e, em parte, daquelas da retina, é o corpo vítreo primitivo. Primeiramente, esses processos citoplasmáticos estão conectados ao conjunto da área neurorretinal do cálice, porém mais tarde tornam-se restritos à região ciliar, onde, por um processo de condensação, formam a base dos ligamentos suspensores (fibras zonulares) da zônula ciliar. O mesênquima vascular que entra no cálice através da fissura corióidea e ao redor do equador da lente associa-se localmente a este tecido reticular e, portanto, contribui para a formação do corpo vítreo.

Segmento anterior

Células mesenquimais de origem da crista neural migram anteriormente ao redor do cálice óptico e entre a ectoderme superficial e a lente, contribuindo para o desenvolvimento das estruturas do segmento anterior, como o corpo ciliar, a íris, a córnea e os tecidos do ângulo iridocorneal (Fig. 41.2C-E) (Gould *et al.*, 2004). A câmara anterior aparece inicialmente como uma fenda neste tecido mesenquimal. O mesênquima superficial à fenda forma o estroma (substância própria) e o endotélio da córnea, e aquele sob a fenda forma o estroma da íris e da membrana pupilar. Tangencialmente, esta primeira fenda estende-se até o ângulo iridocorneal, onde as comunicações são estabelecidas com o seio venoso da esclera (canal de Schlemm). Células mesenquimais originárias da crista neural, localizadas no ângulo da câmara anterior, diferenciam-se e formam uma malha especializada de feixes trabeculares (fibrilas de colágeno cobertas por células): os espaços abertos da malha tornam-se abertos para a câmara anterior à medida que os feixes desenvolvem-se. O seio venoso da esclera (canal de Schlemm) desenvolve-se sob a malha trabecular e é derivado do mesênquima mesodérmico. Inicialmente uma estrutura vascular revestida por células endoteliais, o canal funciona como um seio aquoso a partir do quinto mês de gestação. A margem do cálice óptico, que se desenvolve para anterior, diferencia-se no epitélio ciliar e na íris; a câmara posterior é formada entre a íris, a cápsula da lente e as fibras zonulares suspensoras e os processos ciliares. Os processos ciliares produzem o humor aquoso que circula através da pupila e é drenado no ângulo iridocorneal, principalmente pela malha trabecular e pelo seio venoso da esclera. Desta forma, as paredes das câmaras anterior e posterior fornecem tanto os locais de produção quanto os canais de circulação e de reabsorção de humor aquoso. Os genes reguladores transcricionais *FOXC1* e *PITX2* são expressos em células da crista neural que migram para o precursor do segmento anterior e regulam a diferenciação dos tecidos deste segmento. A disgenesia do segmento anterior que envolve a malformação da íris, da córnea e do ângulo ocorre quando esses genes sofrem mutação (p. ex., síndrome de Axenfeld-Rieger) e está frequentemente associada a um aumento da pressão intraocular e glaucoma (Gould *et al.*, 2004).

Córnea

A córnea é induzida na frente da câmara anterior pela lente e pelo cálice óptico. O epitélio da córnea é formado a partir da ectoderme superficial e o endotélio primordial da córnea, que reveste a frente da câmara anterior é formado a partir de células mesenquimais derivadas da crista neural (Fig. 41.2D, E). Células mesenquimais migram entre essas camadas e diferenciam-se formando fibroblastos e queratócitos que secretam a matriz extracelular do estroma corneano. Uma série regular de fibras de colágeno (lamelas) é estabelecida entre essas duas camadas e serve para reduzir a dispersão de luz que entra no olho. A região mais anterior do estroma (camada de Bowman) desenvolve-se como uma zona acelular concentrada com fibrilas de colágeno que conferem resistência à camada. A partir do terceiro mês, o endotélio é organizado como uma monocamada de células e desenvolve uma lâmina basal laminada forte (membrana de Descemet) adjacente ao estroma. O endotélio mantém a transparência corneana ao regular o teor de água do estroma.

Corioide e esclera

A corioide e a esclera diferenciam-se como camadas vascular interna e fibrosa externa do mesênquima que circunda o cálice óptico: a corioide é contínua com a bainha leptomeníngea interna do nervo óptico e a esclera é contínua com a bainha dural externa do nervo óptico. Os vasos sanguíneos da corioide desenvolvem-se a partir da 15ª semana e incluem a vascularização do corpo ciliar.

DIFERENCIAÇÃO DE ESTRUTURAS AO REDOR DO OLHO

Músculos extraoculares

Os músculos oculares extrínsecos são derivados do mesênquima pré-cordal que ingressa no nó primitivo no início do desenvolvimento. As células pré-cordais localizam-se na ponta rostral do processo notocordal (Fig. 12.4); elas continuam mesenquimais após o processo notocordal tornar-se epitelial e ganham uma lâmina basal. O mesênquima pré-cordal migra lateralmente para o mesênquima paraxial. Embora esta seja uma origem singular para o músculo, as propriedades miogênicas precoces dessas células foram demonstradas experimentalmente; caso transplantadas para os germes do limbo, as células são capazes de desenvolverem-se em tecido muscular (Wachtler & Jacob, 1986).

Embriões na fase inicial desenvolvem cavidades bilaterais pré-mandibulares, intermediárias e caudais na cabeça (descritos anteriormente como somitos pré-ópticos). As paredes das cavidades pré-mandibulares são revestidas por células chatas ou cilíndricas que não apresentam as características de um epitélio germinal. À medida que o nervo oculomotor cresce inferiormente até o nível da cavidade da cabeça, uma condensação de células pré-musculares aparece em seu lado ventrolateral e depois se subdivide em blastemas dos músculos que o nervo irá suprir. Eventos semelhantes ocorrem na cavidade intermediária da cabeça (nervo troclear e músculo oblíquo superior) e na cavidade da cabeça caudal (nervo abducente e músculo reto lateral) (Figs. 12.4 e 35.7).

Pálpebra

As pálpebras são formadas como pequenas pregas cutâneas da ectoderme superficial com um núcleo de mesênquima da crista neural (Fig. 41.2C). Durante a metade do terceiro mês, suas margens reúnem-se e unem-se sobre a córnea e encerram o saco conjuntival; elas geralmente permanecem unidas até por volta do final do sexto mês. Quando as pálpebras abrem-se, a conjuntiva que reveste suas superfícies internas e cobre a região branca (esclera) do olho funde-se ao epitélio da córnea. O fator de crescimento transformante alfa (TGF-α) e vários outros fatores de crescimento regulam as interações mesênquima-epitélio e a migração de células, que são necessárias para a formação da pálpebra; acredita-se que a quera-

tinização desempenhe um papel importante na separação das pálpebras. Os cílios e as glândulas palpebrais, ou seja, glândulas sebáceas associadas aos cílios e glândulas tarsais (meibomianas) desenvolvem-se a partir da ectoderme, assim como as glândulas lacrimais e lacrimais acessórias. O músculo orbicular do olho, que fecha as pálpebras, desenvolve-se em cada lado a partir dos mioblastos esqueléticos que invadem as pálpebras a partir do segundo arco faríngeo. Os músculos que aumentam a fissura palpebral desenvolvem-se dentro da órbita a partir de células mesenquimais: os músculos tarsais superior e inferior são músculos lisos, enquanto o m. levantador da pálpebra superior é um músculo estriado que está inserido em cada pálpebra superior por um tendão derivado da crista neural.

Aparelho lacrimal

O epitélio ectodérmico do fórnice conjuntival superior prolifera e dá origem a uma série de botões tubulares que formam os alvéolos e ductos da glândula lacrimal. Esses botões estão organizados em dois grupos: um forma a glândula própria e o outro forma seu processo palpebral (de la Cuadra-Blanco *et al.*, 2003). O saco lacrimal e o ducto lacrimonasal são derivados do ectoderme no sulco nasomaxilar (entre o processo nasal lateral e o processo maxilar da face em desenvolvimento). O ectoderme torna-se espesso para formar um cordão sólido de células, a crista lacrimonasal, que subsequentemente afunda no mesênquima e torna-se canalizada durante o terceiro mês para formar o ducto lacrimonasal. Os canalículos lacrimais surgem a partir da extremidade craniana do cordão como botões que estabelecem aberturas (pontos lacrimais) sobre as margens das pálpebras. O canalículo inferior isola uma pequena parte da pálpebra inferior para formar a carúncula lacrimal e a prega semilunar.

REFERÊNCIAS

Bharti K, Nguyen MT, Skuntz S, Bertuzzi S, Arnheiter H 2006 The other pigment cell: specification and development of the pigmented epithelium of the vertebrate eye. Pigment Cell Res 19: 390–94.

Cepko CL, Austin CP, Yang X, Alexiades M, Ezzeddine D 1996 Cell fate determination in the vertebrate retina. Proc Natl Acad Sci USA 93: 589–95.

Chow RL, Lang RA 2001 Early eye development in vertebrates. Annu Rev Cell Dev Biol 17: 255–96.

de la Cuadra-Blanco C, Peces-Peña MD, Mérida-Velasco JR 2003 Morphogenesis of the human lacrimal gland. J Anat 203: 531–6.

Gould DB, Smith RS, John SW 2004 Anterior segment development relevant to glaucoma. Int J Dev Biol 48: 1015–29.

Graw J 2003 The genetic and molecular basis of congenital eye defects. Nat Rev Genet 4:876–88.

Hendrickson AE, Yuodelis C 1984 The morphological development of the human fovea. Ophthalmology 91: 603–12.

O'Rahilly R 1966 The early development of the eye in staged human embryos. Contrib Embryol Carnegie Inst 38: 1.

O'Rahilly R 1983 The timing and sequence of events in the development of the human eye and ear during the embryonic period proper. Anat Embryol 168: 87–99.

Saha MS, Servetnick M, Grainger RM 1992 Vertebrate eye development. Curr Opin Genet Dev 2: 582–8.
Revisa as interações envolvidas no desenvolvimento do olho e discute genes responsáveis pelo desenvolvimento do olho.

Wachtler F, Jacob M 1986 Origin and development of the cranial skeletal muscles. Bibl Anat 29: 24–46.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

SEÇÃO
5

O DORSO

42 O dorso 707
Pele 707
Camadas fasciais 708
Ossos 710
Osso occipital 710
Coluna vertebral 711
Aspecto anterior 713
Aspecto lateral 713
Aspecto posterior 713
Curvaturas 713
Coluna vertebral nos idosos 714
Suprimento vascular e drenagem linfática 714
Inervação 715
Vértebras: características gerais 715
Canal vertebral 717
Forames intervertebrais 717
Vértebras cervicais 718
Vértebra cervical típica 718
C1, atlas 719
C2, áxis 720
C7, sétima vértebra cervical 721
Vértebras torácicas 721
Vértebras lombares 723
Sacro 724
Cóccix 728
Ligamentos da coluna vertebral 728
Articulações 730
Articulações intervertebrais 730
Articulações entre os corpos vertebrais 730
Articulações dos processos articulares (zigapofisárias) 731
Articulações craniovertebrais 733
Articulações atlanto-occipitais 733
Articulações atlanto-axiais 734
Variantes de articulações craniovertebrais 735
Junção lombossacra 735
Junção sacrococcígea 736
Articulações intercoccígeas 736
Músculos 736
Movimentos da coluna vertebral 743
Fatores envolvidos na estabilidade 744
Postura e ergonomia 745
Anatomia de superfície 745
Marcos ósseos 745
Marcos musculotendinosos 747
Exame clínico 747

43 Medula espinal e nervos espinais: anatomia macroscópica 749
Medula espinal posteriores 749
Raízes anteriores e posteriores 749
Meninges 751
Dura-máter 751
Aracnoide-máter 752
Pia-máter 752
Camada intermédia 752
Revestimentos e relações das raízes espinais e nervos espinais no canal radicular 752
Líquor 752
Nervos espinais 752
Raízes espinais e gânglios 754
Raízes (anteriores) 754
Raízes (posteriores) 754
Aparência e orientação das raízes em cada nível espinal 754
Gânglio sensitivo do nervo (LCS) 754
Nervo espinal propriamente dito 754
Nervos meníngeos 754
Componentes funcionais dos nervos espinais: componentes somáticos e viscerais 754
Variações das raízes e dos nervos espinais 755
Ramos dos nervos espinais 755
Ramos espinais dorsais cervicais 755
Ramos espinais dorsais torácicos 756
Ramos espinais dorsais lombares 756
Ramos espinais dorsais sacrais 756
Ramo espinal dorsal coccígeo 757
Suprimento vascular da medula espinal, raízes e nervos 757
Os efeitos da lesão 757
Procedimentos clínicos 760

44 Desenvolvimento do dorso 763
Segmentação do mesênquima paraxial 763
Somitogênese 764
Desenvolvimento dos esclerótomos 767
Discos intervertebrais 768
Desenvolvimento das vértebras 768
Junção occipitocervical 769
Terceira à sétima vértebras cervicais 770
Vértebras torácicas 770
Costelas 770
Vértebras lombares 770
Sacro 771
Espinha bífida 772
Encarceramento da medula e diastematomielia 772
Desenvolvimento dos dermomiótomos 772
Músculos epaxial: músculos dorsais do tronco 772
Músculos hipaxial: músculos ventrolaterais do tronco 772
Outras estruturas derivadas dos somitos 772

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
42

O dorso

Muitos transtornos clínicos do dorso se manifestam inicialmente por dores lombares inferiores, com ou sem dores associadas nos membros inferiores, de modo que historicamente se tem dado muita atenção à anatomia da região inferior (lombossacra) do dorso. Nesta seção, o termo "o dorso" incluirá todo o aspecto posterior do tronco e do pescoço. Essa região inteira tem grande importância clínica, mas sua anatomia tem sido frequentemente negligenciada. O conhecimento recente da topografia detalhada dos elementos ósseos e de tecidos moles da região inferior do dorso deve muito aos trabalhos de Bogduk (2005).

Os tecidos moles da parte posterior do tronco e do pescoço incluem a pele e o tecido adiposo subcutâneo, as camadas fasciais subjacentes e a musculatura. Os músculos profundos, "verdadeiros" ou epaxiais se situam em compartimentos em seu próprio "esqueleto" fascial. A estrutura óssea à qual os músculos e as fáscias se fixam inclui não apenas elementos do esqueleto axial, ou seja, a coluna vertebral e o occipício, como também elementos da cintura peitoral e pélvica, bem como as costelas. O occipício é descrito mais adiante, a escápula é descrita na página 793, as costelas na página 918 e a pelve na página 1352.

PELE

A pele da parte posterior do tronco é grossa e extremamente protetora, mas tem baixa sensação discriminativa. A fáscia superficial é espessa e cheia de tecido adiposo em muitas áreas do dorso. Sua fixação às camadas fasciais mais profundas é forte na linha média, especialmente no pescoço, mas se torna mais fraca mais lateralmente. A pele da parte posterior do pescoço é mais grossa que aquela da parte anterior do pescoço, porém mais fina que aquela da parte posterior do tronco. A quantidade, a textura e a distribuição dos pelos varia com o sexo, a raça e o indivíduo, embora tratos pilosos bem definidos já tenham sido delineados (Fig. 42.1).

As linhas de tensão da pele se dirigem horizontalmente nas regiões cervical e lombossacra, mas formam segmentos de dois círculos adjacentes na região torácica (Fig. 42.2).

INERVAÇÃO CUTÂNEA E DERMÁTOMOS

A pele da parte posterior do pescoço e do tronco é inervada pelos ramos dorsais (posteriores primários) dos nervos espinais (Fig. 43.6 e págs. 755-756, nas quais os ramos dorsais são vistos em detalhe). Nas regiões cervical e torácica superior (descendo até T6), a pele é suprida pelos ramos

Fig. 42.1 Tratos de pelos sobre a superfície dorsal do corpo. (Redesenhado com permissão de Wood Jones (ed) 1949 Buchanan's Manual of Anatomy, 8th edn. London: Baillière Tindall and Cox.)

Fig. 42.2 linhas de tensão cutânea sobre o dorso do tronco e da cabeça. (De Kraissi CL, Plast Reconstruct Surg 8:1-28, 1951. Reproduzido com permissão de Lippincott Williams and Wilkins.)

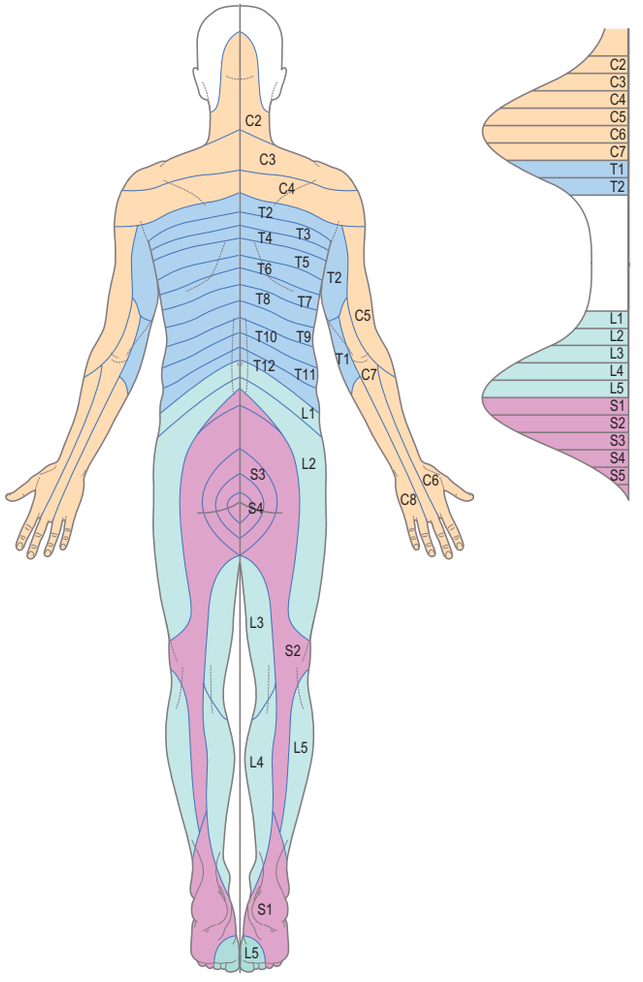
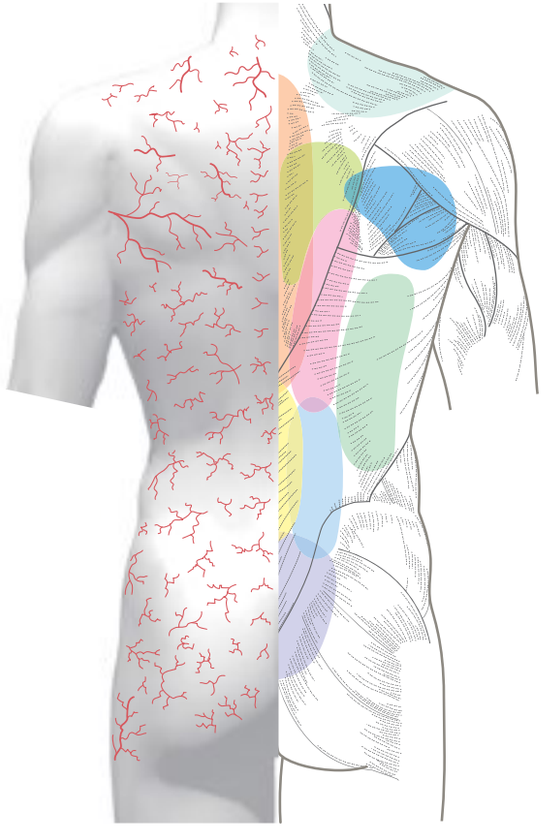


Fig. 42.3 Dermátomos sobre a superfície dorsal do corpo. O diagrama menor mostra o arranjo regular dos dermátomos nos membros superiores e inferiores do embrião. (Adaptado com permissão de Moffat DB 1993 Lecture Notes on Anatomy, 2nd edn. Oxford: Blackwell Scientific.)



Artérias intercostais – ramos cutâneos mediais dorsais
Artérias intercostais – ramos cutâneos laterais dorsais
Artérias lombares – ramos cutâneos mediais dorsais
Artérias lombares – ramos cutâneos laterais dorsais
Artérias sacrais
Artéria escapular circunflexa – ramos horizontal e paraescapular
Ramo profundo da artéria cervical transversa/artéria escapular dorsal
Ramo superficial da artéria cervical transversa/artéria cervical superficial
Perfurantes musculocutâneas através do latíssimo do dorso, originando-se das artérias intercostais e lombares

Fig. 42.4 Áreas de suprimento arterial cutâneo sobre o dorso do tronco. (Redesenhado com permissão de Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

mediais desses ramos, enquanto nas regiões torácica inferior, lombar e sacra ela é suprida pelos ramos laterais. A área total suprida por esses ramos dorsais é mostrada na Figura 43.6. Os nervos espinais envolvidos incluem C2 a C5, T2 a L3, S2 a S4 e Co1. O padrão dos seus dermátomos é mostrado na Figura 42.3. Há cerca de meio segmento de superposição entre essas "tiras" cutâneas: as tiras supridas pelos ramos dorsais não correspondem exatamente àquelas supridas pelos ramos ventrais e diferem tanto em largura como em posição.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DA PELE

A pele da parte posterior do tronco recebe seu suprimento sanguíneo arterial principalmente dos ramos musculocutâneos das artérias intercostal posterior, lombar e sacral lateral (Fig. 42.4), todas as quais acompanham os ramos cutâneos de seus respectivos ramos dorsais. Ademais, há também suprimento a partir dos pedículos vasculares dominantes dos músculos superficiais (extrínsecos) das costas. A pele sobre a escápula é suprida por ramos das artérias supraescapular, escapular dorsal e subescapular. A pele da parte posterior do pescoço é suprida principalmente pelas artérias occipital e cervical profunda. A artéria cervical superficial ou cervical transversa supre a pele da parte inferior posterior do pescoço (Cormack & Lamberty 1994, na Bibliografia).

As veias drenam a pele da parte posterior do pescoço para as tributárias das veias occipital e cervical profunda. A pele da parte posterior do tronco drena para o sistema ázigos, por meio de tributárias das veias intercostais posteriores e lombares.

A linfa da pele da parte posterior do pescoço drena para os linfonodos occipitais, cervicais profundos laterais e axilares (Fig. 42.5). A drenagem da parte posterior do tronco é para os linfonodos axilares posteriores (subescapulares) e para os linfonodos inguinais superficias.

CAMADAS FASCIAIS

As principais camadas fasciais das regiões axiais e paraxiais do tronco e do pescoço são a fáscia toracolombar, a fáscia cervical profunda e as partes pré-vertebral, endotorácica, retroperitoneal e posterior das fáscias pélvicas (essas quatro últimas camadas formam, coletivamente, o plano pré-vertebral contínuo). Outras estruturas importantes com componentes fasciais são o ligamento nucal e a aponeurose do eretor da espinha (mais adiante).

FÁSCIA TORACOLOMBAR

A fáscia toracolombar (lombodorsal) cobre os músculos profundos do dorso e do tronco. Acima ela passa anteriormente ao serrátil posterior superior e é contínua com a lâmina superficial da fáscia cervical profunda na parte posterior do pescoço. Na região torácica, a fáscia toracolombar proporciona uma fina cobertura fibrosa aos músculos extensores da coluna vertebral e os separa dos músculos que ligam a coluna vertebral à extremidade superior. Medialmente, ela se fixa às espinhas das vértebras torácicas e, lateralmente, aos ângulos das costelas. A fáscia toracolombar na região lombar está em três camadas (Figs. 42.6, 42.7, Fig. 62.1). A camada posterior se fixa às espinhas das vértebras lombares e sacrais e aos liga-

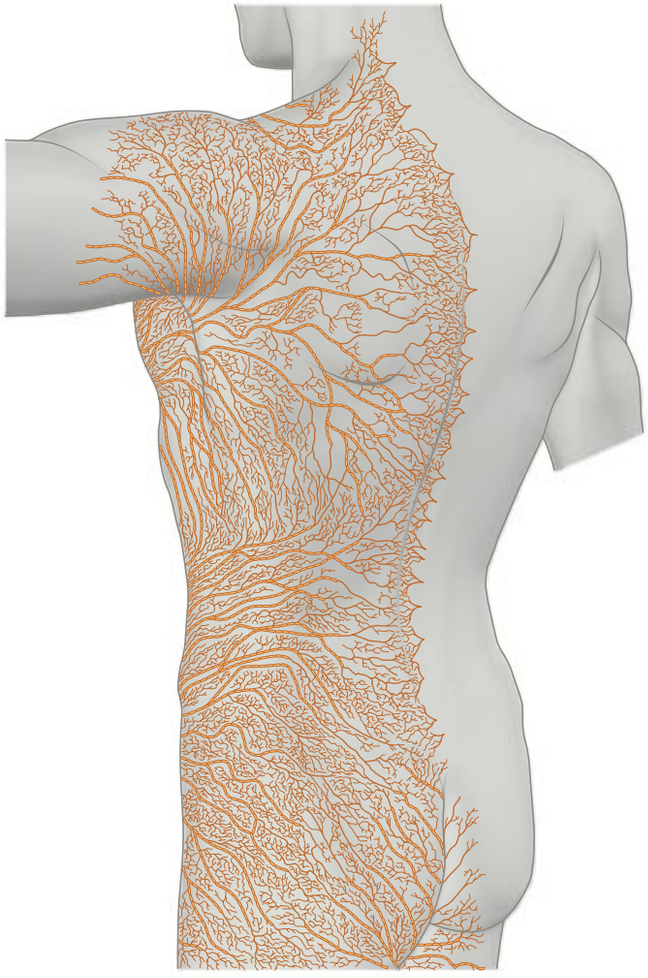


Fig. 42.5 Vasos linfáticos cutâneos no dorso do tronco. (Reproduzido com permissão de Romanes GJ (ed) 1964 Cunningham's Textbook of Anatomy, 10th edn. London: Oxford University Press.)

mentos supraespinais. A camada média se fixa medialmente às extremidades dos processos transversos e aos ligamentos intertransversários, inferiormente à crista ilíaca e superiormente à borda inferior da 12ª costela e ao ligamento lombocostal. A camada anterior cobre o quadrado lombar e se fixa medialmente às superfícies anteriores dos processos transversos lombares, por trás da parte lateral do psoas maior; inferiormente ela se fixa ao ligamento iliolombar e à parte adjacente da crista ilíaca; superiormente ela forma o ligamento arqueado lateral. As camadas posterior e média se unem para formar uma rafe grosseira na margem lateral dos eretores da espinha e na borda lateral do quadrado lombar; a camada anterior se une a elas para formar a origem aponeurótica do transverso abdominal. Nos planos sacrais a camada posterior se fixa à espinha ilíaca posterior superior e à crista ilíaca posterior e se funde à aponeurose subjacente dos eretores da espinha. Bogduk (2005) descreveu duas lâminas na camada posterior nos níveis lombares, com orientação variável das fibras de colágeno que a constituem relacionada à função biomecânica da fáscia. As camadas posterior e média da fáscia toracolombar e a coluna vertebral formam juntas um compartimento osteofascial que envolve o grupo de músculos eretores da espinha. As fixações da fáscia, especialmente aquelas que produzem a continuidade com a musculatura da parede abdominal, supostamente lhe conferem uma função importante no ato de levantar objetos pesados, embora ainda haja controvérsia quanto aos detalhes desse papel. A fáscia também pode ter uma função importante na transferência de carga entre o tronco e os membros: sua tensão é afetada pelas ações do latíssimo do dorso, do glúteo máximo e dos músculos da parte posterior da coxa. A síndrome do compartimento dos eretores da espinha pode ser uma das causas de dores na região inferior das costas.

FÁSCIA CERVICAL PROFUNDA

A camada de revestimento da fáscia cervical profunda forma a fáscia profunda do aspecto posterior do pescoço (Fig. 18.4). Ela se fixa na linha média à protuberância occipital, ao ligamento nucal e à espinha da sétima vértebra cervical, e se divide para envolver o trapézio de cada lado. Inferiormente, a parte posterior da camada de revestimento se fixa, juntamente com o trapézio, à espinha e ao acrômio da escápula.

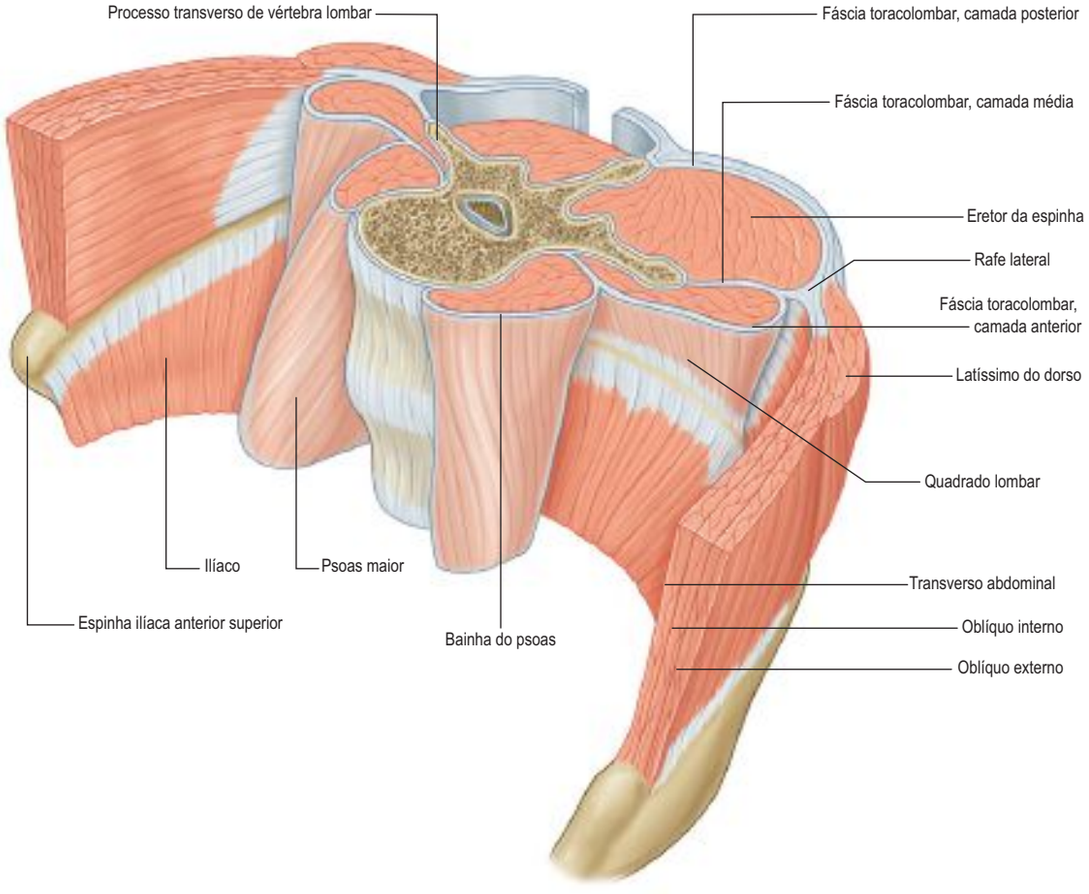


Fig. 42.6 Músculos e fáscias da parede abdominal posterior.

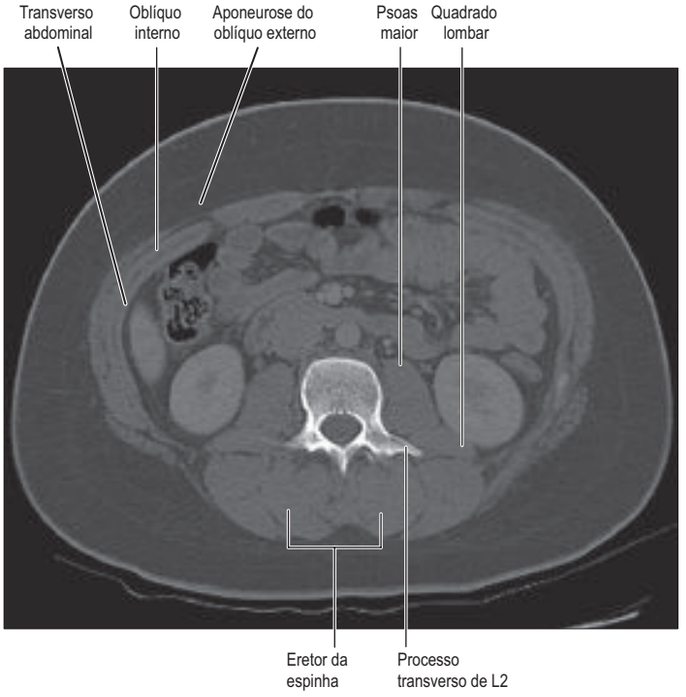


Fig. 42.7 Exame TC axial do abdome em mulher de 32 anos.

OSSOS

OSSO OCCIPITAL

O osso occipital constitui a maior parte do aspecto posterior e da base do crânio (Fig. 42.8). Ele é trapezoide, internamente côncavo e circunda o forame magno. Tem quatro partes: basilar (basiocipital), que é a parte quadrilátera em frente ao forame magno; escamosa, que é a lâmina expandida posterossuperiormente ao forame e duas partes laterais (condilares ou exoccipitais), uma de cada lado do forame magno. Este último é anteromediano e mais largo posteriormente, com diâmetro anteroposterior maior do que seu diâmetro transverso.

O osso occipital proporciona fixação para vários músculos do pescoço e da parte superior das costas (longo da cabeça; reto anterior da cabeça, lateral, posterior maior e menor; oblíquo superior; semiespinal da cabeça; esplênio da cabeça; occipitofrontal; trapézio; esternocleidomastóideo) e se articula à primeira vértebra cervical nas articulações atlanto-occipitais.

Parte escamosa

A parte escamosa é uma lâmina expandida posterossuperiormente ao forame magno, convexa externamente e côncava internamente. Em sua superfície externa, a protuberância occipital externa se situa a meio caminho entre seu topo e o forame magno. De cada lado, duas linhas curvas se estendem lateralmente a partir dessa protuberância. A linha superior, marcada levemente e com frequência de forma praticamente imperceptível, é a linha nucal suprema e a inferior é a linha nucal superior.

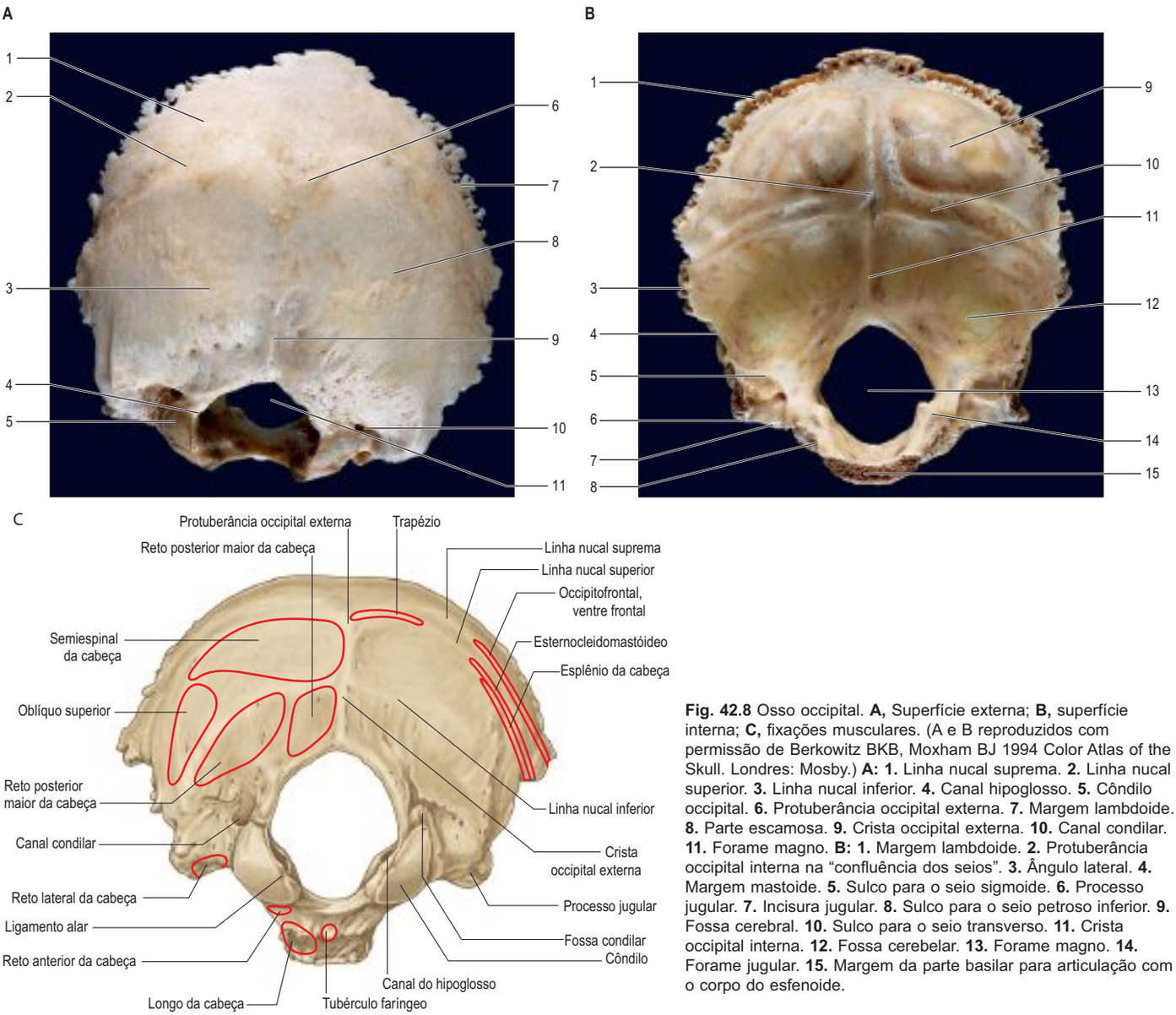


Fig. 42.8 Osso occipital. **A,** Superfície externa; **B,** superfície interna; **C,** fixações musculares. (A e B reproduzidos com permissão de Berkowitz BKB, Moxham BJ 1994 Color Atlas of the Skull. Londres: Mosby.) **A: 1.** Linha nucal suprema. **2.** Linha nucal superior. **3.** Linha nucal inferior. **4.** Canal hipoglosso. **5.** Côndilo occipital. **6.** Protuberância occipital externa. **7.** Margem lambdoide. **8.** Parte escamosa. **9.** Crista occipital externa. **10.** Canal condilar. **11.** Forame magno. **B: 1.** Margem lambdoide. **2.** Protuberância occipital interna na "confluência dos seios". **3.** Ângulo lateral. **4.** Margem mastoide. **5.** Sulco para o seio sigmoide. **6.** Processo jugular. **7.** Incisura jugular. **8.** Sulco para o seio petroso inferior. **9.** Fossa cerebral. **10.** Sulco para o seio transverso. **11.** Crista occipital interna. **12.** Fossa cerebelar. **13.** Forame magno. **14.** Forame jugular. **15.** Margem da parte basilar para articulação com o corpo do esfenoide.

A aponeurose epicraniana se fixa à parte medial da linha nucal suprema. A crista occipital externa mediana é com frequência pouco evidente; ela desce da protuberância occipital externa até o forame magno. De cada lado, uma linha nucal inferior se dirige lateralmente a partir do ponto médio da crista.

A superfície interna da parte escamosa é dividida em quatro fossas profundas por uma protuberância occipital interna irregular e por extensões sagitais e horizontais salientes da protuberância. As duas fossas superiores são triangulares e se adaptam aos polos occipitais dos hemisférios cerebrais; as fossas inferiores são quadriláteras e sua forma se ajusta aos hemisférios cerebelares. Um sulco largo com margens elevadas, o sulco sagital superior, sobe da protuberância até o ângulo superior da parte escamosa. A parte posterior da foice do cérebro se fixa às margens do sulco. Uma crista occipital interna proeminente desce da protuberância e se bifurca próximo ao forame magno, proporcionando fixação para a foice cerebelar. O seio occipital, por vezes duplo, se situa nessa fixação. Pode haver uma pequena fossa vermiana na extremidade inferior da crista occipital interna; quando presente ela é ocupada por parte do verme cerebelar inferior. De cada lado, um sulco largo para o seio transverso se estende lateralmente a partir da protuberância occipital interna; o tentório cerebelar se fixa às margens desses sulcos. O sulco direito geralmente é maior que o esquerdo e segue até o sulco para o seio sagital superior, enquanto o esquerdo geralmente recebe o seio reto. A posição da confluência dos seios é indicada por uma depressão de um lado da protuberância.

A posição da fontanela posterior fetal coincide com a junção entre o ângulo superior da parte escamosa do osso occipital e o ângulo occipital de cada lado. Os ângulos laterais da parte escamosa são marcados internamente pelas extremidades dos sulcos transversos e se projetam entre o osso parietal e o temporal. As margens lambdoides se estendem de ângulos superiores a laterais e são serrilhadas para articulação com as margens occipitais dos ossos parietais na sutura lambdoide. As margens mastoides se estendem a partir dos ângulos laterais até os processos jugulares, articulando-se às partes mastoides dos ossos temporais. Vários ossos suturais (ossículos) podem ocorrer no lambda ou nas proximidades deste, como, por exemplo, o "interparietal" (osso Inca ou ossículo de Goethe).

Fixações musculares A parte occipital do occipitofrontal se fixa à parte lateral da linha nucal suprema (Fig. 42.8C). O trapézio se fixa ao terço medial da linha nucal superior e à protuberância occipital externa. O esternocleidomastóideo se fixa à metade lateral da linha nucal superior, com o esplênio da cabeça logo abaixo do terço lateral dessa linha. O semiespinal da cabeça se fixa à parte medial da área entre as linhas nucais superior e inferior; o oblíquo superior da cabeça se fixa à parte lateral dessa área. O reto posterior maior da cabeça se fixa à parte lateral da linha nucal inferior e ao osso imediatamente abaixo e o reto posterior menor da cabeça se fixa à parte medial da linha nucal inferior e ao osso entre essa linha e o forame magno.

Parte basilar

A parte basilar se estende anterossuperiormente a partir do forame magno. Em adultos jovens, ela apresenta uma superfície áspera e irregular pela qual se une ao corpo do esfenoide por uma cartilagem de crescimento (sincondrose esfeno-occipital). Por volta dos 25 anos essa lâmina já se ossificou integralmente, e nesse momento os ossos occipital e esfenoide já estão fundidos.

A superfície inferior apresenta um pequeno tubérculo faríngeo, cerca de 1 cm à frente do forame magno, que dá fixação à rafe faríngea fibrosa. Uma pequena depressão, imediatamente anterior ao côndilo occipital, pode ser ocasionalmente substituída por um pequeno tubérculo pré-condilar. A membrana atlanto-occipital anterior se fixa à margem anterior do forame magno.

A superfície superior tem a forma de um sulco largo que se inclina para cima e para diante a partir do forame magno, diretamente até a parte basilar do esfenoide; juntos, esses ossos formam o clivo. As margens laterais se articulam inferiormente com a parte petrosa dos ossos temporais.

Fixações musculares O longo da cabeça se fixa anterolateralmente ao tubérculo faríngeo e o reto anterior da cabeça se fixa à pequena depressão anteriormente ao côndilo occipital (Fig. 42.8C).

Partes laterais (condilares)

As partes laterais (condilares) do osso occipital flanqueiam o forame magno. Existem côndilos nas superfícies inferiores para a articulação com as facetas articulares superiores da vértebra atlas. Os côndilos são ovais ou reniformes, seus eixos longos convergindo anteromedialmente. As superfícies articulares, totalmente convexas, estão voltadas inferolateralmente. Elas se mostram ocasionalmente estreitadas e um côndilo pode ter duas partes (assim como as superfícies recíprocas da vértebra atlas). Um tubérculo fixa um ligamento alar medialmente a cada faceta articular. O canal do hipoglosso (condilar anterior), que se situa anteriormente acima de cada côndilo, começa internamente um pouco acima da parte anterolateral do forame magno e continua em sentido anterolateral. Ele pode ser dividido parcial ou integralmente por uma espícula óssea, e transmite o nervo hipoglosso e um ramo meníngeo da artéria faríngea ascendente. Uma fossa condilar, atrás de cada côndilo, se ajusta à margem posterior da faceta superior da vértebra atlas na extensão integral do crânio. Seu assoalho é por vezes perfurado por um canal condilar posterior para uma veia emissária sigmoide. Uma lâmina quadrilátera, o processo jugular, projeta-se lateralmente a partir da metade posterior de cada côndilo e contribui com a parte posterior do forame jugular. O processo jugular é indentado anteriormente por uma incisura jugular, que pode ser dividida parcialmente por um pequeno processo intrajugular que se projeta anterolateralmente. Um processo paramastoide se projeta por vezes para baixo e pode até mesmo se articular ao processo transverso da vértebra atlas. Lateralmente o processo jugular tem uma área quadrilateral ou triangular áspera que se une por uma cartilagem à superfície jugular do osso temporal: ela começa a se ossificar por volta dos 25 anos.

Um tubérculo jugular oval é sobrejacente ao canal hipoglosso na superfície superior do côndilo occipital. Sua parte posterior apresenta um sulco raso para os nervos glossofaríngeo, vago e acessório. Um sulco profundo contendo a extremidade do seio sigmoide se curva anteromedialmente em torno de um processo em forma de gancho e termina na incisura jugular. O canal condilar posterior desemboca na fossa craniana posterior próximo à extremidade medial do sulco.

Fixações musculares O reto lateral da cabeça se fixa a uma área mais áspera na superfície inferior do processo jugular (Fig. 42.8C).

Ossificação

Acima das linhas nucais supremas, a parte escamosa do osso occipital se desenvolve sob a forma de membrana fibrosa e, aproximadamente, a partir do segundo mês fetal se ossifica a partir de dois centros (um de cada lado). Essa parte do osso occipital pode permanecer separada, constituindo o osso interparietal. O restante do osso occipital é pré-formado em cartilagem. Abaixo das linhas nucais mais altas a parte escamosa se ossifica a partir de dois centros que aparecem por volta da sétima semana e logo se unem. Os dois componentes da parte escamosa se unem no terceiro mês pós-natal, mas a linha de sua união é reconhecível ao nascimento. O restante da cartilagem do osso occipital se ossifica a partir de cinco centros: aparecem dois para cada uma das partes laterais durante a oitava semana e surge um para a parte basilar em torno da sexta semana.

Ao nascimento o osso occipital consiste em quatro partes separadas (Fig. 42.9), uma parte basilar, duas partes laterais e uma parte escamosa, todas elas unidas por cartilagem, formando um anel em volta do forame magno. As partes escamosa e lateral se fundem a partir do segundo ano. As partes laterais se fundem à parte basilar durante o terceiro e quarto anos de vida, mas a fusão pode ser retardada até o sétimo ano.

COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral é uma ligação curva de ossos individuais ou vértebras (Fig. 42.10). Uma série contínua de forames vertebrais passa pelas vérte-

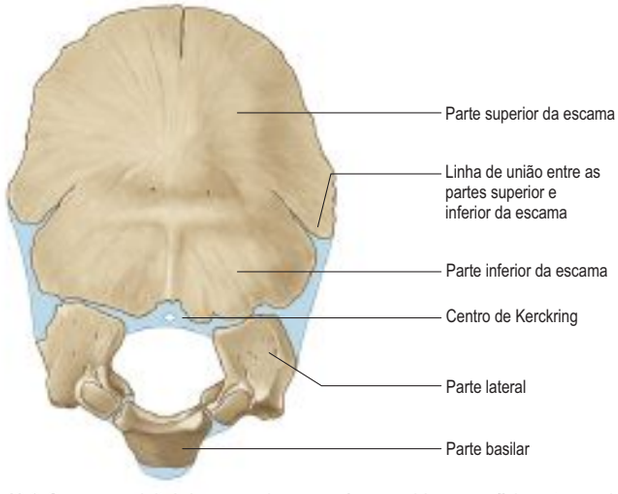


Fig. 42.9 O osso occipital de uma criança recém-nascida: superfície externa. As partes do condrocrânio que ainda não estão ossificadas são mostradas em azul.

bras articuladas posteriormente a seus corpos e constitui coletivamente o canal vertebral, que aloja e protege a medula espinal e as raízes nervosas, suas coberturas e sua vasculatura (Figs. 41.11, 42.16). Uma série de forames intervertebrais laterais pareados transmite os nervos espinais e os vasos a eles associados entre vértebras adjacentes. As ligações entre as vértebras incluem articulações cartilaginosas entre os corpos vertebrais e articulações sinoviais pareadas entre os processos articulares (zigapofisárias), juntamente com um complexo de ligamentos e músculos e fáscias sobrejacentes. Os músculos diretamente ligados aos movimentos vertebrais e fixados à coluna se situam, em sua maior parte, posteriormente. Vários grandes músculos que produzem grandes movimentos espinais se situam distantes da coluna e não se fixam diretamente a ela, como, por exemplo, os músculos anterolaterais da parede abdominal. Os movimentos da coluna e os músculos envolvidos são descritos na página 743. A coluna como um todo recebe seu suprimento vascular e sua inervação de acordo com princípios anatômicos gerais que são vistos mais adiante.

A morfologia da coluna vertebral é influenciada externamente por fatores mecânicos e ambientais, e internamente por fatores genéticos, metabólicos e hormonais. Todos esses fatores afetam sua capacidade de reagir às forças dinâmicas da vida cotidiana, como compressão, tração e cisalhamento. Essas forças dinâmicas podem variar quanto à magnitude e são muito influenciadas pela ocupação, a locomoção e a postura.

A coluna vertebral adulta consiste habitualmente em 33 segmentos vertebrais. Cada segmento pré-sacro (exceto os dois primeiros cervicais) é separado de seu vizinho por um disco intervertebral fibrocartilaginoso. As funções da coluna consistem em sustentar o tronco, proteger a medula espinal e os nervos espinais e proporcionar fixação para músculos. Ela é também um local importante de hematopoese durante toda a vida. Seu comprimento total em homens é de cerca de 70 cm e em mulheres de cerca de 60 cm. Os discos intervertebrais constituem cerca de um quarto desse comprimento em adultos jovens, embora haja alguma variação diurna nessa contribuição (pág 744). Do comprimento total do corpo, aproximadamente 8% é representado pela coluna cervical, 20% pela região torácica, 12% pela lombar e 8% pela sacrococcígea. Embora o número total de vértebras seja de sete cervicais, 12 torácicas, cinco lombares, cinco sacrais e quatro coccígeas, esse total está sujeito a variabilidade frequente e houve relatos de variações entre 32 e 35 ossos. A demarcação dos grupos por suas características morfológicas pode ser obscurecida;

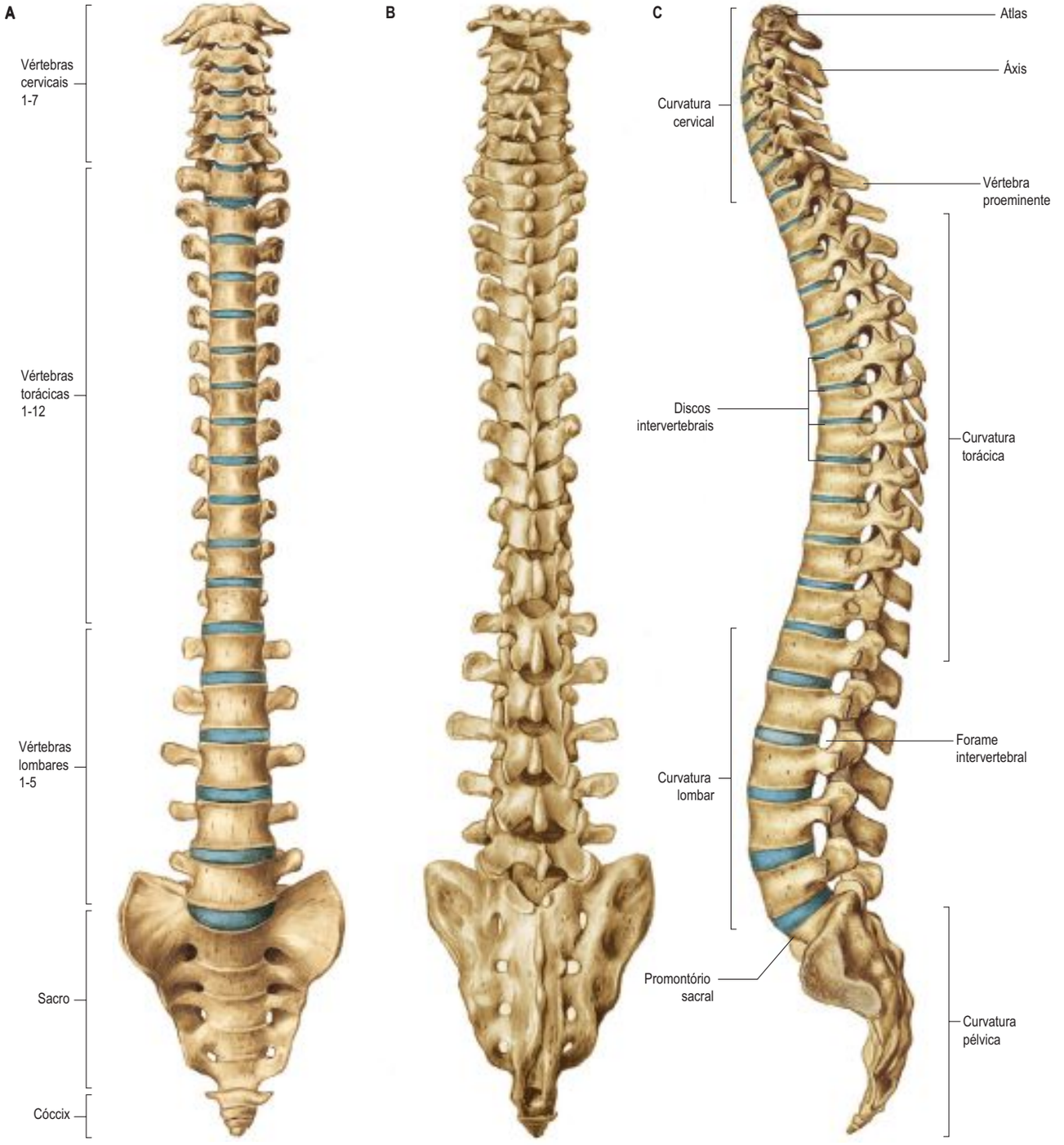


Fig. 42.10 A coluna vertebral: **A,** aspecto anterior; **B,** aspecto posterior; **C,** aspecto latgeral. (De Sobotta 2006.)

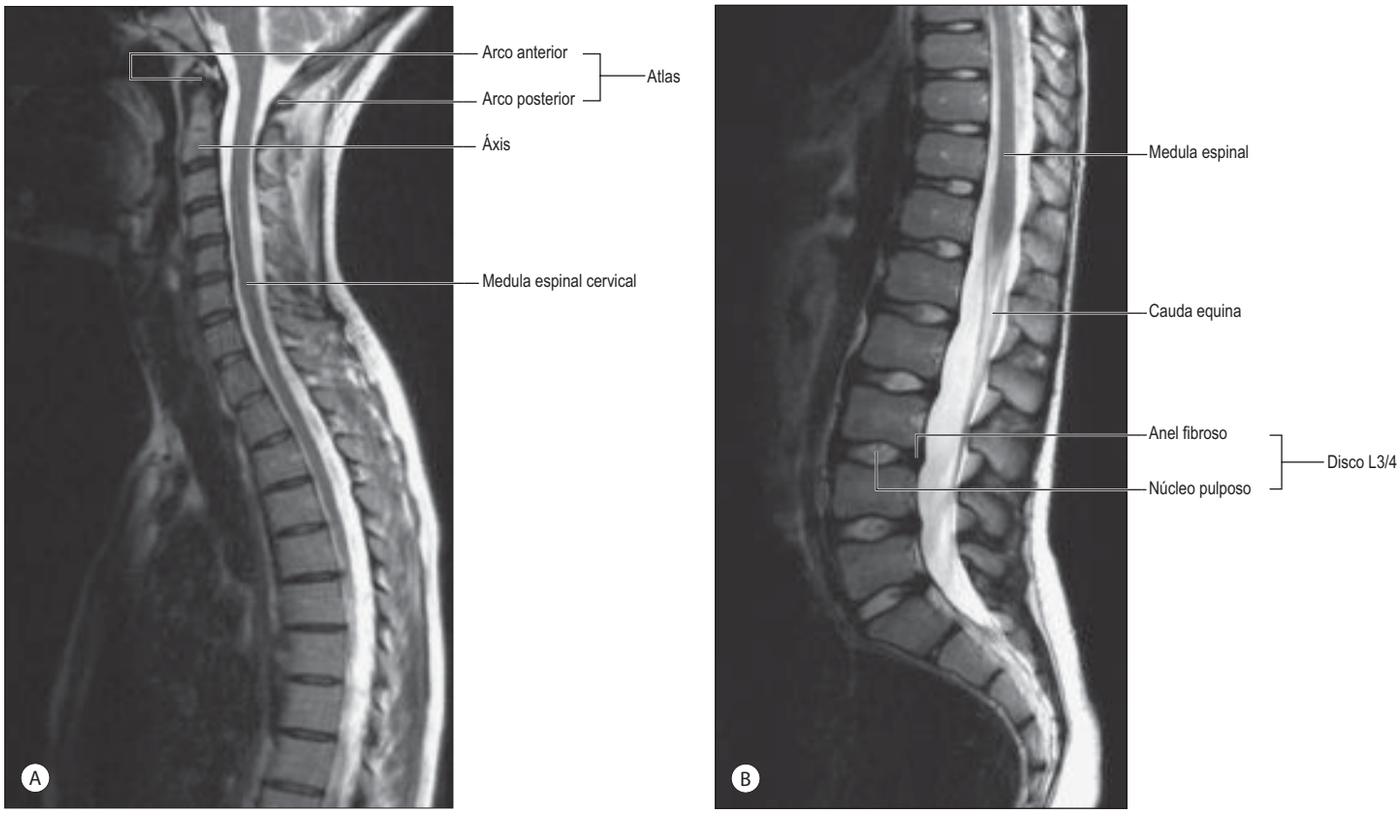


Fig. 42.11 RM sagital da coluna cervical (**A**) e lombar (**B**).

assim, pode haver facetas costais torácicas na sétima vértebra cervical, dando a ela a aparência de uma vértebra torácica extra; processos articulares semelhantes aos lombares podem ser encontrados na vértebra torácica mais inferior; a quinta vértebra lombar pode ser total ou parcialmente incorporada ao sacro. Em consequência dessas alterações na transição entre os tipos vertebrais, pode haver 23-25 vértebras pré-sacrais móveis.

Aspecto anterior

O aspecto anterior da coluna é formado pelas superfícies anteriores dos corpos vertebrais e dos discos intervertebrais (Fig. 42.10A). Ela tem relações anatômicas importantes em todos os níveis e deve ser considerada em continuidade. Ela faz parte de várias zonas juncionais ou de transição clinicamente significativas, incluindo a zona pré-vertebral/retrofaríngea do pescoço, o desfiladeiro torácico, o diafragma e a abertura pélvica. O aspecto anterior da coluna é coberto centralmente pelo ligamento longitudinal anterior, que forma um plano fascial juntamente com a fáscia pré-vertebral e endotorácica e com o tecido areolar subperitoneal da parede abdominal posterior. Infecções e outros processos patológicos podem se disseminar ao longo desse plano fascial.

Aspecto lateral

O aspecto lateral da coluna vertebral é arbitrariamente separado do posterior por processos articulares nas regiões cervical e lombar e por processos transversos na região torácica (Fig. 10.42C). Ele é formado anteriormente pelas laterais dos corpos vertebrais e discos intervertebrais. Os forames intervertebrais ovais, atrás dos corpos e entre os pedículos, são menores nos níveis cervical e torácico superior e aumentam progressivamente de tamanho nas regiões torácica e lombar superior. O forame intervertebral lombossacro (L5/S1) é o menor dos forames lombares. Os forames permitem a comunicação entre a luz do canal vertebral e os tecidos moles paravertebrais (é por vezes descrito um "espaço paravertebral"), o que pode ser importante para a disseminação de tumores e outros processos patológicos. Os aspectos laterais da coluna têm relações anatômicas importantes, algumas das quais podem variar consideravelmente entre os dois lados.

Aspecto posterior

O aspecto posterior da coluna é formado pelas superfícies posteriores das lâminas e dos processos espinhosos, os ligamentos a eles associados e as articulações dos processos articulares (Fig. 42.10B). Ele é coberto pelos músculos profundos das costas.

Defeitos estruturais dos elementos ósseos posteriores

Deformidades e deficiências ósseas podem ocorrer em diversos pontos dos elementos posteriores. As lâminas podem estar total ou parcialmente ausentes ou somente o processo espinhoso pode ser afetado, sem nenhuma anormalidade nos tecidos moles sobrejacentes (espinha bífida oculta). Pode haver um defeito na parte da lâmina entre os processos articulares superior e inferior (parte interarticular): essa condição é a espondilólise e pode ocorrer durante o desenvolvimento, ou decorrer de fratura aguda ou por fadiga. Quando esses defeitos são bilaterais, a coluna se torna instável nesse nível e pode haver o deslocamento para diante dessa parte da coluna superiormente (em sentido craniano) ao defeito: isso é a espondilolistese. Anormalidades do osso laminar ou alterações degenerativas nas articulações dos processos articulares também podem ocasionar um deslocamento semelhante na ausência de defeitos da parte. A deformidade do canal vertebral decorrente de uma espondilolistese grave pode ocorrer em outros pontos dos elementos posteriores, como, por exemplo, nos pedículos.

O melhor meio de visualizar as relações anatômicas detalhadas de todos os aspectos da coluna vertebral nos diversos níveis é o estudo de cortes e imagens horizontais (axiais) (Figs. 42.33B e 42.55).

Curvaturas

Curvaturas embrionárias e fetais

O corpo embrionário parece flexionado. Ele tem curvas torácica e pélvica primárias, que são convexas dorsalmente. O desenvolvimento dos músculos funcionais leva ao aparecimento precoce de curvaturas secundárias na coluna cervical e lombar no plano sagital. A curvatura cervical aparece ao final do período embrionário e reflete o desenvolvimento da função nos músculos responsáveis pela extensão da cabeça, um componente importante do "reflexo de preensão". O exame radiográfico de fetos humanos com idade de 8 a 23 semanas mostra que a curvatura cervical secundária está quase sempre presente. O achatamento lombar também foi identificado já na oitava semana. Investigações ultrassonográficas apoiam o papel do movimento no desenvolvimento dessas curvaturas. O aparecimento precoce das curvas secundárias é provavelmente acentuado pelo desenvolvimento pós-natal dos músculos e do sistema nervoso numa ocasião em que a coluna vertebral está muito flexível e é capaz de assumir praticamente qualquer curvatura.

Curvaturas neonatais

A coluna vertebral em neonatos não tem curvaturas fixas. Ela é particularmente flexível e, se liberada do corpo por dissecação, pode ser facilmente dobrada (flexionada ou estendida) num semicírculo perfeito. Pode-se ver uma ligeira curvatura sacra, que se desenvolve enquanto as vértebras sacras se ossificam e se fundem. A parte torácica da coluna é a primeira a apresentar uma curvatura relativamente fixa, que é côncava anteriormente. O lactente geralmente consegue sustentar a cabeça entre 3 e 4 meses, sentar-se ereto por volta dos 9 meses e começar a andar entre 12 e 15 meses. Essas alterações funcionais exercem grande influência sobre o desenvolvimento das curvaturas secundárias na coluna vertebral e nas alterações no tamanho proporcional das vértebras, especialmente na região lombar. A curvatura lombar secundária se torna importante para a manutenção do centro de gravidade do tronco sobre as pernas quando o neonato começa a andar e, portanto, alterações nas proporções corporais exercem grande influência sobre a forma posterior das curvaturas na coluna vertebral.

Curvaturas adultas

Em adultos, a curva cervical é uma lordose (convexa para diante), sendo a menos acentuada delas. Ela se estende do atlas à segunda vértebra torácica, com ápice entre a quarta e a quinta vértebras cervicais. O dimorfismo sexual foi descrito nas curvaturas cervicais. A curva torácica é uma cifose (convexa dorsalmente). Ela se estende entre a segunda e a 11ª e 12ª vértebras torácicas e seu ápice se situa entre a sexta e a nona vértebras torácicas. Essa curvatura é causada pela altura posterior aumentada dos corpos vertebrais torácicos. A curva lombar também é uma lordose. Ela tem maior magnitude nas mulheres e se estende da 12ª vértebra torácica até o ângulo lombossacro; há uma convexidade aumentada dos três últimos segmentos, em consequência da maior altura anterior dos discos intervertebrais e de uma certa formação de cunha posterior dos corpos vertebrais. Seu ápice está no nível da terceira vértebra lombar. A curva pélvica é côncava anteroinferiormente e envolve o sacro e as vértebras coccígeas. Ela se estende da junção lombossacra até o ápice do cóccix.

A presença dessas curvaturas significa que o perfil do tronco ao corte transversal se modifica com o nível espinal. O diâmetro anteroposterior do tórax é muito maior do que aquele da região inferior do abdome. Na coluna vertebral normal há curvaturas bem marcadas no plano lateral e não há outra curvatura lateral além daquela na região torácica superior, na qual há com frequência uma ligeira curvatura lateral, convexa para a direita nas pessoas destras e para a esquerda nas canhotas. Uma curvatura lateral compensatória também pode se desenvolver para lidar com a obliquidade pélvica, como aquela imposta pela desigualdade do comprimento das pernas. As curvaturas sagitais estão presentes nas regiões cervical, torácica, lombar e pélvica (Fig. 42.10). Essas curvas se desenvolveram ao arredondamento do tórax e da pelve como uma adaptação à marcha bípede.

Coluna vertebral nos idosos

Em pessoas de idade mais avançada, alterações relacionadas à idade na estrutura dos ossos ocasionam o alargamento e a perda da altura dos corpos vertebrais. Essas alterações são mais acentuadas nas mulheres. As alterações ósseas na coluna vertebral se acompanham de alterações no conteúdo de colágeno dos discos e pelo declínio na atividade dos músculos espinais. Isso acarreta um declínio progressivo na mobilidade da coluna vertebral, especialmente na coluna lombar. O desenvolvimento de uma "corcova de viúva" na região torácica média nas mulheres, causada pela osteoporose relacionada à idade, aumenta a cifose torácica e a lordose cervical. Conjuntamente, essas alterações na coluna vertebral levam diretamente à diminuição da altura total do indivíduo.

Nas vértebras lombares médias a largura do corpo vertebral aumenta com a idade. Nos homens há uma diminuição relativa da altura posterior para a anterior do corpo vertebral, enquanto em ambos os sexos a altura anterior diminui relativamente à largura. Twomey *et al.*, (1983) observaram uma redução na densidade óssea dos corpos vertebrais lombares com a idade, devido principalmente à redução nas trabéculas transversas (mais acentuada nas mulheres em consequência da osteoporose pós-menopausa), que se associou a um aumento do diâmetro e a uma concavidade crescente de suas superfícies justadiscais (lâminas terminais).

Outras alterações afetam os corpos vertebrais. Osteófitos (esporões ósseos) podem se formar a partir do osso compacto cortical sobre as superfícies anterior e lateral dos corpos vertebrais. Embora haja variações individuais, essas alterações aparecem em muitos indivíduos dos 20 anos em diante. Elas são mais comuns no aspecto anterior do corpo e nunca envolvem as epífises anulares. Os esporões osteofíticos são frequentemente assintomáticos, mas podem ocasionar a diminuição dos movimentos na coluna.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

(Crock 1996.)

A coluna vertebral, seu conteúdo e os tecidos moles associados recebem todo o seu suprimento arterial de derivados de ramos dorsais das artérias somáticas intersegmentares embrionárias (Cap. 59). A artéria designada específica depende do nível da coluna. Esses vasos intersegmentares continuam nas regiões torácica e lombar sob a forma das artérias intercostais posterior e lombar. Nas regiões cervical e sacral, anastomoses longitudinais entre os vasos intersegmentares continuam como vasos longitudinais, que emitem eles próprios ramos espinais à coluna vertebral. No pescoço a anastomose pós-costal se torna a maior parte da artéria vertebral, enquanto a anastomose pós-transversa forma a maior parte da artéria cervical profunda. A artéria cervical ascendente e a artéria sacral lateral são partes persistentes da anastomose pré-costal.

No tórax e no abdome o padrão arterial primitivo é preservado pelos ramos pareados da aorta descendente, que suprem a coluna vertebral (Fig. 42.12A). De cada lado o tronco principal da artéria (intercostal posterior e lombar) passa em torno do corpo vertebral, emitindo ramos periostais e equatoriais primários a esse corpo, e depois um ramo dorsal maior. Este último emite um ramo espinal que entra no forame intervertebral antes de suprir, ele próprio, as articulações dos processos articulares, as superfícies posteriores das lâminas e os músculos e a pele sobrejacentes. Há anastomoses livres entre esses ramos articulares dorsais e de tecidos moles, estendendo-se por vários segmentos (Crock & Yoshizawa 1976; Boelderl *et al.*, 2002). Nos níveis cervicais e sacrais as artérias em sentido longitudinal descritas anteriormente têm ramos espinais diretos. Os ramos espinais são as principais artérias de suprimento a todos os elementos ósseos das vértebras e aos tecidos durais e epidurais e contribuem também para o suprimento da medula espinal e das raízes nervosas por ramos radiculares. Ao entrarem no canal vertebral, as artérias espinais se dividem em ramos pós-centrais, pré-laminares e radiculares. Os ramos pós-centrais, que são as principais artérias nutrícias dos corpos vertebrais e da periferia dos discos intervertebrais, se anastomosam por sob o ligamento longitudinal posterior com seus companheiros acima e abaixo, assim como através da linha média (Fig. 42.12A,B). Essa anastomose supre também os tecidos epidurais anteriores e a dura anterior. A maior parte do arco vertebral, os tecidos epidurais posteriores e a dura posterior, e o ligamento amarelo são supridos pelos ramos pré-laminares e por seu plexo anastomótico na parede posterior do canal vertebral.

Veias

As veias da coluna vertebral formam plexos intrincados ao longo de toda a coluna, externa e internamente ao canal vertebral (Fig. 42.13). Ambos os grupos de veias são desprovidos de válvulas, se anastomosam livremente entre si e desembocam nas veias intervertebrais. Interconexões são estabelecidas amplamente entre esses plexos e as veias longitudinais logo ao início da vida fetal. Quando o desenvolvimento se completa os plexos drenam para o sistema da veia cava e o sistema ázigos/lombar ascendente através das veias de mesmo nome que acompanham as artérias anteriormente descritas.

As veias também se comunicam com seios venosos durais cranianos e com as veias profundas do pescoço e da pelve. Os complexos venosos associados à coluna vertebral podem se dilatar consideravelmente e podem constituir vias alternativas de retorno venoso em pacientes com obstrução de grandes veias no pescoço, no tórax ou no abdome. A ausência de válvulas propicia vias para a disseminação ampla e por vezes paradoxal de condições malignas e da sepse. As alterações de pressão nas cavidades corporais são transmitidas a esses plexos venosos e, portanto, ao LCR, ainda que a medula espinal em si possa ser protegida dessa congestão por válvulas nas pequenas veias que drenam da medula espinal para o plexo vertebral interno.

Plexos venosos vertebrais externos

Os plexos venosos vertebrais externos se situam anterior e posteriormente. Eles se anastomosam livremente e são mais desenvolvidos na região cervical. Os plexos externos anteriores são anteriores aos corpos vertebrais, comunicam-se com veias basivertebrais e intervertebrais e recebem tributárias dos corpos vertebrais. Os plexos externos posteriores se situam posteriormente às lâminas vertebrais e em torno de processos espinhosos, transversos e articulares. Eles se anastomosam aos plexos internos e desembocam nas veias vertebrais, intercostais posteriores e lombares.

Plexos venosos vertebrais internos

Os plexos venosos vertebrais internos ocorrem entre a dura-máter e as vértebras e recebem tributárias dos ossos, da medula óssea vermelha e da medula espinal (pág. 757 e Fig. 43.11, quanto à drenagem venosa da medula espinal.)

Eles formam uma rede mais densa que os plexos externos e se dispõem verticalmente sob a forma de quatro vasos longitudinais interligados, dois anteriores e dois posteriores.

Os plexos internos anteriores são grandes veias plexiformes nas superfícies posteriores dos corpos vertebrais e dos discos intervertebrais. Eles flanqueiam o ligamento longitudinal posterior, sob o qual estão ligados por vasos transversos, nos quais desembocam as grandes veias basivertebrais. Os plexos internos posteriores de cada lado, à frente dos arcos vertebrais e dos ligamentos amarelos, anastomosam-se aos plexos externos por veias que passam através dos ligamentos e entre eles. Os plexos inter-

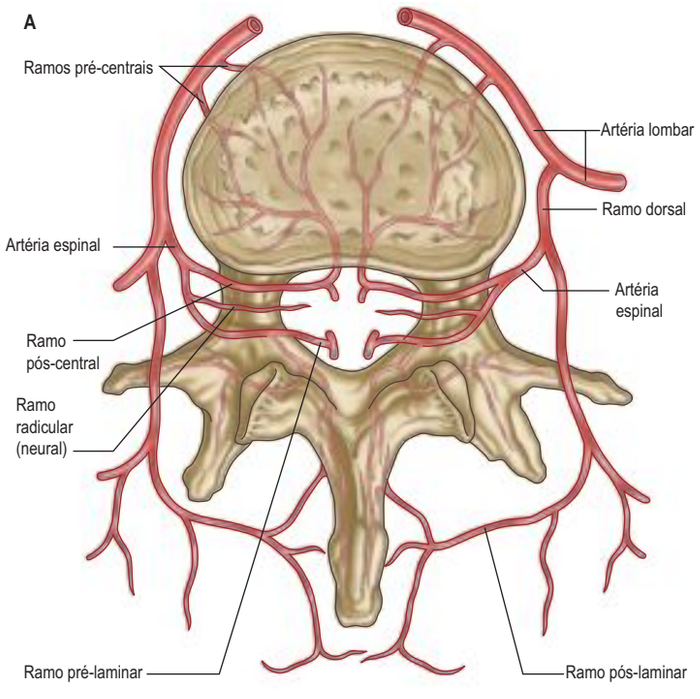


Fig. 42.12 Suprimento arterial às vértebras e o conteúdo do canal vertebral. **A,** Padrão de ramificação das artérias segmentares lombares. **B,** Anastomoses arteriais entre ramos pós-centrais de algumas artérias no canal vertebral.

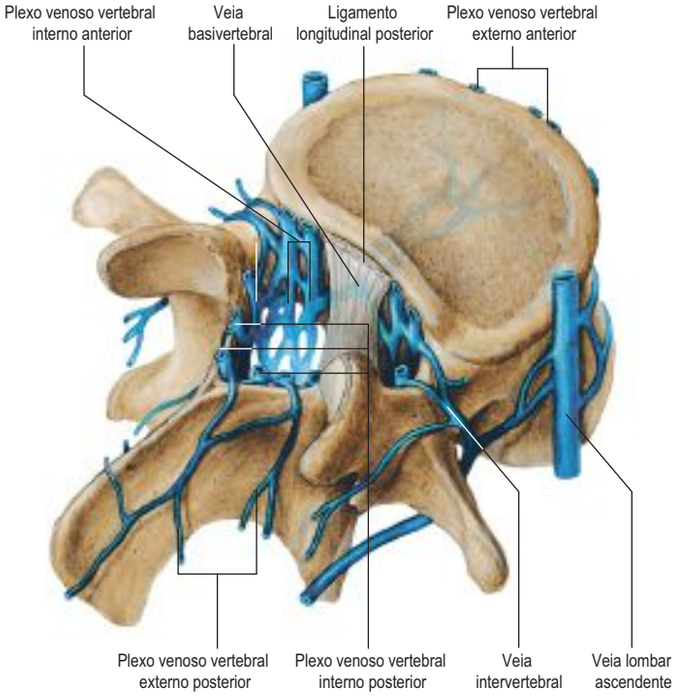


Fig. 42.13 Drenagem venosa da coluna vertebral. (De Sobotta 2006.)

nos se interligam por anéis venosos nas proximidades de cada vértebra. Em torno do forame magno eles formam uma rede densa ligada às veias vertebrais, aos seios occipitais e sigmoides, ao plexo basilar, ao plexo venoso do canal do hipoglosso e a veias emissárias condilares.

Veias basivertebrais

As veias basivertebrais são canais grandes e tortuosos no osso, como aquelas na díploe craniana. Elas emergem dos forames posteriores dos corpos vertebrais e drenam para os plexos vertebrais externos anteriores por pequenas aberturas nos corpos vertebrais. Posteriormente, eles formam um ou dois troncos curtos que desembocam nos vasos transversos que unem os plexos vertebrais internos anteriores. As veias basivertebrais se dilatam na idade avançada.

Veias intervertebrais

As veias intervertebrais acompanham os nervos espinais pelos forames intervertebrais, drenando a medula espinal e os plexos vertebrais interno e externo e desembocando nas veias vertebrais, intercostais posteriores, lombares e sacras laterais. As veias intercostais superiores podem drenar para o sistema da veia cava por veias braquiocefálicas, enquanto as intercostais inferiores drenam para o sistema ázigos. As veias lombares se unem à frente dos processos transversos com as veias lombares ascendentes, nas quais podem terminar. Alternativamente, eles podem prosseguir ao redor dos corpos vertebrais drenando para a veia cava inferior Não se tem certeza se as veias basivertebrais ou intervertebrais contêm válvulas verdadeiras, mas evidências experimentais sugerem fortemente que seu fluxo sanguíneo pode ser revertido (Batson 1957). Isso pode explicar como neoplasias pélvicas, como, por exemplo, o carcinoma da próstata, pode dar metástases para os corpos vertebrais: as células se disseminam para os plexos vertebrais internos por suas conexões com as veias pélvicas quando o fluxo é revertido temporariamente pela pressão intra-abdominal elevada ou por alterações posturais.

Drenagem linfática

Pouco se sabe quanto aos detalhes relativos à drenagem linfática da coluna vertebral e dos tecidos moles a ela associados. Em geral os vasos linfáticos profundos tendem a acompanhar as artérias. A coluna vertebral cervical drena para linfonodos cervicais profundos, a torácica para linfonodos intercostais (posteriores) e a coluna lombar para linfonodos aórticos laterais e retroaórticos. A parte pélvica da coluna drena para os linfonodos sacrais internos e ilíacos laterais.

Inervação

A inervação da coluna vertebral e dos tecidos moles a ela associados foi estudada mais detalhadamente na região lombar (ver adiante, Fig. 42.44). O relato feito aqui se baseia particularmente nos trabalhos de Bogduk, cujo tratado sobre a coluna lombossacra (Bogduk 2005) o leitor interessado deve consultar. Veja também o trabalho de Groen *et al.*, (1990).

A inervação deriva dos nervos espinais no ponto em que eles se ramificam nos forames intervertebrais e logo além deles. Há estimulação do sistema simpático pelos ramos comunicantes cinzentos ou diretamente dos gânglios simpáticos torácicos. Os ramos nervosos espinais envolvidos são o ramo dorsal e os nervos meníngeos recorrentes ou sinuvertebrais (geralmente mais de um em cada nível) (pág. 753 e também Fig. 43.5). O ramo dorsal se ramifica para suprir as articulações dos processos articulares, o periósteo dos elementos ósseos posteriores, músculos e pele sobrejacentes. A origem exata e o padrão de ramificação dos nervos sinuvertebrais são motivo de controvérsia, mas eles podem ser melhor compreendidos como ramos recorrentes dos ramos ventrais. Eles recebem a estimulação simpática descrita anteriormente e entram então novamente nos forames intervertebrais para suprir as estruturas que formam as paredes do canal vertebral, a dura e os tecidos moles epidurais. Seu trajeto posterior é descrito na página 754.

VÉRTEBRAS: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Uma vértebra típica tem um corpo ventral, um arco vertebral (neural) dorsal, estendido por processos semelhantes a alavancas, e um forame vertebral, que é ocupado em vida pela medula espinal, as meninges e seus vasos (Fig. 42.14).

Superfícies opostas de corpos adjacentes são unidas por discos intervertebrais de fibrocartilagem. A coluna completa de corpos e discos forma

o eixo central do corpo, forte, porém flexível, e sustenta o peso total da cabeça e do tronco. Ela transmite também as forças ainda maiores geradas pelos músculos a ela fixados direta ou indiretamente. Os forames formam um canal vertebral para a medula espinal e, entre arcos neurais adjacentes, próximo a sua junção com corpos vertebrais, os forames intervertebrais transmitem nervos espinais mistos, nervos recorrentes menores e vasos sanguíneos e linfáticos.

O corpo vertebral cilindroide varia quanto ao tamanho, forma e proporções em diferentes regiões da coluna vertebral. Suas superfícies superior e inferior (discais) variam entre uma forma aproximadamente plana (porém não paralela) à forma selar, com uma zona lisa periférica elevada, formada por um disco epifiseal "anular" cuja superfície interna é áspera. Essas diferenças de textura refletem variações na estrutura inicial dos discos intervertebrais. No plano horizontal o perfil de muitos corpos vertebrais é convexo anteriormente, porém côncavo posteriormente no ponto em que eles completam o forame vertebral. Muitos perfis sagitais são côncavos anteriormente, porém achatados posteriormente. Pequenos forames vasculares aparecem na frente e dos lados e posteriormente há pequenos forames arteriais e um grande orifício irregular (por vezes duplo) para a saída das veias basivertebrais (Fig. 42.15). O corpo vertebral adulto não é coextenso com o centro de desenvolvimento, mas inclui partes do arco neural posterolateralmente.

Visto anteriormente, há um aumento cefalocaudal na largura do corpo vertebral da segunda vértebra cervical à terceira vértebra lombar, que se associa à sua função de sustentação de peso aumentada. O aumento é linear no pescoço, mas não nas regiões torácica e lombar. Há alguma variação no tamanho dos dois últimos corpos vertebrais lombares, mas daí em diante a largura diminui rapidamente até o ápice coccígeo. Nas duas vértebras lombares mais inferiores há uma relação inversa entre as áreas das superfícies superior e inferior dos corpos vertebrais e o tamanho dos pedículos e dos processos transversos.

O arco vertebral de cada lado tem uma parte ventral verticalmente mais estreita, o pedículo e uma lâmina mais larga dorsalmente. Processos articulares superiores, transversos e inferiores pareados se projetam a partir de suas junções. Há um processo espinhoso dorsal mediano.

Os pedículos são projeções dorsais curtas, espessas e arredondadas da parte superior do corpo, na junção de suas superfícies lateral e dorsal: a concavidade formada pela borda superior curva do pedículo é mais rasa que a inferior (Fig. 42.15). Quando as vértebras se articulam pelo disco intervertebral e as articulações dos processos articulares, essas incisuras vertebrais adjacentes contribuem para um forame intervertebral. O perímetro completo de um forame intervertebral consiste nas incisuras, nos aspectos dorsolaterais de partes de corpos vertebrais adjacentes e no disco interveniente e na cápsula da articulação sinovial dos processos articulares.

As lâminas são diretamente contínuas com os pedículos. Elas são achatadas verticalmente e se curvam dorsomedialmente.

Lateralmente aos processos espinhosos, sulcos vertebrais contêm os músculos dorsais profundos. Nos níveis cervicais e lombares esses sulcos são rasos e formados principalmente por lâminas. Na região torácica eles são mais profundos, mais largos e formados pelas lâminas e pelos processos transversos. As lâminas são largas na primeira vértebra torácica, estreitas da segunda à sétima, alargam-se novamente da oitava à 11ª, mas daí em diante se tornam estreitas até a terceira vértebra lombar.

Os processos espinhosos (espinha vertebral) se projetam dorsalmente e com frequência caudalmente a partir da junção das lâminas. Os processos espinhosos variam consideravelmente quanto ao tamanho, à forma e à direção. Elas se situam aproximadamente no plano mediano e se projetam posteriormente, embora em alguns indivíduos possa ser vista uma pequena deflexão dos processos para um dos lados. Os processos espinhosos agem como alavancas para os músculos que controlam a postura e os movimentos ativos (flexão/extensão, flexão lateral e rotação) da coluna vertebral.

Os processos articulares superiores e inferiores pareados (zigapófises) se originam do arco vertebral nas junções pediculolaminares. Os processos superiores se projetam em sentido craniano, portando facetas dorsais que também podem ter inclinação lateral ou medial, dependendo do nível. Os processos inferiores se voltam caudalmente e têm facetas articulares dirigidas ventralmente, e também têm inclinação medial ou lateral que depende do nível vertebral. Portanto, os processos articulares de vértebras adjacentes contribuem para as articulações sinoviais zigapofisárias ou dos processos articulares e fazem parte dos limites posteriores dos forames intervertebrais. Essas articulações permitem movimentos limitados entre as vértebras: a mobilidade varia consideravelmente com o nível vertebral.

Os processos transversos se projetam lateralmente das junções pediculolaminares como alavancas para músculos e ligamentos, especialmente aqueles envolvidos na rotação e na flexão lateral. Na região cervical os processos transversos são anteriores aos processos articulares, laterais aos pedículos e ficam entre os forames intervertebrais. Na região torácica eles são posteriores aos pedículos, ficando consideravelmente atrás daqueles dos processos cervicais e lombares. Na região lombar os processos transversos são anteriores aos processos articulares, porém posteriores aos forames intervertebrais. Há considerável variação regional na estrutura e no comprimento dos processos transversos. Na região cervical o processo transverso do atlas é longo e largo, o que possibilita uma vantagem mecânica máxima aos músculos rotadores. A largura varia pouco da segunda à sexta vértebra cervical, mas aumenta na sétima. Nas vértebras torácicas, a primeira é a mais larga e a largura diminui até a 12ª, na qual os elementos transversos são comumente vestigiais. Os processos transversos se tornam mais largos nas três vértebras lombares superiores e diminuem na quarta e quinta. O processo transverso da quinta vértebra lombar é o mais robusto. Ele se origina diretamente do corpo e do pedículo para permitir a transmissão de força à pele pelo ligamento iliolombar.

Os processos transversos torácicos se articulam com as costelas, mas em outros níveis o processo transverso maduro é uma combinação de processos transversos "verdadeiros" e um elemento costal incorporado. Os elementos costais se desenvolvem como partes básicas de arcos neurais em embriões mamíferos, mas se tornam independentes somente como costelas torácicas. Em outros pontos eles permanecem menos desenvolvidos e se fundem ao "processo transverso" da anatomia descritiva (Fig. 44.11).

As vértebras são internamente trabeculadas e têm uma capa externa de osso compacto perfurado por forames vasculares (Fig. 42.15). A capa é fina nas superfícies superiores e inferiores do corpo vertebral, mas é mais espessa no arco e em seus processos. A parte interna trabeculada contém medula óssea vermelha e um ou dois grandes canais ventrodorsais, que contém as veias basivertebrais.

O dimorfismo sexual nas vértebras tem recebido pouca atenção, mas Taylor e Twomey (1984) descreveram diferenças radiológicas em seres humanos adolescentes e relataram que os corpos vertebrais das mulheres têm uma razão menor entre largura e profundidade. O diâmetro dos corpos vertebrais também foi usado para a predição do sexo na análise de material ósseo (MacLaughlin & Oldale 1992).

Fig. 42.14 Quarta vértebra torácica, aspecto superior. **1.** Osso derivado da epífise anular. **2.** Corpo vertebral – osso derivado do centro. **3.** Pedículo. **4.** Face articular superior. **5.** Processo transverso. **6.** Processo espinhoso. **7.** Corpo vertebral – osso derivado do arco neural. **8.** Forame vertebral. **9.** Face costal. **10.** Lâmina.

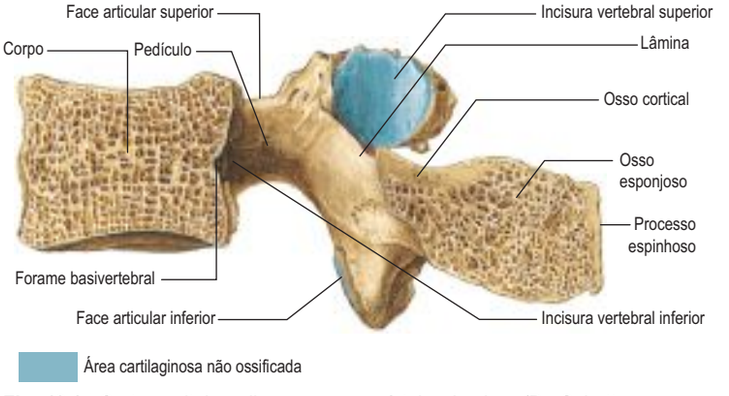


Fig. 42.15 Corte sagital mediano por uma vértebra lombar. (De Sobotta 2006.)

Canal vertebral

O canal vertebral (Fig. 42.6) se estende do forame magno ao hiato sacral e acompanha as curvas vertebrais. Nas regiões cervical e lombar, que têm mobilidade livre, ele é grande e triangular, mas na região torácica, cujo movimento é menor, ele é pequeno e circular. Essas diferenças correspondem às variações no diâmetro da medula espinal e a suas dilatações. Na região lombar o canal vertebral diminui gradativamente de tamanho entre L1 e L5, com maior largura relativa nas mulheres.

Para fins clínicos, é útil considerar que o canal vertebral tem três zonas. Há uma zona central, entre as margens mediais das articulações dos processos articulares, e duas zonas laterais, por sob as articulações dos processos articulares e entrando nos forames intervertebrais. Cada zona lateral, que entra no forame intervertebral e vai um pouco além dele, pode ser subdividida ainda em regiões subarticular (recesso lateral), foraminal e extraforaminal (Macnab & McCulloch 1990). Assim, a zona lateral descrita forma o canal do nervo espinal (o anal radicular ou da raiz). A zona central do canal é um pouco mais estreita que a distância interpedicular radiológica se o recesso lateral for considerado parte do canal radicular e não como parte da zona central.

Estenose espinal

O estreitamento (estenose) do canal vertebral pode ocorrer num único nível espinal ou em múltiplos níveis, e afeta principalmente as regiões lombar e cervical. A estenose pode afetar o canal central e os "canais radiculares" conjunta ou separadamente. Há uma forma da condição devida ao desenvolvimento que afeta principalmente o canal central, porém mais comumente a estenose é degenerativa e decorre do estreitamento dos discos intervertebrais e de alterações osteoartríticas nas articulações dos processos articulares. Esta última combinação tem maior probabilidade de estreitar o forame intervertebral e o "canal radicular", ainda que o perfil seccional do canal vertebral em vértebras lombares afetadas passe tipicamente da forma de um sino para aquela de um trevo. O forame intervertebral lombossacro, que é normalmente o menor na região, é particularmente propenso a essas estenoses. Uma estenose espinal grave pode comprimir o canal espinal e comprometer seu suprimento arterial. Uma estenose mais localizada do "canal radicular" vai se manifestar pelas características clínicas da compressão de nervos espinais, porém sem os sinais de tensão que caracterizam a distensão de raízes nervosas sobre um disco em prolapso. A isquemia dos nervos e das raízes pode provocar mais danos que a verdadeira compressão física do tecido neural.

Forames intervertebrais

Os forames intervertebrais (p. 712) são as principais vias de entrada e saída do canal vertebral e estão intimamente relacionados às principais articulações intervertebrais. (Vias menores ocorrem entre as margens medianas, com frequência parcialmente fundidas, dos ligamentos amarelos.) O mesmo arranjo geral se aplica em toda a coluna vertebral, entre o áxis e o sacro, embora haja algumas variações regionais quantitativas e estruturais. Devido a sua construção, seu conteúdo e sua suscetibilidade a múltiplos transtornos, os forames intervertebrais são locais de grande importância biomecânica, funcional e clínica. As especializações em sentido craniano em relação ao áxis e nos níveis sacrais são descritas em associação aos ossos e articulações individuais.

Os limites do forame intervertebral generalizado (Fig. 42.17) são, anteriormente e de cima para baixo, o aspecto posterolateral do corpo vertebral superior, o aspecto posterolateral da sínfise intervertebral (incluindo o disco) e uma parte posterolateral pequena (variável) do corpo da vértebra inferior; superiormente, o osso compacto da incisura vertebral arqueada profunda da vértebra acima; inferiormente, o osso compacto da incisura vertebral superior rasa da vértebra abaixo; e posteriormente um parte do aspecto ventral da cápsula fibrosa da articulação sinovial dos processos articulares. Os forames intervertebrais cervicais são distintos por terem incisuras vertebrais superior e inferior de profundidade praticamente equivalente, que, de acordo com a direção dos pedículos, estão voltadas anterolateralmente. Externamente a eles e orientado na mesma direção encontra-se um processo transverso. Os forames intervertebrais torácicos e lombares estão voltados lateralmente e seus processos transversos são posteriores. Além disso, os limites anteroinferiores do primeiro ao décimo forames torácicos são formados pelas articulações da cabeça de uma costela e as cápsulas de articulações sinoviais duplas (com as meias facetas de vértebras adjacentes, os ligamentos intra-articulares entre a saliência costocapitular e a sínfise intervertebral). Os forames lombares se situam entre as duas linhas principais de fixação do psoas maior. As paredes de cada forame são cobertas em toda a sua extensão por tecido fibroso, que é por sua vez periósteo (embora haja controvérsia quanto à presença de periósteo verdadeiro revestindo o canal vertebral [Newell 1999]), pericondrial, anular e capsular. As partes mais laterais dos forames podem ser atravessadas em um nível variável por estreitas faixas fibrosas, os ligamentos transforaminais (Bogduk 2005 quanto a detalhes desses ligamentos). O forame verdadeiro é a região foraminal do canal do nervo espinal (o canal radicular ou da "raiz"). O forame contém um nervo espinal segmentar misto e suas bainhas, de dois a quatro nervos meníngeos recorrentes (sinuvertebrais), um número variável de artérias espinais e conexões venosas plexiformes entre os plexos venosos vertebrais interno e externo. Essas estruturas, especialmente os nervos, podem ser afetadas por traumatismos ou por um dos muitos transtornos que podem afetar os tecidos que margeiam o forame. Mais especificamente, a compressão e irritação do nervo pode ser causada pelo prolapso do disco intervertebral ou por um estrangulamento ósseo com a diminuição no tamanho do forame. Essa diminuição pode decorrer da osteoartrite das articulações dos processos articulares, da formação de osteófitos, da degeneração do disco e de espondilolistese degenerativa, todas as quais podem ocasionar uma estenose espinal lateral ou foraminal.

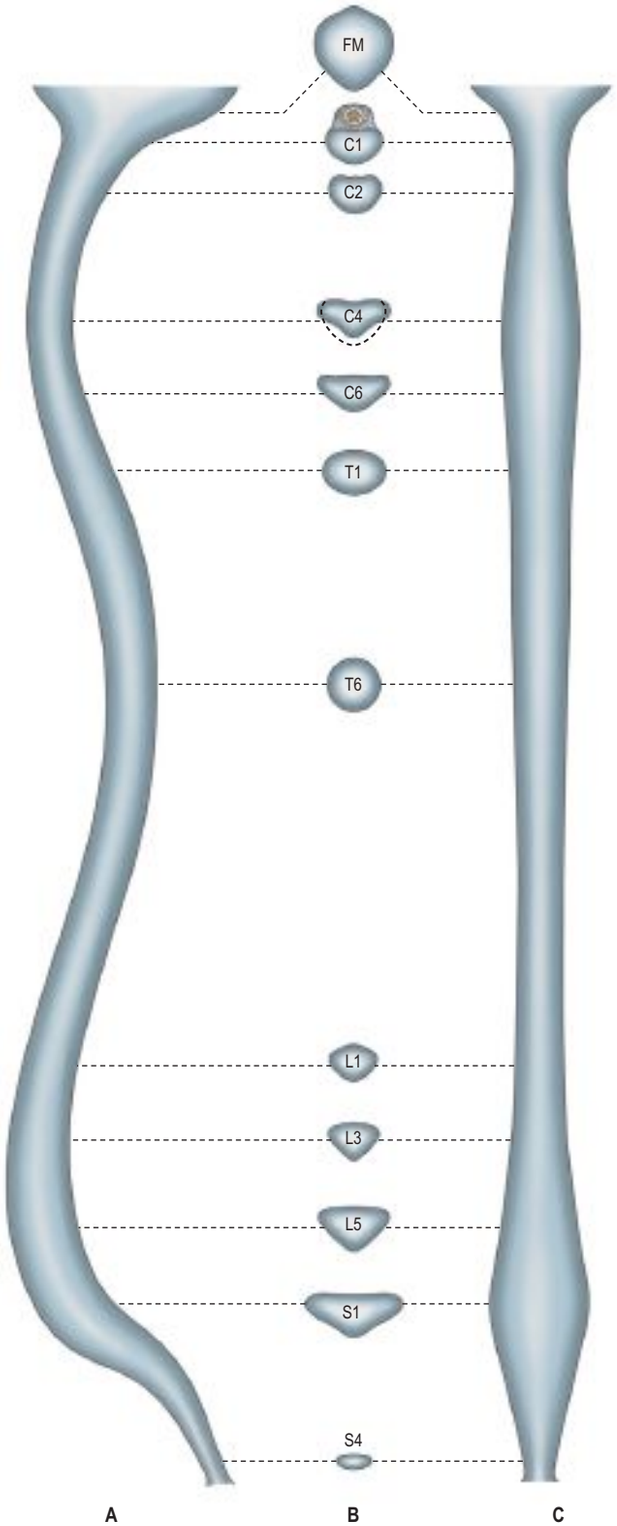


Fig. 42.16 O canal vertebral em corte: **A,** sagital; **B,** transverso (axial); **C,** coronal. FM: forame magno.

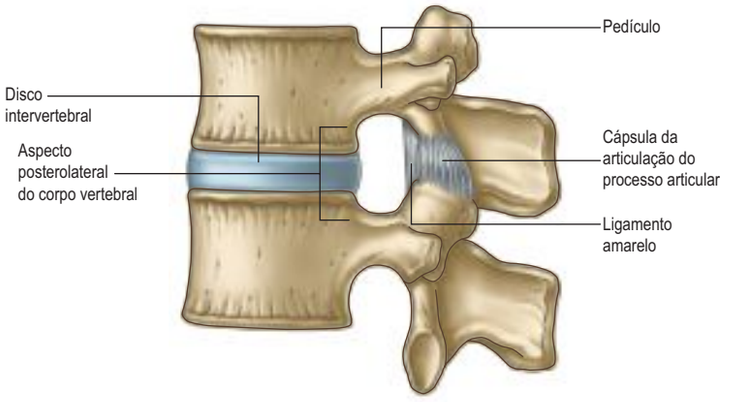


Fig. 42.17 Os limites de um forame intervertebral.

VÉRTEBRAS CERVICAIS

As vértebras cervicais (Figs. 42.18 e 42.19) são as menores das vértebras móveis e se caracterizam por um forame em cada processo transverso. A primeira, a segunda e a sétima têm características especiais e vão ser consideradas separadamente. A terceira, quarta e quinta vértebras cervicais são praticamente idênticas, e a sexta, embora típica em suas características gerais, tem diferenças menores que a distinguem.

Vértebra cervical típica

A vértebra cervical típica (Figs. 42.20 e Fig. 42.21) tem um corpo vertebral pequeno e relativamente largo. Os pedículos se projetam posterolateralmente e as lâminas mais longas posteromedialmente, envolvendo um forame vertebral grande e aproximadamente triangular; o canal vertebral aí se ajusta à dilatação cervical da medula espinal. Os pedículos se fixam a meio caminho entre as superfícies discais do corpo vertebral, de modo que as incisuras vertebrais superior e inferior têm profundidade semelhante. As lâminas são finas e ligeiramente curvas, com borda superior fina e borda inferior ligeiramente mais espessa. O processo espinhoso ("espinha") é curto e bífido, com dois tubérculos que são com frequência de tamanho desigual. A junção entre a lâmina e o pedículo faz saliência lateralmente entre o processo articular superior e o inferior e forma um pilar articular ("massa lateral") de cada lado. Morfologicamente, o processo transverso é composto em torno do forame transverso. Suas barras dorsal e ventral terminam lateralmente como tubérculos correspondentes. Os tubérculos estão ligados, lateralmente ao forame, pela lamela costal (ou intertubercular): esses três elementos constituem morfologicamente o capítulo, o tubérculo e o colo de um elemento costal cervical (pág. 770, Fig. 44.11). A fixação da barra dorsal à junção pediculolaminar constitui o processo transverso morfológico e a fixação da barra ventral ao corpo ventral constitui o processo capitular. Em todas as vértebras cervicais, exceto a sétima, o forame transversário transmite normalmente a artéria e veia vertebral e um ramo do gânglio cervicotorácico (nervo vertebral).

O corpo vertebral tem superfície anterior convexa. A margem discal proporciona fixação ao ligamento longitudinal anterior. A superfície posterior é chata ou minimamente côncava e suas margens discais dão fixação ao ligamento longitudinal posterior. A área central apresenta alguns forames vasculares, dois dos quais são comumente relativamente maiores. Eles são os forames basivertebrais, que transmitem veias basivertebrais às veias vertebrais internas anteriores. A superfície discal superior tem forma de sela, formada por lábios semelhantes a um rebordo, que se originam da maior parte da circunferência lateral da margem superior do corpo vertebral; eles são por vezes designados como lábios ou processos uncinados ou neurocentrais. A superfície discal inferior também é côncava: a concavidade é produzida principalmente por uma projeção larga da margem anterior, que se superpõe parcialmente do disco intervertebral. As superfícies discais das vértebras cervicais têm essa forma para restringir movimentos de deslizamento tanto laterais como anteroposteriores durante a articulação. Os ligamentos amarelos pareados se estendem da borda superior de cada lâmina inferiormente até a metade inferior mais áspera das superfícies anteriores da lâmina superiormente. A parte superior da superfície anterior de cada lâmina é lisa, assim como as superfícies imediatamente adjacentes dos pedículos, que estão geralmente em contato direto com a dura-máter e as bainhas das raízes cervicais, às quais podem se fixar frouxamente. O processo espinhoso da sexta vértebra é maior e com frequência não é bífido.

Os processos articulares superiores, chatos e ovoides, estão dirigidos superoposteriormente, enquanto os processos inferiores correspondentes estão dirigidos principalmente em sentido anterior e se situam mais próximos do plano coronal que os processos superiores. Os ramos dorsais dos nervos espinais cervicais se curvam posteriormente, junto aos aspectos anterolaterais das massas laterais, e podem efetivamente se situar em sulcos rasos, especialmente o terceiro e o quarto pares. O gânglio da raiz dorsal de cada nervo espinal cervical se situa entre as incisuras vertebrais superior e inferior de vértebras adjacentes. O grande ramo anterior passa posteriormente à artéria vertebral, que se situa sobre a superfície superior

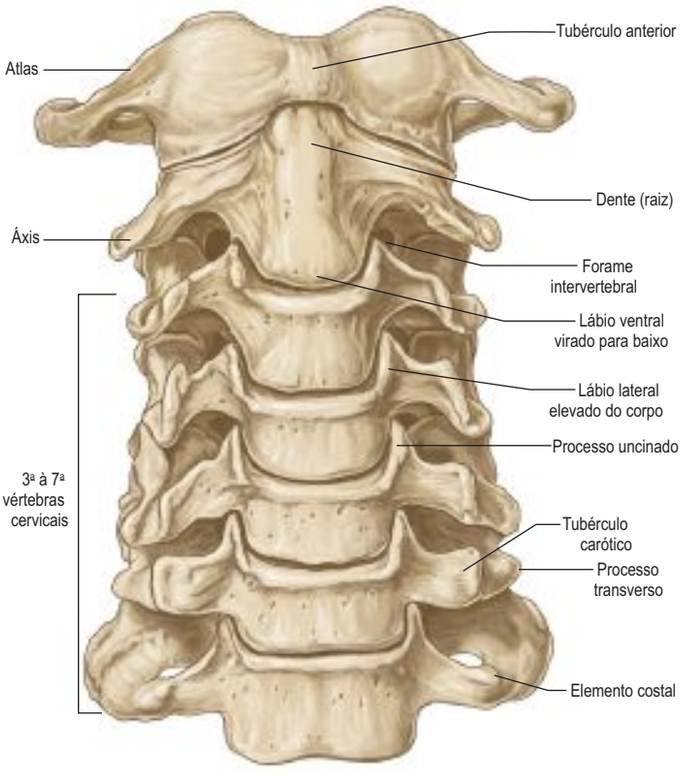


Fig. 42.18 As vértebras cervicais (aspecto anterior).

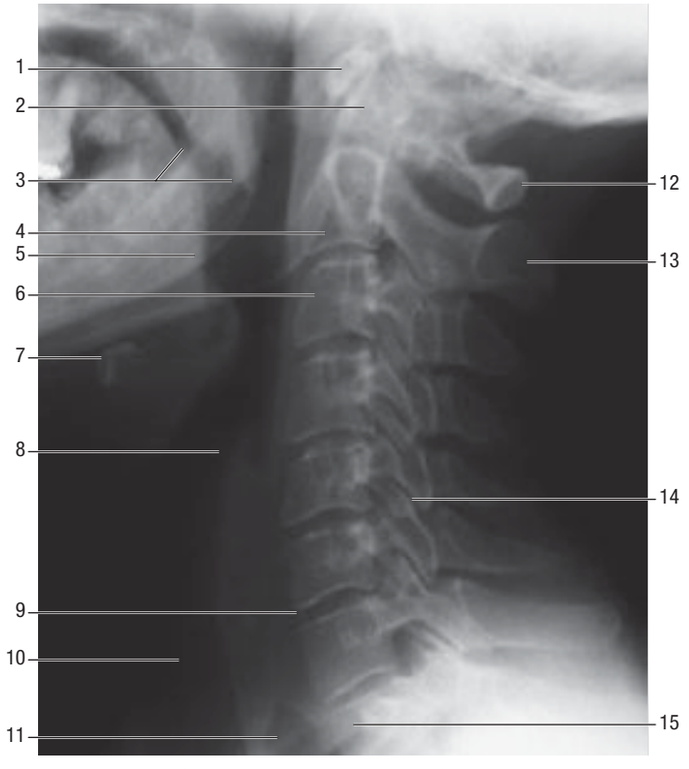


Fig. 42.19 Radiografia lateral da coluna cervical. **1.** Tubérculo anterior do atlas. **2.** Dente de C2. **3.** Palato mole. **4.** Corpo de C2. **5.** Parte faríngea da língua. **6.** C3, corpo cervical característico. **7.** Corpo do hióideo. **8.** Epiglote. **9.** Disco intervertebral C6/7. **10.** Ar na traqueia. **11.** Ar no esôfago. **12.** Arco posterior do atlas. **13.** Processo espinhoso do áxis. **14.** Articulação do processo articular de C6/7. **15.** Corpo de T1.

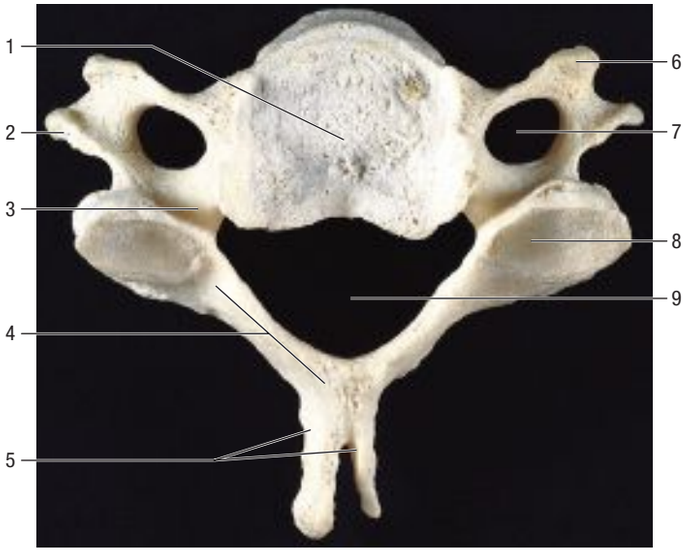


Fig. 42.20 Quarta vértebra cervical, aspecto superior. **1.** Corpo. **2.** Tubérculo posterior do processo transverso. **3.** Pedículo. **4.** Lâmina. **5.** Processo espinhoso bífido. **6.** Tubérculo anterior do processo transverso. **7.** Forame transversário. **8.** Face articular superior. **9.** Forame vertebral.

Fig. 42.21 Quarta vértebra cervical, aspecto lateral. **1.** Processo uncinado. **2.** Corpo. **3.** Tubérculo anterior do processo transverso. **4.** Tubérculo posterior do processo transverso. **5.** Processo articular superior. **6.** Massa lateral. **7.** Lâmina. **8.** Processo espinhoso. **9.** Processo articular inferior.

côncava da lamela costal; a concavidade da lamela aumenta da quarta até a sexta vértebra. Os tubérculos anteriores da quarta à sexta vértebras são alongados e ásperos para a fixação de músculos. O sexto é o mais longo, o tubérculo carótico de Chassaignac. A artéria carótida pode ser vigorosamente comprimida no sulco formado pelos corpos vertebrais e os tubérculos anteriores maiores, especialmente o sexto. Os tubérculos posteriores são arredondados e mais lateralmente situados que os anteriores e todos eles, exceto o sexto, são também mais caudais; o sexto fica aproximadamente no mesmo nível do anterior.

Fixações musculares O ligamento nucal e numerosos extensores profundos, incluindo os semiespinais torácico e cervical, multífido, espinais e interespinais, se fixam todos aos processos espinhosos. Faixas tendinosas do escaleno anterior, do longo da cabeça e do longo do pescoço se fixam do quarto ao sexto tubérculos anteriores. O esplênio, o longuíssimo e o iliocostal do pescoço, o levantador da escápula e os escalenos posterior e médio se fixam todos aos tubérculos posteriores. Depressões anterolaterais rasas na superfície anterior do corpo vertebral alojam as partes verticais do longo do pescoço.

Ossificação As vértebras cervicais se ossificam de acordo com o esquema vertebral padrão descrito na página 768. A segmentação incompleta ("vértebras em bloco") é comum na coluna cervical e envolve mais comumente o áxis e a terceira vértebra cervical.

C1, atlas

O atlas, a primeira vértebra cervical (Fig. 42.22), sustenta a cabeça. Ele é singular por não incorporar um centro, cuja posição esperada é ocupada pelo dente, uma protuberância cranial do áxis. O atlas consiste em duas

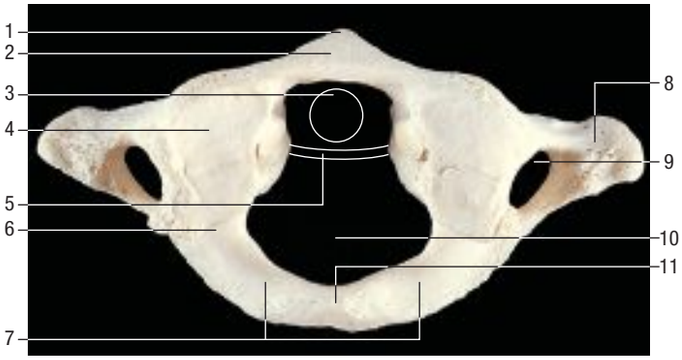


Fig. 42.22 Primeira vértebra cervical (atlas), aspecto superior. **1.** Tubérculo anterior. **2.** Arco anterior. **3.** Contorno do dente. **4.** Face articular superior, sobre a massa lateral (face bipartida nesse espécime). **5.** Contorno do ligamento transversário. **6.** Sulco para a artéria vertebral e C1 (sob saliência óssea suspensa da massa lateral neste ponto). **7.** Arco posterior. **8.** Processo transverso. **9.** Forame transversário. **10.** Forame vertebral. **11.** Tubérculo posterior.

massas laterais ligadas por um arco anterior curto e um arco posterior mais longo. O ligamento transverso mantém o dente contra o arco anterior.

O ligamento transverso divide o canal vertebral em dois compartimentos. O terço (aproximadamente) anterior do canal é ocupado pelo dente. O compartimento posterior é ocupado pela medula espinal e suas coberturas, e a medula em si ocupa cerca de metade do canal (*i.é*, assim como o dente, a medula ocupa um terço do canal).

O arco anterior é ligeiramente convexo anteriormente e tem um tubérculo anterior mais áspero ao qual se fixa o ligamento longitudinal anterior (que é cilíndrico a esse nível). Suas bordas superiores e inferiores proporcionam fixação para a membrana atlanto-occipital anterior e para as partes laterais divergentes do ligamento longitudinal anterior. A superfície posterior do arco anterior tem um processo articular côncavo, quase circular, para o dente.

As massas laterais são ovoides, seu eixo longo convergindo anteriormente. Cada um deles tem um processo articular superior em forma de rim para o respectivo côndilo occipital, que é por vezes totalmente dividido numa parte anterior maior e uma parte posterior menor (Lang 1986). O processo articular inferior da massa lateral é quase circular, e é plano ou ligeiramente côncavo. Ele está orientado mais obliquamente ao plano transverso que o processo articular superior e está voltado mais medialmente e muito ligeiramente para trás. Na superfície medial de cada massa lateral há uma área mais áspera que apresenta forames vasculares e um tubérculo para a fixação do ligamento transverso. Em adultos a distância entre esses tubérculos é menor do que o próprio ligamento transverso, com valor médio de aproximadamente 16 mm.

O arco posterior forma três quintos da circunferência do anel do atlas. A superfície superior tem um sulco largo para a artéria vertebral e o plexo venoso vertebral imediatamente atrás, e está variavelmente suspensa sobre a massa lateral; o primeiro nervo cervical passa entre elas. A borda superior semelhante a um rebordo dá fixação à membrana atlanto-occipital posterior e a borda inferior mais chata fixa o par mais alto dos ligamentos amarelos. O tubérculo posterior é um processo espinhoso rudimentar; mais áspero para a fixação do ligamento nucal.

Os processos transversos são mais longos que aqueles de todas as vértebras cervicais, exceto o da sétima (Fig. 42.18). Eles agem como alavancas resistentes para os músculos que fazem ajustes finos para manter a cabeça em equilíbrio. A largura máxima do atlas varia de 74-95 mm em indivíduos masculinos e de 65-76 mm nos do sexo feminino, o que proporciona um critério útil para a avaliação do sexo em restos humanos. O ápice do processo transverso, que é geralmente largo, chato e palpável entre o processo mastoide e o ramo da mandíbula, é homólogo com o tubérculo posterior de vértebras cervicais típicas; a parte remanescente do processo transverso consiste na lamela costal. Um pequeno tubérculo anterior é por vezes visível sobre o aspecto anterior da massa lateral. A lamela costal por vezes falta, o que deixa o forame transversário aberto anteriormente.

Fixações musculares As partes oblíquas superiores do longo do pescoço se fixam de cada lado do tubérculo anterior. A superfície anterior da massa lateral dá fixação ao reto anterior da cabeça. O músculo reto posterior menor da cabeça insere-se imediatamente lateral ao tubérculo posterior. O reto lateral da cabeça se fixa ao processo transverso superiormente e o oblíquo superior da cabeça está localizado mais posteriormente. O oblíquo inferior da cabeça se fixa lateralmente ao ápice, abaixo do qual há tiras do levantador da escápula, esplênio do pescoço e escaleno médio.

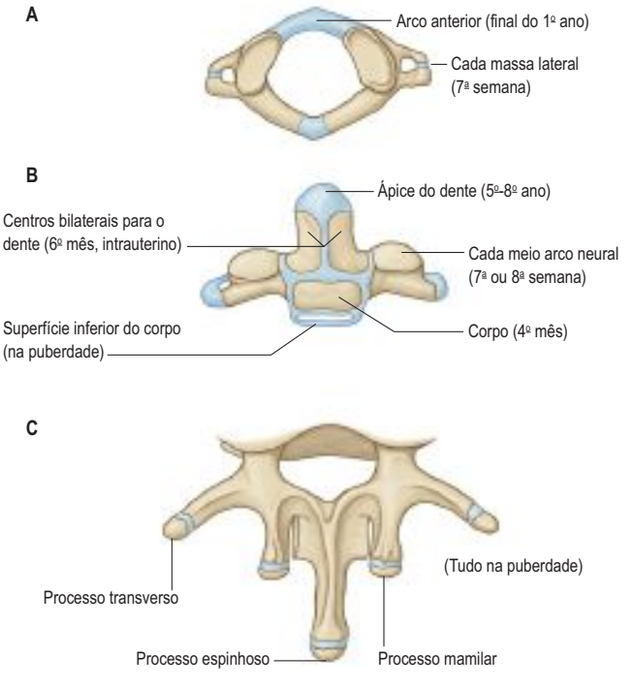


Fig. 42.23 Ossificação na coluna vertebral. **A,** O atlas. **B,** O áxis. **C,** Vértebra lombar.

Fig. 42.24 Segunda vértebra cervical (áxis), aspecto superior. **1.** Dente – fixação do ligamento apical. **2.** Face articular superior sobre a massa lateral. **3.** Dente – fixação dos ligamentos alares. **4.** Forame transversário. **5.** Pedículo. **6.** Processo espinhoso. **7.** Corpo. **8.** Processo transverso. **9.** Forâmen vertebral. **10.** Processo articular inferior. **11.** Lâmina.

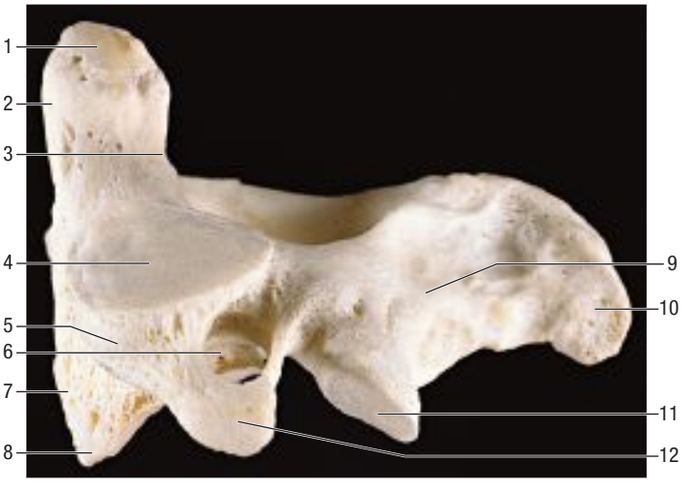


Fig. 42.25 Segunda vértebra cervical (áxis), aspecto lateral. **1.** Dente – fixação do ligamento alar. **2.** Face para o arco anterior do atlas. **3.** Sulco para o ligamento transverso do atlas. **4.** Face articular superior. **5.** Massa lateral. **6.** Forame transversário divergente. **7.** Corpo. **8.** Lábio ventral do corpo. **9.** Lâmina. **10.** Processo espinhoso. **11.** Face articular inferior. **12.** Processo transverso.

Ossificação O atlas é comumente ossificado a partir de três centros (Fig. 42.23). Um deles aparece em cada massa lateral por volta da sétima semana, estendendo-se gradativamente até o arco posterior, onde eles se unem entre o terceiro e o quarto anos, em geral diretamente, porém ocasionalmente por um centro distinto. Ao nascimento o arco anterior é fibrocartilaginoso e um centro separado aparece aproximadamente ao final do primeiro ano. Ele se une às massas laterais entre o sexto e o oitavo anos, e as linhas de união se estendem através de partes anteriores das facetas articulares superiores. Ocasionalmente o arco anterior é formado pela extensão e a união final dos centros nas massas laterais e por vezes dos dois centros laterais no próprio arco.

A parte central do arco posterior pode estar ausente e ser substituída por tecido fibroso. Esporões ósseos se originam frequentemente das margens anterior e posterior do sulco para a artéria vertebral. Eles são por vezes designados como pontículos e ocasionalmente convertem o sulco num forame. Mais comumente, o forame é incompleto superiormente. Em raras ocasiões o atlas pode ser total ou parcialmente assimilado pelo occipício (fundido a ele).

C2, áxis

O áxis, a segunda vértebra cervical (Figs. 42.24 e Fig. 42.25), age como um eixo para a rotação do atlas e da cabeça em torno do dente forte (processo odontoide), que se projeta em sentido cranial a partir da superfície superior do corpo vertebral.

O dente tem forma cônica e comprimento médio de 15 mm em adultos. Ele pode estar um pouco inclinado, até 14°, posteriormente ou, mais raramente, anteriormente sobre o corpo do áxis; também pode se inclinar lateralmente até 10°. A superfície posterior tem um sulco largo para o ligamento transverso, que é coberto por cartilagem. O ápice é pontiagudo e desse ponto se origina o ligamento apical. Os ligamentos alares se fixam às superfícies posterolaterais algo achatadas acima do sulco para o ligamento transverso. A superfície anterior tem um processo articular ovoide para o arco anterior do atlas e a superfície é perfurada por muitos forames vasculares, que são mais numerosos próximo ao ápice.

O corpo consiste em osso menos compacto que o dente. Ele é composto, e consiste nos centros parcialmente fundidos do atlas e do áxis e de um disco rudimentar (sincondrose) entre eles, que geralmente permanece detectável profundamente no corpo do áxis durante toda a vida. Grandes processos articulares ovoides estão presentes de cada lado do dente na junção do corpo ao arco neural; eles são chatos ou ligeiramente convexos para articulação com as massas do atlas. Os processos articulares se situam num plano anterior ao plano das articulações intercentrais (de Luschka), com as quais são em parte homólogos. A borda anterior algo triangular em projeção para baixo dá fixação ao ligamento longitudinal anterior. Posteriormente, a borda inferior recebe o ligamento longitudinal posterior e a membrana tectória.

Os pedículos são robustos e a superfície superior porta uma parte do processo articular superior, que também se projeta lateral e inferiormente sobre o processo transverso. A superfície anterolateral é profundamente sulcada pela artéria vertebral, que passa por sob a parte lateral delgada da superfície inferior do processo articular superior, que pode se tornar bastante fino. A superfície inferior de cada pedículo tem uma incisura intervertebral inferior profunda e lisa, em que se situa a grande bainha da raiz do terceiro nervo cervical. A parte interarticular do pedículo é curta e fica entre o processo articular inferior posterior (que se localiza na junção pediculolaminar e apresenta um pequeno processo voltado anteriormente), relativamente pequeno, e a superfície articular superior.

O processo transverso é pontiagudo, projeta-se inferior e lateralmente e se origina da junção pediculolaminar e do aspecto lateral da área interarticular do pedículo. A extremidade arredondada é homóloga ao tubérculo posterior de uma vértebra cervical típica. O forame transversário está dirigido lateralmente, pois a artéria vertebral vira abruptamente em sentido lateral sob o processo articular superior. Pequenos tubérculos anteriores podem estar presentes, próximos à junção da lamela costal com o corpo da vértebra.

As lâminas são espessas e dão fixação aos ligamentos amarelos.

O processo espinhoso é grande, tem uma extremidade bífida e uma base larga, que é côncava inferiormente. O ligamento nucal se fixa à incisura apical.

Fixações musculares A superfície anterior do corpo tem uma depressão profunda de cada lado para a fixação da parte vertical do longo do pescoço. O levantador da escápula, o escaleno médio e o esplênio do pescoço se fixam todos à extremidade dos processos transversos e os músculos intertransversos se fixam às suas superfícies superior e inferior. As superfícies laterais do processo espinhoso dão origem ao oblíquo inferior da cabeça e o reto posterior maior se fixa um pouco mais posteriormente. A concavidade inferior do processo recebe o semiespinal e o espinal do pescoço, o multífido mais profundamente e o interespinal próximo ao ápice.

Suprimento arterial Pequenos ramos se originam principalmente da artéria vertebral, no nível do forame intervertebral do terceiro nervo cervical, e formam canais longitudinais pareados anteriores e posteriores, ramos dos quais entram no dente próximo à base e próximo ao ápice. O canal anterior recebe também numerosos ramos menores de ramos vizinhos da artéria carótida externa por ramos ao longo do pescoço e aos ligamentos do ápice, razão pela qual não há necrose avascular após a fratura da base do dente.

Ossificação O áxis é ossificado por cinco centros primários e dois centros secundários (Fig. 42.23). O arco vertebral tem dois centros primários e o centro tem apenas um, como numa vértebra típica. Os primeiros aparecem por volta da sétima à oitava semana de vida e aquele do centro em torno do quarto ao quinto mês. O dente é ossificado em grande parte a partir de centros bilaterais, aparecendo em torno do sexto mês e se unindo antes do nascimento para formar uma massa cônica, profundamente fendida superiormente por cartilagem. Essa cartilagem cuneiforme constitui o ápice do processo odontoide. Nela aparece um centro que apresenta variação considerável tanto no momento de aparecimento como no tempo até a fusão ao restante do dente; ele aparece mais comumente entre as idades de cinco e oito anos, mas por vezes até mais tarde que isso, fundindo-se à massa principal por volta do 12º ano de vida. Considerava-se que a cartilagem fazia parte da metade esclerotômica cranial do primeiro segmento cervical ou pró-atlas. Sugeriu-se também que o centro apical do dente deriva, ele próprio, do pró-atlas, que também pode contribuir para as massas laterais do atlas. O dente é separado do corpo da vértebra por um disco cartilaginoso, cuja circunferência se ossifica, enquanto seu centro permanece cartilaginoso até a idade avançada; possíveis rudimentos de epífises adjacentes do atlas e do áxis podem ocorrer no disco. Uma delgada lâmina epifisária se forma inferiormente ao corpo por volta da puberdade.

A ossificação pode por vezes ser incompleta. Assim, o centro cuneiforme apical pode não se fundir ao dente ou o próprio dente pode não se fundir ao corpo, formando em vez disso um osso odontoide. Alguns autores acham que isso decorre de um traumatismo antigo não reconhecido, e não de uma falha da ossificação. A interposição do ligamento transverso pode impedir a união de fraturas através da base do dente. A hipoplasia do dente se acompanha habitualmente de assimilação atlanto-occipital e invaginação basilar. As anormalidades do dente são comuns e podem ocasionar a subluxação atlanto-axial. Em algumas displasias ósseas há uma ossificação anormal em que o dente se ossifica separadamente e muito depois do centro do atlas. Isso é provavelmente consequente à mobilidade anormal dos primórdios cartilaginosos e a ossificação normal pode ser restaurada se os movimentos forem impedidos pela fusão cirúrgica.

C7, sétima vértebra cervical

A sétima vértebra cervical, a vértebra proeminente (Fig. 42.26), tem um longo processo espinhoso que é visível na extremidade inferior do sulco nucal. Ele termina num tubérculo proeminente para a fixação do ligamento nucal e dos músculos detalhados mais adiante. Os processos transversos espessos e proeminentes se situam posterior e lateralmente aos forames transversários. Estes últimos transmitem veias vertebrais, mas não a artéria vertebral, e cada um deles é frequentemente dividido por uma espícula óssea. A lamela costal é relativamente fina e pode faltar em parte. Ela é sulcada superiormente para o ramo anterior do sétimo nervo cervical e apresenta geralmente um pequeno e inconspícuo tubérculo anterior. O tubérculo posterior é proeminente. A membrana suprapleural se fixa à borda anterior do processo transverso.

A lamela costal do processo transverso pode se separar como uma costela cervical. Os forames transversários podem ser assimétricos; um deles pode estar ocasionalmente ausente se a lamela costal não se desenvolver o suficiente.

Fixações musculares Trapézio, espinal da cabeça, semiespinal torácico, multífido e interespinais se fixam todos ao tubérculo do processo espinhoso. A borda anterior do processo transverso recebe a fixação do escaleno mínimo (pleural), quando presente. O primeiro par dos levantadores das costelas se fixa aos processos transversos.

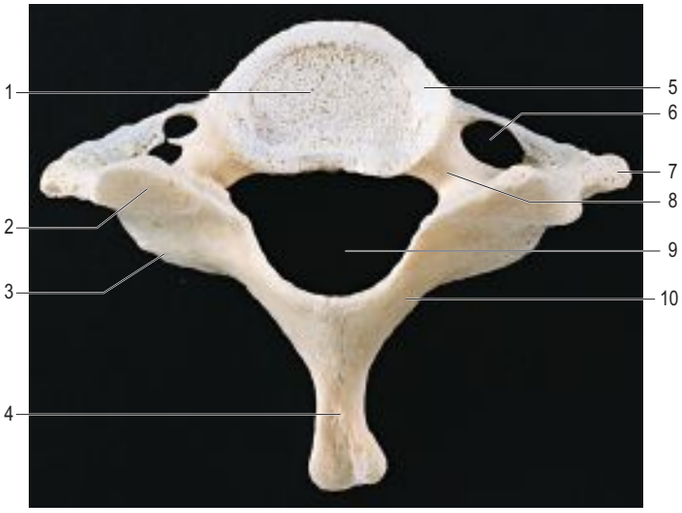


Fig. 42.26 Sétima vértebra cervical, aspecto superior. **1.** Corpo. **2.** Face articular superior. **3.** Processo articular inferior. **4.** Processo espinhoso. **5.** Processo uncinado. **6.** Forame intertransversário (os forames são assimétricos nesse espécime). **7.** Processo transverso. **8.** Pedículo. **9.** Forame vertebral. **10.** Lâmina.

Ossificação Os centros para a ossificação dos processos costais aparecem por volta do sexto mês e unem o corpo e os processos transversos entre cinco e seis anos; eles podem permanecer separados e crescer anterolateralmente como costelas cervicais. Centros de ossificação separados podem ocasionalmente ocorrer também nos processos costais da quarta à sexta vértebras cervicais.

VÉRTEBRAS TORÁCICAS

Vértebras torácicas em geral e alterações em níveis descendentes

Todos os corpos vertebrais torácicos apresentam fóveas costais laterais, e todos os processos transversos, exceto os dois ou três mais inferiores, também têm fóveas (Fig. 42.27). As fóveas se articulam à cabeça da costela (fóvea costocapitular) e a seu tubérculo (fóvea costotubercular), respectivamente. A primeira e a nona à 12ª vértebras também têm características atípicas, mas as outras são muito semelhantes, exceto por detalhes de importância relativamente pequena.

O corpo é tipicamente um cilindro provido de uma cintura (Fig. 42.28), exceto no ponto em que se situa o forame vertebral, e as dimensões transversa e anteroposterior são praticamente iguais. Há de cada lado duas fóveas costais (que são na realidade meias faces; o par superior e geralmente maior na borda superior é anterior aos pedículos, enquanto o par inferior na borda inferior é anterior às incisuras vertebrais. O forame vertebral (Fig. 42.14) é pequeno e circular, de modo que os pedículos não divergem como fazem em vértebras cervicais; a medula espinal torácica é menor e mais circular que a medula cervical. As lâminas são curtas, grossas e largas e se superpõem de cima para baixo. O processo espinhoso se inclina para baixo. Os processos articulares superiores, finos e quase chatos, se projetam a partir das junções pediculolaminares e se voltam posteriormente e um pouco superolateralmente. Os processos articulares inferiores se projetam para baixo a partir das lâminas e suas faces estão voltadas para diante e um pouco superomedialmente. Os grandes processos transversos semelhantes a clavas também se projetam a partir das junções pediculolaminares. Cada um deles se volta posterolateralmente e tem, próximo a sua extremidade, faces anteriores ovais para a articulação com o tubérculo da costela correspondente.

Os corpos das vértebras torácicas superiores passam gradativamente do tipo cervical ao torácico, e os inferiores passam de torácicos a lombares. O corpo da primeira vértebra é tipicamente cervical, e seu diâmetro transverso é quase o dobro do anteroposterior; a segunda conserva uma forma cervical, mas seus dois diâmetros diferem menos. O terceiro corpo é o menor e tem aspecto anterior convexo, diferente da primeira e segunda vértebras torácicas, que são achatadas. Os outros corpos vertebrais aumentam de tamanho e, devido a seu diâmetro anteroposterior aumentado, o quarto tem tipicamente "forma de coração". Os corpos vertebrais do quinto ao oitavo aumentam sua dimensão anteroposterior, mas pouco se alteram em sentido transversal. Ao corte transverso esses quatro são assimétricos, e seus lados esquerdos são achatados pela pressão da aorta torácica. Os demais aumentam mais rapidamente em todas as medidas,

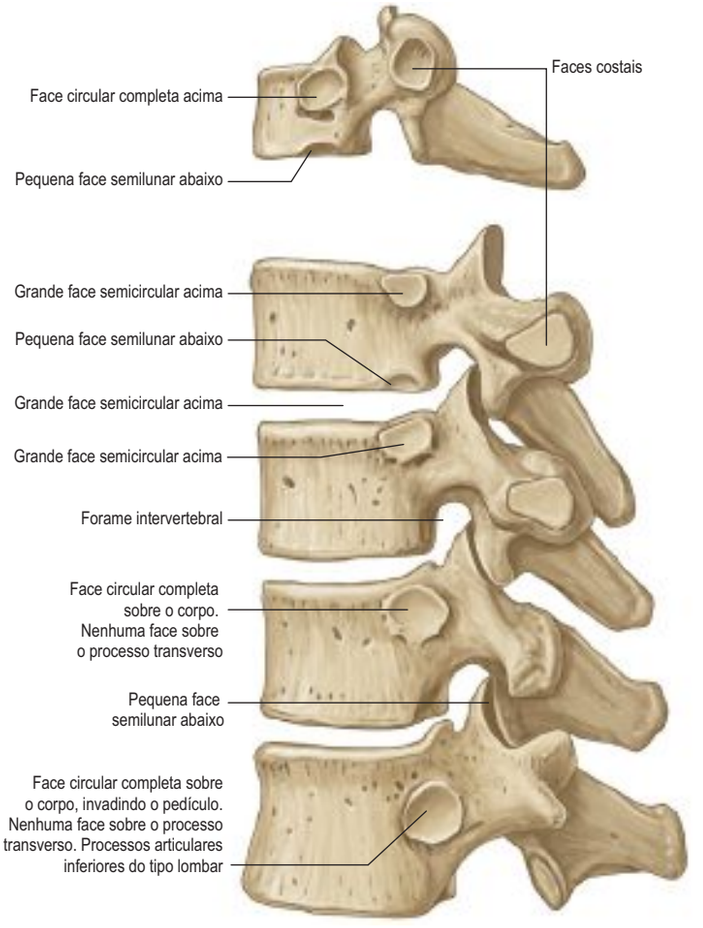


Fig. 42.27 Primeira, nona, décima, décima primeira e décima segunda vértebras torácicas, aspecto lateral.

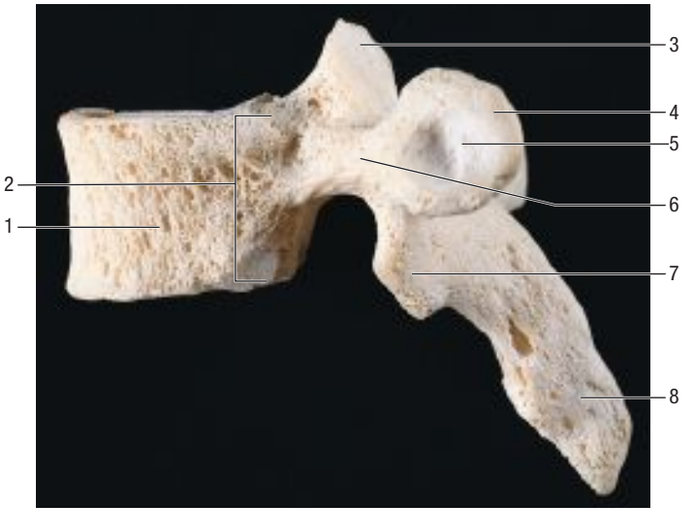


Fig. 42.28 Quarta vértebra torácica, aspecto lateral. **1.** Corpo, **2.** Meias fóveas costais. **3.** fóvea articular superior. **4.** Processo transverso. **5.** Face costotubercular. **6.** Pedículo. **7.** Processo articular inferior. **8.** Processo espinhoso.

de modo que o 12º corpo se assemelha àquele de uma vértebra lombar típica. Essas modificações podem contribuir para a maior amplitude de flexão-extensão vista nas extremidades cervical e lombar da coluna vertebral torácica.

Os ligamentos longitudinais anterior e posterior se fixam às margens dos corpos vertebrais, e em torno das margens das fóveas costais existem os ligamentos capsular e radiado das articulações costovertebrais. Os pedículos torácicos apresentam um aumento caudal sucessivo na espessura. A incisura vertebral superior é reconhecível somente na primeira vértebra torácica, enquanto a incisura inferior é profunda em todas elas. Ligamentos amarelos se fixam às bordas superiores e às superfícies inferiores anteriores das lâminas.

Os processos transversos torácicos encurtam em sucessão caudal. Nas cinco ou seis vértebras superiores as faces costais são côncavas e estão voltadas anterolateralmente e nos níveis inferiores as faces são mais achatadas e se voltam superolateralmente e ligeiramente para diante. O ligamento costotransversário se fixa à superfície anterior medialmente à face; o ligamento costotransversário lateral se fixa a seu ápice trabeculado e o ligamento costotransversário superior se fixa à sua borda inferior.

As espinhas torácicas se superpõem da quinta à oitava vértebra, cuja espinha é a mais longa e a mais oblíqua. Ligamentos supraespinal e infraespinal se fixam às espinhas.

Uma mudança na orientação dos processos articulares do tipo torácico ao lombar ocorre habitualmente na 11ª vértebra torácica, mas por vezes isso se dá na 12ª ou na 10ª vértebra. Na vértebra de transição os processos articulares superiores são torácicos e estão voltados posterolateralmente, enquanto os inferiores são transversalmente convexos e estão voltados anterolateralmente. A vértebra de transição marca o local de uma alteração súbita na mobilidade, de predominantemente rotacional para predominantemente de flexão-extensão.

Fixações musculares O longo do pescoço se origina dos três corpos vertebrais torácicos superiores, lateralmente do ligamento longitudinal anterior; e o psoas maior e o psoas menor se originam das laterais da 12ª vértebra, próximo a sua borda inferior. As bordas superior e inferior dos processos transversos proporcionam fixação para os músculos intertransversos ou seus vestígios fibrosos. As superfícies posteriores dos processos transversos proporcionam fixação para os músculos dorsais profundos e o levantador da costela se fixa posteriormente ao ápice. Os músculos trapézio, romboide maior e menor, latíssimo do dorso, serrátil posterior superior e inferior e muitos músculos dorsais profundos se fixam às espinhas. Os rotadores se fixam aos aspectos posteriores das lâminas.

Ossificação As vértebras torácicas se ossificam todas de acordo com o esquema vertebral padrão descrito na página 768.

T1

A primeira vértebra torácica (Fig. 42.27) se assemelha a uma vértebra cervical em seu corpo, tanto na forma como na característica "formação de lábio" posterolateral que forma a borda anterior da incisura vertebral superior. Há faces costais superiores circulares para a articulação com toda a face sobre a cabeça da primeira costela. As faces inferiores semilunares menores se articulam com uma meia face na cabeça da segunda costela. A fóvea costal superior está frequentemente incompleta, caso em que a primeira costela se articula com a sétima vértebra cervical e o disco interveniente. Uma depressão pequena e profunda ocorre com frequência abaixo da fóvea. A espinha longa e grossa é horizontal, e é comumente tão proeminente quanto aquela da sétima vértebra cervical.

T9

A nona vértebra torácica (Fig. 42.27) é típica sob todos os demais aspectos, mas frequentemente não se articula com a décima costela, caso em que as meias faces inferiores estão ausentes.

T10

A 10ª vértebra torácica (Fig. 42.27) só se articula com o 10º par de costelas, de modo que as fóveas superiores aparecem unicamente sobre o corpo. Elas são geralmente grandes e semilunares, mas são ovais quando a décima costela não se articula com a nona vértebra e o disco interveniente. O processo transverso pode ou não ter uma fóvea para o tubérculo da 10ª costela.

T11

A 11ª vértebra torácica (Fig. 42.27) se articula somente com as cabeças das 11ªs costelas. As fóveas costais circulares estão próximas da borda superior do corpo vertebral e se estendem até os pedículos. Os pequenos processos transversos não apresentam faces articulares. Os processos espinhosos da 11ª e 12ª vértebras torácicas são triangulares, com ápices rombudos, uma borda horizontal mais baixa e uma borda oblíqua mais alta.

T12

A 12ª vértebra torácica (Fig. 42.27) se articula com as cabeças das 12ªs costelas por faces circulares um pouco abaixo da borda superior, chegando

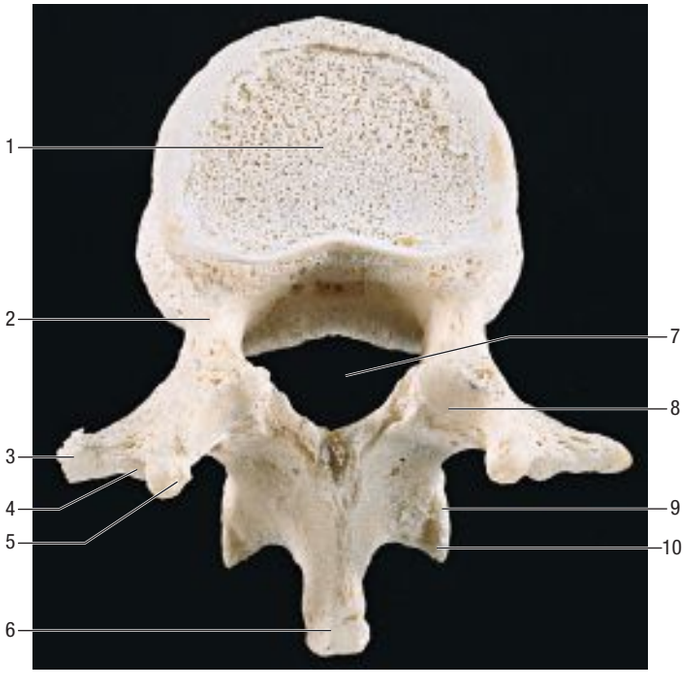


Fig. 42.29 Primeira vértebra lombar, aspecto superior. **1. C**orpo. **2.** Pedículo. **3.** Processo transverso. **4.** Processo acessório. **5.** Processo mamilar. **6.** Processo espinhoso. **7.** Forame vertebral. **8.** Fóvea articular superior. **9.** Lâmina. **10.** Fóvea articular inferior.

até os pedículos. O corpo da vértebra é grande e ela tem algumas características lombares. O processo transverso é substituído por três pequenos tubérculos: o superior é o maior, projeta-se para cima e corresponde a um processo mamilar lombar, embora não se situe tão próximo do processo articular superior; o tubérculo lateral é o homólogo de um processo transverso; o inferior é o homólogo de um processo acessório lombar. Os processos superior e inferior são surpreendentemente longos em alguns espécimes.

VÉRTEBRAS LOMBARES

Vértebras lombares em geral

As cinco vértebras lombares se distinguem por seu grande tamanho e pela ausência de fóveas costais e de forames transversos. O corpo vertebral é mais largo transversalmente (Figs. 42.33B e 42.39). O forame vertebral é triangular e é maior que nos níveis torácicos, porém menor que nos níveis cervicais. Os pedículos são curtos. O processo espinhoso é praticamente horizontal, quadrangular e mais espesso ao longo de suas bordas posterior e inferior. Os processos articulares superiores apresentam faces articulares verticais côncavas voltadas posteromedialmente, com um processo mamilar áspero em suas bordas posteriores (Fig. 42.30A). Os processos articulares inferiores têm faces articulares convexas voltadas anterolateralmente. Os processos transversos são finos e longos, exceto pelo quinto par, que é mais substancial. Um pequeno processo acessório marca o aspecto posteroinferior da raiz de cada processo transverso. O processo acessório e o mamilar estão ligados por um fino ligamento, o ligamento mamiloacessório, que por vezes se ossifica, e sob o qual o ramo medial do ramo dorsal primário do nervo espinal passa (Bogduk 2005).

Fortes pedículos pareados se originam posterolateralmente de cada corpo vertebral próximo a sua borda superior. As incisuras vertebrais superiores são rasas e as inferiores são profundas. As lâminas são largas e curtas, mas não se superpõem tanto quanto aquelas das vértebras torácicas. A quinta espinha é a menor e seu ápice é frequentemente arredondado e virado para baixo. Os processos articulares superiores das vértebras lombares superiores são mais separados que os inferiores, mas a diferença é pequena na quarta vértebra e desprezível na quinta. As faces articulares são reciprocamente côncava (superior) e convexa (inferior), o que possibilita flexão, extensão, inclinação lateral e algum grau de rotação. Há diferenças entre os sexos quanto ao ângulo de inclinação e à profundidade de curvatura das faces articulares. As faces por vezes são assimétricas. Os processos transversos, exceto pelo quinto, são comprimidos anteroposteriormente e se projetam posterolateralmente. A borda inferior do quinto processo transverso é angulada, dirige-se lateralmente e depois superolateralmente até uma extremidade rombuda, e o processo inteiro se mostra mais inclinado para cima que o quarto. O ângulo sobre a borda

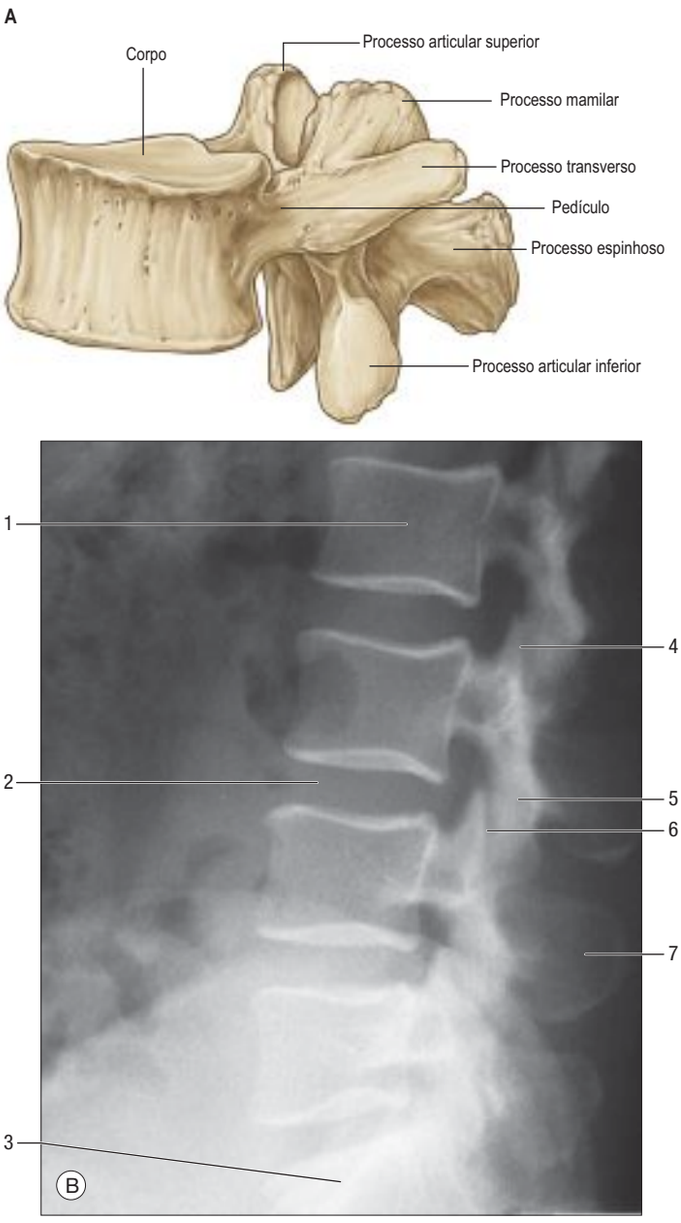


Fig. 42.30 Coluna lombar. **A,** Vértebra lombar, aspecto lateral. **B,** Radiografia lateral, indivíduo masculino de 24 anos. **1.** Corpo vertebral L2. **2.** Local do disco intervertebral L3/4. **3.** Corpo vertebral S1. **4.** Processo articular superior. **5.** Processo articular inferior. **6.** Articulação entre os processos articulares L3-4. **7.** Processo espinhoso de L4.

inferior pode constituir a extremidade do elemento costal e a extremidade lateral do processo transverso verdadeiro. Os processos transversos lombares aumentam em comprimento do primeiro ao terceiro e depois diminuem (Fig. 42.31). O quinto par se inclina tanto para cima como posteromedialmente. O elemento costal é incorporado ao processo transverso maduro.

O primeiro forame vertebral lombar contém o cone medular da medula espinal, enquanto forames inferiores contêm a cauda equina e as meninges espinais (Figs. 42.11B e 42.32A). Há variações nas dimensões sagitais e coronais do canal vertebral lombar, tanto dentro como entre populações normais.

Fixações musculares e fasciais (pág. 708) As bordas superior e inferior dos corpos vertebrais lombares dão fixação aos ligamentos longitudinais anterior e posterior. Os corpos superiores (três à direita, dois à esquerda) proporcionam fixações aos pilares do diafragma lateralmente ao ligamento longitudinal anterior. Posterolateralmente o psoas maior se fixa às margens superior e inferior de todos os corpos vertebrais lombares e arcos tendinosos entre eles levam essas fixações através de seus lados côncavos (Fig. 62.5). As lamelas posteriores da fáscia toracolombar, eretores da espinha, espinais torácicos, músculos multífidos, e ligamentos interespinais e ligamentos supraespinais se fixam, todos, aos processos espinhosos. Todos os processos transversos lombares apresentam uma saliência vertical na superfície anterior, mais próximo da extremidade, que

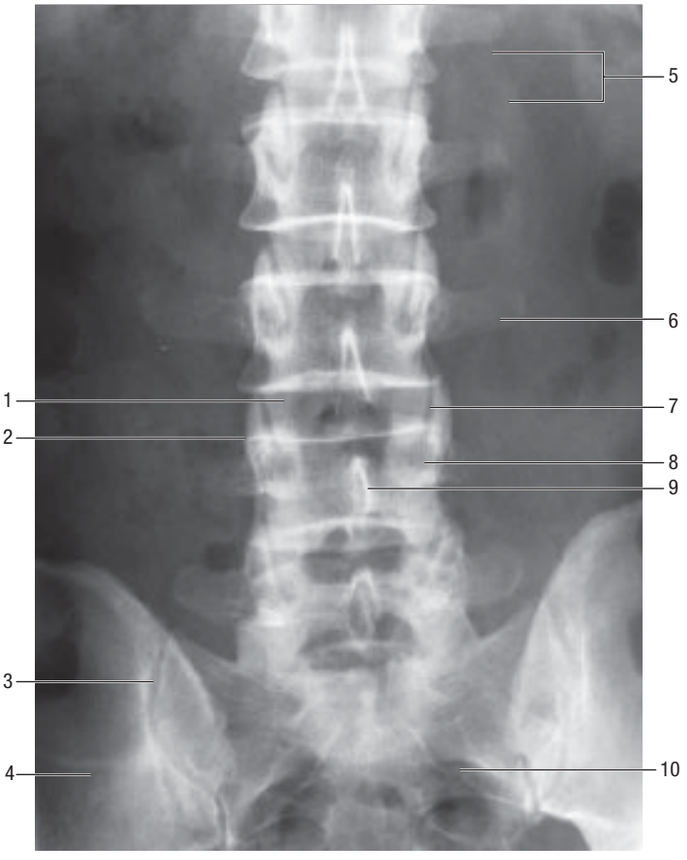


Fig. 42.31 Radiografia anteroposterior da coluna lombossacral num indivíduo masculino de 22 anos. **1.** Processo articular inferior de L3. **2.** Processo articular superior de L4. **3.** Articulação sacroilíaca direita. **4.** Ilio. **5.** Borda lateral do psoas. **6.** Processo transverso de L3. **7.** Articulação do processo articular. **8.** Pedículo de L4. **9.** Processo espinhoso de L4. **10.** Forame sacral anterior.

marca a fixação da camada anterior da fáscia toracolombar e separa a superfície em áreas medial e lateral para o psoas maior e o quadrado lombar, respectivamente. A camada média da fáscia se fixa aos ápices dos processos transversos; os ligamentos arqueados medial e lateral se fixam à saliência vertical sobre o aspecto anterior do primeiro par e o ligamento iliolombar se fixa aos ápices do quinto par. Posteriormente, os processos transversos são cobertos por músculos dorsais profundos e fibras do longuíssimo torácico se fixam a eles e a seus processos acessórios. Os músculos intertransversos ventrais laterais se fixam a suas bordas superior e inferior, enquanto os dorsais se fixam cranialmente aos processos acessórios e caudalmente à borda superior do processo transverso. O processo mamilar, homólogo ao tubérculo superior da 12ª vértebra torácica, dá fixação ao multífido e ao músculo intertransverso medial. Esse último também se insere no processo acessório, que algumas vezes é difícil de identificar.

Ossificação As vértebras lombares ossificam de acordo com o padrão vertebral normal descrito na página 768, mas também têm dois centros adicionais para os processos mamilares. Um par de epífises semelhantes a escamas em geral surge na ponta dos elementos costais da quinta vértebra lombar (Fig. 42.23). Um par de epífises semelhantes a escamas aparece comumente sobre as extremidades dos elementos costais da quinta vértebra lombar (Fig. 42.23).

L5

A quinta vértebra lombar (Fig. 42.33) tem um processo transverso maciço, que é contínuo com o todo do pedículo e invade o corpo. O corpo é geralmente maior e acentuadamente mais profundo anteriormente, contribuindo assim para o ângulo lombossacral.

As anomalias da segmentação são consideradas mais adiante em associação ao sacro. O elemento costal da primeira vértebra lombar pode formar uma costela lombar curta, que se articula com o processo transverso, porém geralmente não com o corpo da vértebra.

SACRO

O sacro é uma grande fusão triangular de cinco vértebras e forma a parede posterossuperior da cavidade pélvica, incrustado como uma cunha entre os dois ossos do quadril (inominados). Seu ápice caudal rombudo se articula com o cóccix, e sua base superior larga se articula com a quinta vértebra lombar no ângulo lombossacral. Ele está colocado obliquamente e se curva longitudinalmente; a superfície dorsal é convexa e a superfície pélvica é côncava, e essa curvatura ventral aumenta a capacidade pélvica. Entre a base e o ápice estão superfícies dorsal, pélvica e lateral e um canal sacral. Na infância as vértebras sacrais individuais estão ligadas por cartilagem, e o osso adulto conserva muitas características vertebrais. O sacro consiste em osso trabeculado envolvido por um escudo de osso compacto de espessura variável.

Base A base (Fig. 42.34) é a superfície superior da primeira vértebra sacral, a menos modificada em relação ao plano vertebral típico. O corpo é grande e mais largo transversalmente, e sua borda projetada anteriormente é o promontório sacro. O forame vertebral é triangular, seus pedículos são curtos e divergem posterolateralmente. As lâminas são oblíquas, inclinando-se para baixo posteromedialmente para encontrar um tubérculo espinhoso. Os processos articulares superiores projetam-se cranialmente, com facetas articulares côncavas direcionadas posteromedialmente para articular com os processos articulares inferiores da quinta vértebra lombar. A parte posterior de cada processo se projeta para trás e seu aspecto lateral apresenta uma área áspera homóloga a um processo mamilar lombar.

O processo transverso é muito modificado, e forma uma massa larga e inclinada que se projeta lateralmente a partir do corpo, do pedículo e do processo articular superior. Ele é formado pela fusão do processo transverso ao elemento costal e ao restante da vértebra e forma a superfície superior da massa lateral ou asa sacral.

Fibras terminais dos ligamentos longitudinais anterior e posterior se fixam às superfícies ventral e dorsal do primeiro corpo sacral. Suas bordas laminares superiores recebem o par mais inferior de ligamentos amarelos. A asa é lisa superiormente, côncava medialmente e áspera lateralmente, e é quase totalmente coberta pelo psoas maior. A área lisa é sulcada obliquamente pelo tronco lombossacral. A área áspera é da faixa inferior do ligamento iliolombar, que se situa lateralmente ao quinto nervo espinal lombar e ao ligamento sacroilíaco anterior.

Superfície pélvica A superfície anteroinferior pélvica (Fig. 42.35) é vertical e transversalmente côncava, mas o segundo corpo sacral pode produzir uma convexidade. Quatro pares de forames sacrais pélvicos se comunicam com o canal sacral por forames intervertebrais e transmitem ramos ventrais dos quatro nervos espinais sacrais superiores. A grande área entre os forames direitos e esquerdos, que é formada pelos aspectos pélvicos achatados dos corpos sacrais, apresenta evidências de sua fusão em quatro saliências transversas. As barras longitudinais entre os forames são elementos costais, que se fundem às vértebras. Os elementos costais se fundem lateralmente aos forames. Eles se unem posteriormente com os processos transversos para formar a parte lateral do sacro, que se expande basalmente sob a forma da asa.

Os três primeiros ramos sacrais ventrais emergem dos forames sacropélvicos e passam anteriormente ao piriforme. Os troncos simpáticos descem em contato com o osso, medialmente aos forames, assim como os vasos sacrais medianos na linha média. Lateralmente aos forames vasos sacros laterais estão relacionados ao osso. As superfícies ventrais do primeiro, do segundo e de parte do terceiro corpo vertebral sacral são cobertas pelo parênquima parietal e atravessadas obliquamente, à esquerda da linha média, pela fixação do mesocolo sigmoide. O reto está em contato com as superfícies pélvicas da terceira à quinta vértebras sacrais e com a bifurcação da artéria retal superior entre o reto e a terceira vértebra sacral.

Superfície dorsal O aspecto posterossuperior da superfície dorsal apresenta uma crista sacral mediana elevada e interrompida, com quatro (por vezes três) tubérculos espinhosos, que são espinhas sacrais fundidas (Fig. 42.36). Abaixo do quarto (ou do terceiro) tubérculo há um hiato sacral arqueado até a parede posterior do canal sacral. Esse hiato é produzido porque as lâminas da quinta vértebra sacral não se encontram no plano mediano e, em consequência, a superfície posterior do corpo dessa vértebra é exposta sobre a superfície dorsal do sacro. Flanqueando a crista mediana, a superfície posterior é formada por lâminas fundidas, e lateralmente há quatro pares de forames dorsais sacrais. Assim como os forames pélvicos, eles levam ao canal sacral por forames intervertebrais e cada um deles transmite o ramo dorsal de um nervo espinal sacral. Medialmente aos forames e verticalmente abaixo de cada processo articular da primeira vértebra sacral há uma fileira de quatro pequenos tubérculos, que constituem coletivamente a crista sacral intermédia. Eles são por vezes denominados tubérculos articulares e são processos articulares contíguos fundidos. Os processos articulares inferiores da quinta vértebra sacral ficam livres e se projetam para baixo como as laterais do hiato sacral sob a forma de cornos sacrais, ligados aos cornos coccígeos por ligamentos sacrococcígeos laterais. A crista áspera interrompida no aspecto lateral dos forames sacrais dorsais é a crista sacral lateral, que é formada por processos transversos fundidos, cujos ápices aparecem como uma fileira de tubérculos transversos.

Os três ramos espinais dorsais superiores perfuram o multífido ao emergir pelos forames dorsais.

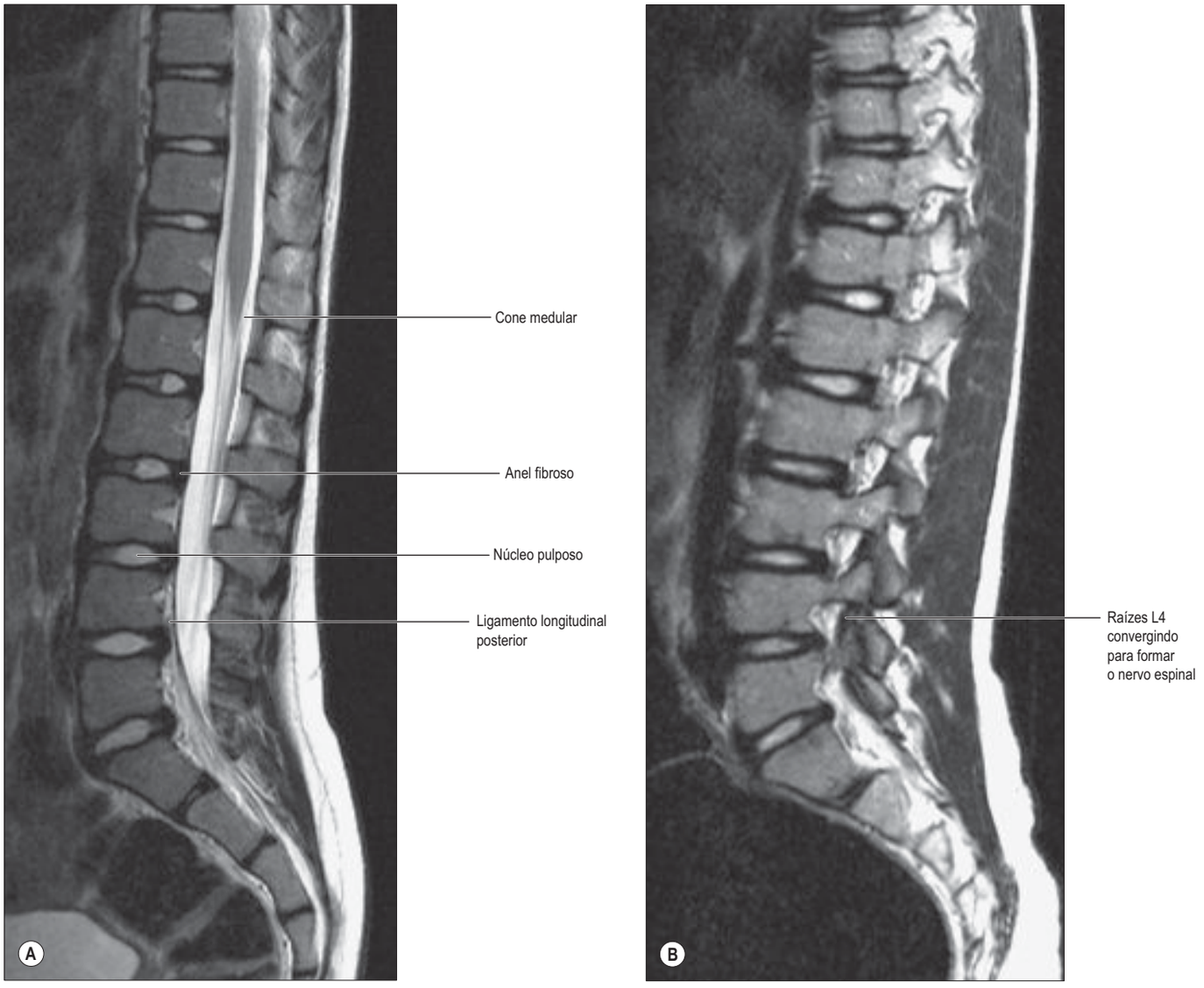


Fig. 42.32 Coluna lombar. **A,** RM mediana. **B,** RM sagital da coluna lombar.

Superfície lateral A superfície lateral (Fig. 42.37A) é uma fusão de processos transversos e elementos costais. Ela é larga superiormente e se estreita rapidamente em sua parte inferior. A parte superior larga tem uma face auricular para a articulação com o ilíaco e a área posterior a isso é áspera e profundamente perfurada pela fixação de ligamentos. A face auricular, sustentada por elementos costais, é como uma letra L invertida. A porção cranial mais curta está restrita à primeira vértebra sacral; a porção caudal desce até o meio da terceira. Adiante, a superfície lateral é não articular e tem sua largura reduzida. Caudalmente, ela se curva medialmente até o corpo da quinta vértebra sacral no ângulo lateral inferior, adiante do qual a superfície se torna uma fina borda lateral. Uma face articular acessória sacral variável ocorre por vezes posteriormente à face auricular.

A face auricular é coberta por cartilagem hialina e é inteiramente formada por elementos costais. Ela apresenta uma elevação cranial e uma caudal e uma depressão intermédia, atrás da qual uma terceira elevação é visível nos idosos. A superfície se torna mais corrugada com a idade. A área áspera posterior à face auricular apresenta duas ou três depressões acentuadas para a fixação dos fortes ligamentos interósseos sacroilíacos. Inferiormente à face auricular, os ligamentos sacrotuberal e sacroespinal se fixam entre o glúteo máximo dorsalmente e o coccígeo ventralmente.

Ápice O ápice é o aspecto inferior do quinto corpo vertebral sacral e tem uma face oval para articulação com o cóccix.

Canal sacral O canal sacro (Fig. 42.37B) é formado por forames vertebrais sacrais e apresenta secção triangular (Fig. 42.34). Sua abertura superior, vista na superfície basal, parece estar colocada obliquamente. A inclinação do sacro significa que ele está dirigido em sentido cranial na posição ortostática. Cada parede lateral apresenta quatro forames intervertebrais, através dos quais o canal é contínuo com forames sacros dorsais e pélvicos. Sua abertura caudal é o hiato sacral. O canal contém a cauda equina e o filamento terminal e as meninges espinais. Em posição oposta ao meio do sacro os espaços subaracnoide e subdural se fecham; as raízes espinais sacrais e o filamento terminal perfuram a aracnoide e a dura-máter nesse nível. O filamento terminal, com suas coberturas meníngeas, emerge abaixo do hiato sacral e desce pela superfície dorsal da quinta vértebra sacral e a articulação sacrococcígea para chegar até o cóccix. Os quintos nervos espinais sacrais também emergem através do hiato medialmente ao corno sacral e sulcam os aspectos laterais da quinta vértebra sacral.

Fixações musculares A superfície pélvica dá fixação ao piriforme em seu segundo ao quarto segmentos, ao ilíaco superolateralmente e ao coccígeo inferolateralmente. A superfície dorsal dá fixação à aponeurose do eretor da espinha numa área em forma de U de tubérculos espinhosos e transversos, cobrindo o multífido, que ocupa a área envolvida (Fig. 42.34). Na borda lateral abaixo da face auricular, o glúteo máximo se fixa dorsalmente e o coccígeo se fixa ventralmente aos ligamentos sacrotuberal e sacroespinal.

Ossificação O sacro se assemelha a vértebras típicas na ossificação de seus segmentos (Fig. 42.38). Centros primários para o centro e cada metade do arco vertebral aparecem entre a 10ª e a 20ª semanas. Centros primários para os elementos costais dos três segmentos superiores ou mais aparecem superolateralmente aos forames sacrais pélvicos entre o sexto e o oitavo mês pré-natal. Cada elemento costal se une a seu semiarco vertebral entre o segundo e o quinto ano de vida, e o elemento conjunto assim formado se une anteriormente ao centro e posteriormente a seu homólogo oposto por volta do oitavo ano de vida. Daí em diante, as superfícies superior e inferior de cada corpo vertebral sacral são cobertas por uma lâmina epifisária de cartilagem hialina, que é separada de sua

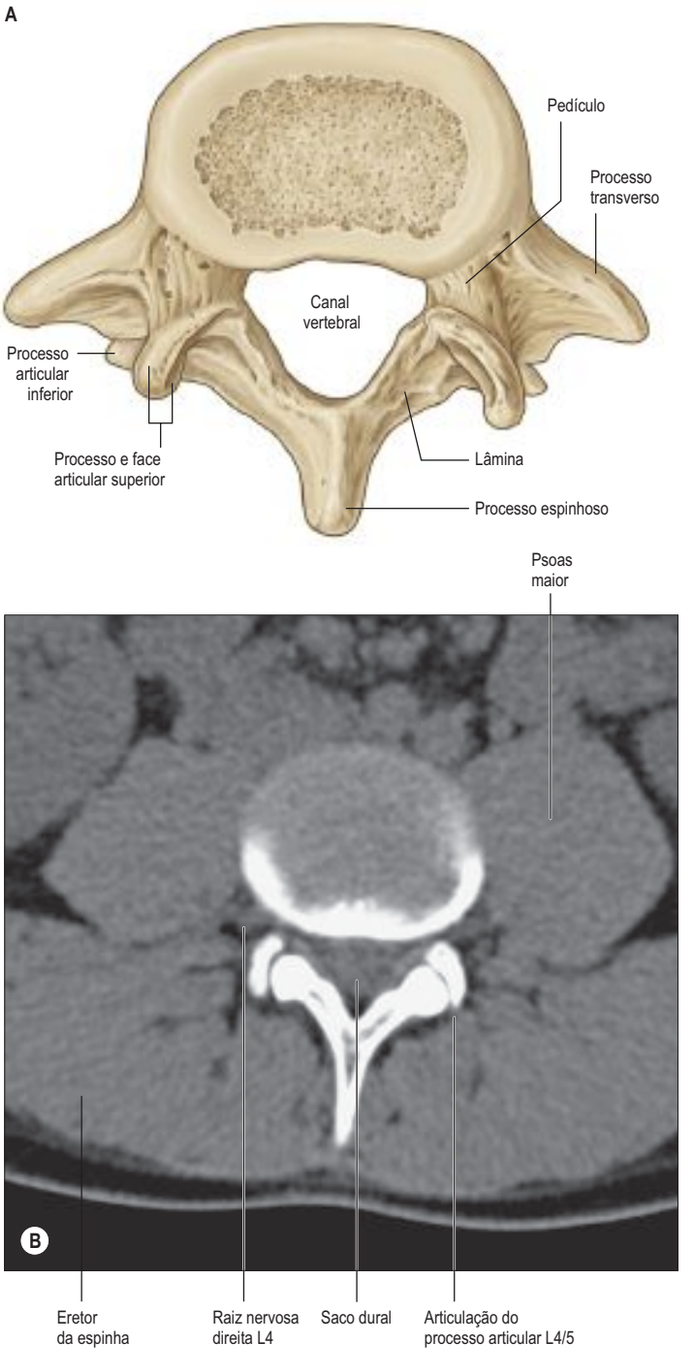


Fig. 42.33 Vértebras lombares. **A,** Quinta vértebra lombar, aspecto superior. **B,** Exame TC axial de alta resolução pela coluna lombar no nível da quarta vértebra lombar.

Fig. 42.34 Sacro, aspecto superior (base). **1.** Corpo de S1. **2.** Asa posterossuperior (elemento do processo transverso). **3.** Processo articular superior. **4.** Canal sacral. **5.** Processo espinhoso de S1. **6.** Asa anterossuperior (elemento costal). **7.** Lâmina.

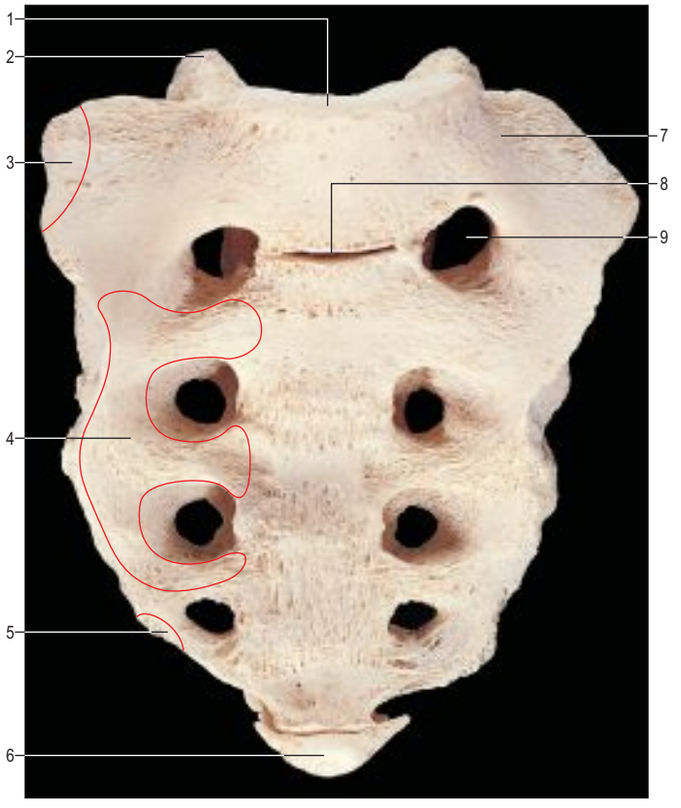


Fig. 42.35 Sacro, superfície anterior (pélvica). **1.** Borda superior do corpo de S1. **2.** Processo articular superior de S1. **3.** Fixação do ilíaco. **4.** Fixação do piriforme. **5.** Fixação do coccígeo. **6.** Cóccix. **7.** Asa. **8.** Articulação intervertebral S1-2 incompletamente fundida. **9.** Primeiro forame sacral pélvico.

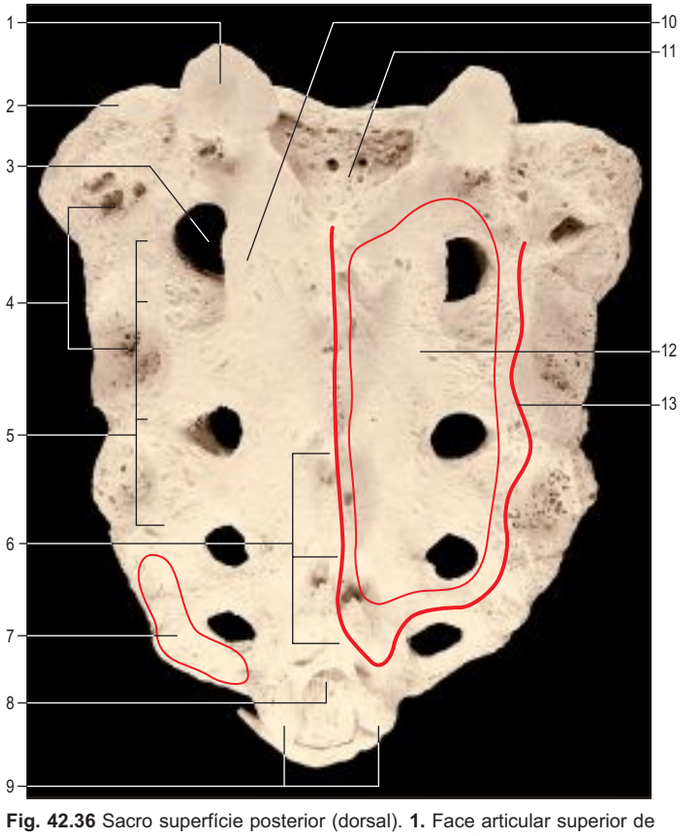


Fig. 42.36 Sacro superfície posterior (dorsal). **1.** Face articular superior de S1. **2.** Asa. **3.** Primeiro forame sacral dorsal. **4.** Fixações dos ligamentos sacroilíacos interósseos. **5.** Crista lateral e tubérculos transversos. **6.** Crista mediana e processos espinhosos. **7.** Fixação do glúteo máximo. **8.** Hiato sacral. **9.** Cornos. **10.** Crista intermediária e tubérculo articular (processo articular inferior). **11.** Superfície posterior do corpo de S1 formando a parede anterior do canal sacral. **12.** Área de fixação do multífido (limitada pela linha fina). **13.** Fixação da aponeurose do eretor da espinha (linha grossa).

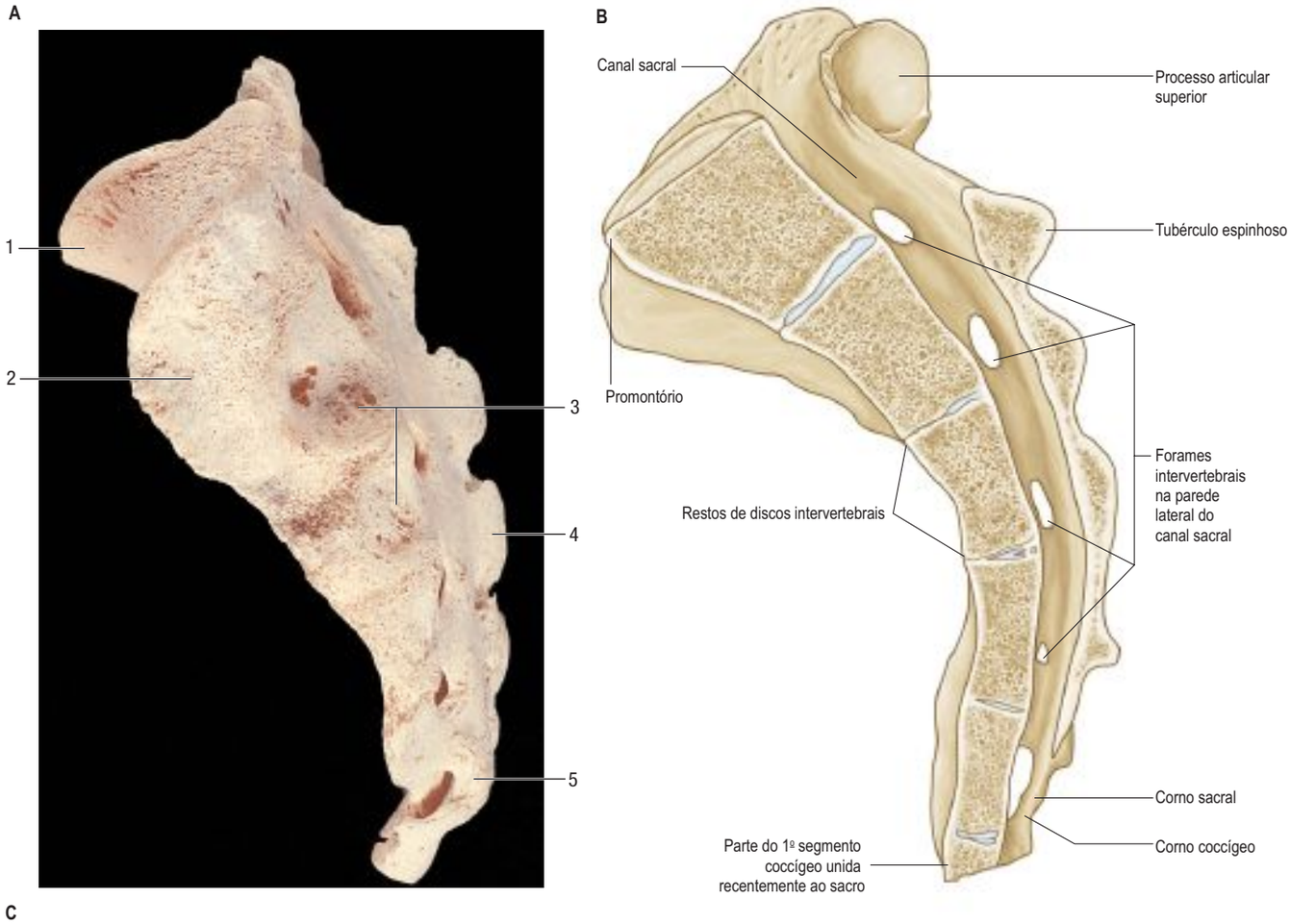


Fig. 42.37 A, Sacro, aspecto lateral: **1.** Promontório. **2.** Superfície auricular (articular). **3.** Fixações dos ligamentos sacroilíacos interósseos. **4.** Processo espinhoso. **5.** Corno sacral (esquerdo). **B,** Corte sagital mediano através do sacro. **C,** Radiografia lateral da junção lombossacral num indivíduo masculino de 14 anos. **1.** Disco L5-S1. **2.** Promontório sacral. **3.** Disco S1-2. **4.** Incisuras isquiáticas maiores. **5.** S3.

vizinha pelo precursor fibrocartilaginoso de um disco intervertebral. Lateralmente, arcos vertebrais e elementos costais unidos sucessivos são separados por cartilagem hialina; uma epífise cartilaginosa, dividida por vezes em partes superior e inferior, se forma sobre cada superfície auricular e a superfície lateral adjacente. Logo depois da puberdade os arcos vertebrais e elementos costais fundidos de vértebras adjacentes começam a coalescer de baixo para cima. Ao mesmo tempo, desenvolvem-se centros epifisários individuais para as superfícies superior e inferior dos corpos vertebrais, tubérculos espinais, tubérculos transversos e elementos costais.

Os centros epifisários costais aparecem nas extremidades laterais das cartilagens hialinas entre elementos costais adjacentes; dois centros anteriores e dois posteriores aparecem em cada um dos intervalos entre a primeira, a segunda e a terceira vértebra sacral. A ossificação se dissemina desses centros para as lâminas epifisárias auriculares. Um centro epifisário costal, anteriormente situado, ocorre em cada intervalo remanescente, e a partir deles a ossificação se dissemina para a lâmina epifisária, cobrindo a parte inferior da superfície lateral do sacro. Os corpos vertebrais sacrais se unem em suas margens adjacentes depois da idade de 20 anos, mas a parte central e a maior parte de cada disco intervertebral permanece não ossificada até a meia-idade ou além disso.

Variantes O sacro pode conter seis vértebras, por desenvolvimento de um elemento sacral adicional ou pela incorporação da quinta vértebra lombar ou da primeira vértebra coccígea. A inclusão da quinta vértebra lombar (sacralização) é geralmente incompleta e limitada a um dos lados. No grau menor dessa anormalidade, o quinto processo transverso lombar é grande e se articula, por vezes, por meio de uma articulação sinovial, com o sacro no ângulo posterolateral de sua base. A redução dos componentes sacrais é mais rara, mas a lombarização da primeira vértebra sacral ocorre verdadeiramente; ela permanece parcial ou totalmente separada. Os corpos das duas primeiras vértebras sacrais podem permanecer não fundidos quando as massas laterais se fundem. A parede dorsal do canal sacral pode estar variavelmente deficiente, devido ao desenvolvimento imperfeito de lâminas e espinhas. A orientação das faces articulares sacrais superiores apresenta uma variação ampla, assim como a curvatura sagital do sacro. A assimetria (tropismo das faces) das faces superiores altera a relação entre os planos das duas articulações dos processos articulares lombossacrais.

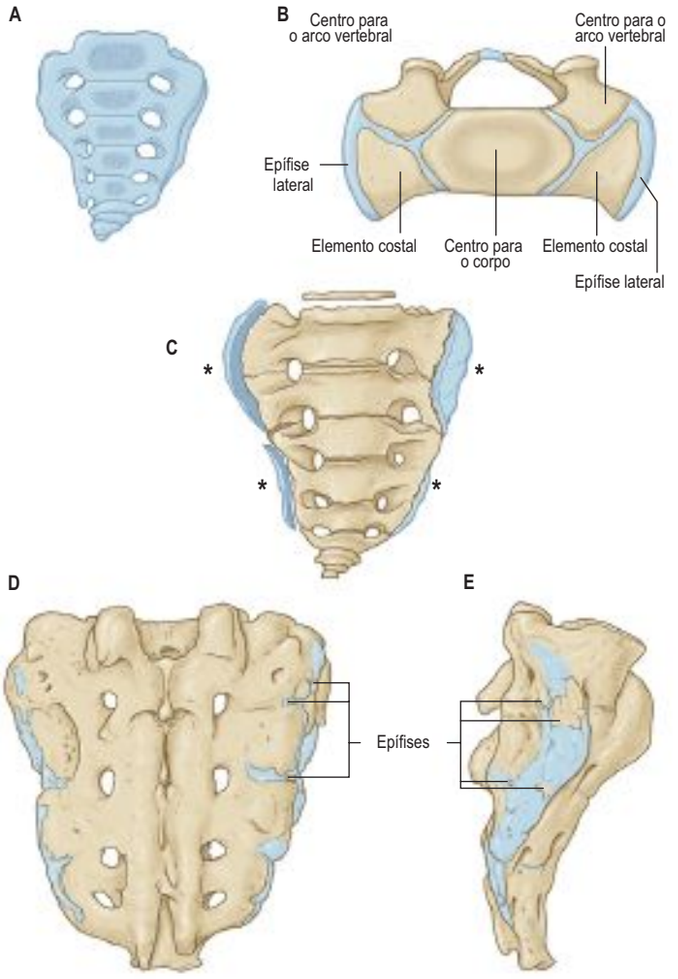


Fig. 42.38 Ossificação do sacro e do cóccix. **A,** Ao nascimento. **B,** A base do sacro de uma criança com idade de aproximadamente quatro anos. **C,** Aos 25 anos: as lâminas epifisárias para cada superfície lateral estão marcadas por asteriscos. **D, E,** As epífises do processo costal e do processo transverso do sacro aos 18 anos.

Diferenças entre os sexos nos sacros As diferenças entre os sexos nos sacros são descritas na página 1359.

CÓCCIX

O cóccix (Fig. 42.39) é um pequeno osso triangular e tem, com frequência, forma assimétrica. Ele consiste habitualmente em quatro vértebras rudimentares fundidas, mas o número varia de três a cinco, e a primeira geralmente está separada. O osso está dirigido para baixo e ventralmente a partir do ápice sacral; sua superfície pélvica está inclinada para cima e para diante, seu dorso para baixo e para trás. A orientação varia com a mobilidade e entre indivíduos.

A base ou superfície superior do primeiro corpo vertebral coccígeo tem face articular oval para o ápice sacral. Posterolateralmente a isso, dois cornos coccígeos se projetam para cima para se articular com cornos sacrais; eles são homólogos aos pedículos e aos processos articulares superiores de outras vértebras. Um processo transverso rudimentar se projeta superolateralmente de cada lado do primeiro corpo coccígeo e pode se articular ou se fundir ao ângulo sacral inferolateral, completando o quinto forame sacral.

As vértebras coccígeas diminuem de tamanho da segunda à quarta e são geralmente apenas nódulos fundidos. Elas constituem corpos vertebrais rudimentares, embora a segunda possa apresentar traços de processos transversos e de pedículos.

O hiato entre o quinto corpo vertebral sacral e os cornos articulares constitui de cada lado um forame intervertebral, que transmite o quinto nervo espinal sacral. O ramo dorsal desce por trás do processo transverso rudimentar e o ramo ventral segue anterolateralmente entre o processo transverso e o sacro.

Fixações musculares e de ligamentos As partes laterais da superfície pélvica, incluindo os processos transversos rudimentares, dão fixação aos levantadores do ânus e aos coccígeos. O ligamento sacrococcígeo anterior se fixa à parte anterior do primeiro e por vezes do segundo corpo vertebral coccígeo (Fig. 80.8). Os cornos dão fixação aos ligamentos sacrococcígeos laterais. O ligamento sacrococcígeo lateral liga o processo transverso ao ângulo sacral inferolateral. O glúteo máximo se fixa à superfície dorsal e tanto o levantador do ânus como o esfíncter anal externo se fixam à extremidade do osso. A área mediana dá fixação aos ligamentos sacrococcígeos posteriores profundo e superficial, sendo que o superficial desce das margens do hiato sacral e por vezes fecha o canal sacral. O filamento terminal, que está situado entre os dois ligamentos, se funde a eles no dorso da primeira vértebra coccígea.

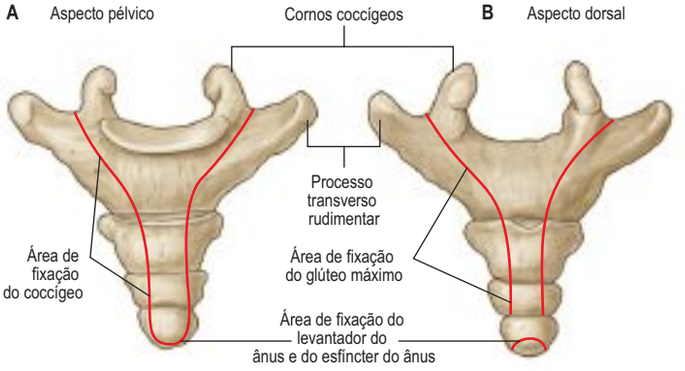


Fig. 42.39 O cóccix. **A,** Aspecto anterior (pélvico). **B,** Aspecto posterior (dorsal).

Ossificação Cada segmento coccígeo se ossifica a partir de um centro primário. Um centro no primeiro segmento aparece por volta do nascimento e seus cornos podem se ossificar logo a partir de centros separados. Os segmentos restantes se ossificam a grandes intervalos até a idade de 20 anos ou mais. Os segmentos se unem lentamente: a união entre o primeiro e o segundo se atrasa frequentemente até os 30 anos. O cóccix se funde frequentemente ao sacro numa idade mais avançada, especialmente nas mulheres.

LIGAMENTOS DA COLUNA VERTEBRAL

LIGAMENTO LONGITUDINAL ANTERIOR

O ligamento longitudinal anterior (Fig. 42.50B) é uma faixa resistente que se estende ao longo das superfícies anteriores dos corpos vertebrais. Ele é mais largo caudalmente, mais grosso e mais estreito na região torácica que na cervical ou na lombar, e é também relativamente mais grosso e mais estreito em oposição aos corpos vertebrais que nos níveis de sínfises intervertebrais. Estende-se da parte basilar do osso occipital até o tubérculo anterior de C1 e à parte anterior do corpo de C2, continuando então caudalmente até a parte anterior e superior do sacro. Suas fibras longitudinais aderem fortemente aos discos intervertebrais, às lâminas terminais de cartilagem hialina e às margens de corpos vertebrais adjacentes, e se fixam frouxamente nos níveis intermediários dos corpos vertebrais, nos quais o ligamento enche suas concavidades anteriores, achatando o perfil vertebral. Nesses diversos níveis, as fibras do ligamento se misturam ao periósteo subjacente, ao pericôndrio e à periferia do anel fibroso. O ligamento longitudinal anterior tem várias camadas. As fibras mais superficiais são as mais longas e se estendem sobre três ou quatro vértebras, as intermediárias se estendem entre duas ou três e as mais profundas de um corpo vertebral ao posterior. Lateralmente, fibras curtas ligam vértebras adjacentes.

LIGAMENTO LONGITUDINAL POSTERIOR

O ligamento longitudinal posterior (Fig. 42.41) se situa sobre as superfícies posteriores dos corpos vertebrais no canal vertebral, sendo fixo entre o corpo de C2 e o sacro e contínuo com a membrana tectória superiormente. Suas fibras lisas e brilhantes, fixadas a discos intervertebrais, lâminas terminais de cartilagem hialina e margens de corpos vertebrais adjacentes são separadas entre as fixações por veias basivertebrais e pelos canais venosos que as drenam para plexos venosos internos anteriores. Nos níveis cervicais e torácicos superiores, o ligamento é largo e de diâmetro uniforme, mas nas regiões torácica inferior e lombar ele é denticulado, estreito sobre corpos vertebrais e largo sobre discos. Suas fibras superficiais cobrem três ou quatro vértebras, enquanto as fibras mais profundas se estendem entre vértebras adjacentes como ligamentos perivertebrais, que estão próximos do anel fibroso do disco intervertebral e, em adultos, se fundem a ele. As camadas do ligamento longitudinal posterior e a relação do ligamento com as membranas associadas no espaço epidural foram integralmente discutidas por Loughenbury *et al.*, (2006).

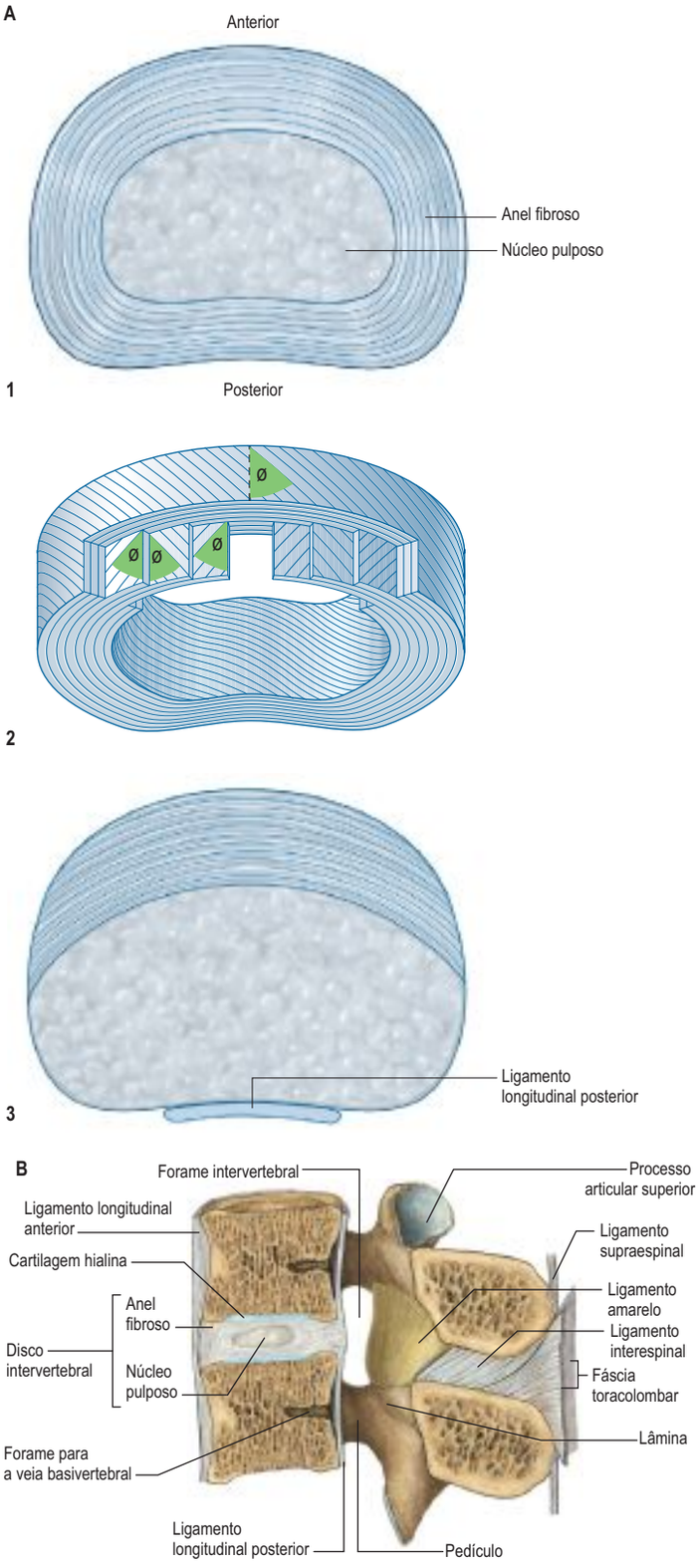


Fig. 42.40 A, As principais características estruturais de um disco intervertebral. Para maior clareza o número de lâminas fibrocartilaginosas foi muito reduzido. Note a obliquidade alternada dos fascículos de colágeno de lâminas adjacentes. **1.** Disco lombar. **2.** Estrutura detalhada do anel fibroso. ø = aproximadamente 65°. **3.** Disco cervical. (Segundo Bogduk). **B,** Corte sagital mediano através da coluna vertebral lombar superior mostrando discos e ligamentos. (De Sobotta 2006.)

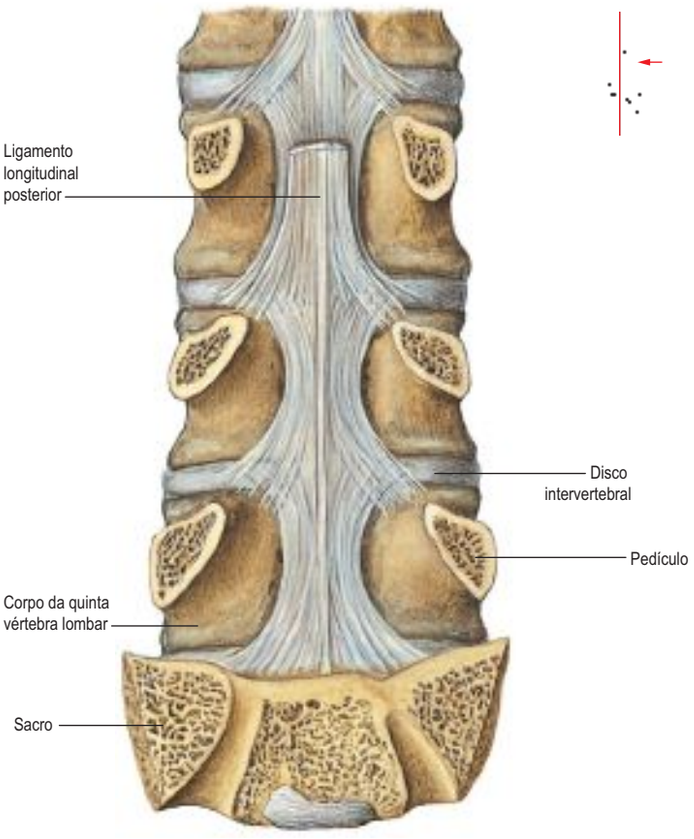


Fig. 42.41 O ligamento longitudinal posterior na região lombar. (De Sobotta 2006.)

LIGAMENTOS AMARELOS

Os ligamentos amarelos (Figs. 42.40B e 42.42) ligam lâminas de vértebras adjacentes no canal vertebral. Suas fixações se estendem de cápsulas de articulações de processos articulares ao ponto em que as lâminas se fundem para formar espinhas. Aqui, suas margens posteriores se encontram e se unem parcialmente; os intervalos entre elas admitem veias que ligam os plexos venosos vertebrais externo posterior e interno. Seu tecido predominante é o tecido elástico amarelo, cujas fibras praticamente perpendiculares descem da superfície articular inferior de uma lâmina à superfície posterior e à margem superior da lâmina abaixo. A superfície anterior dos ligamentos é coberta por uma membrana de revestimento fina, lisa e contínua (Newell, 1999). Os ligamentos são finos, largos e longos na região cervical, mais grossos no nível torácico e ainda mais grossos nos níveis lombares. Eles interrompem a separação das lâminas na flexão espinal, impedindo uma limitação abrupta, e também auxiliam na restauração à postura ereta após a flexão, talvez protegendo os discos de lesão.

LIGAMENTOS INTERESPINAIS

Os ligamentos interespinais (Fig. 42.40B) ligam as bordas opostas de processos espinhosos consecutivos e se estendem ventralmente até o ligamento amarelo e dorsalmente até o ligamento supraespinal, quando este ligamento está presente (mais adiante). Eles diferem estruturalmente nos níveis torácico, lombar e cervical. Os ligamentos interespinais torácicos são estreitos e alongados, enquanto aqueles nos níveis lombares são grossos e quadriláteros e ocorrem como pares estreitamente justapostos, sendo o ligamento esquerdo e o direito separados por uma fenda estreita ou potencial. Nos ligamentos lombares as fibras de colágeno seguem obliquamente em sentido inferior e ventral, e somente as fibras mais profundas são verdadeiramente ligamentosas. As fibras mais dorsais derivam de tendões do longuíssimo torácico, que mergulham no espaço interespinal para se fixar à margem superior do processo espinhoso e não à sua extremidade. Ligamentos interespinais característicos não se evidenciam nos níveis cervicais, sendo representados aí pelo septo mediano do ligamento nucal em sua passagem entre os processos espinhosos cervicais.

LIGAMENTO SUPRAESPINAL

O ligamento supraespinal (Fig. 42.40B) é um forte cordão fibroso que liga as extremidades de processos espinhosos de C7 a L3 ou L4. Ele é regularmente deficiente. As fibras mais superficiais se estendem por três ou quatro vértebras, as mais profundas cobrem duas ou três e as mais profundas de todas ligam processos espinhosos adjacentes e são contínuas com o ligamento interespinal. A maior parte do ligamento é formada pelos tendões

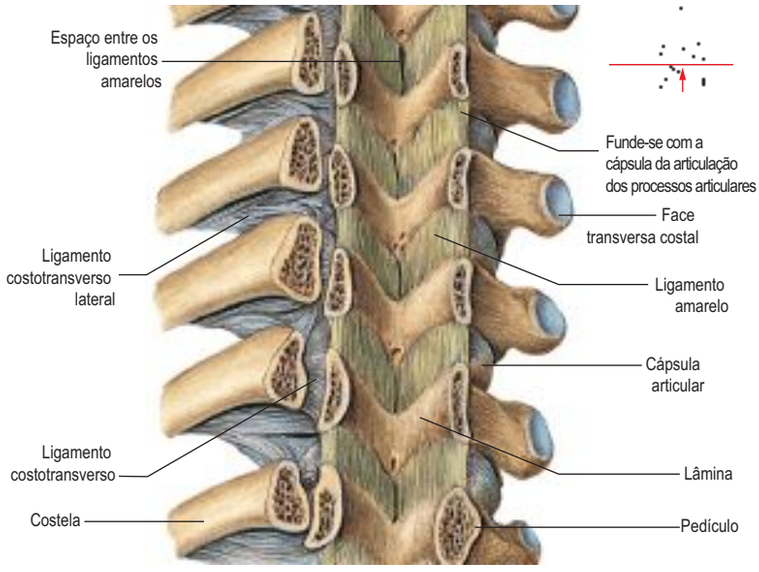


Fig. 42.42 Ligamentos amarelos e ligamentos costotransversos (aspecto ventral). (De Sobotta 2006.)

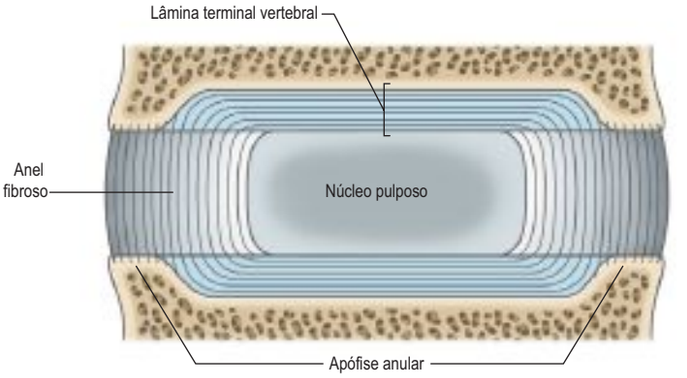


Fig. 42.43 Estrutura da lâmina terminal vertebral: as fibras de colágeno dos dois terços internos do anel fibroso curvam-se em torno da lâmina terminal vertebral e formam seu componente fibrocartilaginoso. As fibras periféricas do anel estão ancoradas no osso da apófise anular. (Reproduzido com permissão de Bogduk N 1997 Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum, 3rd edn Edinburgh: Churchill Livingstone.)

de músculos com fixações posteriores na linha média, isto é, semiespinal, longuíssimo, trapézio e latíssimo em dorso. Somente as fibras mais superficiais não têm nenhuma conexão com músculos. Abaixo de L4, o ligamento é substituído pelas fibras em decussação do latíssimo do dorso.

LIGAMENTOS INTERTRANSVERSÁRIOS

Os ligamentos intertransversários passam entre processos transversos adjacentes. Nos níveis cervicais eles consistem em algumas fibras irregulares que são praticamente substituídas por músculos intertransversários; na região torácica eles são cordões intimamente misturados aos músculos adjacentes; na região lombar eles são finos e membranosos. Ver Bogduk (2005) quanto à anatomia detalhada dos ligamentos intertransversários lombares.

INSTABILIDADE LIGAMENTOSA

Danos aos ligamentos que controlam a estabilidade da coluna podem ocorrer na ausência de uma patologia óssea evidente. Isso é particularmente prevalente nas doenças inflamatórias da coluna cervical superior, em que a artrite reumatoide pode enfraquecer ou destruir os ligamentos de que depende a estabilidade atlantoaxial. O ligamento transverso é mais forte que o dente, que, portanto, geralmente se fratura antes que o ligamento se rompa. Os ligamentos alares são mais fracos e a flexão e rotação combinadas da cabeça podem ocasionar a avulsão de um ou de ambos os ligamentos alares; a ruptura de um lado acarreta um aumento de cerca de um terço na amplitude de rotação para o lado oposto. O amolecimento patológico dos ligamentos transversos e ligamentos adjacentes ou das articulações atlantoaxiais laterais acarreta a subluxação atlantoaxial, que pode causar lesões da medula espinal. Danos aos ligamentos podem ocorrer também em lesões da coluna, especialmente nos níveis cervicais.

O relaxamento dos ligamentos ao desenvolvimento também pode ocasionar problemas de instabilidade, especialmente se houver um episódio traumático; essa combinação é provavelmente responsável pela instabilidade rotacional atlantoaxial. O relaxamento dos ligamentos espinais cervicais pode ser uma variante normal em crianças e causar dificuldades diagnósticas. Em radiografias da coluna cervical superior em crianças com menos de 8 anos, a aparência enganosa de subluxação ("pseudosubluxação") pode decorrer de uma combinação de relaxamento dos ligamentos e orientação das faces articulares. Isso ocorre geralmente entre C2 e C3, mas pode ser visto ocasionalmente em C3/4. Características clínicas e outras características radiológicas devem facilitar o diagnóstico correto.

ARTICULAÇÕES

Todas as vértebras de C2 a S1 se articulam por articulações cartilaginosas secundárias (sínfises) entre seus corpos, articulações sinoviais entre seus processos articulares e articulações fibrosas entre suas lâminas, seus processos transversos e seus processos espinais. Na região cervical, entre C3 e C7, foram descritas articulações entre os processos uncinados ou neurocentrais do corpo vertebral inferior e a borda lateral biselada do corpo superior em cada nível. Essas pequenas "articulações" uncovertebrais ou neurocentrais estão ausentes ao nascimento, não contêm sinóvia e são provavelmente fendas nos discos intervertebrais.

ARTICULAÇÕES INTERVERTEBRAIS

Articulações entre os corpos vertebrais

As articulações entre corpos vertebrais são sínfises. Os corpos vertebrais típicos são unidos por ligamentos longitudinais anterior e posterior e por discos intervertebrais fibrocartilaginosos entre folhetos de cartilagem hialina (lâminas terminais vertebrais).

Superfícies articulares: discos intervertebrais Os discos intervertebrais são as principais ligações entre as superfícies adjacentes de corpos vertebrais de C2 até o sacro. Exceto nos locais das articulações uncovertebrais (neurocentrais) de Luschka, os contornos dos discos correspondem aos corpos vertebrais adjacentes. Sua espessura varia em diferentes regiões e em discos individuais. Cada disco contém um anel fibroso externo lamelado e um núcleo pulposo interno (Fig. 42.40A1).

Nas regiões cervical e lombar os discos são mais espessos anteriormente, contribuindo para a convexidade anterior da coluna vertebral. Na região torácica eles são praticamente uniformes e a concavidade anterior se deve principalmente aos corpos vertebrais. Os discos são mais finos na região torácica superior e mais espessos na região lombar. Eles aderem a camadas delgadas de cartilagem nas superfícies vertebrais superior e inferior, as lâminas terminais vertebrais. Estas últimas não chegam à periferia dos corpos vertebrais, mas são circundadas por apófises anulares. As lâminas terminais contêm tanto cartilagem hialina como fibrocartilagem. O componente fibrocartilaginoso se situa mais próximo do disco e, por vezes, não se considera que ele faça parte da lâmina terminal em si. Juntamente com as lamelas mais internas do anel fibroso, os componentes fibrocartilaginososos das lâminas terminais acima e abaixo do núcleo pulposo formam uma esfera achatada de colágeno que circunda e envolve o núcleo (Fig. 42.43). A proporção global de fibrocartilagem na lâmina terminal aumenta com a idade. Enquanto todos os discos estão fixados aos ligamentos longitudinais anterior e posterior, os discos na região torácica estão além disso fixados lateralmente, por ligamentos intra-articulares, às cabeças de costelas que se articulam com vértebras adjacentes. Os discos intervertebrais constituem cerca de um quarto do comprimento da coluna vertebral pós-axial: as regiões cervical e lombar dão uma contribuição maior que a torácica e são, portanto, mais maleáveis.

Anel fibroso O anel fibroso tem uma zona colagenosa externa estreita e uma zona fibrocartilaginosa interna mais larga. Suas lamelas, que são convexas perifericamente quando vistas em corte vertical, são colarinhos incompletos. A concavidade vertical interna das lamelas se ajusta ao perfil da superfície do núcleo pulposo. Em todos os quadrantes do anel, cerca de metade das lamelas está incompleta; a proporção aumenta na região posterolateral. Ainda há alguma dúvida quanto à natureza exata da substância interlamelar. Posteriormente, as lamelas se unem de maneira complexa. As fibras no restante de cada lamela são paralelas e passam

obliquamente entre as vértebras, a aproximadamente 65° em relação à vertical (Fig. 42.40A2). As fibras em lamelas sucessivas se cruzam umas às outras obliquamente em direções opostas, limitando assim a rotação. A obliquidade das fibras em zonas mais profundas varia em diferentes lamelas. As fibras posteriores podem ser predominantemente verticais, o que, possivelmente, as predispõe à herniação.

Essa descrição padrão do anel pode não se aplicar a todos os níveis espinais: um estudo cadavérico recente indica que o anel geralmente está incompleto posteriormente em discos cervicais adultos (Mercer & Bogduk 1999) (Fig. 42.40A3).

Núcleo pulposo O núcleo pulposo é mais desenvolvido nas regiões cervical e lombar, e se situa entre o centro do disco e sua superfície posterior. Ao nascimento ele é grande, mole e gelatinoso, e é constituído de material mucoide. Ele contém algumas células multinucleadas da notocorda e é invadido por células e fibras de colágeno procedentes da zona mais interna do anel fibroso adjacente. As células da notocorda desaparecem na primeira década de vida e o material mucoide é gradualmente substituído por fibrocartilagem, derivada principalmente do anel fibroso e das lâminas de cartilagem hialina adjacentes aos corpos vertebrais. O núcleo pulposo se torna menos diferenciado do restante do disco com a idade e se torna gradativamente menos hidratado e progressivamente mais fibroso. O colágeno tipo II do núcleo passa a se assemelhar mais ao tipo I do anel com o aumento do diâmetro de suas fibrilas. A quantidade de proteoglicanos agregados no núcleo diminui, enquanto aumenta a razão de sulfato de queratan/condroitin sulfato. Com o aumento das ligações cruzadas entre o colágeno e os proteoglicanos, os discos perdem sua capacidade de fixação de água, e se tornam mais rígidos e mais passíveis de lesões. Contrariamente ao que se pensava anteriormente, demonstrou-se que os discos lombares não diminuem sua altura total como parte do envelhecimento normal. O anel perde altura gradualmente pelo aumento de sua saliência radial, mas o núcleo conserva a altura e pode aumentar em convexidade por indentar progressivamente mais a lâmina terminal. A perda de altura do tronco com a idade decorre de uma diminuição na altura dos corpos vertebrais (Bogduk 2005). Quando o disco não recebe carga, a pressão no núcleo pulposo é baixa em todas as idades.

Ver Adams *et al.*, (2006) para uma revisão da estrutura e da função do disco intervertebral humano.

Ligamentos Os ligamentos associados às articulações entre os corpos vertebrais estão descritos na página 726.

Suprimento vascular Pequenos braços de ramos espinais de artérias que suprem a coluna vertebral (pág. 714) formam uma anastomose sobre a superfície externa do anel fibroso e suprem suas fibras mais periféricas. Os discos normais são, fora isso, avasculares e sua nutrição depende da difusão a partir do osso vertebral sob lâminas terminais adjacentes e do anel periférico. As partes vascular e avascular diferem na reação a lesões. A drenagem venosa é pelos plexos venosos vertebrais externo e interno às veias intervertebrais e daí para as veias designadas maiores que drenam a coluna vertebral. A drenagem linfática da coluna vertebral foi considerada de maneira breve anteriormente (pág. 715). Não se sabe de nada específico sobre a drenagem linfática do disco.

Inervação O suprimento nervoso dos discos intervertebrais foi estudado com detalhes na região lombar (Fig. 42.44). O terço externo do anel é inervado pelos nervos sinovertebrais (pág. 754): cada nervo sinovertebral supre tanto o disco no nível de seu nervo espinal de origem como o disco um nível acima. A parte anterior do anel é suprida pelo simpático (ramo comunicante cinzento) e não pelo nervo misto. Em discos lesados e degenerados os nervos podem penetrar mais centralmente na substância do disco. Os nervos sinovertebrais são condensações em extensos plexos nervosos que se situam sobre o ligamento longitudinal posterior. Plexos semelhantes foram demonstrados anteriormente, cobrindo o ligamento longitudinal anterior, e lateralmente no feto.

Relações e estruturas "em risco" As relações posteriores, laterais e anteriores do disco intervertebral são importantes para o planejamento de procedimentos de intervenção investigativos e terapêuticos, que vão da discografia à cirurgia aberta do disco. A superfície posterolateral do disco forma o limite anterior do forame intervertebral de cada lado e está, pois, intimamente relacionada posteriormente à dura-máter cobrindo a medula espinal e a cauda equina. As relações anteriores dos discos variam consideravelmente com o nível vertebral, mas as estruturas importantes "em risco" incluem a faringe e o esôfago, a aorta descendente e a veia cava inferior. Lateralmente, as relações se alteram com o nível, mas a pleura parietal no tórax e o tronco simpático e os músculos psoas na região lombar são exemplos importantes.

Disco intervertebral em prolapso O prolapso de um disco intervertebral afeta mais comumente a faixa etária dos 20-55 anos, e é visto mais frequentemente no nível L4/L5 e nos níveis lombossacros. Ele também pode afetar os discos cervicais, especialmente em C5/6 e C6/7. Os discos

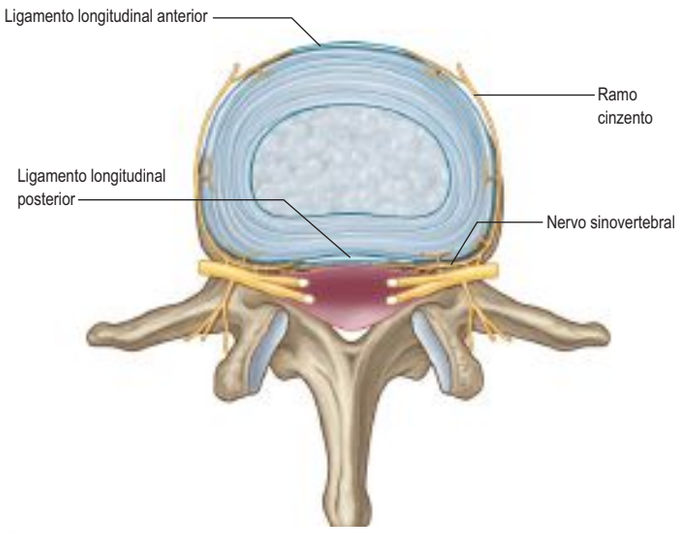


Fig. 42.44 O suprimento nervoso de um disco intervertebral lombar. Ramos dos ramos comunicantes cinzentos e os nervos sinovertebrais são mostrados entrando no disco e nos ligamentos longitudinais anterior e posterior. Ramos dos nervos sinovertebrais suprem também o aspecto ventral do saco dural e a bainha dural do nervo-raiz.

torácicos raramente são afetados. A degeneração aguda por ruptura ou a degeneração crônica das lamelas posteriores do anel fibroso permite a deformação e a herniação do conteúdo do disco. O disco faz prolapso mais comumente num ponto imediatamente lateral ao ligamento longitudinal posterior, e pode comprimir um ou dois nervos espinais unilateralmente (Fig. 42.45). O prolapso é muito mais raramente central, na linha média posteriormente. A compressão das estruturas neurais pode ser então bilateral, afetando a própria medula espinal ou toda a cauda equina. Se o anel lesado se romper totalmente, parte do tecido nuclear pode escapar para os canais vertebral e da "raiz". Esse material sequestrado pode migrar nos canais e causar a compressão de nervos em níveis espinais distantes daquele da ruptura do disco. O próprio material do disco pode ter efeito irritativo sobre o nervo espinal.

Quanto à anatomia do canal vertebral e do forame intervertebral em relação ao prolapso do disco, é importante compreender que um ou ambos os nervos espinais e suas raízes podem ser afetados por um único prolapso, dependendo do local exato deste no plano horizontal. No nível de cada disco e forame há dois nervos espinais (e suas raízes) a serem considerados: eles são o nervo que sai e o nervo que atravessa (Macnab & McCulloch 1990) (Fig. 42.46). O nervo geralmente afetado nos níveis lombares é o nervo que atravessa, que cruza a parte posterior do disco a caminho de se tornar o nervo de saída do nível inferior. Assim, o prolapso de um disco lombossacro (isto é, L5/S1) comprime geralmente o nervo S1. No entanto, o prolapso pode afetar o nervo que sai em seu próprio nível. Isso é particularmente provável se o prolapso for na zona extraforaminal do canal da "raiz", o assim chamado prolapso "extremo lateral". Nos níveis cervicais, como as raízes e os nervos saem do canal vertebral quase horizontalmente, o prolapso afeta geralmente o nervo que sai. Esse nervo ainda vai ter o número da vértebra abaixo do disco afetado, porque os nervos cervicais saem do canal acima do pedículo de sua vértebra numericamente correspondente. O quadro clínico neurológico inicial incluirá sinais e sintomas de lesão do nervo espinal no nível afetado. A dor e a perda sensorial, portanto, vão ter distribuição dermatômica. As alterações sensoriais precedem habitualmente a perda motora.

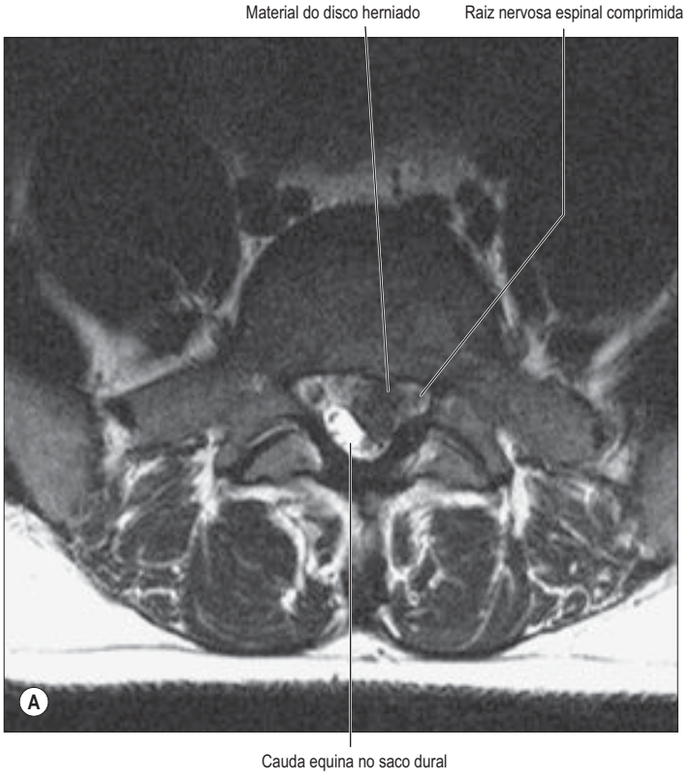
A ruptura interna de um disco intervertebral lombar é mais comum que o prolapso do disco, e é atualmente uma causa reconhecida de lombalgia. Tipicamente, o núcleo é descomprimido e as lamelas internas do anel parecem colabar para dentro dele.

Ver Adams *et al.*, (2006) para mais detalhes sobre patologias do disco e suas consequências.

Articulações dos processos articulares (zigapofisárias)

As articulações entre os processos articulares vertebrais (zigapófises) são sinoviais e há muito são designadas como articulações zigapofisárias pelos anatomistas. Na prática clínica corrente, porém, elas são comumente designadas como "articulações das faces articulares".

A descrição detalhada da anatomia dessas articulações é encontrada em Bogduk (2005), onde o autor explica por que o termo "articulação da face articular" é tanto incorreto como basicamente ambíguo, com base no



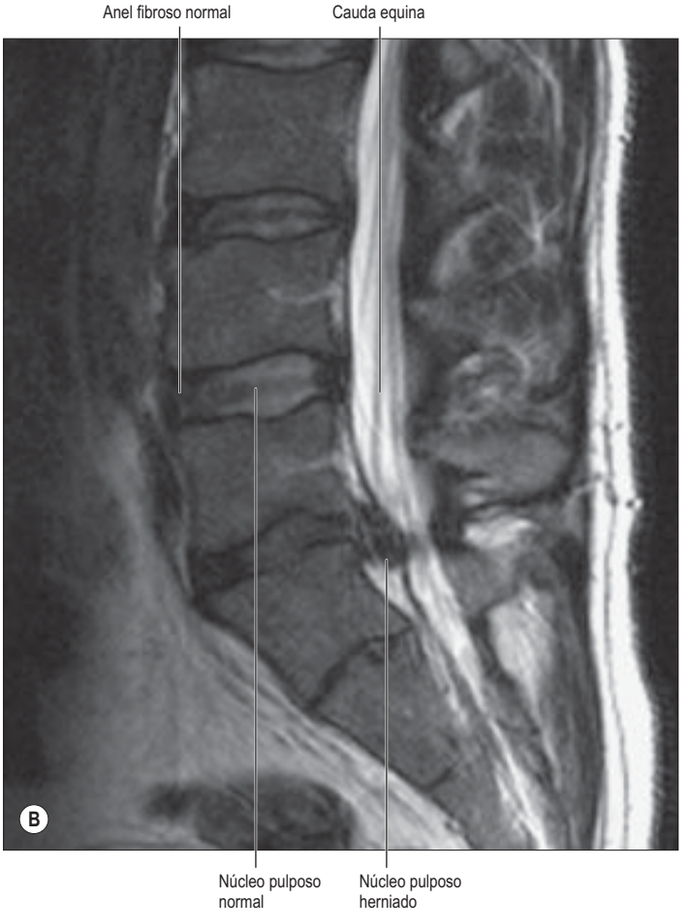


Fig. 42.45 Prolapso posterolateral de um disco. **A,** Perspectiva axial. **B,** Pespectiva sagital.

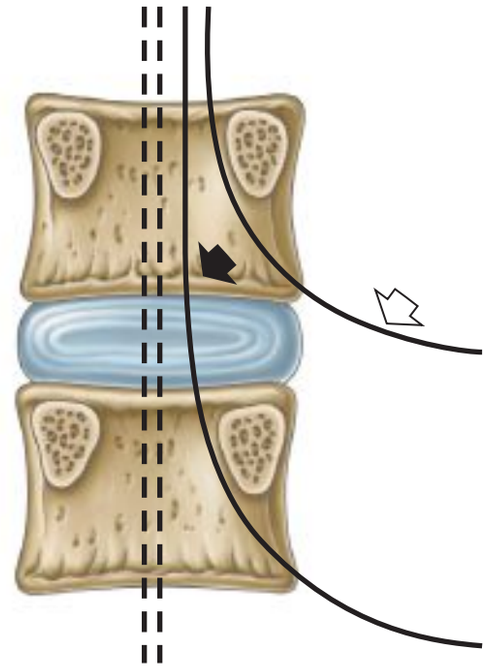


Fig. 42.46 Raízes nervosas de saída e atravessadas. A raiz superior (seta aberta) é a raiz que sai nesse nível: a raiz inferior (seta fechada) é a raiz atravessada aqui e vai se tornar a raiz que sai no nível inferior. As raízes pontilhadas são raízes atravessadas do segmento mais inferior.

fato de que as faces não se restringem aos processos articulares zigapofisários e ocorrem, por exemplo, tanto em articulações costovertebrais como nas costotransversas.

Superfícies articulares As articulações dos processos articulares são da variedade sinovial simples (cervicais e torácicas) ou complexa (lombares); as superfícies articulares são cobertas por cartilagem hialina e estão presentes em processos articulares mutuamente adaptados. O tamanho e a forma desses processos variam com o nível espinal e são descritos em associação às vértebras individuais.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é fina e frouxa e se fixa perifericamente às faces articulares de processos articulares adjacentes. As cápsulas são mais longas e mais frouxas na região cervical. De acordo com Bogduk, a cápsula fibrosa anterior é totalmente substituída pelo ligamento amarelo na coluna lombar.

Estruturas intracapsulares Bogduk descreveu dois tipos de estrutura intra-articular nas articulações dos processos articulares lombares, quais sejam o tecido adiposo subcapsular e estruturas "meniscoides". Estas últimas estruturas podem ser colagenosas, fibroadiposas ou puramente adiposas e se projetam nos interstícios entre superfícies articulares não congruentes. Elas se assemelham às inclusões vistas nas pequenas articulações da mão; sua função é objeto de conjeturas.

Ligamentos Os ligamentos que agem em conjunção às articulações dos processos articulares e modificam sua função em toda a coluna vertebral são descritos na página 728.

Membrana sinovial A sinóvia se fixa em torno da periferia da cartilagem articular e reveste a cápsula fibrosa. Na região lombar ela é refletida sobre as estruturas intracapsulares descritas anteriormente.

Suprimento vascular Os ramos espinais posteriores que suprem a coluna vertebral formam anastomoses arteriais em torno das articulações dos processos articulares. A drenagem venosa é pelos plexos venosos vertebrais posteriores externo e interno até as veias intervertebrais e daí para as veias designadas maiores que drenam a coluna vertebral. A drenagem linfática acompanha os princípios descritos para a coluna vertebral (pág. 715).

Inervação As articulações são profusamente inervadas por ramos mediais dos ramos dorsais primários dos nervos espinais, que dão ramos articulares às articulações acima e abaixo delas.

Relações e estruturas "em risco" Anteriormente, as cápsulas das articulações dos processos articulares formam os limites posteriores dos forames intervertebrais. Posterior e lateralmente as articulações estão relacionadas aos músculos profundos do dorso, algumas fibras dos quais se fixam às cápsulas. As articulações também estão intimamente relacionadas aos ramos mediais dos ramos dorsais dos nervos espinais e às artérias e veias que os acompanham. Danos aos ramos mediais dos ramos dorsais podem desnervar os músculos profundos do dorso. O acesso às articulações dos processos articulares e aos nervos a elas relacionados pode ser necessário para diagnóstico e tratamento da dor espinal.

Tropismo articular lombar Ocorre orientação assimétrica das articulações dos processos articulares na região lombar em cerca de um quinto da população. Esse tropismo dos processos articulares não parece predispor a doenças degenerativas dos discos.

ARTICULAÇÕES CRANIOVERTEBRAIS

A articulação entre o crânio e a coluna vertebral é especializada para proporcionar maior amplitude de movimento que aquela do restante do esqueleto axial. Ela consiste nos côndilos do occipital, do atlas e do áxis, funciona como uma articulação universal que permite movimentos exploratórios horizontais e verticais da cabeça, e está adaptada para a coordenação olho-cabeça.

Articulações atlanto-occipitais

O atlas se articula ao osso occipital do crânio por um par de articulações sinoviais. Os ossos estão ligados por cápsulas articulares e pelas membranas atlanto-occipitais anterior e posterior (Figs. 42.47 e 42.48).

Superfícies articulares Cada articulação consiste em duas superfícies articulares reciprocamente curvas, uma sobre o côndilo occipital e a outra sobre a massa lateral do atlas. Os processos articulares do atlas são côncavos e se inclinam medialmente.

Cápsulas fibrosas As cápsulas fibrosas circundam os côndilos occipitais e os processos articulares superiores do atlas. Elas são mais grossas posterior e lateralmente, ponto em que a cápsula se mostra por vezes deficiente, e podem se comunicar com a cavidade articular entre o dente e o ligamento transverso do atlas.

Ligamentos Os ligamentos são as membranas atlanto-occipitais anterior e posterior.

Membrana atlanto-occipital anterior A membrana atlanto-occipital anterior (Figs. 42.47 e 42.49) é uma estrutura fibrosa larga e densa que liga a margem anterior do forame magno à borda superior do arco anterior do atlas. Lateralmente, ela se funde à cápsula articular e medialmente ela é reforçada por um cordão mediano, que é o ligamento longitudinal anterior que se estende entre a porção basilar do osso occipital e o tubérculo anterior do atlas.

Membrana atlanto-occipital posterior A membrana atlanto-occipital posterior (Figs. 42.48 e 42.49) é larga, relativamente fina e liga a margem posterior do forame magno à borda superior do arco posterior do atlas, fundindo-se lateralmente à cápsula articular. Ela descreve um arco sobre os sulcos para as artérias vertebrais, os plexos venosos e o primeiro nervo cervical e constitui o "assoalho" do trígono suboccipital. A borda ligamentosa desse arco por vezes se ossifica. A membrana se fixa habitualmente por uma "ponte" de tecido mole, que pode conter fibras musculares ou tendinosas, ao reto posterior menor da cabeça e se fixa com firmeza anteriormente à dura espinal na mesma área (Zumpano *et al.*, 2006). Os ligamentos que ligam o áxis ao osso occipital são envolvidos funcionalmente com a membrana atlanto-occipital posterior.

Membrana sinovial As cavidades sinoviais de uma ou ambas as articulações podem se comunicar com aquelas do componente posterior da articulação atlanto-axial mediana.

Suprimento vascular O suprimento arterial desta região deriva de uma anastomose entre ramos das artérias cervical profunda, occipital e vertebral.

Inervação As articulações são inervadas por ramos do ramo ventral primário dos primeiros nervos espinais cervicais.

Fatores de manutenção da estabilidade Os fatores de manutenção da estabilidade incluem as cápsulas fibrosas, as membranas atlanto-occipitais, a forma das superfícies articulares, os ligamentos que unem o áxis ao osso occipital, o ligamento nucal e os músculos posteriores do

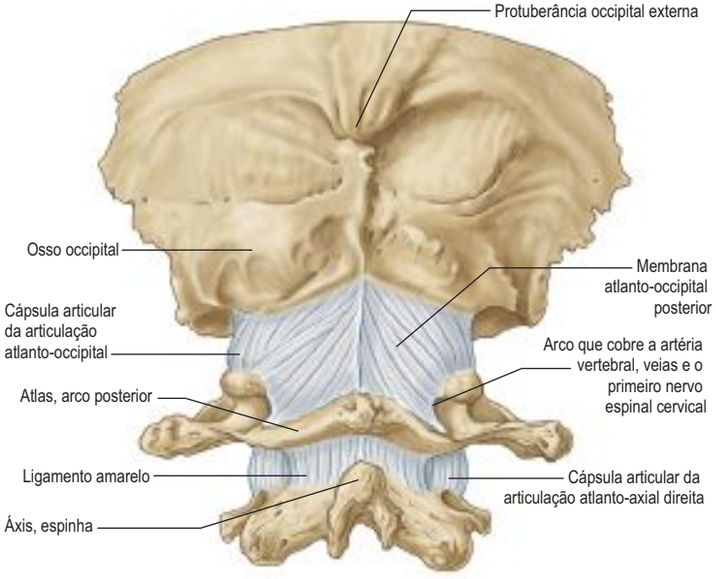


Fig. 42.48 Articulações atlanto-occipital e atlanto-axial: aspecto posterior.

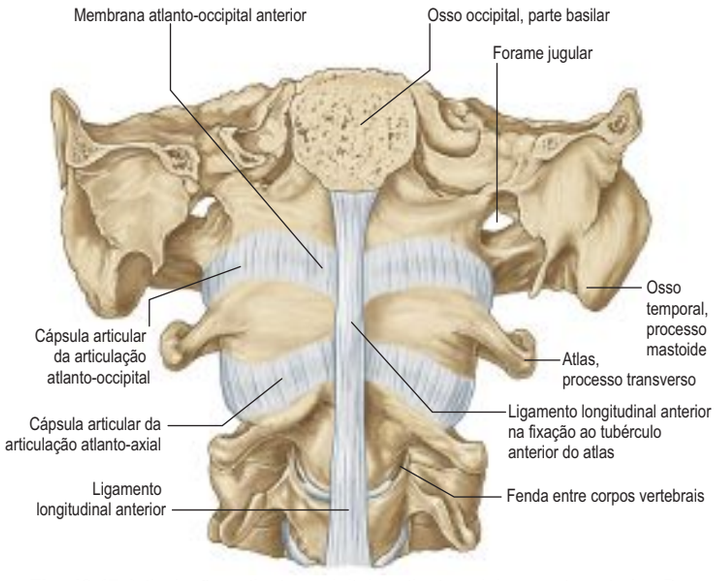


Fig. 42.47 Articulações atlanto-occipital e atlanto-axial: aspecto anterior. De cada lado foi aberta uma pequena fenda entre a parte lateral da superfície superior do corpo da terceira vértebra sacral e a superfície inferior biselada do corpo do áxis.

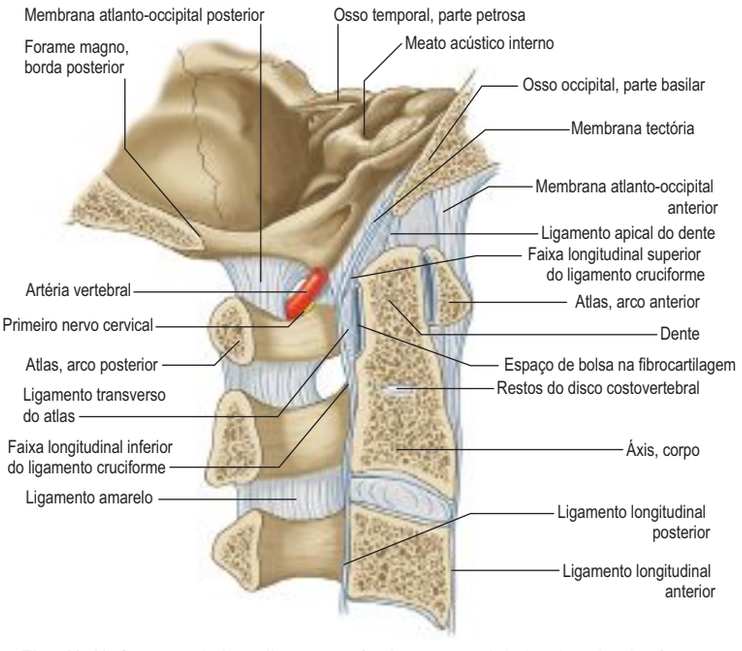


Fig. 42.49 Corte sagital mediano através do osso occipital e da primeira à terceira vértebras cervicais.

pescoço. Os músculos suboccipitais têm funções proprioceptivas e posturais importantes.

Movimentos e músculos A orientação e a forma das articulações atlanto-occipitais permitem principalmente a flexão-extensão, que tem amplitude total de cerca de 15. A rotação axial e a flexão lateral não foram medidas em indivíduos vivos, mas alguns graus de movimento nessas direções podem ser produzidos por movimentos vigorosos em cadáveres.

Os músculos que se seguem produzem esses movimentos. Para a flexão: longo da cabeça e reto anterior da cabeça; para extensão: retos posteriores da cabeça maior e menor, oblíquo superior da cabeça, semiespinal da cabeça, esplênio da cabeça e trapézio (parte cervical); para a flexão lateral: reto lateral da cabeça, semiespinal da cabeça, esplênio da cabeça, esternocleidomastóideo e trapézio (parte cervical); e para a rotação: oblíquo superior da cabeça, reto posterior menor da cabeça, esplênio da cabeça e esternocleidomastóideo.

Relações e estruturas "em risco" Posteriormente, as articulações estão intimamente relacionadas às artérias vertebrais em sua passagem dos forames transversários para o forame magno. O ramo dorsal primário do primeiro nervo cervical e o reto posterior maior da cabeça se situam posteromedialmente, e o reto anterior da cabeça se situa anteriormente.

Articulações atlanto-axiais

O atlas se articula com o áxis em três articulações sinoviais. Há um par entre as massas laterais e um complexo mediano entre o dente do áxis e o arco anterior e os ligamentos transversos do atlas.

Superfícies articulares As superfícies articulares das articulações entre as massas laterais são frequentemente classificadas como planares. As superfícies articulares ósseas têm forma mais complexa e são, em geral, reciprocamente côncavas no plano coronal; as partes mediais são algo convexas no plano sagital (especialmente aquelas do áxis). As superfícies articulares cartilaginosas em geral são menos côncavas. A articulação mediana é um pivô entre o dente e um anel formado pelo arco anterior e o ligamento transverso do atlas. Uma face articular verticalmente ovoide na parte anterior do dente se articula com uma face no aspecto posterior do arco anterior do atlas.

Cápsulas fibrosas As cápsulas fibrosas para as articulações laterais se fixam às margens articulares e são finas e frouxas. Cada uma delas tem um ligamento acessório posteromedial fixado inferiormente ao corpo do áxis, próximo à base do dente, e superiormente à massa lateral do atlas, próximo ao ligamento transverso. A cápsula fibrosa para a articulação mediana também é relativamente fraca e frouxa, em especial superiormente.

Ligamentos Anteriormente, os corpos vertebrais estão unidos pelos ligamentos longitudinais anteriores (Figs. 42.47 e 42.49); aqui, uma faixa forte e espessa se fixa superiormente à borda inferior do tubérculo anterior do arco anterior do atlas e inferiormente à parte anterior do corpo do áxis. Posteriormente, os arcos vertebrais recebem os ligamentos amarelos (Figs. 42.48 e 42.49), que se fixam à borda inferior do arco do atlas superiormente e às bordas superiores das lâminas do áxis. Nesse nível os ligamentos formam uma membrana fina, perfurada lateralmente pelos segundos nervos cervicais.

Ligamentos transverso do atlas e cruciforme O ligamento transverso do atlas (Fig. 42.50) é uma faixa larga e forte que faz um arco pelo anel do atlas por trás do dente; seu comprimento varia em torno de uma média de 20 mm. Ele se fixa lateralmente a um tubérculo pequeno, porém proeminente, no lado medial de cada massa lateral do atlas e se alarga medialmente no ponto em que é coberto anteriormente por uma fina cartilagem articular. Consiste quase totalmente em fibras de colágeno, que se cruzam num ângulo tal que formam uma malha entrelaçada na parte central do ligamento. Uma forte faixa longitudinal mediana se origina de sua margem superior e se insere na parte basilar do osso occipital, entre o ligamento apical do dente e a membrana tectória, e a partir de sua superfície inferior uma faixa longitudinal, mais fraca e menos consistente, segue até a superfície posterior do áxis. Esses componentes transversos e longitudinais compõem juntos o ligamento cruciforme. O ligamento transverso divide o anel do atlas em partes desiguais (Fig. 42.22). Os dois terços posteriores circundam a medula espinal e as meninges, o terço anterior contém o dente, que o ligamento transverso mantém em posição mesmo quando todos os outros ligamentos são divididos.

Ligamentos que unem o áxis ao osso occipital. Os ligamentos que unem o áxis ao osso occipital são a membrana tectória, os ligamentos alares pareados, o ligamento apical mediano e os componentes longitudinais do ligamento cruciforme (Fig. 42.49, Fig. 42.50).

Membrana tectória. Dentro do canal vertebral a membrana tectória é uma faixa larga e forte que constitui a continuação em sentido superior do ligamento longitudinal posterior. Suas lâminas superficial e profunda se fixam à superfície posterior do corpo do áxis. A lâmina superficial se expande ao subir até a superfície superior do osso occipital basilar e se fixa superiormente ao forame magno, onde se funde à dura-máter cranial. A lâmina profunda consiste em uma forte faixa mediana, que sobe até o forame magno, e de duas faixas laterais que seguem até as cápsulas das articulações atlanto-occipitais ao chegar ao forame magno e se fundem a essas cápsulas. A membrana está separada do ligamento cruciforme do atlas por uma fina camada de tecido areolar frouxo e, por vezes, por uma bolsa.

Ligamentos alares. Os ligamentos alares são cordões grossos, de cerca de 11 mm de comprimento, que seguem horizontal e lateralmente a partir de achatamentos longitudinalmente ovoides sobre o aspecto posterolate-

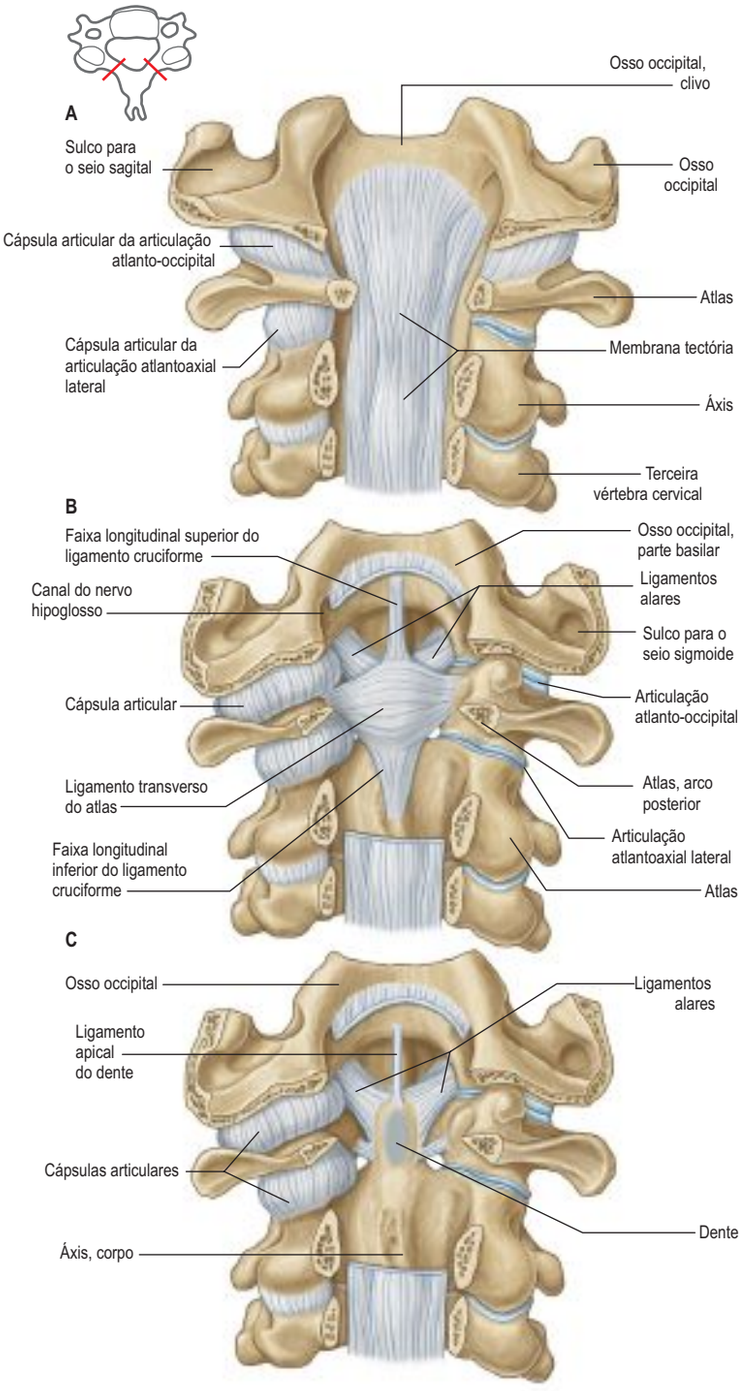


Fig. 42.50 Aspecto posterior das articulações atlanto-occipital e atlanto-axial. A parte posterior do osso occipital e as lâminas das vértebras cervicais foram removidas e as cavidades da articulação atlanto-occipital foram abertas. (Adaptado de Sobotta 2006.)

ral do ápice do dente até áreas mais ásperas do lado medial dos côndilos occipitais. Em muitos indivíduos há também uma faixa anteroinferior, de aproximadamente 3 mm de comprimento, que se insere na massa lateral do atlas, em frente ao ligamento transverso. Algumas fibras passam ocasionalmente do dente até o arco anterior do atlas. Além disso, em cerca de 10% dos casos uma faixa de fibras transversas contínuas, o ligamento occipital transverso, passa entre os côndilos occipitais imediatamente acima do ligamento transverso. Os ligamentos consistem principalmente em fibras de colágeno dispostas paralelamente. Atualmente, considera-se que a principal função dos ligamentos alares é a limitação da rotação atlanto-axial, quanto o esquerdo se retesa durante a rotação para a direita e vice-versa. O movimento em sentido ligeiramente inferior do atlas durante a rotação permite uma amplitude maior de movimento, por reduzir a tensão nos ligamentos alares e nas cápsulas e ligamentos acessórios da articulação atlanto-occipital lateral.

Ligamento apical do dente. O ligamento apical do dente se abre em leque do ápice do dente para a margem anterior do forame magno, entre os ligamentos alares, e constitui a continuação cranial da notocorda e sua bainha. Ele é separado na maior parte de sua extensão da membrana atlanto-occipital anterior e do ligamento cruciforme por coxins de tecido adiposo, embora se funda a suas fixações no forame magno e aos ligamentos alares no ápice do dente.

O ligamento nucal e o ligamento longitudinal anterior também ligam vértebras cervicais ao crânio.

Membrana sinovial As membranas sinoviais das articulações laterais não têm características especiais. A articulação mediana tem duas cavidades sinoviais que por vezes se comunicam. A cavidade sinovial do componente posterior do complexo articular mediano é maior, situando-se entre a face ovoide horizontalmente orientada na superfície posterior do dente e a superfície cartilaginosa anterior do ligamento transverso; há frequentemente uma comunicação com uma ou ambas as cavidades da articulação atlanto-occipital.

Suprimento vascular O suprimento arterial dessa região deriva de uma anastomose entre ramos das artérias cervical profunda, occipital e vertebral.

Inervação As articulações são inervadas por ramos do ramo ventral primário do segundo nervo espinal cervical.

Fatores de manutenção da estabilidade Os mais importantes fatores de manutenção da estabilidade são os ligamentos, o mais forte dos quais é o ligamento transverso do atlas. Os ligamentos alares são mais fracos. Outros ligamentos unindo o áxis e o osso occipital, as cápsulas fibrosas, o ligamento nucal e os músculos posteriores do pescoço também contribuem para a estabilidade; os músculos suboccipitais têm funções proprioceptivas e posturais importantes.

Movimentos e músculos O movimento é simultâneo em todas as três articulações e consiste quase exclusivamente na rotação em torno do áxis. A forma das superfícies articulares é tal que, quando há a rotação, o áxis sobe ligeiramente pelo anel do atlas, limitando a distensão das cápsulas articulares laterais atlanto-axiais. A rotação é limitada principalmente pelos ligamentos alares, com uma contribuição menor do ligamento atlanto-axial acessório. A amplitude de rotação atlanto-axial normal é de cerca de 40º.

Os músculos que produzem a rotação atlanto-axial agem sobre o crânio, processo transverso do atlas e sobre o processo espinhoso do áxis. Eles são principalmente o oblíquo inferior da cabeça, reto posterior maior da cabeça e esplênio da cabeça de um lado, bem como o esternocleidomastóideo contralateral.

Relações e estruturas "em risco" A mais importante relação "de risco" é com a medula espinal, situada posteriormente à articulação atlanto-axial mediana. Articulações, cápsulas e ligamentos atlanto-axiais estão separados anteriormente da fáscia bucofaríngea e do constritor superior da faringe pelo longo da cabeça, o longo do pescoço, a fáscia pré-vertebral e o espaço retrofaríngeo (potencial).

Variantes de articulações craniovertebrais

Anomalias das articulações craniovertebrais são vistas ocasionalmente. Muitas delas são anomalias de segmentação de menor gravidade, e podem ser achados radiológicos ou osteológicos acidentais. Anomalias mais graves podem ocasionar instabilidade craniocervical (Piper & Traynelis 1998).

JUNÇÃO LOMBOSSACRA

As articulações entre a quinta vértebra lombar e a primeira vértebra sacral se assemelham àquelas entre outras vértebras. Os corpos estão unidos por uma sínfise que inclui um grande disco intervertebral. Este último é mais profundo anteriormente no ângulo lombossacro. As articulações sinoviais dos processos articulares estão separadas por um intervalo maior que aquelas superiormente.

Superfícies articulares As superfícies reciprocamente curvas das articulações dos processos articulares apresentam uma considerável variação individual quanto ao alinhamento e a forma. A assimetria (tropismo das faces) não é rara.

Ligamentos O principal ligamento associado à junção lombossacra é o ligamento iliolombar (Figs. 80.8 e 42.51).

Ligamento iliolombar O ligamento iliolombar se fixa à extremidade e ao aspecto anteroinferior do quinto processo transverso lombar e, por vezes, tem uma fixação fraca ao quarto processo transverso. Ele se irradia lateralmente e se fixa à pelve por duas faixas principais. Uma faixa inferior passa do aspecto inferior do quinto processo transverso lombar e do corpo da quinta vértebra lombar pelo ligamento sacroilíaco anterior, e chega até a margem posterior da fossa ilíaca. Uma faixa superior, parte da fixação do quadrado lombar, passa à crista ilíaca anteriormente à articulação sacroilíaca e é contínua superiormente com a camada anterior da fáscia toracolombar. O ligamento inferior tem um componente mais vertical, que chega até a linha terminal (linha arqueada) da pelve posterior; esse componente tem uma relação lateral com o ramo ventral L5. Um componente posterior do ligamento iliolombar passa por trás do quadrado lombar e se fixa ao ílio.

Em neonatos e crianças, o "ligamento" iliolombar é muscular: o músculo é gradualmente substituído pelo ligamento até a quinta década de vida.

Suprimento vascular O suprimento vascular da junção lombossacral deriva principalmente das artérias lombossacral e sacral lateral superior.

Inervação A junção lombossacral é inervada por ramos derivados do quarto e quinto nervos espinais lombares; o padrão de distribuição é aquele descrito na página 707.

Relações e estruturas "em risco" O disco lombossacral está relacionado anteriormente às veias ilíacas comuns, aos vasos sacrais medianos e ao plexo nervoso hipogástrico superior. Os troncos simpáticos cruzam-no anterolateralmente, enquanto os nervos obturatórios e os

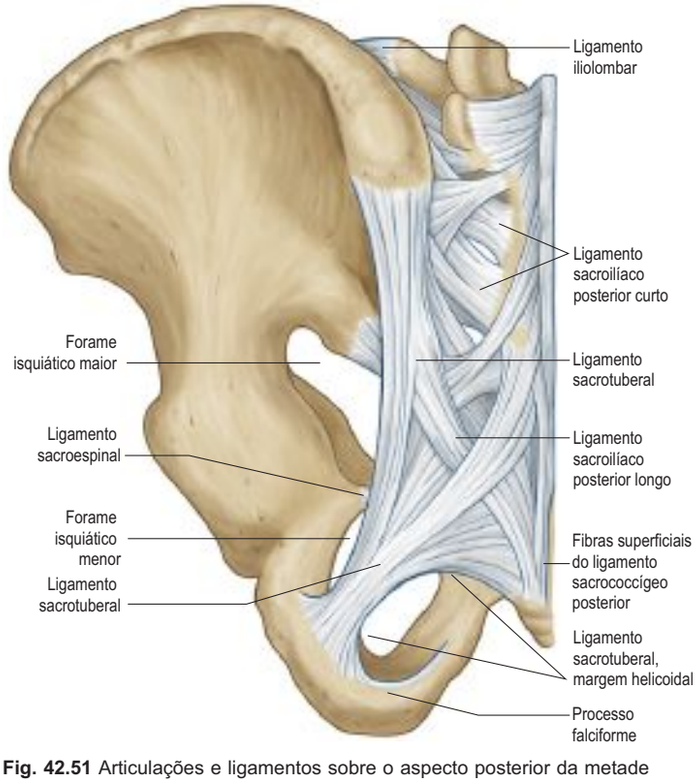


Fig. 42.51 Articulações e ligamentos sobre o aspecto posterior da metade esquerda da pele e a quinta vértebra lombar.

troncos lombossacrais passam lateralmente bem próximo. As relações das articulações dos processos articulares lombossacrais se assemelham àquelas das articulações lombares (anteriormente).

JUNÇÃO SACROCOCCÍGEA

A junção sacrococcígea é geralmente uma sínfise entre o ápice sacro e a base coccígea, unida por um fino disco fibrocartilaginoso, que é um pouco mais espesso anterior e posteriormente que lateralmente. Suas superfícies têm uma cartilagem hialina que varia de veios finos a pequenas ilhotas. Ocasionalmente, o cóccix se mostra mais móvel e a articulação é sinovial.

Ligamentos O ligamento sacrococcígeo anterior consiste em fibras irregulares que descem sobre a superfície pélvica tanto do sacro como do cóccix e se fixa da mesma maneira que o ligamento longitudinal anterior. O ligamento sacrococcígeo posterior superior achatado passa da margem do hiato sacral à superfície coccígea dorsal, servindo de teto ao canal sacral inferior (Fig. 42.51). O ligamento sacrococcígeo posterior profundo vai da parte posterior do quinto corpo vertebral sacral ao dorso do cóccix e corresponde ao ligamento longitudinal posterior. Os ligamentos sacrococcígeos laterais de cada lado unem os processos transversos coccígeos aos ângulos sacrais inferolaterais, completando os forames para os quintos nervos espinais sacrais. De forma análoga, os ligamentos sacrococcígeos laterais unem os cornos sacrais e coccígeos e um fascículo une os cornos sacrais aos processos transversos coccígeos.

Suprimento vascular O suprimento arterial da junção sacrococcígea deriva das artérias sacral lateral inferior e sacral mediana.

Inervação A inervação da junção sacrococcígea deriva dos dois nervos sacrais inferiores e dos nervos coccígeos.

ARTICULAÇÕES INTERCOCCÍGEAS

Nos jovens as articulações intercoccígeas são sínfises, com finos discos de fibrocartilagem entre os segmentos coccígeos. Os segmentos também estão ligados por extensões dos ligamentos sacrococcígeos anterior e posterior. Em adultos do sexo masculino todos os segmentos se unem numa época comparativamente precoce, mas em mulheres a união é posterior. Na idade avançada, a articulação sacrococcígea é obliterada. Ocasionalmente, a articulação entre o primeiro e o segundo segmento é sinovial. O ápice do segmento terminal está ligado à pele sobrejacente por um tecido fibroso branco.

MÚSCULOS

A musculatura do dorso está disposta numa série de camadas, e somente os músculos mais profundos são músculos verdadeiros e intrínsecos do dorso (Fig. 42.52). Os músculos verdadeiros do dorso são caracterizados por sua posição e por sua inervação por ramos dos ramos posteriores (dorsais) dos nervos espinais. Os músculos verdadeiros do dorso abaixo do pescoço se situam profundamente à camada posterior da fáscia toracolombar. Na região lombar, na qual as camadas da fáscia toracolombar são bem definidas, eles ocupam o compartimento entre as camadas posterior e média.

Os músculos extrínsecos, "imigrantes" (Fig. 42.52) situam-se superficialmente aos músculos intrínsecos verdadeiros do dorso. Os mais superficiais destes passam entre o membro superior e o esqueleto axial, e consistem nos músculos trapézio, latíssimo do dorso, levantador da escápula e romboides. Por sob essa camada se encontra o grupo do serrátil posterior, superior e inferior, que apresenta desenvolvimento variável, mas são geralmente músculos delgados, cuja função pode ser respiratória ou possivelmente proprioceptiva. Todos os músculos extrínsecos são inervados por ramos ventrais.

O trapézio, latíssimo do dorso, levantador da escápula, romboide maior e romboide menor são descritos nas páginas 809-811; o serrátil posterior superior e o inferior são descritos nas páginas 925-926. Os músculos da parede abdominal posterior são descritos na página 1070.

Os músculos intrínsecos também estão dispostos em camadas. As camadas mais superficiais contêm os músculos esplênios no pescoço e na parte superior do tórax e o grupo eretor da espinha no tronco como um todo. As camadas mais profundas incluem o grupo espinotransverso, que é, ele próprio, disposto em camadas formadas pelo semiespinal, o multífido e os rotadores, e os músculos suboccipitais. Mais profundamente de todos encontram-se os músculos interespinais e intertransversos. Este último grupo constitui uma mistura de músculos espinais ventrais e dorsais. Os músculos intertransversários mediais lombares, os intertransversários torácicos e as partes mediais dos intertransversários posteriores

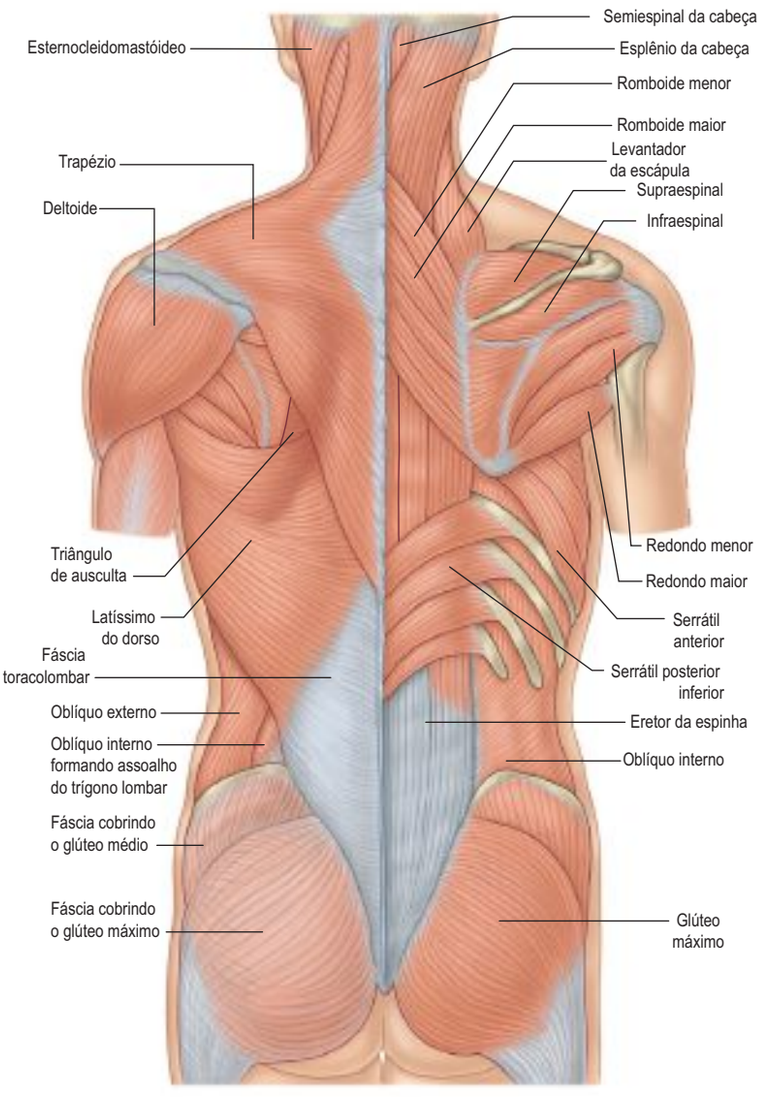


Fig. 42.52 Músculos superficiais da parte posterior do pescoço e do tronco. À esquerda foram removidas a pele, a fáscia superficial e profunda (que não a gluteofemoral); à direita foram removidos por dissecação esternocleidomastóideo, trapézio, latíssimo do dorso, deltoide e oblíquo externo.

cervicais são inervados por ramos dorsais, mas os outros são supridos por ramos ventrais.

Fixações musculares e direção das fibras

Embora do ponto de vista do desenvolvimento os músculos do dorso se estendam caudalmente enquanto a coluna vertebral se alonga, puxando com eles seu suprimento nervoso, eles têm sido descritos tradicionalmente como se suas fibras se dirigissem craniocaudalmente, de modo que as "origens" dos músculos se situam distalmente a suas "inserções".

Demonstrou-se (Bogduk 2005) que na coluna lombar é mais apropriado, do ponto de vista morfológico e biomecânico, considerar os músculos na direção inversa — de cima para baixo. É razoável argumentar que essa perspectiva pode ser aplicada aos músculos cervicais e torácicos, e assim, para a uniformidade desta seção, todos os músculos foram descritos dessa maneira.

Ligamento nucal

O ligamento nucal não é um ligamento do pescoço, pois ele não liga ossos adjacentes e não apresenta a estrutura interna típica de um ligamento. Ele é um arranjo singular de tendões e fáscia entre os músculos posteriores do pescoço. Consiste em uma rafe dorsal e uma parte septal mediana. A rafe dorsal se situa superficialmente ao longo da linha média posterior do pescoço. Ela se fixa à protuberância occipital externa superiormente e à extremidade do processo espinhoso de C7 inferiormente. Em sua metade superior, ela consiste nos tendões agregados das fibras mais mediais do trapézio cervical. Devido a seu arranjo longitudinal, descreveu-se que esses tendões formam a parte funicular do ligamento nucal (Mewrcer & Bogduk 2003). Em sua metade inferior, a parte funicular recebe os tendões orien-

tados obliquamente do esplênio da cabeça e do romboide menor. Os tendões do esplênio da cabeça são contínuos através da linha média com aqueles do romboide menor do outro lado e se entrelaçam aos tendões do conjunto recíproco de músculos, produzindo a estrutura rafenosa do ligamento nucal. A partir da superfície ventral da rafe dorsal, um septo fascial mediano se estende profundamente em direção à coluna vertebral e separa o semiespinal da cabeça de seu parceiro do outro lado. Uma expansão lateral do septo se estende lateralmente em posição ventral ao semiespinal da cabeça, separando-o do multífido e do semiespinal do pescoço. A continuação mediana do septo chega às extremidades dos processos espinhosos cervicais e se estende pelos espaços interespinais cervicais até o ligamento amarelo. Nos níveis cervicais superiores o septo se fixa à crista occipital externa e ao tubérculo posterior do atlas, e se funde às membranas atlanto-occipital posterior e atlantoaxial posterior. Passando por essas membranas, ele se fixa à superfície posterior da dura-máter (Dean & Mitchell 2002). Somente a rafe dorsal proporciona fixação a músculos; nenhum músculo se origina do septo mediano.

Esplênio da cabeça

Fixações O esplênio da cabeça se origina do processo mastoide e da superfície áspera no osso occipital, imediatamente abaixo do terço lateral da linha nucal superior. Suas fibras seguem inferior e medialmente até chegar à linha média. As fibras mais inferiores se inserem nas extremidades dos processos espinhosos da sétima vértebra cervical e das três ou quatro vértebras cervicais superiores e dos ligamentos supraespinais intervenientes. Os tendões das fibras mais superiores fazem interface na linha média com aqueles do lado oposto na rafe dorsal do ligamento nucal, na metade inferior da região cervical (Fig. 42.53).

Relações O esplênio da cabeça se situa profundamente abaixo do trapézio e cobre o semiespinal da cabeça e o longuíssimo da cabeça. A parte superior do músculo fica por sob o esternocleidomastóideo. Ele forma uma parte do assoalho do trígono posterior do pescoço entre o esternocleidomastóideo e o trapézio, acima e atrás do levantador da escápula.

Suprimento vascular Ver mais adiante.

Inervação O esplênio da cabeça é inervado por ramos laterais do segundo e terceiro ramos dorsais cervicais.

Ações Agindo unilateralmente e em sinergismo com o esternocleidomastóideo contralateral, o esplênio da cabeça roda a cabeça para o mesmo lado. Agindo bilateralmente, o esplênio da cabeça estende a cabeça.

Esplênio do pescoço

Fixações O esplênio do pescoço é confluente com o esplênio da cabeça, mas cobre regiões mais caudais do pescoço e a região torácica (Fig. 42.53). Ele se origina do processo transverso do atlas, da extremidade do processo transverso do áxis e do tubérculo posterior da terceira vértebra cervical. Suas fibras seguem inferior e medialmente, enrolando-se em torno de outros músculos intrínsecos do pescoço, e se inserem do terceiro ao sexto processos espinhosos torácicos.

Relações O esplênio do pescoço se situa profundamente ao serrátil posterior superior, aos romboides e ao trapézio. Ele cobre as partes superiores do eretor da espinha e os músculos semiespinais inferiores.

Suprimento vascular Ver mais adiante.

Inervação O esplênio do pescoço é inervado por ramos laterais dos ramos dorsais cervicais inferiores.

Ações Agindo unilateralmente, o esplênio do pescoço faz a rotação das vértebras cervicais superiores, da mesma maneira que o esplênio da cabeça faz a rotação desta. Agindo bilateralmente, o esplênio do pescoço estende a coluna cervical superior.

Variações Os esplênios podem estar ausentes ou variar quanto a suas fixações vertebrais. Ocorrem também tiras acessórias.

Eretor da espinha

O eretor da espinha (Figs. 42.6, 42.7, 42.54 e 42.55) é uma grande massa musculotendinosa que difere quanto ao tamanho e à composição em diferentes níveis vertebrais. Ele consiste em fascículos que assumem fixações sistemáticas a partes homólogas do crânio, das vértebras cervicais, torácicas e lombares, do sacro e do ilíaco. Os músculos individuais são definidos pelas fixações de seus fascículos e pelas regiões por eles cobertas. Há três músculos cada, com três partes regionais:

Espinal	Longuíssimo	Iliocostal
Espinal torácico	Longuíssimo da cabeça	Iliocostal do pescoço
Espinal do pescoço	Longuíssimo do pescoço	Iliocostal torácico
Espinal da cabeça	Longuíssimo torácico	Iliocostal lombar

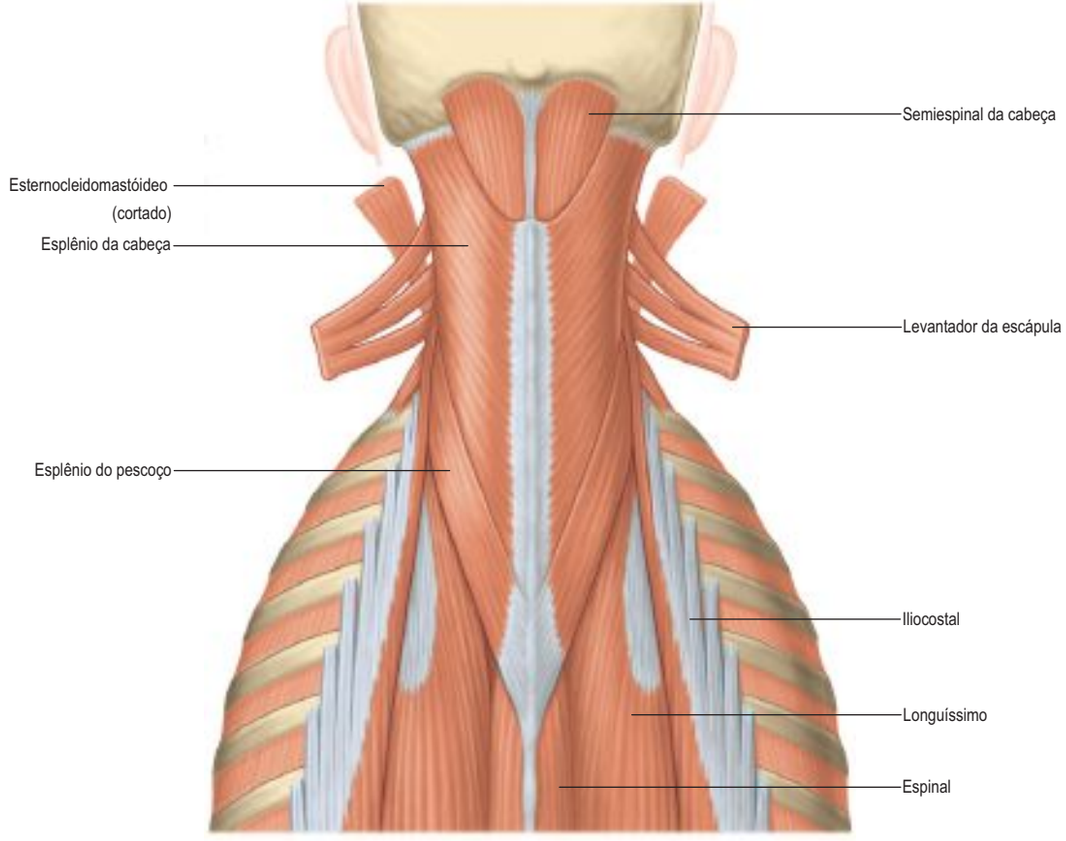


Fig. 42.53 Esplênio do pescoço e esplênio da cabeça.

Espinal O espinal torácico é a parte mais medial do eretor da espinha na região torácica. Ele consiste em fascículos que se originam dos processos espinhosos das vértebras torácicas superiores e se inserem nos processos espinhosos da 11ª e 12ª vértebras torácicas e das duas primeiras vértebras lombares. O número de fascículos e suas fixações segmentares variam. Os fascículos estão dispostos numa série superposta de arcos planos progressivamente mais longos. Os fascículos mais curtos têm a origem mais baixa e a inserção mais alta e os fascículos mais longos têm a origem mais alta e a inserção mais baixa. Lateralmente, o músculo se mistura intimamente ao longuíssimo torácico, e é considerado por alguns autores um componente desse músculo.

O espinal se desenvolve de maneira irregular e insuficiente em outras regiões. Quando presente, o espinal do pescoço consiste em fibras paramedianas que se originam de forma variável dos processos espinhosos do áxis e da terceira e quarta vértebras cervicais e se inserem na parte inferior do ligamento nucal e na espinha da sétima vértebra cervical (por vezes também na primeira e segunda vértebras torácicas). O espinal da cabeça é representado por algumas fibras do semiespinal da cabeça que se inserem nas espinhas da sétima vértebra cervical e da primeira vértebra torácica, em vez de chegar aos processos transversos torácicos.

Longuíssimo O longuíssimo é o componente central do eretor da espinha. Ele assume uma série de fixações em locais que são homólogos à junção dos elementos transverso e costal do segmento. Esses locais estão representados nos níveis torácicos pela extremidade de um processo transverso e a superfície posterior imediatamente adjacente da costela; nos níveis cervicais pelos processos transverso e o tubérculo posterior; e nos níveis lombares pelo processo transverso (o elemento transverso) e a metade medial do processo transverso (o elemento costal).

O longuíssimo da cabeça é uma faixa estreita e chata de músculo que se origina da borda posterior do processo mastoide, sob a cobertura do esplênio da cabeça e o esternocleidomastóideo. Ele desce pela superfície lateral do semiespinal da cabeça e se insere por uma série de tendões nos processos transversos das três ou quatro vértebras cervicais inferiores e as três ou quatro vértebras torácicas superiores.

O longuíssimo do pescoço é um músculo longo e fino que se origina por tendões dos tubérculos posteriores dos processos transversos da segunda à sexta vértebras cervicais. Ele desce até a região torácica, entre os tendões do longuíssimo da cabeça e do longuíssimo torácico e se insere por tendões nos processos transversos das quatro ou cinco vértebras torácicas superiores.

O longuíssimo torácico é o maior componente do eretor da espinha. Ele consiste em muitos pequenos fascículos que se agregam de maneira específica para produzir um músculo muito longo e, em alguns pontos, espesso. Ele tem partes lombares e torácicas.

A parte lombar é formada por feixes carnudos que se originam do processo acessório e, aproximadamente, da metade medial da superfície posterior do processo transverso de cada uma das cinco vértebras lombares. Os fascículos seguem em direção inferior e ligeiramente lateral. Aqueles das quatro primeiras vértebras lombares convergem para um tendão chato comum que cobre a superfície lateral do músculo e o separa das fibras lombares do iliocostal, razão pela qual ela é designada aponeurose intermuscular lombar. A aponeurose começa na região lombar média, com uma base irregular larga, e inferiormente ela se afina gradativamente até um ponto truncado que se insere na superfície medial do ílio, num

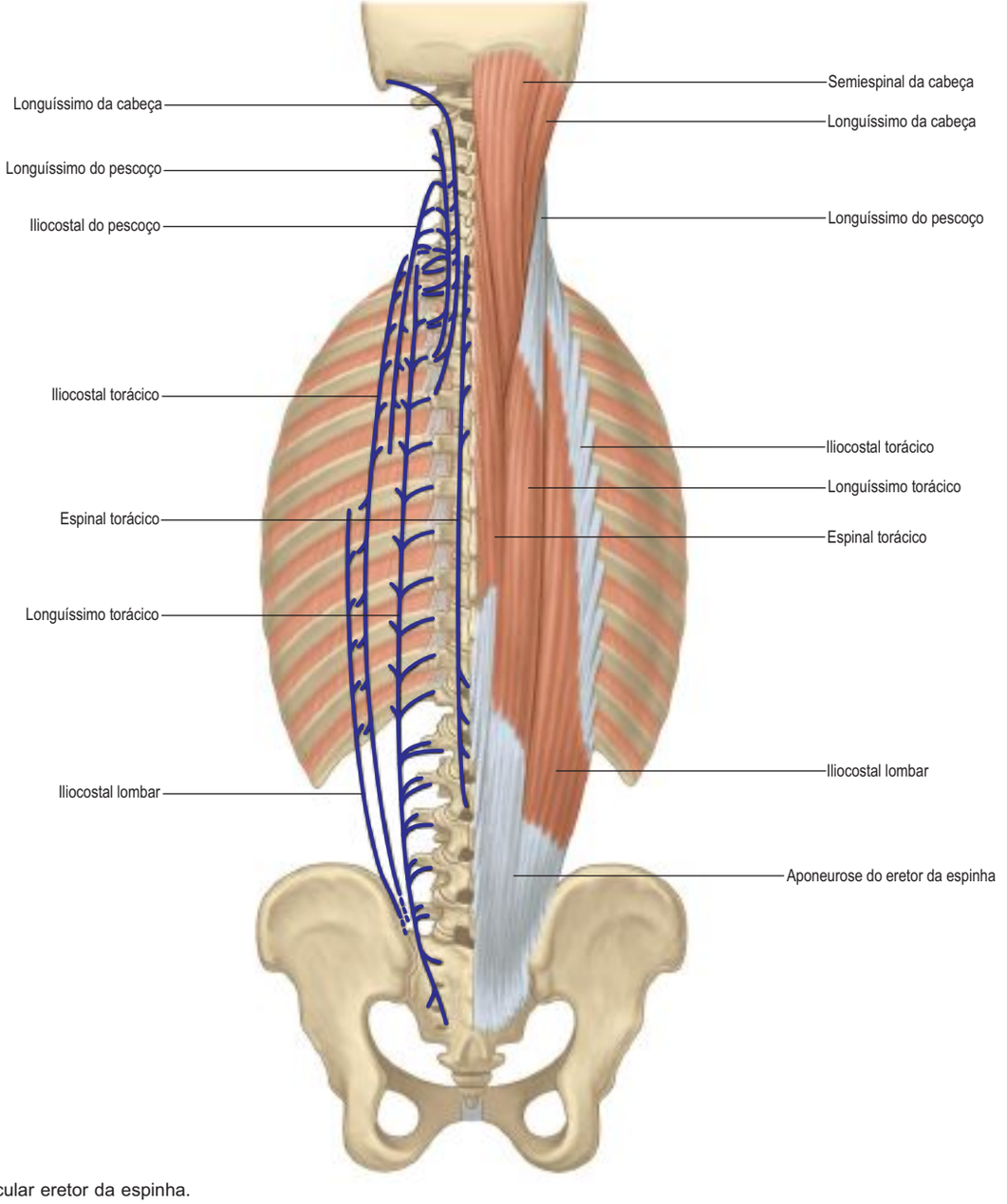


Fig. 42.54 Grupo muscular eretor da espinha.

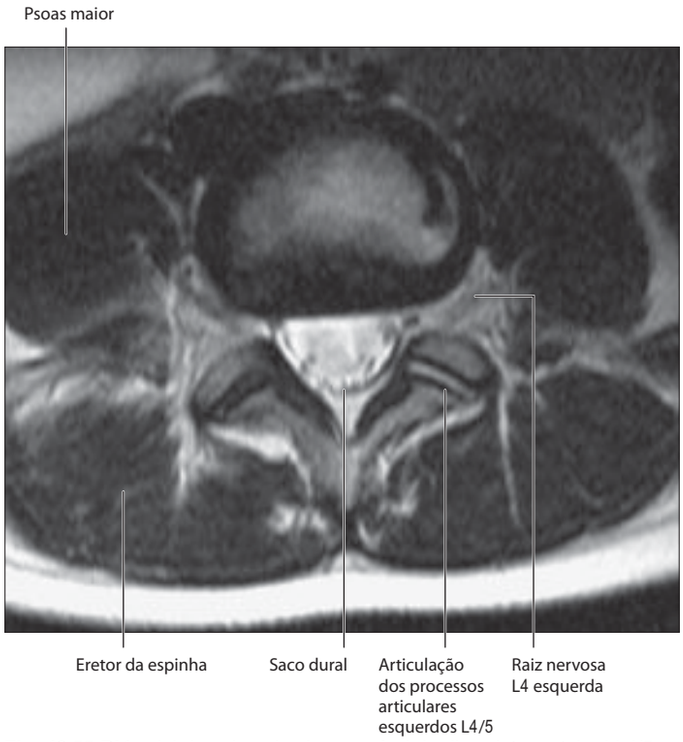


Fig. 42.55 RM axial da coluna lombar no nível do disco intervertebral L4/5.

ponto imediatamente dorsal da asa do sacro. O fascículo da primeira vértebra lombar se fixa rostral e dorsalmente à aponeurose. Fascículos sucessivos se fixam a ela mais ventral e caudalmente. O fascículo da quinta vértebra lombar se insere separadamente, profundamente à aponeurose intermuscular, no aspecto ventromedial do ílio e nas fibras superiores do ligamento sacroilíaco dorsal. Medialmente as fibras lombares do longuíssimo são separadas do multífido por um amplo plano de clivagem, cheio de tecido adiposo e veias.

A parte torácica consiste em fascículos com ventres musculares pequenos e fusiformes, que têm tendões rostrais curtos e tendões caudais longos. Os ventres musculares estão dispostos em forma de camadas por toda a extensão da parede torácica posterior, as mais altas situam-se medialmente e as mais baixas situam-se lateralmente. Os quatro fascículos superiores se originam das extremidades dos quatro primeiros processos transversos torácicos. Os fascículos sucessivos têm tendões bífidos, que se originam do processo transverso e da costela adjacente em cada um dos oito segmentos torácicos inferiores. Os longos tendões caudais dos fascículos torácicos do longuíssimo se agregam em paralelo e formam uma aponeurose larga, o que lhes possibilita assumir várias inserções caudais. Os tendões dos fascículos mais superiores se inserem nos processos espinhosos lombares e em seu ligamento supraespinal. Aqueles do primeiro segmento torácico atingem o nível L1-2 e aqueles do sexto segmento torácico atingem o nível L5. Os fascículos do sétimo ao nono segmentos torácicos chegam à crista sacral mediana e aqueles do 10º e 11º segmentos torácicos se fixam transversalmente pela superfície posterior do terceiro segmento do sacro. O fascículo do 12º segmento torácico chega ao sacro e ao segmento dorsal da crista ilíaca, imediatamente abaixo do ponto em que a aponeurose intermuscular das fibras lombares do longuíssimo se insere no ilíaco. A aponeurose cobre o multífido e as fibras lombares do longuíssimo; ela se estende a partir da linha média em sentido lateral até a borda dorsal da aponeurose intermuscular lombar, com a qual se funde. Na aponeurose intermuscular lombar as fibras lombares do longuíssimo, de L1 a L5, completam a progressão sistemática de fixações evidenciada pelas fibras torácicas.

Iliocostal O iliocostal é o componente mais lateral do eretor da espinha. Seus fascículos se fixam a locais que são homólogos com as costelas.

O iliocostal do pescoço consiste em fascículos delgados que se originam de longos tendões dos tubérculos posteriores da quarta, quinta e sexta vértebras cervicais. Eles descem pela parte posterior do tórax e se inserem da terceira à sexta costelas em seus ângulos.

O iliocostal torácico é um músculo fusiforme estreito. As fibras se originam da parte posterior do processo transverso da sétima vértebra cervical e das bordas superiores dos ângulos das seis costelas superiores; elas se situam lateralmente ao iliocostal do pescoço e se inserem nas bordas superiores dos ângulos das seis costelas inferiores.

O iliocostal lombar consiste em partes lombar e torácica. A parte lombar é formada por fascículos carnudos que se originam das extremidades dos quatro primeiros processos transversos lombares e da superfície posterior da camada média da fáscia toracolombar, lateralmente a essas extremidades. Esses fascículos descem até o ílio de forma laminada, de tal modo que aqueles de níveis mais altos cobrem os de níveis mais baixos. Eles se inserem na extremidade medial da crista ilíaca e do segmento dorsal da crista ilíaca; o fascículo de L4 assume a fixação mais ventral e lateral e o fascículo de L1 assume a fixação mais dorsal e medial. A fixação ao ílio é feita em grande parte por fibras carnudas, mas as fibras mais superficiais são aponeuróticas. A parte torácica consiste em oito ou nove pequenos fascículos, que se originam respectivamente das oito ou nove costelas inferiores em seus ângulos, lateralmente ao iliocostal torácico. Cada fascículo se origina da costela por um tendão semelhante a uma fita de cabelo. Os tendões são mais longos nos níveis altos, mas se tornam progressivamente mais curtos nos níveis inferiores. Os ventres musculares dos fascículos têm comprimento uniforme e cada um deles dá origem a um tendão caudal. Esses tendões se agregam para formar uma aponeurose dorsal que cobre a parte lombar do iliocostal lombar e se insere de forma linear na extremidade medial da crista ilíaca e seu segmento dorsal. Ao longo desta linha os fascículos estão representados seriadamente, de tal modo que o fascículo da 12ª costela se fixa mais lateralmente e aquele da quarta ou quinta costela se fixa mais medial e inferiormente.

Aponeurose do eretor da espinha Juntas, a aponeurose dorsal das fibras torácicas do longuíssimo e das fibras torácicas do iliocostal lombar formam um largo folheto de tendões paralelos, denominado aponeurose do eretor da espinha. Ela se fixa aos processos espinhosos lombares e aos ligamentos supraespinais, à crista sacral mediana, ao terceiro segmento sacral, ao segmento dorsal da crista ilíaca e à extremidade medial da crista ilíaca, e cobre o multífido e as fibras dorsais tanto do longuíssimo como do iliocostal. Significativamente, a aponeurose do eretor da espinha é formada exclusivamente por tendões das fibras torácicas do longuíssimo torácico e do iliocostal lombar; ela não dá origem às fibras lombares desses músculos, que se fixam independentemente ao ilíaco. Algumas das fibras mais superficiais do multífido podem se inserir na superfície profunda da aponeurose do eretor sobre o sacro, mas fora isso a inserção substantiva do multífido é no sacro. Parte das fibras mais superiores do glúteo máximo se origina do canto inferolateral da aponeurose do eretor da espinha. A aponeurose intermuscular lombar é uma extensão ventral da aponeurose do eretor da espinha, separando as fibras lombares do longuíssimo daquelas do iliocostal.

Relações O eretor da espinha é coberto nas regiões lombar e torácica pela fáscia toracolombar e pelo serrátil posterior inferior inferiormente, e pelos romboides e esplênios superiormente. Na região lombar ele se situa num compartimento entre as camadas posterior e média da fáscia toracolombar.

Suprimento vascular Ver mais adiante.

Inervação O eretor da espinha é inervado pelos ramos laterais dos ramos dorsais dos nervos espinais cervicais, torácicos e lombares. Nos níveis lombares os ramos laterais inervam o iliocostal e os ramos intermediários inervam o longuíssimo.

Ações Os componentes torácico e lombar do eretor da espinha são potentes extensores da coluna vertebral. Agindo concêntrica e bilateralmente, eles podem estender a coluna torácica e a lombar, enquanto agindo unilateralmente eles podem flexionar lateralmente o tronco. Todavia, mais comumente o eretor da espinha age excentricamente.

A partir da postura ereta o tronco pode se flexionar para diante sob a influência da gravidade. Esse movimento é iniciado por músculos flexores, como o reto abdominal, para trazer para diante o centro de gravidade do tronco. Daí em diante os eretores da espinha controlam a descida do tórax sob gravidade. Quando o tronco está inteiramente flexionado, muitas partes do eretor da espinha param de se contrair e se tornam eletromiograficamente silenciosas. Nessa posição a flexão é limitada pela tensão passiva dos músculos das costas e pela tensão na fáscia toracolombar, no ligamento espinal posterior e nos discos intervertebrais. Analogamente, a flexão lateral sob gravidade é controlada pelo eretor da espinha contralateral, com estímulos dos músculos oblíquos abdominais.

A função dos componentes cervical e da cabeça do eretor da espinha não foi determinada. Esses músculos são pequenos, com capacidade de força muito pequena e são insuficientemente orientados para a extensão ao exercício ou para controlar a flexão da cabeça ou da coluna cervical. Como supostos extensores, eles são sobrepujados pelo semiespinal e o esplênio. A rotação axial da cabeça puxa o longuíssimo da cabeça em torno do perímetro da coluna cervical, orientando-o talvez de modo que

ele seja capaz de restaurar a cabeça da posição de rotação para a posição neutra.

Grupo espinotransverso

O grupo muscular espinotransverso consiste em músculos cujos fascículos vão de um processo espinhoso aos elementos transversos de vértebras a vários níveis abaixo. Os músculos são agrupados de acordo com o comprimento de seus fascículos e a região que eles cobrem.

Rotadores	Multífido	Semiespinai
Rotatores torácicos Rotatores do pescoço Rotatores da cabeça	Multífido	Semiespinal do pescoço Semiespinal torácico Semiespinal da cabeça

Os rotadores têm os fascículos mais profundos e mais curtos e cobrem um ou dois segmentos, enquanto os fascículos do multífido cobrem dois, três, quatro ou cinco segmentos e aqueles do semiespinal cobrem cerca de seis segmentos.

Rotadores Os rotadores torácicos (Fig. 42.56) consistem em onze pares de pequenos músculos quadriláteros. O primeiro par se situa entre a primeira e a segunda vértebras torácicas e o último entre a 11ª e a 12ª vértebras torácicas. Um ou mais podem estar ausentes das extremidades superior ou inferior da série. Em cada segmento um rotador curto une a borda lateral e a superfície lateral da lâmina acima à parte posterior superior do processo transverso da vértebra imediatamente abaixo; um rotador longo une a base do processo espinhoso acima ao processo transverso dois níveis abaixo. Os rotadores não estão obviamente presentes nos níveis lombares e cervicais, nos quais podem ser representados por alguns dos fascículos mais profundos do multífido.

Multífido Nos níveis cervical, torácico e lombar superior o multífido se situa lateralmente aos processos espinhosos e cobre as lâminas das vértebras subjacentes, mas nos níveis lombossacrais ele se expande e cobre a superfície posterior do sacro (Fig. 42.57). Em cada nível segmentar o multífido é formado por vários fascículos que se originam da borda caudal da superfície lateral do processo espinhoso e da extremidade caudal de sua ponta. Eles se irradiam caudalmente e se inserem nos elementos transversos de vértebras dois, três, quatro e cinco níveis abaixo (Macintosh *et al.*, 1986). Esses locais são representados nos níveis cervicais pelos processos articulares superiores, nos níveis torácicos pela superfície posterior de cada processo transverso próximo a sua base e nos níveis lombares pelos processos mamilares. Fascículos que se estendem além da quinta vértebra lombar se inserem na superfície dorsal do sacro. Os fascículos mais longos, da primeira e segunda vértebras lombares, se inserem nos segmentos dorsais da crista ilíaca. A partir de cada processo espinhoso os fascículos mais curtos se dirigem inferior e lateralmente até sua inserção; os fascículos mais longos assumem um trajeto progressivamente mais inclinado e estão dispostos progressivamente mais medialmente. Os fascículos de um determinado segmento são flanqueados e superpostos dorsolateralmente por fascículos de segmentos sucessivamente mais altos, um arranjo que confere ao músculo intacto uma estrutura laminada.

Semiespinal Os músculos semiespinais são formados pelos fascículos mais longos do grupo espinotransverso. Três divisões são definidas basicamente por origem (Fig. 42.58).

O semiespinal do pescoço se origina dos processos espinhosos da segunda à quinta vértebras cervicais. Seus fascículos cobrem cerca de seis segmentos e recobrem o multífido cervical e torácico. Eles se inserem por fibras carnudas ou tendinosas nas superfícies posteriores dos cinco ou seis

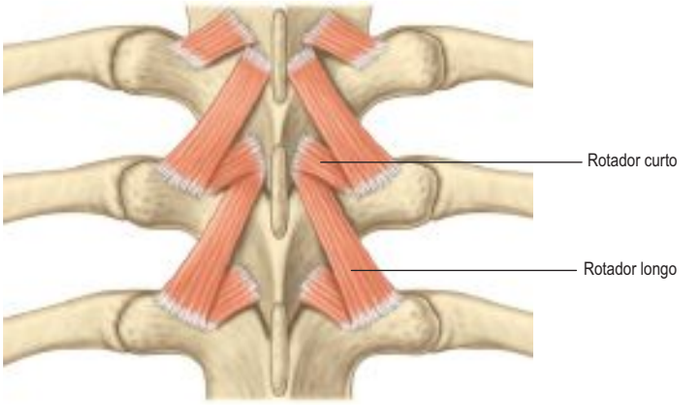


Fig. 42.56 Rotadores (região torácica). (Reproduzido com permissão de Benninghoff, Anatomie, 15th edition © Urban and Schwarzenberg, 1994).

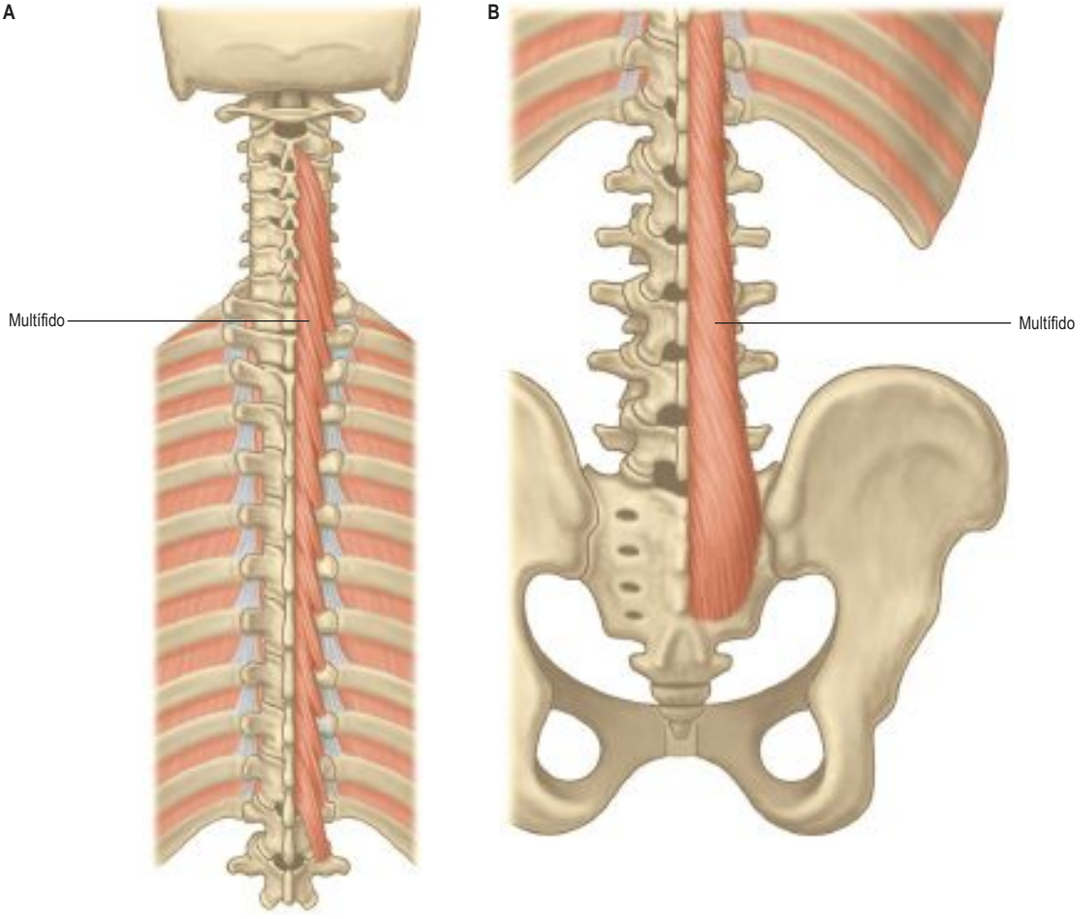


Fig. 42.57 Multífido. **A,** partes cervicotorácica, **B,** lombossacral.

processos transversos superiores. O fascículo do áxis é o maior e é inteiramente constituído de músculo.

O semiespinal torácico consiste em finos fascículos carnudos que têm tendões longos em ambas as extremidades. Eles se originam dos dois processos espinhosos cervicais inferiores e dos quatro processos espinhosos torácicos superiores e se inserem nos processos transversos da sexta à décima vértebras torácicas. Eles cobrem o multífido torácico.

O semiespinal da cabeça cobre o semiespinal do pescoço. Ele se origina da parte medial da área entre as linhas nucais superior e inferior do osso occipital e forma um espesso feixe muscular na região suboccipital. Fascículos individuais se dirigem inferior, lateral e ventralmente a partir do músculo, terminando como tendões chatos que se inserem sucessivamente nos processos articulares superiores das quatro vértebras cervicais inferiores e nas extremidades dos processos transversos das seis ou sete vértebras torácicas superiores. A parte medial do músculo na região cervical é formada pelos fascículos torácicos, que são mais ou menos distintos dos demais, e foi denominada biventral cervical, por ser atravessada por uma intercessão tendinosa incompleta.

O semiespinal não se forma na região lombar, mas vestígios de seus tendões caudais estão representados como os ligamentos mamiloacessórios das vértebras lombares.

Relações Nos níveis cervicais, torácicos e lombares os componentes do eretor da espinha se situam lateralmente ao grupo de músculos espinotransversos. Eles são cobertos nos níveis cervicais pelo esplênio, nos níveis torácicos pelo espinal torácico e nos níveis lombares pela aponeurose do eretor da espinha. No pescoço o semiespinal da cabeça se situa basicamente profundamente sob o esplênio e ao trapézio, mas uma pequena parte pode ficar exposta e formar a parte mais superior do assoalho do trígono posterior do pescoço.

Suprimento vascular Ver mais adiante.

Inervação Rotadores, multífido, semiespinal torácico e semiespinal do pescoço são todos inervados pelos ramos mediais dos ramos dorsais dos nervos espinais apropriados. O semiespinal da cabeça é inervado por ramos descendentes do nervo occipital maior (C2) e do terceiro nervo cervical (C3).

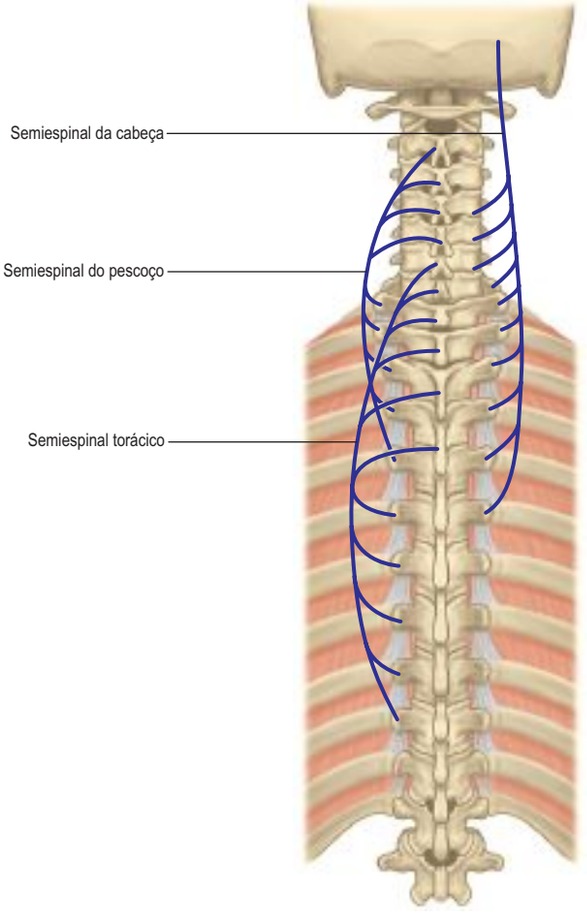


Fig. 42.58 Fixação dos semiespinais.

Ações Todos os músculos espinotransversos são extensores. Eles se estendem do corpo vertebral de que se originam ou da cabeça no caso do semiespinal da cabeça. A orientação predominantemente longitudinal de seus fascículos impede qualquer ação rotatória substantiva. Embora se presuma que os rotadores efetuem a rotação de vértebras torácicas, essa ação não foi validada. A rotação axial foi expressamente refutada como ação do multífido torácico.

Interespinais

Os interespinais são curtos fascículos musculares pareados fixados superior e inferiormente aos ápices das espinhas de vértebras contíguas, uma de cada lado do ligamento interespinal. Eles são mais nítidos na região cervical, onde consistem em seis pares, o primeiro entre o áxis e a terceira vértebra e o último entre a sétima vértebra cervical e a primeira vértebra torácica. Na região torácica eles ocorrem entre a primeira e a segunda vértebras (e por vezes entre a segunda e a terceira) e entre a 11ª e a 12ª vértebras. Na região lombar há quatro pares entre a última vértebra torácica e a primeira vértebra lombar e outro entre a quinta vértebra lombar e o sacro. Por vezes os semiespinais cervicais cobrem mais de duas vértebras.

Intertransversários

Os intertransversários são pequenos músculos entre os processos transversos das vértebras. Eles são mais desenvolvidos na região cervical, na qual consistem em conjuntos de músculos posteriores e anteriores separados pelos ramos ventrais de nervos espinais. Os músculos intertransversários posteriores são divisíveis em tiras mediais e laterais. Cada tira medial, o músculo intertransversário "propriamente dito", é com frequência subdividido ainda em partes medial e lateral pela passagem através dele de um ramo dorsal de um nervo espinal. Há sete pares desses músculos, os mais altos entre o atlas e o áxis e os mais baixos entre a sétima vértebra cervical e a primeira vértebra torácica; os músculos anteriores entre o atlas e o áxis estão com frequência ausentes. Na região torácica os intertransversários consistem em músculos individuais que vão dos processos transversos das três últimas vértebras torácicas ao da primeira vértebra lombar. Na região lombar eles consistem novamente em dois conjuntos de músculos. Um dos conjuntos, os intertransversários mediais, ligam o processo acessório de uma vértebra ao processo mamilar da vértebra seguinte. O outro conjunto, os intertransversários laterais, pode ser dividido em partes ventral e dorsal: as partes ventrais ligam os processos transversos das vértebras lombares e as partes dorsais ligam os processos acessórios aos processos transversos de vértebras sucessivas.

Diferentes partes dos intertransversários nas regiões cervical e lombar são homólogas a determinados músculos encontrados na região torácica. Os homólogos são determinados de acordo com a fixação do músculo entre elementos transversos consecutivos das vértebras, entre elementos transversos e costais ou entre elementos costais consecutivos. Eles são reforçados pelo suprimento nervoso do músculo e pela relação entre os músculos e alguns nervos.

As tiras mediais dos músculos intertransversários posteriores "propriamente ditos" do pescoço ligam elementos transversos consecutivos, assim como os intertransversários mediais da região lombar. Esses músculos são homólogos aos músculos e ligamentos intertransversários torácicos. Todos eles são supridos por ramos dorsais. As tiras laterais dos músculos intertransversários posteriores "propriamente ditos" ligam um elemento transverso a um elemento costal, assim como os intertransversários laterais dorsais. Eles são homólogos aos levantadores das costelas e são supridos pelos ramos ventrais de nervos espinais. A cada nível o ramo medial de um ramo dorsal separa o músculo intertransversário verdadeiro do levantador da costela ou seu equivalente. Os músculos intertransversários anteriores do pescoço e partes laterais dos intertransversários posteriores ligam os processos costais de vértebras consecutivas, assim como os intertransverários laterais ventrais da região lombar; eles são homólogos aos músculos intercostais e são supridos por ramos ventrais.

Ações dos músculos curtos das costas

As funções dos interespinais e dos intertransversários não foram estabelecidas. Eles são músculos muito pequenos e têm pouca probabilidade de ser capazes de gerar força suficiente para serem os movedores principais das vértebras. Entretanto, eles são ricamente providos de fusos musculares; a densidade se aproxima daquela encontrada nos lumbricais da mão e nos músculos extraoculares. Parece razoável, portanto, supor que os músculos curtos do dorso possam ter função proprioceptiva no controle da posição da coluna vertebral e seus movimentos.

Suprimento vascular dos músculos verdadeiros das costas

Os músculos verdadeiros (intrínsecos) do dorso recebem seu suprimento sanguíneo da artéria vertebral; da artéria cervical profunda; dos ramos descendentes superficiais e profundos da artéria occipital; do ramo profundo da artéria cervical transversa (quando presente); da artéria intercostal superior, por ramos dorsais das duas artérias intercostais posteriores;

das artérias intercostais posteriores dos nove espaços inferiores por ramos dorsais; dos ramos dorsais das artérias subcostais; dos ramos dorsais das artérias lombares; do ramo dorsal da artéria lombar ima e dos ramos dorsais das artérias sacras laterais.

O detalhamento do padrão de suprimento arterial dos músculos profundos das costas foi descrito por Michel Salmon (Taylor & Razaboni 1994). Esses músculos são supridos por ramos dorsais das artérias intercostais posteriores e lombares. Nas regiões torácica e lombar superior, em que os componentes do eretor da espinha passam em colunas longitudinais bem definidas, troncos arteriais desses ramos dorsais passam pelos sulcos entre as colunas e entre o eretor da espinha e o multífido, emitindo ramos para suprir os músculos. Esse padrão vascular não é tão regular na região lombar.

Músculos suboccipitais

Os músculos suboccipitais (Fig. 42.59) são quatro pequenos músculos que ligam o osso occipital, o atlas e o áxis posteriormente. Eles se situam inferiormente à parte anterior do osso occipital, em que três dos músculos formam os limites do trígono suboccipital: o reto posterior maior da cabeça fica superior e medialmente; o oblíquo superior da cabeça fica superior e lateralmente e o oblíquo inferior da cabeça fica inferior e lateralmente. Com a cabeça na posição anatômica, o trígono suboccipital se situa praticamente no plano horizontal.

Reto posterior maior da cabeça O reto posterior maior da cabeça se fixa por um tendão pontiagudo à espinha do áxis, torna-se mais largo enquanto sobe e se fixa à parte lateral da linha nucal inferior e ao osso occipital imediatamente abaixo dela. Como se dirigem superior e lateralmente, os músculos dos dois lados deixam entre si um espaço triangular no qual são visíveis partes do reto posterior menor da cabeça.

Reto posterior menor da cabeça O reto posterior menor da cabeça se fixa por um tendão pontiagudo estreito ao tubérculo no arco posterior do atlas. Ao subir ele se torna mais largo antes de se fixar à parte medial da linha nucal inferior e ao osso occipital entre a linha nucal inferior e o forame magno. Qualquer dos músculos pode ser dobrado longitudinalmente. Há geralmente uma fixação de tecido mole à membrana atlanto-occipital posterior, que se fixa ela própria anteriormente de maneira firme à dura espinal na mesma área (Zumpano *et al.*, , 2006).

Oblíquo inferior da cabeça O oblíquo inferior da cabeça, o maior dos dois músculos oblíquos, passa em direção lateral e ligeiramente superior da superfície lateral da espinha e da parte superior adjacente da lâmina do áxis até o aspecto inferoposterior do processo transverso do atlas.

Oblíquo superior da cabeça O oblíquo superior da cabeça se fixa por fibras tendinosas à superfície superior do processo transverso do atlas. Ele se expande em seu diâmetro ao subir dorsalmente e se fixa ao osso occipital entre as linhas nucais superior e inferior, lateralmente ao semiespinal da cabeça e se superpondo à inserção do reto posterior maior da cabeça.

Relações do trígono suboccipital Medialmente, o trígono suboccipital é coberto por uma camada de tecido adiposo denso, sito profundamente ao semiespinal da cabeça. Lateralmente ele se situa sob o longuíssimo da cabeça e por vezes o esplênio da cabeça, ambos os quais se superpõem ao oblíquo superior da cabeça. O "assoalho" do trígono é formado pela membrana atlanto-occipital posterior e pelo arco posterior do atlas. A artéria vertebral e o ramo dorsal do primeiro nervo cervical se situam num sulco sobre a superfície superior do arco posterior do atlas.

Suprimento vascular Os músculos suboccipitais recebem seu suprimento sanguíneo da artéria vertebral e de ramos descendentes profundos da artéria occipital.

Inervação Todos os músculos suboccipitais são supridos pelo ramo dorsal do primeiro nervo espinal cervical.

Ações dos músculos suboccipitais Os músculos suboccipitais estão envolvidos na extensão da cabeça nas articulações atlanto-occipitais e na rotação da cabeça e do atlas sobre o áxis. O oblíquo superior da cabeça e os dois retos são provavelmente mais importantes como músculos posturais que como movedores principais, mas é difícil confirmar isso por observação direta. O reto posterior maior da cabeça estende a cabeça e, agindo junto com o oblíquo inferior da cabeça, roda a face para o lado ipsilateral. O reto posterior menor da cabeça estende a cabeça. O oblíquo superior da cabeça estende a cabeça e a flexiona lateralmente para o lado ipsilateral.

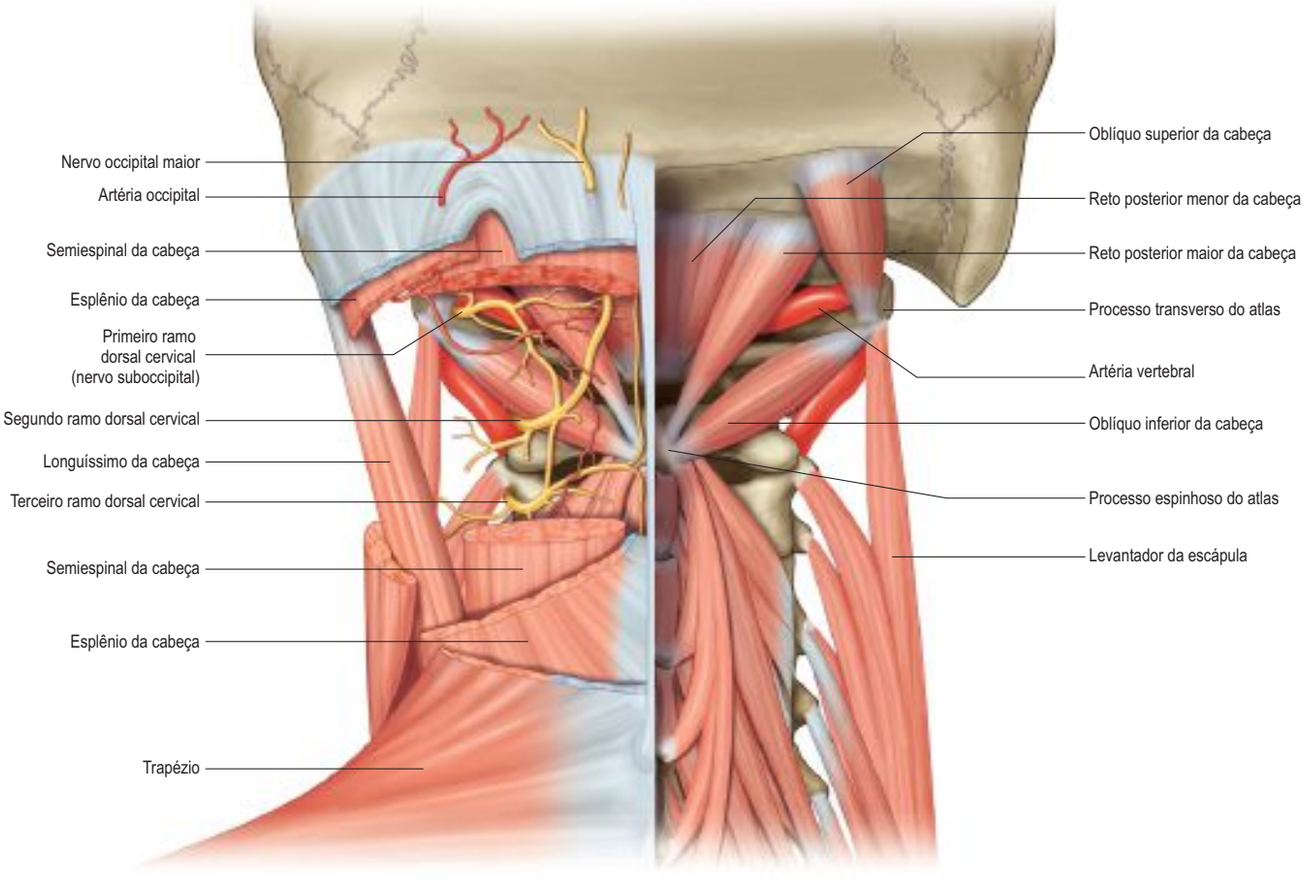


Fig. 42.59 Perspectiva posterior dos trígonos suboccipitais. (De Drake, Vogt, Mitchell, Tibbits & Richardson 2008.)

MOVIMENTOS DA COLUNA VERTEBRAL

Os movimentos da coluna entre vértebras individuais não podem ser medidos com precisão por técnicas na superfície cutânea; somente a radiografia biplanar é suficiente para este fim. Os melhores valores para a coluna lombar adulta normal são de Pearcy (1984a,b). Os movimentos de toda a coluna lombar podem ser por vezes medidos usando técnicas na superfície cutânea, mas os resultados têm utilidade clínica limitada devido à elevada variabilidade inter e intraobservadores.

Os discos intervertebrais são os principais locais de movimento da coluna vertebral. Reciprocamente, em muitos níveis o grau em que os discos podem ser deformados é também o fator limitante do movimento. A deformação óssea no osso subcondral e na cartilagem articular pode contribuir para o movimento. Variações regionais na mobilidade da coluna dependem da geometria, da orientação e das propriedades das articulações dos processos articulares e dos complexos ligamentosos a eles ligados. Os movimentos intervertebrais fisiológicos combinam comumente inclinação (dobrar o corpo) e deslizamento (cisalhamento), de modo que o centro de rotação instantâneo se move continuamente durante o movimento. Durante a flexão e a extensão das vértebras lombares o centro de rotação fica habitualmente próximo do centro do disco intervertebral quando visto no plano transverso, próximo da lâmina terminal superior da vértebra abaixo.

As superfícies articulares oblíquas e ovoides das articulações dos processos articulares asseguram que movimentos da coluna em planos diferentes se "acoplem" habitualmente até certo ponto. Por exemplo, a flexão lateral causaria a compressão das superfícies articulares desse lado, ocasionando uma força dirigida posteriormente sobre as vértebras superiores, que agiria de modo a efetuar sua rotação em torno de seu eixo longo. Fisiologicamente, os movimentos acoplados são variáveis. Embora os movimentos entre vértebras individuais sejam pequenos, seu somatório proporciona uma grande amplitude total à coluna vertebral em termos de flexão, extensão, flexão lateral e rotação axial. Cada par de vértebras com seu disco interposto e seus ligamentos é denominado segmento de movimento ou unidade espinal funcional.

Na flexão, o ligamento longitudinal anterior relaxa quando as partes anteriores dos discos intervertebrais são comprimidas. Em seu limite, o ligamento longitudinal posterior, os ligamentos amarelos, os ligamentos interespinal e supraespinal e as fibras posteriores dos discos intervertebrais estão todos retesados, os intervalos interlaminares se expandem, os processos articulares inferiores deslizam sobre os processos superiores de vértebras subjacentes e suas cápsulas se retesam. A tensão dos músculos extensores também é importante para limitar a extensão, por exemplo ao se carregar uma carga sobre os ombros. A flexão está verdadeiramente ausente na região torácica. Na flexão para diante da coluna lombar os músculos normalmente protegem a coluna osteoligamentosa de uma lesão. No entanto, a margem de segurança pode ser comprometida durante uma inclinação repetida ou prolongada do corpo devido a uma falha dos reflexos espinais. Uma vez perdida a proteção muscular, a lesão por flexão afeta primeiro os ligamentos interespinais e depois as cápsulas das articulações dos processos articulares. O ligamento amarelo tem conteúdo tão elevado de elastina que está sempre sob tensão, podendo se distender em 80% sem dano algum. Esse ligamento provavelmente funciona proporcionando ao canal vertebral um revestimento liso constante, que nunca é excessivamente distendido pela flexão e que nunca fica frouxo em extensão.

Na extensão ocorrem os eventos contrários e há a compressão das fibras discais posteriores. A extensão é limitada pela tensão do ligamento longitudinal anterior, pelas fibras anteriores do disco e pela impactação das espinhas dos processos articulares. Ela é acentuada nas regiões cervical e lombar e muito menor nos níveis torácicos, em parte porque os discos são mais finos, mas também devido à presença das costelas e da musculatura torácica. Em extensão plena, o eixo do movimento passa posteriormente ao disco, desloca-se para diante quando a coluna se endireita e passa à flexão e chega ao centro do disco intervertebral em flexão plena.

Na flexão lateral, que se combina sempre à rotação axial "acoplada", os discos intervertebrais são comprimidos lateralmente e tensionados e alongados contralateralmente, sendo o movimento limitado pela tensão de músculos antagonistas e ligamentos. Movimentos laterais ocorrem em todas as partes da coluna, mas são maiores nas regiões cervical e lombar.

A rotação axial envolve a torção de vértebras umas em relação às outras, com deformidades de rotação associadas dos discos intervenientes. Cerca de 50% da rotação cervical se dá na articulação atlanto-axial. Em outras partes da coluna, embora o movimento entre vértebras individuais seja mínimo, a amplitude somada se torna considerável para a coluna como um todo. Na coluna pós-cervical a amplitude de movimento verdadeira é maior na junção toracolombar. Há muito pouca rotação no restante da região lombar.

Na região cervical a inclinação superior das faces articulares superiores permite a flexão e a extensão livres. Esta última geralmente é maior e é restringida superiormente pelo trancamento das margens posteriores das faces superiores de C1 nas fossas condilares occipitais e inferiormente pelo deslizamento dos processos inferiores de C7 por sulcos inferoposteriores aos primeiros processos articulares superiores torácicos. A flexão cessa no ponto em que a concavidade cervical se torna reta, limitada pela justaposição dos lábios inferiores de corpos vertebrais em projeção sobre corpos subjacentes. A flexão lateral e a rotação cervical estão sempre acopladas e a inclinação superomedial das faces articulares superiores confere rotação durante a flexão lateral.

Pode-se considerar que o movimento cervical envolve a coluna cervical superior (isto é, os complexos atlanto-occipital e atlantoaxial) e a inferior (C3-7). Dois movimentos fisiológicos ocorrem nas articulações atlanto-occipitais, aqueles de flexão-extensão e de flexão lateral. As articulações atlantoaxiais permitem a flexão-extensão e a rotação. Alguns estudos sugeriram que a flexão-extensão máxima ocorre entre o occipício e C1; porém, Frobin *et al.*, (2002) observaram entre 12,6º e 14,5º neste nível, o que é menos que em outros níveis cervicais. A flexão cervical global varia de 45º a 58º, dependendo do método de avaliação, da idade e do sexo; indivíduos idosos e mulheres apresentam menos movimento (Ordway *et al.*, 1967; Trott *et al.*, 1996). No nível intersegmentar o movimento aumenta a partir do segundo nível cervical, atinge um pico máximo no nível cervical médio (14º-17º registrados em C4/5) e diminui na junção da coluna cervical à torácica (9,8º-11,5º observados em C6/7) (Frobin *et al.*, 2002). As amplitudes globais da flexão lateral vão de 32º a 47º, com redução gradual na amplitude com a idade e o sexo, enquanto os movimentos de rotação variam de 63º a 78º. As amplitudes de movimento intersegmentares variam dentre 4,7º a 6º para a flexão lateral entre C2 e C7 e entre 2º a 12º para a rotação (White & Panjabi, 1990).

Na região torácica, em especial superiormente, todos os movimentos são limitados, reduzindo a interferência na respiração. A ausência de inclinação superior das faces articulares superiores impede muita flexão, e a extensão é limitada pelo contato das margens articulares inferiores com as lâminas e com espinhas adjacentes. A rotação torácica é mais livre, ainda que seja limitada pelas costelas nos níveis mais altos. Seu eixo é nos corpos vertebrais na região torácica média e à frente deles em outros pontos, de modo que a rotação envolve algum deslocamento lateral. A direção das faces articulares permitiria uma flexão lateral livre, mas isso é limitado na região torácica superior pela resistência das costelas e do esterno. A rotação é geralmente combinada a uma ligeira flexão lateral para o mesmo lado.

O movimento na coluna torácica é frequentemente regionalizado a torácico superior, médio e inferior. Na região torácica superior a flexão varia entre 7,8º a 9,5º, aumentando para 10º-11,4º na região torácica média e para 12,5º a 12,8º na região torácica inferior (Willems *et al.*, 1996). A extensão é mais consistente, variando entre 7,1º e 9,7º em toda a coluna torácica. A flexão lateral é maior na coluna torácica inferior, variando entre 5,6º e 6,2º na região torácica superior, de 7,9º e 8,1º na torácica média e entre 11,9º e 13,2º na torácica inferior. A rotação, porém, é maior na região torácica média, sendo de 11,8º a 15,9º na região torácica superior, entre 21,5º a 25,3º na torácica média e entre 8,3º e 11,8º na torácica inferior.

Os movimentos de flexão geralmente são maiores que a extensão ou a flexão lateral na região lombar. A rotação axial ocorre em torno de um centro de rotação no anel posterior, e é limitada pelo contato ósseo nas articulações dos processos articulares depois de apenas 1º-2º de movimento. A transição funcional entre as regiões torácica e lombar é geralmente entre a 11ª e a 12ª vértebras lombares, em que as articulações dos processos articulares se ajustam tão compactamente que uma leve compressão as imobiliza e impede todos os movimentos, exceto pela flexão.

Durante a flexão da coluna lombar há o desdobramento ou endireitamento da lordose lombar. Em flexão plena, portanto, a coluna lombar assume um alinhamento reto ou se curva ligeiramente para diante. As amplitudes normais de flexão lombar global vão de 58º a 72º em indivíduos com menos de 40 anos e de 40º a 60º naqueles acima disso; as mulheres apresentam uma amplitude reduzida em comparação aos homens (McGregor *et al.*, 1995; Dvorak *et al.*, 1995). No nível intersegmentar, a junção L3/4 e a junção L4/5 apresentam a maior mobilidade, de aproximadamente 12º e 13º, respectivamente, enquanto no nível mais baixo (L5/S1) há apenas 9º e nos níveis lombares superiores apenas 8º e 10º, respectivamente (Pearcy *et al.*, 1984). Os movimentos em extensão são o inverso daqueles vistos em flexão. As amplitudes globais da extensão normal vão de 25º a 30º em indivíduos com menos de 40 anos e de 15º a 20º naqueles acima disso. No nível intersegmentar, L5/S1 e L1/2 apresentam a maior mobilidade, a aproximadamente 5º, enquanto os demais níveis apresentam menos de 5º de extensão. As amplitudes de flexão lateral e de rotação na coluna lombar são reduzidas em comparação a outras regiões da coluna. A flexão lateral global vai de 20º a 35º e a rotação vai de 25º a 40º; a amplitude de ambos os movimentos se reduz com a idade. A avaliação da rotação e da flexão lateral intersegmentar se mostrou difícil, devido às limitações das técnicas de medida.

PAPEL DA MUSCULATURA

Embora os músculos movam a coluna vertebral, a maior parte da atividade muscular está envolvida em proporcionar estabilidade para manter a postura e para proporcionar uma plataforma firme para a função dos membros. Daí veio o conceito de "estabilidade central" nos programas modernos de reabilitação, especialmente em problemas relacionados a esportes.

É importante reconhecer a maneira pela qual os músculos das costas agem em conjunção àqueles da parede abdominal, especialmente os músculos oblíquos e transversos, e àqueles dos membros inferiores. O grupo eretor da espinha e o oblíquo interno e transverso abdominal estão ligados anatômica e funcionalmente pela fáscia toracolombar (que envolve o primeiro e na qual os últimos se inserem). Juntamente com o tecido colagenoso nos músculos das costas, essa fáscia tem uma função importante na resistência à inclinação do tronco para diante e durante a manipulação. A fáscia é tensionada principalmente pela flexão do tronco, embora essa tensão possa ser ligeiramente aumentada pela tração lateral dos músculos abdominais. É funcionalmente vantajoso gerar tensão na fáscia e nas bainhas musculares, porque a energia de tensão elástica armazenada nesses tecidos distendidos pode ser usada para ajudar a levar o tronco a uma posição ereta e reduzir assim o custo metabólico do movimento (Adams *et al.*, , 2002). A fáscia toracolombar também pode ter uma função importante na transferência de carga entre o tronco e os membros inferiores: a tensão na fáscia pode ser aumentada pelas ações do glúteo máximo e dos músculos posteriores da coxa, bem como pela flexão do tronco.

Músculos que produzem movimentos vertebrais

A coluna vertebral é movida tanto diretamente por músculos a ela fixados como indiretamente por músculos fixados a outros ossos. A gravidade participa sempre: os movimentos com gravidade envolvem habitualmente a contração excêntrica de antagonistas. A flexão é efetuada pelo longo da cabeça e o longo do pescoço, os escalenos, o esternocleidomastóideo e os retos abdominais de ambos os lados, auxiliados na região lombar pelos oblíquos abdominais; a extensão pelo complexo eretor da espinha e o grupo transversoespinal, esplênio, semiespinal da cabeça e trapézio de ambos os lados, juntamente com os músculos suboccipitais; a flexão lateral pelo longuíssimo ipsilateral, iliocostal, oblíquos e flexores abdominais e o quadrado lombar; a rotação pelo esternocleidomastóideo, esplênio do pescoço, oblíquos abdominais, rotadores e multífido.

FATORES ENVOLVIDOS NA ESTABILIDADE

A coluna vertebral é notável por combinar mobilidade, estabilidade e capacidade de sustentação de carga e também proteger as estruturas neurais nela contidas, independentemente de sua posição. Grande parte da estabilidade da coluna vertebral depende do controle muscular dinâmico, mas há também estabilizadores ósseos e ligamentosos "estáticos". Há uma variação considerável entre os segmentos da coluna em termos da estabilidade e da mobilidade; os níveis mais móveis são os menos estáveis. Estes últimos são aqueles em que é maior a razão da altura do disco intervertebral para a altura do corpo vertebral. A estabilidade pode ser comprometida por danos a qualquer uma dessas estruturas.

Um traumatismo pode afetar qualquer região vertebral. Os níveis de mobilidade especializada (p. ex., articulação atlantoaxial) e as junções de regiões móveis e relativamente fixas (p. ex., cervicotorácica, toracolombar) são particularmente vulneráveis a danos estruturais graves, frequentemente acompanhados por lesões da medula espinal e de nervos. As lesões da coluna vertebral podem ser puramente dos tecidos moles (ligamentos, cápsulas articulares e músculos) ou podem afetar estruturas ósseas. As lesões ligamentosas/capsulares puras que ocasionam instabilidade podem ser de diagnóstico particularmente difícil na ausência de sinais radiológicos macroscopicamente evidentes. Na coluna cervical, a subluxação e a luxação das articulações dos processos articulares ocorrem comumente sem lesão óssea, devido à orientação das faces articulares.

Infecções crônicas de muitos tipos (tuberculose, por exemplo) podem acometer as vértebras e causar sua deformidade e seu colapso, afetar suas propriedades mecânicas e comprometer sua função neuroprotetora. Infecções agudas disseminadas localmente ou pela corrente sanguínea podem ocasionar o acúmulo de pus no canal vertebral, causando a compressão medular espinal (abscesso epidural).

A integridade das vértebras também pode ser afetada por doenças malignas, mais comumente metastáticas. As vértebras têm um copioso suprimento sanguíneo durante toda a vida e muitos dos cânceres comuns (p. ex., de mama, brônquio) se disseminam pelo sistema arterial. Os cânceres do sistema hemopoético (p. ex., mieloma múltiplo) também afetam comumente as vértebras. O carcinoma de próstata tem predileção por metástases à coluna vertebral usando frequentemente a via venosa (plexo de Batson) e não a arterial. Depósitos metastáticos podem ocorrer no espaço epidural, comprometendo o conteúdo do saco dural em múltiplos níveis.

Doenças inflamatórias sistêmicas podem causar tanto deformidade como instabilidade da coluna vertebral. A artrite reumatoide inflama as articulações dos processos articulares e enfraquece os ligamentos, ocasionando instabilidade, especialmente na coluna cervical. A espondilite anquilosante e outras artrites soronegativas afetam articulações e fixações ligamentosas (enteses), acarretando a ossificação ectópica de estruturas colagenosas (anquilose) de articulações entre corpos e dos processos articulares e perda das curvaturas espinais normais. A formação generalizada de um osso novo em articulações da coluna e em torno delas ocorre na HOID (hiperostose óssea idiopática difusa). Essas condições parecem aumentar a estabilidade da coluna, à custa de sua mobilidade e função, mas uma coluna anquilosada é muito propensa a fraturas, com risco associado de danos neurais.

A estabilidade e a capacidade de sustentação de carga integrais exigem que os corpos vertebrais e os discos intervertebrais estejam intactos. As concepções anteriores quanto à importância relativa do complexo disco-corpo vertebral e dos elementos posteriores se mostraram algo simplistas. A observação clínica levou ao "conceito das três colunas" para a estabilidade espinal (Denis 1983), em que a coluna é dividida em três partes longitudinais e não em duas. A coluna anterior é formada pelo ligamento longitudinal anterior, a metade anterior do corpo vertebral e o anel fibroso anterior. A coluna média é constituída do ligamento longitudinal posterior, da metade posterior do corpo vertebral e os pedículos e do anel fibroso posterior. A coluna posterior consiste no arco neural e das articulações dos processos articulares e do complexo ligamentoso posterior. A insuficiência de qualquer das colunas pode ocasionar alguma instabilidade, sendo o estado da coluna média o mais importante. Quanto mais colunas estiverem afetadas, pior é a instabilidade: uma lesão a duas colunas é geralmente instável.

A deformabilidade elástica dos discos intervertebrais permite a inclinação e a rotação axial entre corpos vertebrais e também ajuda a reduzir as acelerações verticais da cabeça. O principal mecanismo de absorção de choques da coluna decorre das curvas espinais, que aumentam e diminuem ligeiramente durante a locomoção contra a tensão restritiva dos músculos do tronco. A energia de tensão elástica nos tendões estendidos do músculo é responsável pela absorção de choques.

Tanto a altura do corpo como a estabilidade da coluna estão sujeitas a uma acentuada variação diurna. A altura do corpo é afetada por alterações da postura de decúbito à postura ereta. Essas variações diurnas parecem se dever a alterações que ocorrem nas regiões cervical, torácica e lombar da coluna. Investigações usando estereofotogrametria demonstraram que 40% das alterações diurnas ocorrem na coluna torácica e afetam o grau de cifose e outros 40% na coluna lombar e não afetam a lordose (Wing *et al.*, 1992). A maior alteração no comprimento da coluna vertebral é encontrada em adolescentes e adultos jovens. A perda de altura ocorre dentro de 3 horas ao se levantar pela manhã, com uma perda global de cerca de 15 mm.

Embora as curvaturas na coluna vertebral contribuam para as alterações na altura, as alterações no disco intervertebral contribuem tanto para a perda de altura observada como para a variação na estabilidade. Investigações por aquisição de imagens por ressonância magnética revelaram um movimento dinâmico de líquido para dentro e para fora do disco intervertebral e do corpo vertebral adjacente num período de 24 horas. A posição corporal afeta o movimento de líquido. De madrugada os discos estão tumefeitos pela água, os ligamentos intervertebrais e o anel fibroso estão retesados e a rigidez de inclinação intrínseca e a estabilidade da coluna osteoligamentosa estão relativamente elevadas. Depois de algumas horas de atividade normal, os discos perdem aproximadamente 20% de sua água e de sua altura. Essa alteração torna os ligamentos frouxos e reduz muito a rigidez de inclinação da coluna, de modo que uma proporção relativamente maior da estabilidade da coluna tem de ser proporcionada então pela musculatura. A expulsão diurna de água dos discos intervertebrais também afeta a distribuição de carga compressiva na coluna. Com o correr do dia, a pressão hidrostática no núcleo pulposo diminui e concentrações de estresse ocorrem no anel fibroso e nas articulações dos processos articulares.

Todos os ligamentos da coluna, assim como as cápsulas das articulações dos processos articulares, são importantes para a manutenção da estabilidade. O ligamento longitudinal anterior é muito forte e resiste ao deslocamento por translação (cisalhamento) das vértebras, assim como à extensão. Todos os ligamentos do complexo posterior resistem à flexão e rotação e sua integridade determina a amplitude de movimento permitida. Esses ligamentos podem sustentar toda a coluna quando os músculos estão inativos, por exemplo, ao se ficar de pé imóvel. No limite de flexão lombar a coluna é sustentada principalmente pela fáscia toracolombar e por tecido colagenoso nos músculos eletricamente silenciosos das costas.

Os movimentos são tanto determinados como limitados pela forma e a orientação das articulações dos processos articulares, cujas superfícies articulares estabilizam a coluna principalmente por resistir a movimentos horizontais de deslizamento (cisalhamento) e de rotação axial. Nas regiões mais móveis as superfícies articulares são mais chatas e mais horizontalmente situadas, como fica evidente ao se comparar uma articulação do processo articular cervical típica a uma articulação lombar típica.

Algumas regiões da coluna vertebral são estabilizadas ainda mais por fatores extraespinais adicionais. A coluna torácica é estabilizada por sua posição como parte integrante da caixa torácica e por suas fortes ligações ligamentosas com as costelas. O sacro é verdadeiramente um elemento integrante praticamente fixo da pelve óssea.

A contribuição à estabilidade conferida pela musculatura foi muito subestimada. Toda a coluna vertebral é estabilizada pelo efeito de "cabo-corda" ou de escora dos músculos longos que a fixam às cinturas, à cabeça e ao esqueleto apendicular. Esse efeito é particularmente acentuado no caso do eretor da espinha, que controla a postura e o movimento globais. Os pequenos e profundos músculos do dorso são mais capazes de resistir a movimentos de cisalhamento entre as vértebras, porque somente eles têm angulação suficiente em relação ao longo eixo da coluna vertebral para fazer isso verdadeiramente. Os músculos profundos também podem fazer ajustes finos de sintonia nos movimentos intervertebrais.

Em muitos problemas das costas na prática clínica, especialmente dores crônicas na região inferior das costas, o aumento da força muscular, da energia e da coordenação com os muitos outros grupos musculares que contribuem para a estabilidade, como, por exemplo, os músculos da cintura pélvica, é a estratégia terapêutica mais apropriada e eficaz. Somente uma proporção minoritária dos casos se beneficia da cirurgia. Além disso, negligenciar a musculatura pode explicar a frequência relativamente alta de insucesso da cirurgia.

Lesões mecânicas à coluna vertebral podem ser produzidas por flexão, extensão, distração, rotação, cisalhamento ou compressão; os movimentos que causam lesões são comumente combinados, por exemplo, flexão, rotação axial e compressão.

POSTURA E ERGONOMIA

Postura é um termo descritivo para a posição relativa dos segmentos corporais durante o repouso ou a atividade. A manutenção de uma boa postura é um meio-termo entre reduzir a carga sobre a coluna a um mínimo e reduzir o trabalho muscular necessário ao máximo.

O corpo ereto bem equilibrado tem uma linha de gravidade que se estende do nível do meato auditivo externo, passa pelo dente do áxis imediatamente anterior ao corpo da segunda vértebra torácica, pelo centro do corpo da 12ª vértebra torácica e pela parte posterior do corpo da quinta vértebra lombar para se situar anteriormente ao sacro. A posição da linha de gravidade pode se deslocar anteriormente com a locomoção e pode variar entre indivíduos.

A curvatura normal da coluna cervical é uma lordose. Todavia, em consequência de dor, de uma lesão ou de uma ergonomia deficiente, essa curva pode ser exagerada e ocasionar um postura de "queixo em protrusão", isto é, hiperlordose da coluna cervical inferior.

A coluna torácica é mantida convexa posteriormente e essa postura decorre principalmente da estrutura das vértebras subjacentes. Entretanto, essa curva ou cifose pode se tornar exagerada e dar a impressão de costas arredondadas. A postura e a ergonomia deficientes podem levar a essa curvatura exagerada, mas outras causas importantes incluem a tuberculose, a fratura em cunha ou compressiva de um corpo vertebral, osteocondrite de Scheuermann, espondilite anquilosante, osteoporose e carcinomas metastáticos.

A coluna lombar é mantida em lordose. O grau dessa lordose é determinado pelo ângulo lombossacro e é normalmente de 30°-45°. Os músculos responsáveis por essa postura incluem os músculos eretor da espinha, reto abdominal, oblíquos interno e externo, psoas maior, ilíaco, glúteo e os músculos posteriores da coxa. A lordose pode aumentar (em consequência de músculos abdominais fracos e músculos da parte posterior da coxa retesados), diminuir, achatar-se (comum em pessoas com dor aguda ou crônica na região inferior das costas) ou se inverter.

Um desvio postural comum visto em toda a extensão da coluna é a escoliose ou curvatura lateral da coluna. Ela pode ser estrutural, compensatória ou protetora. Na escoliose estrutural a curvatura lateral se associa à rotação vertebral, e tanto a curva como a rotação se tornam mais acentuadas durante a flexão para diante. Essa escoliose é comum em adolescentes e sua causa não é conhecida. Ela também pode ser secundária a um transtorno subjacente, como, por exemplo, distrofia muscular, atrofia muscular espinal ou espinha bífida. A escoliose compensatória ocorre quando a pelve é inclinada lateralmente, por exemplo em consequência do comprimento desigual dos membros inferiores ou de uma deformidade por abdução ou adução fixa na articulação do quadril. Em geral não há anormalidade intrínseca na coluna propriamente dita, e a escoliose desaparece ao se corrigir a inclinação pélvica. A escoliose ciática ou antálgica é uma deformidade temporária produzida pela ação protetora de músculos em algumas condições dolorosas da coluna.

A ergonomia foi definida como "a maneira como os seres humanos trabalham" e permite a avaliação do efeito de tarefas e do ambiente de trabalho sobre a biomecânica postural subjacente. Nachernson (1975) demonstrou que os discos recebiam uma carga máxima na posição sentada e ao se levantar numa posição inclinada para diante, de modo que a postura assentada e o ato de se levantar receberam considerável atenção ergonômica.

Na posição sentada o objetivo tem sido determinar o tipo de assento e o ângulo de se recostar que se associam à menor pressão sobre os discos e à menor atividade dos músculos paraespinais. Ao se assentar com os quadris e os joelhos flexionados a 90° a pelve efetua uma rotação posterior, achatando a lordose lombar e aumentando, por conseguinte, a carga sobre os discos intervertebrais. Portanto, atualmente se aconselha que ao sentar o ângulo entre o tronco e a coxa deve ficar entre 105° e 135°, com o sacro inclinado a 16° e a quarta e quinta vértebras lombares apoiadas.

Ao levantar objetos pesados há uma considerável compressão inicial dos discos intervertebrais lombares e grandes aumentos na pressão torácica e intra-abdominal. A força compressiva agindo sobre a coluna é compartilhada entre os corpos vertebrais e o arco neural. Na coluna lombar o arco neural tipicamente resiste a 20% dessa força depois que a altura do disco é reduzida pela expulsão de líquido e quando a coluna é colocada na posição ereta. Todavia, o estreitamento do disco relacionado à idade pode fazer com que o arco neural resista a mais de 50% da força compressiva, o que pode explicar por que a osteoartrite das articulações dos processos articulares comumente sobrevém após a degeneração do disco.

Para se levantar, os conselheiros do tratamento manual enfatizam a importância de levantar com os membros inferiores e não com as costas. As cargas também devem ser mantidas próximas ao corpo para reduzir o braço de alavanca da carga. O uso da inspiração profunda para aumentar a pressão intra-abdominal ao levantar objetos também é aconselhado, pois se considera que isso proporciona um apoio ainda maior à coluna lombar. A coluna está em risco quando a ação de levantar um objeto é combinada a uma torção, à inclinação lateral e a posturas assimétricas. Contudo, trabalhos relacionados ao levantamento de objetos pesados continuam a ser um dos fatores de risco chave para a coluna, juntamente com a vibração de todo o corpo, ficar sentado por um período longo, torcer e inclinar o corpo.

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE

MARCOS ÓSSEOS

Processos espinhosos vertebrais

Na linha média, um sulco mediano vai da protuberância occipital externa superiormente até a fenda interglútea inferiormente (Figs. 42.60, 42.61 e 42.62). O sulco é mais raso na região cervical inferior e é mais profundo na zona lombar média. Inferiormente ele se alarga a uma área triangular achatada, cujo ápice se encontra no início da fenda interglútea e corresponde à terceira espinha sacral. A apalpação do sulco mediano revela as curvas sagitais da coluna: a curva cervical é convexa para diante (lordose) e se estende da primeira vértebra cervical à segunda vértebra torácica; a curvatura torácica é côncava para diante (cifose) e se estende da segunda à 12ª vértebra torácica; a curvatura lombar é convexa para diante e se estende da 12ª vértebra torácica à proeminência lombossacral. A protuberância occipital externa é subcutânea, e pode ser sentida e com frequência vista (Fig. 42.61), podendo ser apalpada sem dificuldade quando abordada de baixo para cima. O ínio é o ponto situado sobre esta protuberância no plano mediano. As extremidades das espinhas das vértebras cervicais são obscurecidas pelo ligamento nucal sobrejacente. O tubérculo sobre o arco posterior do atlas não é palpável; a primeira protuberância óssea que é encontrada ao se passar o dedo em sentido inferior na linha média a partir da protuberância occipital externa é a espinha da segunda vértebra cervical. O ligamento nucal termina inferiormente na espinha da sétima vértebra cervical, que é a projeção visível mais alta, e por vezes a única, nesta região (proeminência vertebral). Imediatamente abaixo disso pode-se apalpar a espinha da primeira vértebra torácica; ela geralmente é mais proeminente que a sétima vértebra cervical. A espinha da segunda vértebra torácica também pode ser frequentemente apalpada. O terceiro processo espinhoso torácico está nivelado à espinha da escápula (Fig. 42.60) e o sétimo ao ângulo escapular inferior quando o braço está ao lado do corpo. A identificação das outras espinhas torácicas não é fácil, mesmo num indivíduo magro com o tronco inteiramente flexionado, devido à maneira pela qual elas se superpõem na região torácica média. Nas regiões torácica superior e torácica inferior as extremidades das espinhas torácicas estão opostas à parte superior do corpo da vértebra imedia-

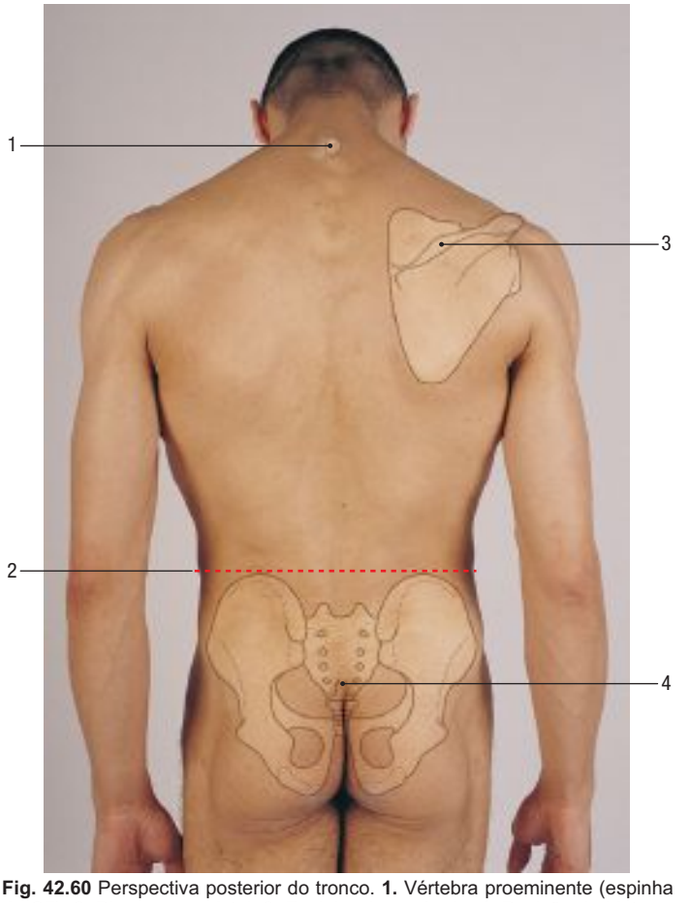


Fig. 42.60 Perspectiva posterior do tronco. **1.** Vértebra proeminente (espinha de C7). **2.** Plano supracristal. **3.** Espinha da escápula. **4.** Posição do hiato sacral.

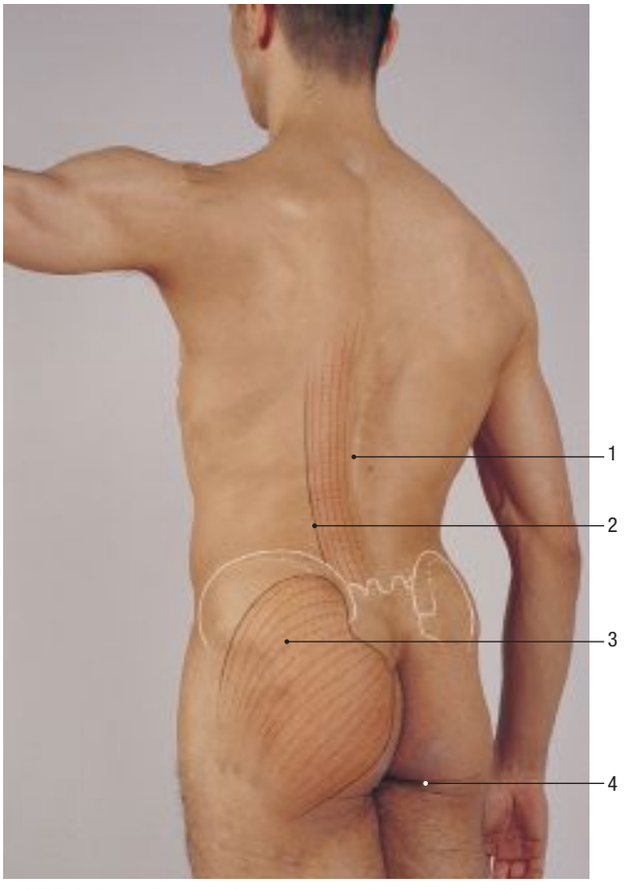


Fig. 42.62 Parte posterior do tronco, perspectiva oblíqua. **1.** Sulco mediano. **2.** Borda lateral do eretor da espinha. **3.** Glúteo máximo. **4.** Prega glútea.

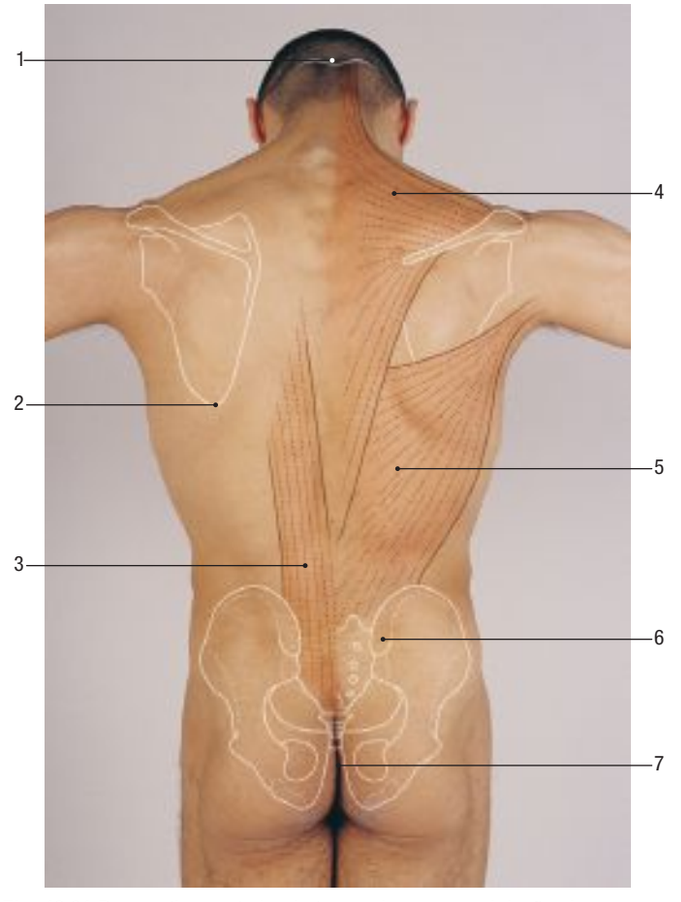


Fig. 42.61 Perspectiva posterior do tronco, braços em abdução. **1.** Protuberância occipital externa. **2.** Ângulo inferior da escápula. **3.** Eretor da espinha. **4.** Trapézio. **5.** Latíssimo do dorso. **6.** Espinha ilíaca posterior superior subjacente a uma depressão sacral. **7.** Fenda interglútea.

tamente subjacente. Na região torácica média elas ficam opostas à parte inferior da vértebra abaixo delas. A extremidade da espinha de cada vértebra lombar geralmente pode ser apalpada sem dificuldade, especialmente se o tronco estiver flexionado. Cada uma delas fica oposta à parte inferior do próprio corpo vertebral. O corpo da quarta vértebra lombar fica nivelado ao topo das cristas ilíacas, de modo que a quarta espinha lombar é sobrejacente ao espaço intervertebral L4/5 (um aspecto útil na punção lombar). A segunda espinha sacral se nivela às espinhas ilíacas superiores posteriores. Marcos sacrais e coccígeos são descritos mais adiante.

Observe que se o indivíduo está em posição lateral (de lado) o sulco de tecido mole mediano pode não coincidir com o plano mediano, especialmente na região lombar em indivíduos obesos. Uma apalpação cuidadosa pode ser necessária para se identificar as espinhas, um aspecto que é particularmente importante durante a punção lombar ou epidural nessa posição.

Níveis espinais das vísceras

As espinhas vertebrais palpáveis podem ser usadas como marcos para os níveis das vísceras. Alguns dos mais importantes são apresentados na Tabela 42.1 (são ignoradas diferenças menores entre os dois lados).

Marcos escapulares

A forma do dorso na região torácica superior é determinada em grande parte pela escápula e pelos músculos que se fixam a ela, especialmente o trapézio. A proeminência relativa da escápula e de seus músculos depende do estado de contração destes últimos. Os marcos ósseos escapulares são mais evidentes com os braços ao lado do corpo.

A escápula é sobrejacente à segunda e à sétima costelas. Seu ângulo superior é palpável sob o trapézio e seu ângulo inferior é praticamente coberto pelo latíssimo do dorso; esses ângulos são unidos pela borda medial da escápula, que segue verticalmente (Figs. 42.60 e 42.61). A espinha escapular é subcutânea e é facilmente palpável de sua raiz medialmente ao processo do acrômio lateralmente.

A raiz da espinha da escápula se situa em oposição à terceira espinha torácica e o ângulo inferior fica em oposição à sétima espinha torácica quando o braço está ao lado do corpo.

Tabela 42.1 Espinhas vertebrais como marcos para as vísceras

Espinha	Víscera
C5	Cartilagem cricoide, início do esôfago
C7	Ápice do pulmão
T3	Aorta chega à coluna. Bifurcação traqueal
T4	Término do arco aórtico. Borda superior do coração
T8	Borda inferior do coração. Tendão central do diafragma
T10	Borda inferior do pulmão. Cárdia do estômago. Borda superior do rim
T12	Nível mais baixo da pleura. Piloro
L1	Hilo renal. Artérias renais. Artéria mesentérica superior
L2	Término da medula espinal; pâncreas. Flexura duodenojejunal
L3	Borda inferior do rim
L4	Bifurcação da aorta
L5	Início da veia cava inferior

Marcos ósseos pélvicos e sacrococcígeos posteriores

Na parte inferior das costas a crista ilíaca pode ser apalpada em toda a sua extensão e pode ser acompanhada para trás e para cima desde a espinha ilíaca anterossuperior até seu ponto mais alto, e em seguida para baixo e medialmente até a espinha ilíaca posterossuperior, que é coberta por uma pequena depressão na pele (Fig. 42.61). Uma linha que une tais depressões sacrais passa pela segunda espinha sacral e pelo corpo da segunda vértebra sacral e é um marco útil para a extremidade inferior do saco dural adulto. Pode haver também um par de pequenas depressões menos proeminentes no nível do disco intervertebral L4/5. A espinha ilíaca posterossuperior se situa sobre o centro da articulação sacroilíaca. O plano supracristal une os pontos mais altos da crista ilíaca de cada lado. Ele passa pelo corpo da quarta vértebra lombar e tem sido usado como marco clínico ao realizar uma punção lombar (pág. 760), embora a dificuldade para sua definição reduza sua confiabilidade nesse procedimento. A extremidade do cóccix pode ser apalpada profundamente nas proximidades do centro da fenda interglútea. Ao se levar o dedo examinador em sentido cranial pode-se apalpar os cornos sacros de um ou outro lado; eles demarcam o hiato sacral e constituem o marco para a realização de um bloqueio anestésico caudal.

MARCOS MUSCULOTENDINOSOS

Na região cervical superior e média o sulco mediano se situa entre as proeminências cilíndricas formadas principalmente pelos músculos semiespinais, que são acentuados pela extensão do pescoço contra resistência. Nas regiões torácica e lombar, uma elevação larga produzida pelo grupo muscular eretor da espinha se estende aproximadamente pela largura de uma das mãos de cada lado do sulco mediano e está presente entre a crista ilíaca e a 12ª costela (Fig. 42.62). A borda lateral dessa elevação cruza então as costelas em seus ângulos, dirigindo-se medialmente enquanto sobe. O grupo muscular pode ser demonstrado estendendo-se as costas contra resistência.

O trapézio é um músculo triangular chato que cobre a parte posterior do pescoço e do ombro (Fig. 42.61). Juntos os dois músculos trapézios se assemelham a um trapézio ou quadrilátero, no qual dois dos ângulos correspondem aos ombros, um terceiro à protuberância occipital e o quarto à espinha da 12ª vértebra torácica. Os dois músculos cobrem a parte posterior do pescoço e dos ombros como o capuz de um monge, por isso o nome antigo do trapézio era *musculus cucullaris*. A parte superior do trapézio é demonstrada pela elevação dos ombros, ou pela extensão e flexão lateral do pescoço, contra resistência. As fibras inferiores são vistas de maneira melhor quando o indivíduo faz força contra uma parede com ambas as mãos e com os cotovelos estendidos. A borda anterossuperior do músculo forma o limite posterior do trígono posterior do pescoço e pode ser vista em indivíduos musculosos, especialmente durante a elevação do ombro contra resistência.

Num indivíduo bem musculoso pode-se acompanhar com facilidade o contorno do latíssimo do dorso, especialmente se o braço for aduzido contra resistência. O triangulo de ausculta (Fig. 42.52) fica entre a borda superior do latíssimo do dorso, a borda lateral inferior do trapézio e a borda medial da escápula.

O trígono lombar (Fig. 42.52), um dos locais da rara hérnia lombar primária, se situa inferiormente, entre a borda externa mais inferior do latíssimo do dorso, a borda posterior livre do oblíquo externo e a crista ilíaca.

EXAME CLÍNICO

O melhor meio de fazer o exame clínico da parte posterior do tronco e do pescoço é seguindo a ordem de inspeção, apalpação e movimento. O exame vai ser determinado pelas circunstâncias do quadro clínico inicial e pela história e pode incluir observações musculoesqueléticas, neurológicas e vasculares. Informações relevantes para o exame neurológico e vascular da pele e material relacionado aos movimentos espinais e à inervação mais profunda são encontradas em trechos anteriores. A apalpação da região envolve uma avaliação cuidadosa dos marcos ósseos e musculotendinosos descritos anteriormente, com atenção particular a assimetrias, deformidades e hipersensibilidade. Veja que, fora as espinhas, a maior parte dos elementos ósseos das vértebras e quase todas as articulações intervertebrais não são palpáveis posteriormente. Em regiões de lordose (curvas da coluna no plano sagital com convexidade anterior, isto é, cervical média e lombar média e inferior), partes da coluna vertebral podem ser frequentemente apalpadas anteriormente com cuidado em indivíduos magros bem relaxados.

REFERÊNCIAS

Adams MA, Bogduk N, Burton K, Dolan P 2006 The Biomechanics of Back Pain, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.
Uma fonte abrangente e detalhada de informações sobre a anatomia funcional, biologia do tecido e biomecânica da coluna lombar.

Batson OV 1957 The vertebral vein system. Am J Roentgenol 78: 195–212.
Um estudo pioneiro dos plexos venosos da coluna vertebral que se tornou o padrão de referência neste campo.

Boelderl A, Daniaux H, Kathrein A, Maurer H 2002 Danger of damaging the medial branches of the posterior rami of spinal nerves during a dorsomedian approach to the spine. Clin Anat 15: 77–81.
Descrições detalhadas do suprimento vascular e inervação dos elementos posteriores da coluna toracolombar e músculos sobrejacentes.

Bogduk N 2005 Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum, 4th edn. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.
O texto mais abrangente atualmente disponível sobre a anatomia funcional e topográfica da coluna lombosacral, com mais de 1.000 referências. O livro incorpora informações biomecânicas e fisiológicas que estão relacionadas com o problema clínica da lombalgia.

Crock HV 1996 Atlas of Vascular Anatomy of the Skeleton and Spinal Cord. London: Martin Dunitz.

Crock HV, Yoshizawa H 1976 The blood supply of the lumbar vertebral column. Clin Orthop 115: 6–21.

Dean NA, Mitchell BS 2002 Anatomic relation between the nuchal ligament (ligamentum nuchae) and the spinal dura mater in the craniocervical region. Clin Anat 15: 182–5.
Descreve a continuidade na linha média entre a dura espinal e o ligamento nucal em cadáveres humanos.

Denis F 1983 The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8: 817–31.
Trabalho clássico para a compreensão e classificação da instabilidade espinal.

Dvorák J, Vajda EG, Grob D, Panjabi MM 1995 Normal motion of the lumbar spine related to age and gender. Eur Spine J 4: 18–23.

Frobin W, Leivseth G, Biggeman M, Brinckmann P 2002 Sagittal plane segmental motion of the cervical spine. A new precision measurement protocol and normal motion data of healthy adults. Clin Biomech 17: 21–31.

Groen G, Baljet B, Drukker J 1990 The nerves and nerve plexuses of the human vertebral column. Amer J Anat 188: 282–96.
Estudo de acetilcolinesterase whole-mount que fornece detalhes sobre os plexos perivertebrais e os nervos sinuvertebrais.

Lang J 1986 Craniocervical region, osteology and articulations. Neuro Orthop 1: 67–92.

Loughenbury PR, Wadhwani S, Soames RW 2006 The posterior longitudinal ligament and peridural (epidural) membrane. Clin Anat 19: 487–92

Macintosh JE, Valencia F, Bogduk N, Munro RR 1986 The morphology of the lumbar multifidus muscles. Clin Biomech 1: 196–204.

MacLaughlin SM, Oldale KNM 1992 Vertebral body diameters and sex prediction. Ann Hum Biol 19: 285–93.
Descreve o exame arqueológico e forense do material esquelético.

Macnab I, McCulloch J 1990 Backache, 2nd edn, Baltimore: Williams and Wilkins. Chapter 1.
Anatomia funtional da coluna lombar, descrita como base para tratamento clínico de lombalgia.

McGregor AH, McCarthy ID, Hughes SPF 1995 Motion characteristics of the lumbar spine in the normal population. Spine 20: 22: 2421–8.

Mercer S, Bogduk N 1999 The ligaments and anulus fibrosus of human adult cervical intervertebral discs. Spine 24: 619–28.
Estudo de microdissecção cadavérica humana, mostrando que o anel fibroso cervical é uma estrutura crescente anterior e não uniformemente circunferencial.

Mercer SR, Bogduk N 2003 Clinical anatomy of ligamentum nuchae. Clin Anat 16:484–93

Nachemson A 1975 Towards a better understanding of low-back pain: a review of the mechanics of the lumbar disc. Rheumatol Rehab 14: 129–43.

Newell RLM 1999 The spinal epidural space. Clin Anat 12: 375–9.
Revisão dos aspectos morfológico, topográfico e do desenvolvimento do espaço epidural espinal.

Ordway NR, Seymour R, Donelson RG, Hojnowski L, Lee E, Edwards T 1997 Cervical sagittal range of motion using three methods. Spine 22: 501–8.

Pearcy M, Protek I, Shepherd J 1984a Three-dimensional X-ray analysis of normal movement in the lumbar spine. Spine 9: 294–7.

Pearcy M, Tibrewal SB 1984b Axial rotation and lateral bending in the normal lumbar spine Spine 9: 582–7.

Piper JG, Traynelis VC 1998 Congenital malformations of the craniovertebral junction. In Dickman CA, Spetzler RF, Sonntag VKH, eds. Surgery of the Craniovertebral Junction. New York: Thieme.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michel Salmon: Anatomic Studies, Book 1. Arteries of the Muscles of the Extremities and Trunk. St Louis: Quality Medical Publishing.
Uma versão traduzida, atualizada e editada de um texto clássico francês publicado pela primeira vez em 1933. Hoje, é um livro importante de referência em cirurgia plástica.

Taylor JR, Twomey LT 1984 Sexual dimorphism in human vertebral shape. J Anat 138: 281–6.

Trott PH, Pearcy MJ, Ruston SA, Fulton I, Brien C 1996 Three-dimensional analysis of active cervical motion: the effect of age and gender. Clin Biomech 11: 201–6.

Twomey L, Taylor J, Furniss B 1983 Age changes in the bone density and structure of the lumbar vertebral column. J Anat 136: 15–25.

White AA, Panjabi MM 1990 Clinical Biomechanics of the Spine, 2nd edn. Philadelphia: JB Lippincott.

Willems JM, Jull GA, Ng JK-F 1996 An in vivo study of the primary and coupled rotations of the thoracic spine. Clin Biomech 11: 311–16.

Wing P, Tsang I, Gagnon F, Susak L, Gagnon R 1992 Diurnal changes in the profile shape and range of motion of the back. Spine 17: 761–5.

Zumpano MP, Hartwell S, Jagos CS 2006 Soft tissue connection between rectus capitis posterior minor and the posterior atlanto-occipital membrane. Clin Anat 19: 522–7.

Medula espinal e nervos espinais: anatomia macroscópica

CAPÍTULO 43

Este capítulo trata da anatomia macroscópica das estruturas que se localizam no interior do canal vertebral e suas extensões através dos forames intervertebrais, os canais para os nervos espinais ou suas raízes. A medula espinal, seus vasos sanguíneos e raízes nervosas se localizam no interior de uma bainha meníngea, que ocupa a zona central do canal vertebral e se estende do forame magno, onde ela está em continuidade com os revestimentos meníngeos do encéfalo, até o nível da segunda vértebra sacral no adulto. Distal a este nível a dura-máter se estende como um fino cordão, o filamento terminal, que se funde com o periósteo posterior do primeiro segmento vertebral coccígeo. Prolongamentos tubulares da bainha dural se estendem ao redor das raízes dos nervos espinais nas zonas laterais do canal vertebral e fora do canal, eventualmente se fundindo com o epineuro dos nervos espinais. Entre o saco dural e as paredes do canal vertebral está o espaço extradural (extradural espinal) que é frouxamente preenchido com gordura, tecido conjuntivo contendo pequenas artérias e vasos linfáticos, e um importante plexo venoso. A avaliação tridimensional da anatomia do saco dural e de seus arredores é essencial para um gerenciamento eficiente da dor espinal e das lesões espinais, tumores e infecções. De igual importância é a anatomia do suprimento sanguíneo da medula espinal, muitas vezes precário, e suas estruturas associadas. A crescente aplicação e refinamento do diagnóstico por imagem e procedimentos endoscópicos conferem nova importância para a anatomia topográfica detalhada aqui.

MEDULA ESPINAL

A medula espinal ocupa os 2/3 superiores do canal vertebral (Fig. 18.1 e 43.1). Ela é contínua cranialmente com o bulbo, e se estreita caudalmente no cone medular, do qual desce um filamento de tecido conjuntivo a partir do ápice, o filamento terminal, que segue para o dorso da primeira vértebra coccígea. A medula espinal se estende da borda superior do atlas até a junção entre a primeira e a segunda vértebras lombares: sua média de comprimento em homens europeus é de 45 cm, e seu peso aproximado é de 30 g. (Para dados dimensionais, consultar Barron & Sands, 1977.)

Durante o desenvolvimento, a coluna vertebral cresce mais rapidamente do que a medula espinal, tanto que existe uma crescente discrepância entre o nível anatômico dos segmentos da medula espinal e suas vértebras correspondentes. No estágio 23 do desenvolvimento embrionário (cerca de 8 semanas), a coluna vertebral e a medula espinal têm o mesmo comprimento, e a medula termina na última vértebra coccígea: esta organização continua até o terceiro mês da vida fetal. No nascimento, a medula espinal termina na borda inferior da segunda vértebra lombar e pode às vezes chegar à terceira vértebra lombar. No adulto, diz-se que a medula espinal termina no nível do disco entre a primeira e a segunda vértebra lombar, que se localizam um pouco acima do nível do cotovelo quando o membro superior está pendente ao lado do corpo, e também se localiza aproximadamente no plano transpilórico (pág. 1054). No entanto, existe considerável variação no nível em que a medula espinal termina. Ela pode terminar abaixo deste nível em cerca de 40% dos indivíduos ou em frente ao corpo da primeira ou da segunda vértebra lombar: muito ocasionalmente ela termina tão alto quanto o terço inferior da décima segunda vértebra torácica ou tão baixo quanto o disco entre a segunda e a terceira vértebra lombar. Sua posição sobe levemente na flexão da coluna, e há alguma correlação com o comprimento do tronco, especialmente em mulheres. A medula espinal varia em largura transversalmente, gradualmente afilando-se craniocaudalmente, exceto nos níveis da intumescência. Ela não é cilíndrica, sendo mais larga transversamente em todos os níveis, especialmente nos segmentos cervicais.

A intumescência cervical é a fonte dos grandes nervos espinais que suprem os membros superiores. Ela se estende do terceiro segmento cervical ao segundo segmento torácico e sua máxima circunferência (aproximadamente 38 mm) está no segmento cervical (um segmento da medula espinal provê a fixação para os filamentos radiculares de um par de nervos espinais). A intumescência lombar é a fonte dos grandes nervos espinais que suprem os membros inferiores que se estendem do primeiro segmento lombar até o terceiro segmento sacral, sendo o equivalente vertebral da nona à décima segunda vértebra. Sua maior circunferência (aproximadamente 35 mm) está próxima à parte inferior do corpo da décima segunda vértebra torácica, abaixo da qual ela rapidamente vai diminuindo no cone medular.

Fissuras e sulcos se estendem ao longo da maior parte de sua superfície externa. Uma fissura mediana anterior e um sulco mediano posterior e septo quase separam completamente a medula em metades direita e esquerda, mas ela permanece unida por uma faixa comissural de tecido nervoso que contém um canal central.

A fissura mediana anterior se estende ao longo de toda a superfície anterior com profundidade média de 3 mm, embora ela seja mais profunda em níveis inferiores. Ela contém um retículo de pia-máter. A comissura branca anterior está posterior a ela. Ramos perfurantes dos vasos espinais passam da fissura para a comissura para suprir a região espinal central. O sulco mediano posterior é raso, e penetra a partir de um septo mediano posterior em mais da metade da medula, quase no canal central. O septo varia em extensão anterossuperior de 4 a 6 mm, e diminui caudalmente enquanto o canal torna-se localizado mais dorsalmente e a medula encurta.

Um sulco posterolateral existe a partir de 1,5 a 2,5 mm de cada lado do sulco mediano posterior. Raízes dorsais (estritamente radículas) dos nervos espinais entram na medula ao longo do sulco. A substância branca entre o sulco mediano posterior e o sulco posterolateral de cada lado é o funículo posterior. Nos segmentos torácico superior e cervical, um sulco intermédio posterior longitudinal marca um septo dividindo cada funículo posterior em dois grandes tratos: o fascículo grácil (medial) e o fascículo cuneiforme (lateral). Entre o sulco posterolateral e a fissura mediana anterior está o funículo anterolateral. Este é subdividido em funículo anterior e funículo lateral pelas radículas anteriores que passam através de sua substância para emergir da superfície da medula espinal. O funículo anterior é medial e inclui as radículas anteriores emergentes, enquanto o funículo lateral localiza-se entre as raízes e o sulco posterolateral. Nos segmentos cervicais superiores, as radículas nervosas emergem através de cada funículo lateral para formar o nervo acessório que sobe no canal vertebral lateralmente à medula espinal e entra na fossa posterior do crânio por meio do forame magno (Fig. 28.11).

O filamento terminal, um filamento de tecido conjuntivo de aproximadamente 20 cm de comprimento, desce a partir do ápice do cone medular. Seus 15 cm superiores, o filamento terminal interno, são contínuos no interior de extensões da dura-máter e da aracnoide-máter e chega à margem caudal da segunda vértebra sacral. Seus 5 cm finais, o filamento terminal externos fundem-se com o revestimento de dura-máter, e então desce ao dorso da primeira vértebra coccígea. O filamento é contínuo acima com a pia-máter espinal. Poucas vertentes de fibras nervosas que provavelmente representam raízes rudimentares do segundo e terceiro nervos espinais coccígeos aderem a sua parte superior. O canal central continua no filamento por 5-6 mm. Uma parte ampla do espaço subaracnóideo circunda o filamento terminal interno, e é o local eleito para acessar o líquido cerebrospinal (punção lombar).

RAÍZES ANTERIORES E POSTERIORES

As raízes anteriores e posteriores pares dos nervos espinais são contínuas com a medula espinal (Fig. 43.1F; ver também pág. 754). Elas cruzam o espaço subaracnóideo e atravessam a dura-máter separadamente, unindo-se no seu forame intervertebral ou próximo dele para formar os nervos espinais (mistos). Uma vez que a medula espinal é mais curta que a coluna vertebral, as raízes espinais mais inferiores descem distâncias variantes ao redor e além da medula espinal para chegar aos seus forames correspondentes. Ao fazê-lo, elas formam um feixe divergente de raízes de nervos espinais, a cauda equina, que se acumula ao redor do filamento terminal no saco dural, sobretudo distalmente ao ápice da medula espinal.

As raízes espinais anteriores contêm fibras eferentes somáticas e, em alguns níveis, fibras pré-ganglionares simpáticas, axônios que se estendem dos corpos celulares nos cornos anterior e coluna intermediolateral, respectivamente. Existem também fibras nervosas aferentes nestas raízes. As radículas que compreendem cada raiz anterior emergem do sulco anterolateral em grupos sobre uma área elíptica vertical alongada (Fig. 43.1F). As raízes espinais posteriores ostentam dilatações ovoides, os gânglios sensi-

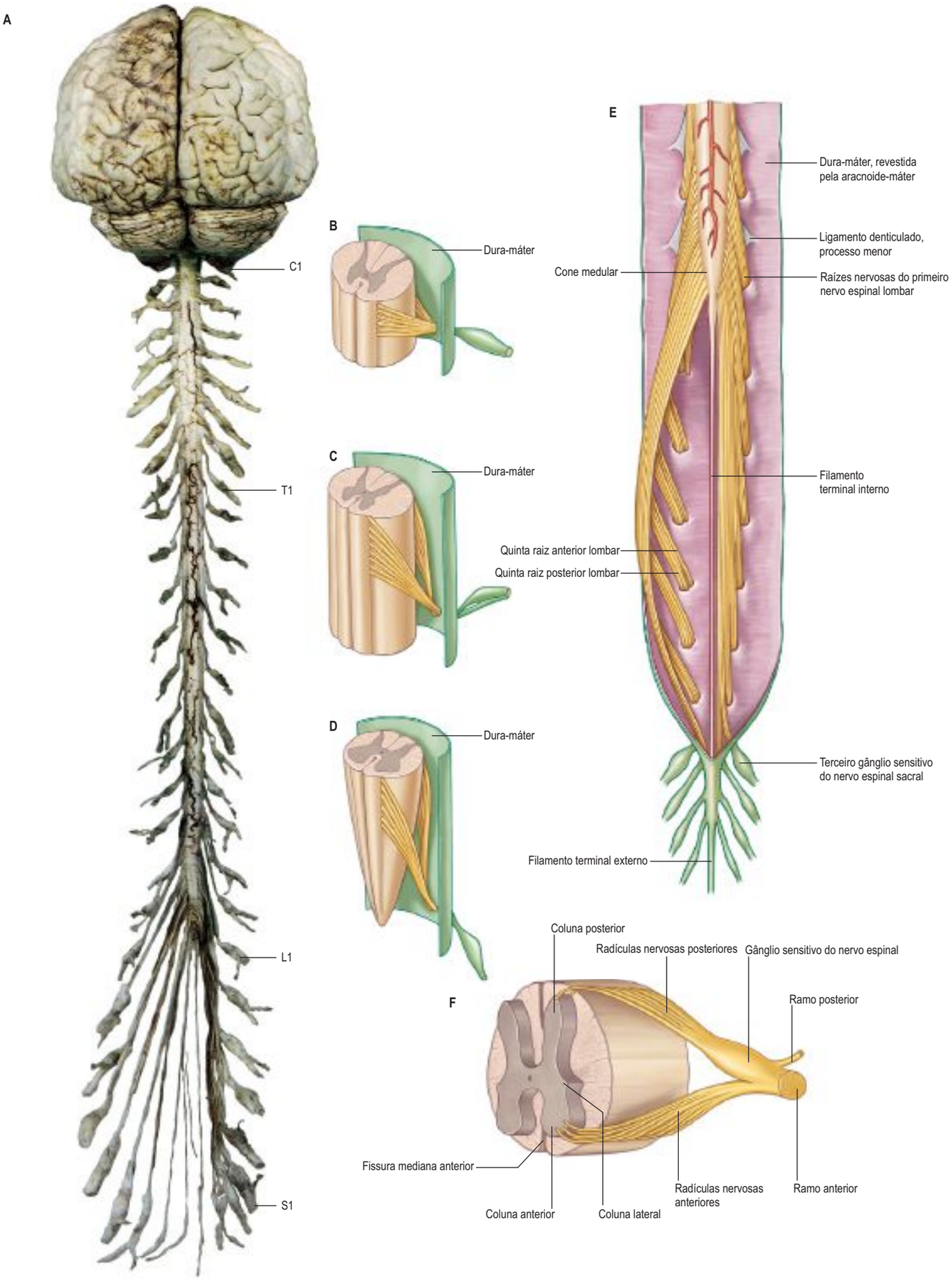


Fig. 43.1 A Encéfalo e medula espinal com a fixação das raízes dos nervos espinais e gânglios sensitivos do nervo espinal, fotografados a partir de seu aspecto dorsal. Note as intumescências cervical e lombossacral fusiformes da medula espinal e a mudança da obliquidade das raízes dos nervos espinais conforme a medula espinal está descendo. A cauda equina está intacta à direita, mas foi dissecada à esquerda para mostrar seus componentes individuais. (Dissecação por MCE Hutchinson, GKT School of Medicine; fotografia de Kevin Fitzpatrick em nome de GKT School of Medicine, Londres.) **B-D**, Formação de um nervo espinal típico, aspecto ventral. **B**, Nível cervical. **C**, Nível torácico. **D**, Nível lombar. **E**, Extremidade inferior da medula espinal, filamento terminal e cauda equina expostos a partir da região posterior. A dura-máter e a aracnoide-máter foram abertas e dissecadas. **F**, Segmento da medula espinal mostrando um nervo espinal típico e as relações macroscópicas das substâncias cinzenta e branca. (B-D, de Sobotta, 2006.)

tivos do nervo espinal, um em cada raiz proximal à sua junção com uma raiz anterior correspondente em um forame intervertebral. Cada raiz origina seis a oito radículas antes de entrar na medula espinal em uma fileira vertical no sulco posterolateral. Geralmente se considera que as raízes posteriores contêm apenas axônios aferentes (somáticos e viscerais), que são os processos centrais dos neurônios pseudounipolares no gânglio sensitivo do nervo espinal, mas elas podem também conter um pequeno número (3%) de fibras eferentes e fibras autônomas vasodilatadoras.

Cada neurônio ganglionar possui um único tronco, o qual se divide em um prolongamento medial (central) que entra na medula espinal via uma raiz posterior, e um prolongamento lateral (periférico), o qual passa perifericamente para um órgão sensitivo final. O prolongamento central é um axônio, enquanto o periférico é um dendrito alongado (porém quando ele atravessa um nervo periférico é, em termos estruturais gerais, indistinguível de um axônio). A região da medula espinal associada com a emergência de um par de nervos é um segmento espinal, porém não existe uma indicação de fato da segmentação na superfície. Além disso, as fontes neurais profundas ou destinos das fibras radiculares podem localizar-se mais além dos limites da definição do "segmento".

MENINGES

DURA-MÁTER

Em algumas áreas do interior do crânio a dura-máter pode ser diferenciada do endósteo, mas na base do crânio, ao redor do forame magno, as duas camadas estão fundidas e aderidas ao osso. Distal ao forame magno, no interior da coluna vertebral, a dura-máter é distinta dos tecidos que revestem o canal vertebral, e é separada deles pelo espaço extradural (ver adiante). A parte espinal da dura-máter forma um tubo cuja extremidade superior está fixada à margem do forame magno e às faces posteriores do segundo e do terceiro corpos vertebrais cervicais, e também por faixas fibrosas ao ligamento longitudinal posterior, especialmente próximo à extremidade caudal do canal vertebral. O tubo de dura-máter se estreita na margem inferior da segunda vertebral sacral. Ele reveste o delgado filamento terminal, desce posterior ao cóccix e mistura-se com o periósteo.

Espaço extradural (epidural)

O espaço extradural localiza-se entre a parte espinal da dura-máter e os tecidos que revestem o canal vertebral (Fig. 43.2). Ele é fechado superiormente pela fusão da dura-máter espinal com a margem do forame magno, e inferiormente pelo ligamento sacrococcígeo posterior que fecha o hiato sacral. Ele contém tecido conjuntivo frouxo, tecido adiposo, um plexo venoso, pequenos ramos arteriais, linfáticos e faixas fibrosas que conectam o envoltório com o tecido de revestimento do canal vertebral. Estas faixas, os ligamentos meningovertebrais, são mais desenvolvidos anterior e lateralmente. Faixas similares prendem as bainhas das raízes nervosas ou "manguitos" nos seus canais. Existe também uma fixação na linha mediana da parte encefálica da dura-máter posteriormente ao ligamento nucal nos níveis atlanto-occipital e atlanto-axial (Dean & Mitcheel, 2002). O plexo venoso consiste em uma cadeia de vasos organizada longitudinalmente, conectada por um "anel" venoso circundural. Os vasos localizados anteriormente recebem as veias basivertebrais.

A forma do espaço no interior de cada segmento espinal não é uniforme, embora o padrão segmental seja repetido metamericamente. É difícil definir a verdadeira forma do "espaço", porque ele muda com a introdução de fluido ou como resultado de técnicas de preservação. Na região lombar, a dura-máter está justaposta às paredes do canal vertebral anteriormente e fixada por tecido conjuntivo de uma maneira que permite o deslocamento do saco dural durante o movimento e o alargamento venoso. Há tecido adiposo presente posteriormente nos recessos entre o ligamento amarelo e a dura-máter. O tecido conjuntivo se estende por uma curta distância através dos forames intervertebrais ao longo das bainhas dos nervos espinais. Assim como o saco dural principal, as bainhas das raízes são parcialmente presas às paredes dos forames pelos finos ligamentos meningovertebrais.

Injeções extradurais (epidurais)

Meios de contraste e outros fluidos injetados no espaço extradural (epidural) no nível sacral podem se disseminar para a base do crânio (pág. 760). Anestésicos locais injetados próximo aos nervos espinais, logo, fora dos forames intervertebrais, podem se disseminar para cima ou para baixo no espaço extradural (epidural) para afetar os nervos espinais adjacentes ou podem ainda passar para o lado oposto. Os espaços paravertebrais de cada lado comunicam-se via espaço extradural (epidural), particularmente nos níveis lombares.

Para uma revisão da morfologia do espaço extradural (epidural) e uma discussão da natureza da camada de revestimento do canal vertebral, ver Newell (1999).

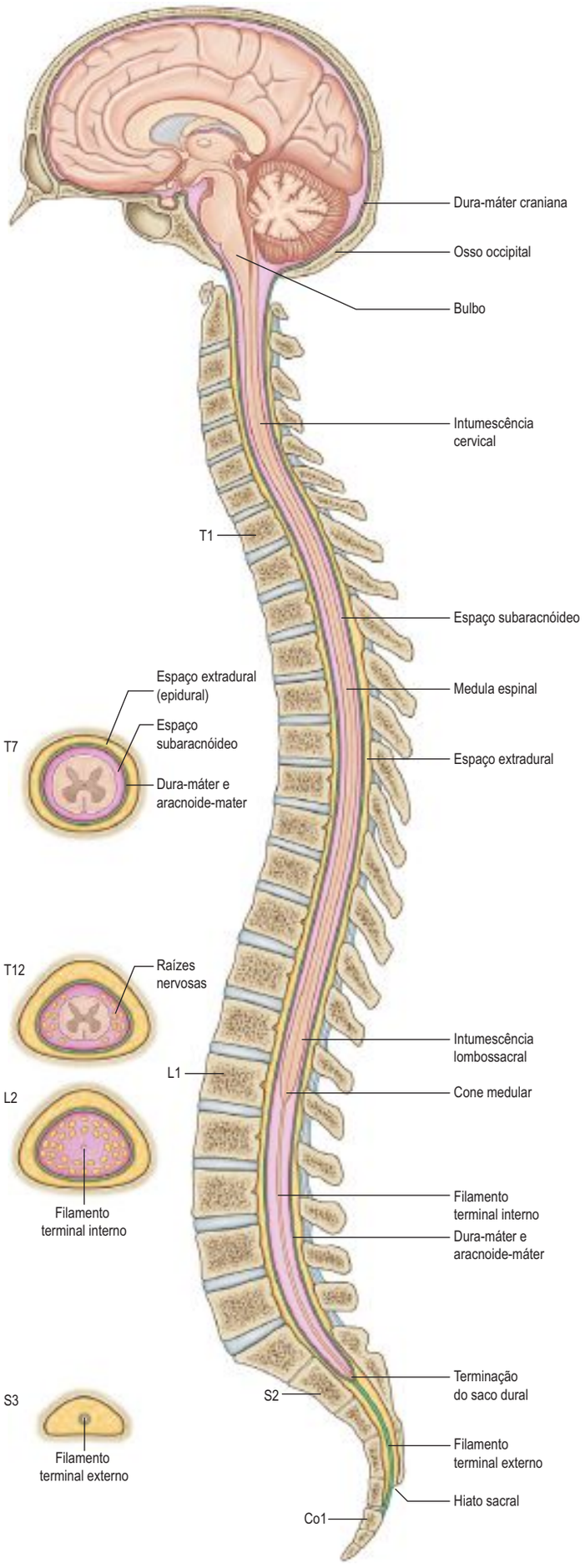


Fig. 43.2 Os espaços extradural (epidural) e subaracnóideo.

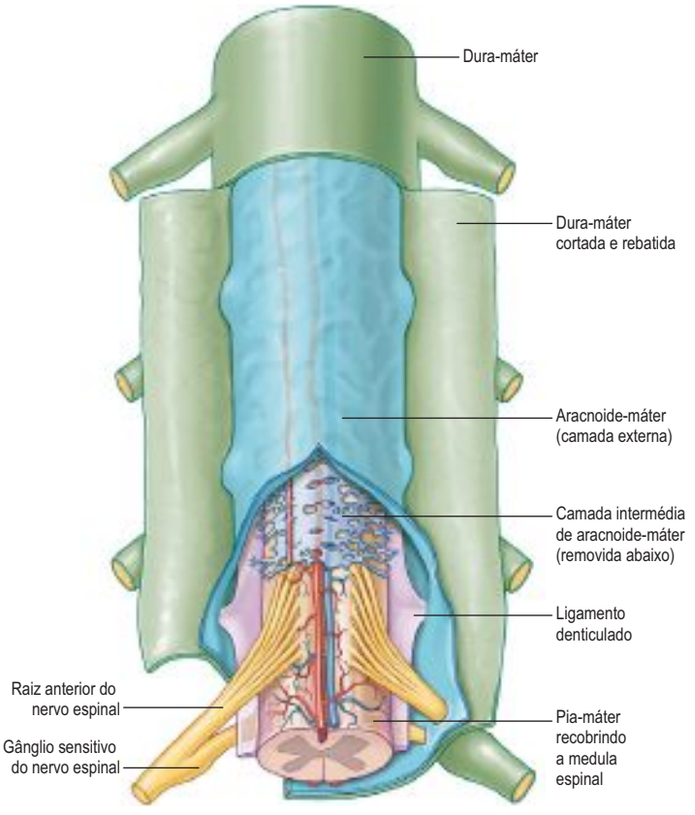


Fig. 43.3 Parte da medula espinal exposta a partir do aspecto anterior para mostrar os revestimentos meníngeos.

Espaço subdural

O espaço subdural é um espaço potencial na medula espinal normal, porque a aracnoide-máter e a dura-máter estão estreitamente justapostas (Haines *et al.*, 1993). Ele não faz conexão com o espaço subaracnóideo, mas continua por uma curta distância ao longo dos nervos espinais e cranianos. Uma cateterização subdural acidental pode ocorrer durante injeções extradurais. A injeção de fluido no espaço subdural pode lesar a medula por efeito tóxico direto ou por compressão da vasculatura.

ARACNOIDE-MÁTER

A aracnoide-máter espinal, a qual circunda a medula espinal, é contínua com a aracnoide-máter encefálica (Fig. 43.3) Ela está estreitamente aplicada ao aspecto profundo da dura-máter. Em locais onde os vasos e nervos entram ou saem do espaço subaracnóideo, a aracnoide-máter é refletida sobre a superfície destas estruturas e forma um fino revestimento de células leptomeningeais sobre a superfície dos vasos e nervos. Assim, um ângulo subaracnóideo é formado enquanto dos nervos passam através da dura-máter no interior dos forames intervertebrais. Neste ponto, as camadas de leptomeninges (aracnoide-máter e pia-máter) se fundem e tornam-se contínuas com o perineuro. O epineuro está em continuidade com a dura-máter. Tal arranjo sela o espaço subaracnóideo de modo que as partículas não passem diretamente dele para os nervos. A existência de uma via de drenagem linfática do liquido cerebrospinal é controversa.

PIA-MÁTER

A pia-máter espinal (Fig. 43.3) reveste estreitamente a superfície da medula espinal e passa pela fissura mediana anterior. Assim como na região cranial, existe um "espaço" subpial, no entanto na superfície da medula espinal a camada colágena subpial é mais espessa do que na região encefálica e é contínua com a parte central colágena do ligamento denticulado.

O ligamento denticulado é uma bainha fibrosa plana que se localiza de cada lado da medula espinal entre as raízes anteriores e posteriores dos nervos espinais. Sua margem medial é contínua com o tecido conjuntivo subpial da medula e sua margem lateral forma uma série de processos triangulares cujos ápices estão fixados em intervalos na dura-máter. Geralmente há 21 processos de cada lado. O primeiro cruza posteriormente a artéria vertebral onde ela está fixada à dura-máter, e é separado por ela da primeira raiz anterior cervical. Seu local de fixação na dura-máter está superiormente à borda do forame magno, logo posterior ao nervo hipoglosso: o nervo acessório sobe sobre seu aspecto posterior (Fig. 28.11). O último dos ligamentos denticulados localiza-se entre a saída do décimo segundo nervo espinal torácico e o primeiro nervo espinal lombar e é uma faixa estreita e oblíqua que desce lateralmente a partir do cone medular. Mudanças na forma e posição do ligamento denticulado durante os movimentos da medula espinal têm sido demonstradas por cinerradiografia.

Além do cone medular, a pia-máter continua-se como um revestimento do filamento terminal.

CAMADA INTERMÉDIA

Além do bem definido revestimento de aracnoide-máter e pia-máter, a medula espinal também é circundada por uma extensiva camada intermédia de leptomeninges. Esta camada está concentrada nas regiões posterior e anterior e forma uma estrutura altamente perfurada, quase uma renda, que é facilmente compactada para formar os ligamentos posterior, posterolateral e anterior da medula espinal. Posteriormente, a camada intermédia é aderente ao aspecto profundo da aracnoide-máter e forma uma série descontínua de ligamentos posteriores que se fixam à medula espinal na aracnoide-máter. Os ligamentos posterolaterais são mais delicados e fenestrados, e eles se estendem das raízes posteriores à aracnoide-máter parietal. Como a camada intermédia se espalha lateralmente sobre a superfície posterior das raízes posteriores, ela torna-se cada vez mais perfurada e eventualmente desaparece. Uma organização similar é vista sobre o aspecto anterior da medula espinal, mas a camada intermédia é menos substancial.

A camada intermédia é estruturalmente similar às trabéculas que cruzam o espaço subaracnóideo cranial, em que a parte central colágena está revestida pelas células leptomeníngeais. A camada intermédia de leptomeninges ao redor da medula espinal pode atuar como um defletor no interior do espaço subaracnóideo para atenuar ondas de líquido cerebrospinal na medula espinal. Uma inflamação no interior da camada intermédia pode resultar em extensiva fibrose no interior da camada intermédia e em complicações de aracnoidite crônica.

REVESTIMENTOS E RELAÇÕES DAS RAÍZES ESPINAIS E NERVOS NO CANAL RADICULAR

Prolongamentos tubulares da dura-máter espinal, estreitamente alinhados pela aracnoide-máter, se estendem ao redor das raízes espinais e nervos enquanto passam através da zona lateral do canal vertebral e através dos forames intervertebrais (Figs. 43.3 e 43.4 A). Estes prolongamentos, as bainhas dos nervos espinais ou bainhas das raízes, gradualmente se alongam, enquanto as raízes espinais tornam-se cada vez mais oblíquas. Cada raiz individual posterior e anterior segue no espaço subaracnóideo com sua própria cobertura de pia-máter. Cada raiz perfura a dura-máter separadamente, tendo um revestimento da aracnoide-máter com ela, juntando-se antes no interior do prolongamento dural logo distal ao gânglio sensitivo do nervo espinal. As bainhas durais dos nervos espinais fundem-se com o epineuro, dentro ou um pouco mais além dos forames intervertebrais. Os prolongamentos da aracnoide-máter dentro das bainhas não se estendem tão distalmente como seus revestimentos durais, mas o espaço subaracnóideo e seu conteúdo de líquido cerebroespinal se estende suficientemente distal para formar um revestimento da raiz para cada nervo, demonstrável radiologicamente. Um encurtamento ou obstrução deste revestimento visto em RM indica compressão do nervo espinal. No nível cervical, onde os nervos são curtos e o movimento vertebral é grande, as bainhas durais são aderidas ao periósteo dos processos transversos adjacentes. Na região lombossacral existe pouca fixação da dura-máter ao periósteo, porém pode haver uma fixação posteriormente à face articular da cápsula.

LÍQUIDO CEREBROESPINAL (LCS)

O líquido cerebroespinal é descrito em detalhes na página 242. Embora haja livre comunicação entre os espaços subaracnóideos espinal e encefálico, o modo de circulação do LCS espinal e a contribuição que ele dá para a circulação global do LCS permanece incerta no homem: o LCS pode ser absorvido a partir do espaço subaracnóideo espinal, e as granulações aracnóideas e as vilosidades foram descritas (Kiddo *et al.*, 1976).

NERVOS ESPINAIS

Nos segmentos corporais que possuem uma ampla estrutura metamérica (segmentar), por exemplo, a região torácica, os nervos espinais mostram

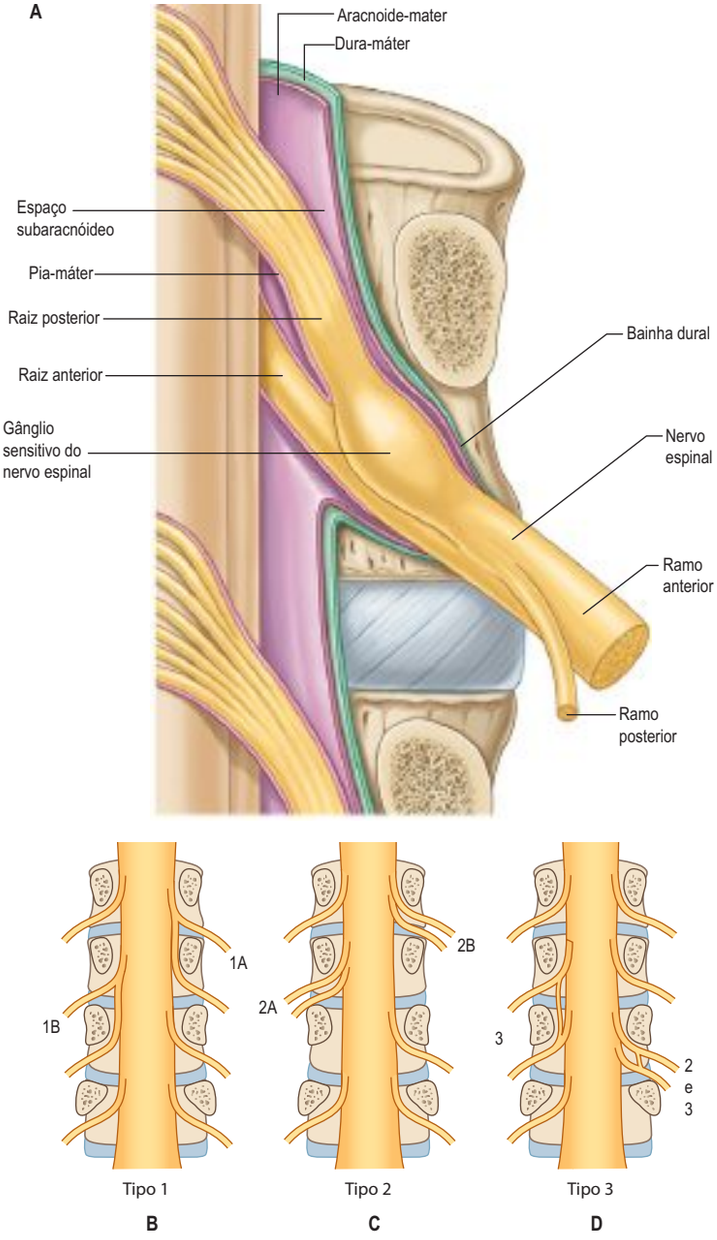


Fig. 43.4 A, Um nervo espinal lombar e suas raízes e revestimentos meníngeos. **B-D,** Anomalias extradurais das raízes nervosas lombares.

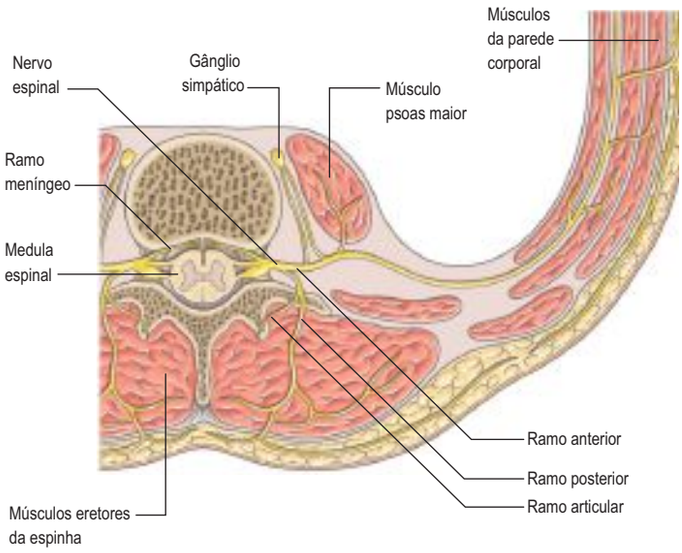


Fig. 43.5 Formação e padrão de ramificação de um nervo espinal típico.

um plano comum (Fig. 43.5). Os ramos posteriores, epaxiais, passam posteriormente e laterais aos processos articulares das vértebras e dividem-se em ramos medial e lateral, os quais penetram os músculos profundos do dorso: ambos os nervos inervam os músculos adjacentes e suprem uma faixa de pele da linha mediana posterior até a margem lateral da escápula (Fig. 43.6). O ramo ventral, hipaxial, está conectado ao gânglio simpático correspondente pelos ramos comunicantes branco e cinzento. Ele inerva os músculos pré-vertebrais e curva-se ao redor da parede corporal para suprir os músculos laterais do tronco. Próximo à linha axilar média ele dá origem a um ramo lateral que perfura os músculos e divide-se em ramos cutâneos anterior e posterior. O nervo principal avança na parede do corpo, onde ele supre os músculos ventrais e termina nos ramos para a pele.

Os nervos espinais são a união das raízes espinais anterior e posterior, fixados em série na lateral da medula espinal. O termo nervo espinal é aplicado estritamente ao curto segmento após a união das raízes e antes de a ramificação ocorrer. Este segmento, o nervo espinal propriamente dito, localiza-se no forame intervertebral: ele é algumas vezes erroneamente chamado de "raiz nervosa". Existem 31 pares de nervos espinais: 8 cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 coccígeo. As abreviações C,T,L,S e Co, com os números apropriados, são comumente aplicados aos nervos individuais. Os nervos periféricos emergem através dos forames intervertebrais. Nos níveis torácico, lombar, sacral e coccígeo, o nervo numerado sai do canal vertebral passando abaixo do pedículo da vértebra correspondente, por exemplo, o nervo L4 sai do forame intervertebral entre L4 e L5. No entanto, na região cervical, os nervos C1-C7 passam acima de suas

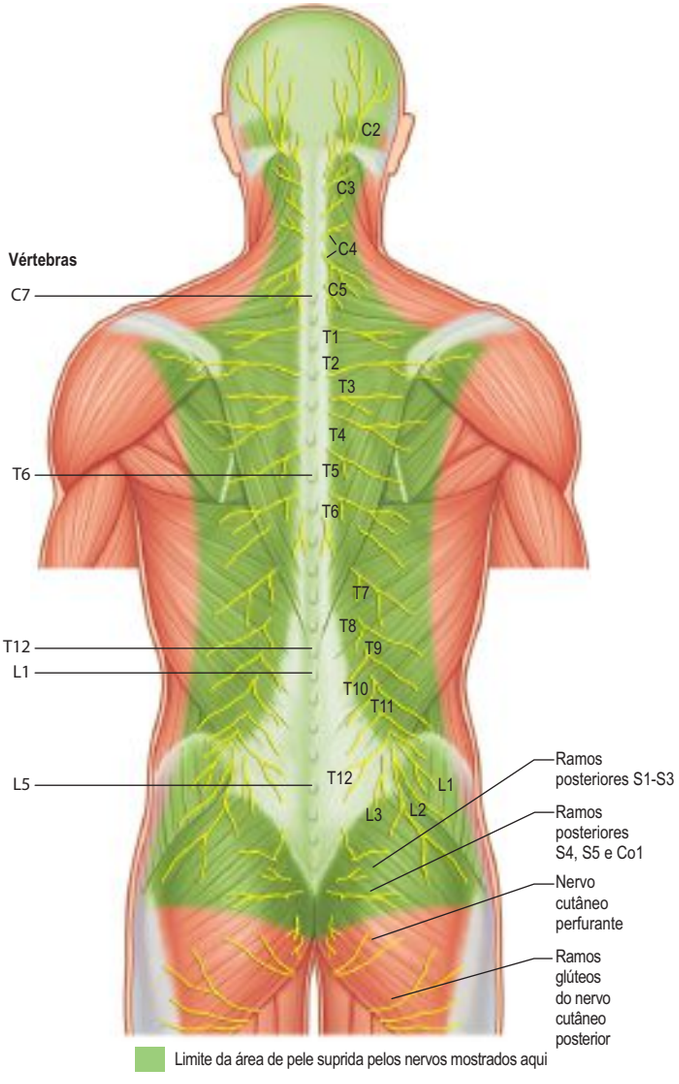


Fig. 43.6 Distribuição cutânea dos ramos posteriores dos nervos espinais. Os nervos são mostrados localizando-se sobre os músculos superficiais. Os nervos estão numerados do lado direito; os processos espinhosos da sétima vértebra cervical, da sexta e da décima segunda vértebras torácicas e da primeira e da quinta vértebras lombares estão marcados do lado esquerdo.

vértebras correspondentes. O nervo C1 deixa o canal vertebral entre o osso occipital e o atlas e, consequentemente, é muitas vezes chamado de nervo suboccipital. O último par de nervos cervicais não tem uma vértebra correspondentemente numerada, e C8 passa entre a sétima vértebra cervical e a primeira vértebra torácica. Cada nervo é contínuo com a medula espinal pelas raízes anterior e posterior; esta última exibe um gânglio sensitivo do nervo espinal.

RAÍZES ESPINAIS E GÂNGLIOS

Raízes anteriores

As raízes anteriores contêm axônios de neurônios na substância cinzenta anterior e lateral. Cada uma emerge como uma série de radículas em duas ou três fileiras irregulares em uma área de aproximadamente 3 mm na largura horizontal.

Raízes posteriores

As raízes posteriores contêm processos centrípetos de neurônios localizados no gânglio sensitivo do nervo espinal. Cada uma consiste em fascículos medial e lateral que divergem em radículas, as quais entram na medula espinal ao longo do sulco posterolateral. As radículas das raízes posteriores adjacentes são frequentemente conectadas por filamentos oblíquos, especialmente nas regiões cervical inferior e lombossacral.

Há pouco conhecimento sobre os detalhes das regiões de entrada e emergência de radículas aferentes e eferentes em humanos, mas estas zonas de transição entre o sistema nervoso central e periférico foram extensivamente descrita em roedores (Fraher 2000) (pág. 63).

Aparência e orientação das raízes em cada nível espinal

O tamanho e a direção das raízes dos nervos espinais varia. As quatro raízes cervicais superiores são pequenas, as quatro inferiores são grandes. As raízes cervicais posteriores possuem espessura de proporção 3:1 em relação às raízes anteriores, o que é maior do que em outras regiões. A primeira raiz posterior é uma exceção, sendo menor que a anterior e ocasionalmente ausente. A visão convencional é que a primeira e a segunda raízes espinais cervicais são curtas, seguindo quase horizontalmente para suas saídas do canal vertebral, e que a partir do terceiro até o oitavo nível cervical as raízes inclinam-se obliquamente para baixo. A obliquidade e o comprimento aumentam sucessivamente, embora a distância entre a fixação espinal e a saída vertebral nunca excedem a altura de uma vértebra. Uma visão alternativa (Kubik & Müntener 1969) afirma que as raízes cervicais superiores descem, a quinta é horizontal, da sexta à oitava ascendem, as primeiras duas raízes torácicas são horizontais, as próximas três ascendem, a sexta é horizontal e o resto desce. Esta visão é baseada na observação de que a parte cervicotorácica da medula espinal cresce mais em comprimento do que outras partes.

As raízes torácicas, exceto a primeira, são pequenas e a raiz posterior excede apenas ligeiramente a raiz anterior em espessura. Elas aumentam sucessivamente em comprimento. Na região torácica inferior, as raízes descem em contato com a medula espinal pelo menos até duas vértebras antes de emergir do canal vertebral.

As raízes lombares inferiores e sacrais superiores são as maiores, e suas radículas são as mais numerosas. As raízes coccígeas são as menores. Kubik & Müntener (1969) confirmam que as raízes lombares, sacrais e coccígeas descem com obliquidade aumentada para suas saídas. A medula espinal termina próximo da borda inferior da primeira vértebra lombar, e então o comprimento das sucessivas raízes aumenta rapidamente: a coleção resultante de raízes é a cauda equina (fig. 43.1 A). As grandes raízes e, portanto, os grandes nervos espinais, são contínuos com as intumescências cervical e lombossacral, e inervam os membros superiores e inferiores.

Gânglio sensitivo do nervo espinal

Os gânglios sensitivos do nervo espinal são grandes grupos de neurônios na raiz posterior. Cada um deles é oval e avermelhado; seu tamanho está relacionado ao de sua raiz. O gânglio é bífido medialmente, de onde os dois fascículos da raiz posterior emergem para entrar na medula espinal. Os gânglios estão usualmente situados no forame intervertebral, imediatamente lateral à perfuração da dura-máter pelas raízes (Fig. 43.1B). No entanto, o primeiro gânglio sensitivo do nervo espinal cervical localiza-se sobre o arco vertebral do atlas, o segundo localiza-se atrás da articulação atlantoaxial lateral, o sacral localiza-se dentro do canal vertebral e o gânglio coccígeo geralmente localiza-se no interior da dura-máter. O primeiro gânglio sensitivo do nervo espinal cervical pode estar ausente. Pequenos gânglios aberrantes às vezes ocorrem nas raízes cervicais superiores entre o gânglio sensitivo do nervo espinal e a medula espinal.

NERVO ESPINAL PROPRIAMENTE DITO

Imediatamente distal ao gânglio sensitivo do nervo espinal, as raízes anterior e posterior unem-se para formar os nervos espinais (Figs. 15.15, 43.5). Elas logo se dividem em ramos anterior e posterior, os quais recebem fibras a partir de ambas as raízes. Em todos os níveis acima do sacral, esta divisão ocorre no interior do forame intervertebral. A divisão dos nervos espinais sacrais ocorre no interior do canal sacral, e os ramos anterior e posterior saem separadamente através dos forames sacrais posterior e anterior em cada nível. Nervos espinais trifurcam em alguns níveis cervicais e torácicos, caso em que o terceiro ramo é chamado de ramo intermédio. Em sua origem ou distal a ela cada ramo anterior dá origem a ramos meníngeos recorrentes (sinovertebral) e recebe um ramo comunicante cinzento do gânglio simpático correspondente. Os ramos anteriores torácicos e o primeiro e o segundo ramos anteriores lombares contribuem com um ramo comunicante branco para o gânglio simpático correspondente. O segundo, terceiro e quarto nervos sacrais também suprem ramos viscerais, sem conexão com o gânglio simpático, o qual conduz um fluxo parassimpático direto aos plexos pélvicos.

Os nervos espinais cervicais aumentam do primeiro ao sexto nervo. O sétimo e o oitavo nervos cervicais e o primeiro nervo torácico são similares em tamanho ao sexto nervo cervical. Os nervos torácicos restantes são relativamente pequenos. Os nervos lombares são grandes, aumentando em tamanho do primeiro ao quinto. O primeiro nervo sacral é o maior nervo espinal, e depois dele os nervos sacrais diminuem em tamanho. Os nervos coccígeos são os menores nervos espinais. O tamanho do nervo espinal e suas estruturas associadas no interior do forame intervertebral não estão em relação direta ao tamanho do forame. Nos níveis lombares, embora L5 seja o maior nervo, seu forame é menor do que os forames de L1-L4, o que torna este nervo particularmente sujeito à compressão.

No canal radicular (raiz) e no forame intervertebral, o nervo espinal está relacionado à artéria espinal daquele nível, seu ramo radicular, e um pequeno plexo de veias. Na extremidade externa do forame o nervo pode localizar-se acima ou abaixo dos ligamentos transforaminais.

Nervos meníngeos

Os nervos meníngeos recorrentes (ou sinovertebrais) (Fig. 43.7) ocorrem em todos os níveis vertebrais. Eles misturam nervos sensitivos e simpáticos, representados por numerosos filamentos finos entre os quais um, ou entre dois e quatro grandes troncos podem ser evidentes. Nos níveis cervicais as raízes autônomas se originam dos ramos comunicantes cinzentos que formam o nervo vertebral (pág. 461). Nos níveis torácicos e lombares, cada nervo é formado por uma raiz somática a partir do ramo anterior e por uma raiz autônoma a partir do ramo comunicante cinzento daquele segmento. Cada nervo prossegue em um curso recorrente através do forame intervertebral, passando anterior ao nervo espinal para entrar no canal vertebral, onde ele se divide em ramos ascendente, descendente e transverso. Estes ramos comunicam-se com os ramos correspondentes a partir dos segmentos acima e abaixo, e a partir do lado oposto, formando arcadas ao longo do assoalho do canal vertebral. Ramos meníngeos das arcadas formam um plexo sobre a face anterior do saco dural e envolvem as raízes nervosas diminuindo lateralmente; a dura-máter paramediana posteriormente é desprovida de terminações nervosas. Ramos esqueléticos são distribuídos ao ligamento longitudinal posterior, ao periósteo dos corpos vertebrais, e aos aspectos posterior e posterolateral dos discos intervertebrais. Ramos vasculares acompanham as veias e artérias do canal vertebral e as dos corpos vertebrais. Os três nervos meníngeos cervicais superiores ascendem através do forame magno na fossa posterior do crânio, onde eles inervam a dura-máter que cobre o clivo. No caminho, eles inervam a articulação atlantoaxial mediana e seus ligamentos.

Componentes funcionais dos nervos espinais

O nervo espinal típico contém fibras eferentes somáticas e fibras aferentes viscerais e somáticas. Alguns nervos espinais (mas não todos) também contêm fibras autônomas pré-ganglionares.

Componentes somáticos

Fibras eferentes somáticas inervam os músculos esqueléticos e são axônios de neurônios α, β e γ na coluna anterior da medula espinal. Fibras aferentes somáticas transportam impulsos no interior do sistema nervoso central a partir de receptores na pele, tecido subcutâneo, músculos, tendões, fáscias e articulações: elas são processos de neurônios pseudounipolares no gânglio sensitivo do nervo espinal.

Componentes viscerais

Fibras simpáticas eferentes viscerais pré-ganglionares são axônios de neurônios na coluna intermediolateral da medula espinal por todo o segmento

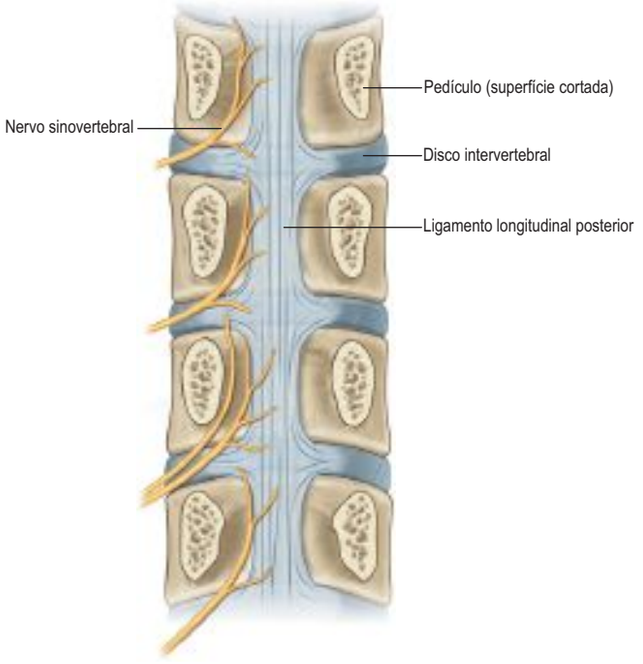


Fig. 43.7 O trajeto e a distribuição esquelética dos nervos sinovertebrais lombares. Cada nervo supre o disco intervertebral em seu nível de entrada no canal vertebral, o disco acima e o ligamento longitudinal posterior interveniente. Em cerca de 1/3 dos casos, os nervos de um nível particular podem ser representados por mais de um filamento.

torácico e nos dois ou três segmentos lombares superiores: eles juntam-se ao tronco simpático por meio dos ramos comunicantes brancos correspondentes e fazem sinapse com os neurônios pós-ganglionares, que são distribuídos para os músculos lisos, miocárdio e glândulas exócrinas. As fibras parassimpáticas eferentes viscerais pré-ganglionares são axônios de neurônios na coluna lateral da medula espinal do segundo ao quarto segmento sacral: elas deixam o ramo anterior dos nervos sacrais correspondentes e fazem sinapse nos gânglios pélvicos. Os axônios pós-ganglionares são distribuídos principalmente para os músculos lisos ou glândulas nas paredes das vísceras pélvicas. As fibras aferentes viscerais possuem corpos celulares no gânglio sensitivo do nervo espinal. Seus processos periféricos passam através dos ramos comunicantes brancos e, sem fazer sinapse, através de um ou mais gânglios simpáticos para terminar nas paredes das vísceras. Algumas fibras aferentes viscerais podem entrar na medula espinal nas raízes anteriores.

Processos centrais de neurônios ganglionares pseudounipolares entram na medula espinal pelas raízes posteriores e fazem sinapse com neurônios eferentes simpáticos ou somáticos, usualmente através de interneurônios, completando vias reflexas. Alternativamente, eles podem fazer sinapse com outros neurônios na substância cinzenta da medula espinal ou tronco encefálico, o que dá origem a uma variedade de tratos ascendentes.

VARIAÇÕES DAS RAÍZES ESPINAIS E NERVOS

O curso das raízes espinais e nervos em relação ao saco dural e os canais vertebral e radicular podem ser aberrantes. Um forame intervertebral individual pode conter uma bainha duplicada, e nervos e raízes que serão, então, ausentes em um nível adjacente. Comunicações anormais entre as raízes podem ocorrer no interior do canal vertebral. Estas anomalias foram descritas e classificadas para a região lombossacral da medula espinal por Neidre & Macnab (1983) (Fig. 43.4).

RAMOS DOS NERVOS ESPINAIS

Ramos anteriores (anterior primário) suprem os membros e o aspecto anterolateral do tronco, e são em geral maiores que os ramos posteriores. Os ramos anteriores torácicos seguem independentes, e mantém uma ampla distribuição segmentar. Os ramos anteriores cervicais, lombares e sacrais conectam-se próximo de suas origens para formar plexos. Os ramos posteriores não se juntam a estes plexos. Os ramos anteriores são descritos na secção regional apropriada.

Os ramos posteriores (posterior primário) dos nervos espinais são geralmente menores do que os ramos anteriores, e estão direcionados posteriormente. Mantendo uma distribuição segmentar, todos, exceto o primeiro cervical, o quarto e quinto sacral e o coccígeo, dividem-se em ramos mediais e laterais que suprem os músculos e a pele das regiões posteriores do pescoço e tronco (Fig. 43.6).

Ramos espinais dorsais cervicais

Cada ramo espinal posterior cervical, exceto o primeiro, divide-se em ramos medial e lateral que inervam os músculos. Em geral, apenas os ramos mediais do segundo ao quarto e, geralmente o quinto, suprem a pele. Com exceção do primeiro e do segundo, cada ramo posterior segue posteriormente em volta de um pilar articular tanto quanto da raiz do processo transverso medial ao músculo intertransversário posterior, o qual ele supre.

Primeiro ramo dorsal cervical (nervo suboccipital)

O primeiro ramo posterior cervical, o nervo suboccipital, é maior do que o anterior (Fig. 42.59). Ele emerge superiormente ao arco posterior do atlas e inferior à artéria vertebral e entra no trígono suboccipital para suprir os músculos reto posterior maior e reto posterior menor da cabeça, os músculos oblíquos superior e inferior da cabeça e o músculo semiespinal da cabeça. Um filamento a partir do ramo para o músculo oblíquo inferior se junta ao segundo ramo posterior. O nervo suboccipital ocasionalmente possui um ramo cutâneo que acompanha a artéria occipital para o couro cabeludo, e conecta-se com os nervos occipitais maior e menor. Ele pode também comunicar-se com o nervo acessório.

Segundo ramo dorsal cervical

O segundo ramo posterior cervical é sutilmente maior do que o ramo anterior e todos os outros ramos posteriores cervicais (Figs. 29.15, 42.59). Ele segue entre a lâmina do áxis e o músculo oblíquo inferior, abaixo do qual ele se divide em um grande ramo medial e um pequeno ramo lateral. O ramo posterior ou seu ramo medial recebem ramos comunicantes a partir do primeiro ramo posterior cervical que passa através e ao redor do músculo oblíquo inferior. Um ramo comunicante descendente cruza a face articular de C2-C3 para chegar ao terceiro ramo posterior cervical.

Nervo occipital maior

O ramo medial chamado de nervo occipital maior passa transversalmente, cruzando o músculo oblíquo inferior profundamente ao músculo semiespinal da cabeça, o qual ele inerva. Próximo da origem do músculo oblíquo inferior, ele se direciona rostralmente ao longo do músculo reto maior posterior da cabeça, onde ele recebe um ramo comunicante a partir do nervo occipital terceiro antes de direcionar-se dorsalmente para perfurar o músculo semiespinal da cabeça. Ele emerge em direção ao escalpo passando acima de uma cinta aponeurótica entre o músculo trapézio e o músculo esternocleidomastóideo próximo de sua fixação occipital. Ele ascende com a artéria occipital, divide-se em ramos que se conectam com os nervos occipital terceiro e occipital menor, que suprem a região posterior da orelha e a pele do escalpo à frente da sutura coronal. O ramo lateral do segundo ramo posterior cervical supre o músculo longuíssimo da cabeça, o músculo semiespinal da cabeça e o músculo esplênio da cabeça, e envia um ramo comunicante para o ramo lateral do terceiro ramo posterior cervical.

Neuralgia do nervo occipital maior

A neuralgia do nervo occipital maior é uma síndrome dolorosa e parestésica sentida na distribuição do nervo occipital maior. A patologia localiza-se no gânglio sensitivo do nervo espinal na raiz posterior. Uma síndrome similar pode ser causada por artrite das faces articulares superiores das vértebras envolvendo a segunda raiz cervical.

Terceiro ramo dorsal cervical

O terceiro ramo posterior cervical é intermediário em tamanho entre o segundo e o quarto. Ele segue posteriormente em volta do pilar articular da terceira vértebra cervical, medial ao músculo intertransversário posterior e divide-se em ramos medial e lateral. O ramo lateral segue posteriormente, cruzando a superfície do músculo semiespinal da cabeça para supri-lo, como também aos músculos longuíssimo da cabeça e esplênio da cabeça sobrejacentes. Ele recebe um ramo comunicante do ramo lateral do segundo ramo posterior cervical, e envia um ramo similar para o ramo lateral do quarto ramo posterior cervical. O ramo medial profundo curva-se posteriormente e medialmente ao redor da cintura do pilar articular antes de terminar nos músculos multífidos. Ele envia um ramo articular para a face articular de C3-C4, e pode também enviar um ramo para o músculo semiespinal da cabeça. O ramo superficial medial, o nervo occipital terceiro, curva-se ao redor das superfícies lateral e posterior das faces articulares de C2-C3, as quais ele supre. Ele continua transversalmente, profundo ao músculo semiespinal, o qual ele supre, e envia um ramo comunicante para o nervo occipital maior. Logo acima do segundo processo espinhoso

cervical, o nervo occipital terceiro circunda posteriormente para perfurar o músculo semiespinal da cabeça e o músculo trapézio, e tornar-se cutâneo sobre uma pequena área imediatamente abaixo da linha nucal superior. Ramos comunicantes juntam-se aos ramos cutâneos dos nervos occipital maior e menor.

Ramos dorsais dos cinco nervos cervicais inferiores

Os ramos posteriores dos cinco nervos cervicais inferiores curvam-se posteriormente ao redor dos pilares articulares vertebrais e dividem-se em ramos lateral e medial. Os ramos laterais suprem o músculo longuíssimo do pescoço, o músculo esplênio do pescoço e o músculo iliocostal do pescoço. Os ramos mediais curvam-se ao redor das superfícies lateral e posterior dos pilares articulares de seus segmentos, profundamente ao músculo semiespinal da cabeça. Eles enviam ramos articulares para as faces articulares acima e abaixo de seu curso antes de entrar e suprir os músculos multífidos. Ramos terminais chegam aos músculos interespinais de cada segmento. Ramos cutâneos se originam consistentemente a partir do sétimo ramo medial. Estes ramos passam sobre os músculos multífidos ou através do músculo semiespinal do pescoço e o contornam posteriormente ao redor da margem medial do músculo semiespinal da cabeça, para perfurar o músculo esplênio do pescoço e o músculo trapézio e chegar à pele.

Ramos espinais dorsais torácicos

Em cada nível segmentar, os ramos posteriores torácicos seguem dorsalmente através de uma abertura limitada superior e inferiormente pelo processo transverso, medialmente pela face articular e lateralmente pelo ligamento costotransversário superior. Daí, cada ramo posterior segue um curso prolongado lateralmente, entre a lamela anterior do ligamento costotransversário superior anteriormente e o ligamento costolamelar e a lamela posterior do ligamento costotransversário superior posteriormente. Nesse espaço estreito, o ramo posterior divide-se em ramos lateral e medial. Os ramos laterais continuam lateralmente até a articulação costotransversária, acima da qual ele contorna posterior e inferiormente para suprir os músculos levantadores das costelas e entrar nos músculos longuíssimo do tórax e iliocostais. Os ramos laterais a partir dos seis ramos posteriores torácicos superiores permanecem intramusculares. Aqueles a partir dos seis níveis inferiores emergem do músculo iliocostal do lombo para perfurar o músculo serrátil posterior inferior e o músculo latíssimo do dorso na linha com os ângulos das costelas. Eles descem cruzando aproximadamente quatro costelas antes de tornarem-se superficiais. O décimo segundo ramo lateral torácico envia um filamento medialmente ao longo da crista ilíaca, passando então para a pele da região glútea anterior. Alguns ramos laterais torácicos superiores podem tornar-se cutâneos.

Cada ramo medial envolve-se posteriormente ao redor da margem lateral da lamela posterior do ligamento costotransversário superior, situado a uma distância variável acima da ponta do processo transverso. Do primeiro ao quarto, e no nono e décimo níveis torácicos, o ramo medial atravessa a extremidade superior do processo para contornar inferior e medialmente, passando pela face posterior do processo transverso, e situando-se entre os locais de fixação dos músculos multífidos medialmente e o músculo semiespinal lateralmente. Cada nervo continua este curso oblíquo para suprir os músculos multífidos e semiespinal. Do quinto ao oitavo níveis torácicos, o ramo medial assume um curso paralelo ao de outros níveis, mas não chega ao processo transverso, e em vez disso, passa superior e posterior ao plano dos processos transversos. No décimo primeiro e décimo segundo níveis, em consonância com o processo transverso relativamente curto destes níveis, os ramos mediais seguem próximos ao processo articular superior. Cada ramo medial supre ramos articulares para as faces articulares acima e abaixo de seu curso. Ramos mediais dos seis ramos posteriores torácicos superiores fornecem ramos cutâneos que perfuram os músculos trapézio e romboides para chegar à pele próxima dos processos espinhosos. Alguns ramos cutâneos podem, ocasionalmente, se originar dos ramos mediais dos seis ramos posteriores torácicos inferiores.

Ramos espinais dorsais lombares

Após deixar seu nervo espinal, cada um dos ramos posteriores lombares do primeiro ao quarto passa através de uma abertura na lâmina dorsal do ligamento intertransversário logo acima de um processo transverso (Fig. 43.8). Cada ramo dorsal supre o músculo intertransversário medial sobrejacente antes de se dividir em ramos lateral e medial. Os ramos laterais suprem os músculos longuíssimo e iliocostal, componentes do músculo eretor da espinha. Os três ramos lombares laterais superiores emergem da margem lateral do músculo iliocostal do lombo e perfuram a aponeurose do músculo latíssimo do dorso para tornar-se cutâneo. Eles cruzam a crista ilíaca para chegar à pele da região glútea, e alguns chegam até o nível do trocanter maior. Ramos mediais cruzam a junção do processo articular superior e o processo transverso e se enrolam medialmente entre os processos mamilar e acessório, profundamente ao ligamento mamilo-acessório. Medial ao ligamento, cada ramo medial envia ramos articulares para as faces articulares acima e abaixo de seu curso, antes de entrar nos músculos multífidos, os quais ele supre. Ramos terminais chegam aos interespinais a cada segmento.

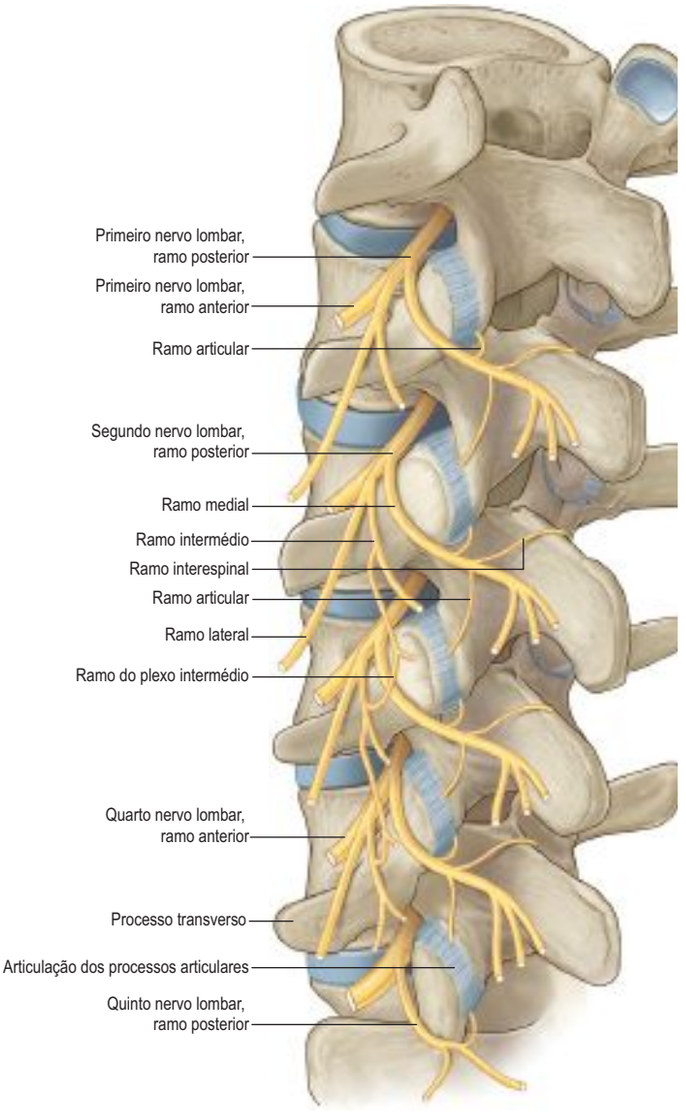


Fig. 43.8 Vista posterolateral esquerda da região lombar mostrando os ramos do ramo lombar posterior.

O quinto ramo dorsal possui um curso mais longo do que os outros ramos dorsais. Ele arqueia-se sobre a asa do sacro, localizando-se contra a raiz do primeiro processo articular superior do sacro. Em frente à base da articulação lombossacral ele envia um ramo na direção das fibras mais inferiores do músculo longuíssimo do tórax, e um ramo comunicante para o primeiro ramo dorsal sacral, antes de terminar como o ramo medial que envolve-se ao redor da articulação lombossacral para terminar nos músculos multífidos.

Ramos espinais dorsais sacrais

Os ramos dorsais sacrais são pequenos, diminuindo em tamanho inferiormente, e com exceção do quinto todos emergem dos forames sacrais dorsais. Os três superiores são recobertos em sua saída pelos músculos multífidos, e dividem-se em ramos mediais e laterais. Os ramos mediais são pequenos e terminam nos músculos multífidos. Os ramos laterais se juntam também aos ramos dos últimos quatro ramos dorsais sacrais para formar alças dorsais ao sacro. Os ramos destas alças seguem dorsais ao ligamento sacrotuberal e formam uma segunda série de alças abaixo do músculo glúteo máximo. A partir destes, dois ou três ramos glúteos perfuram o músculo glúteo máximo (ao longo de uma linha da espinha ilíaca posterossuperior ao ápice do cóccix) para suprir a pele da região glútea posterior.

Os ramos dorsais do quarto e quinto nervos sacrais são pequenos e localizam-se caudais aos músculos multífidos. Eles se unem um com o outro e com o ramo dorsal coccígeo formam alças dorsais ao sacro: filamentos a partir delas suprem a pele sobre o cóccix.

Ramo espinal dorsal coccígeo

O ramo espinal dorsal coccígeo não se divide em ramos medial e lateral. Ele comunica-se com o quarto e quinto ramos dorsais sacrais para suprir a pele sobre o cóccix.

SUPRIMENTO VASCULAR DA MEDULA ESPINAL, RAÍZES E NERVOS

ARTÉRIAS

A medula espinal, suas raízes e nervos são supridas com sangue dos vasos longitudinais e segmentares (Fig. 43.9). Três vasos longitudinais principais, uma artéria espinal anterior ímpar e duas artérias espinais posteriores (cada uma delas é algumas vezes duplicada ao passar em ambos os lados das radículas posteriores), originam-se no interior do crânio a partir da artéria vertebral e terminam em um plexo ao redor do cone medular. A artéria espinal anterior forma-se a partir dos ramos espinais anteriores fundidos da artéria vertebral, e desce na fissura mediana anterior da medula espinal. Cada artéria espinal posterior se origina diretamente da artéria vertebral ipsilateral ou de seu ramo cerebelar inferior posterior, e desce no sulco posterolateral da medula espinal. As artérias segmentares são derivadas numa sequência craniocaudal dos ramos espinais das artérias vertebral, cervical profunda, intercostal e lombar. Estes vasos entram no canal vertebral através do forame intervertebral e se anastomosam com ramos dos vasos longitudinais para formar um plexo pial na superfície da medula espinal. As artérias medulares segmentares enviam ramos radiculares anterior e posterior para a medula espinal ao longo das raízes posteriores e anteriores. A maior parte das artérias radiculares anteriores é pequena, e termina nas raízes nervosas anteriores ou no plexo pial da medula espinal. As pequenas artérias radiculares posteriores também suprem o gânglio sensitivo do nervo espinal: ramos entram em ambos os polos ganglionares para ser distribuídos ao redor das células ganglionares e fibras nervosas (ver também Crock 1996).

Artérias segmentares medulares nutrícias

Algumas artérias radiculares principalmente as situadas na região cervical inferior, torácica inferior e lombar superior, são grandes o bastante para chegar à fissura mediana anterior, onde elas se dividem em delgados ramos ascendentes e grandes ramos descendentes. Estas são as artérias medulares anteriores nutrícias (Dommisse 1975). Elas se anastomosam com as artérias espinais anteriores para formar um único ou parcialmente duplo vaso de calibre desigual ao longo da fissura mediana anterior. Uma artéria medular anterior nutrícia maior, a artéria radicular anterior (artéria de Adamkiewicz) varia em nível, se originando a partir de um ramo espinal de uma das artérias intercostais posteriores (T9-T11) ou da artéria subcostal (T12) ou, menos frequentemente, das artérias lombares superiores (L1 e L2). Na maioria das vezes ela origina-se de ambos os lados (Carmichael & Gloviczki 1999). Chegando à medula espinal, ela envia um ramo para a artéria espinal anterior abaixo e outro para anastomosar com o ramo da artéria espinal posterior que se localiza anterior à raiz posterior. Ela pode ser o principal suprimento para os dois terços inferiores da medula espinal. Ramos centrais da artéria espinal anterior entram na fissura mediana anterior, e então curvam-se à direita ou à esquerda para suprir a coluna anterior, a base da coluna posterior incluindo os núcleos dorsais e a substância branca adjacente (Fig. 43.9).

Cada artéria espinal posterior contribui para um par de canais anastomóticos longitudinais, anterior e posterior às raízes espinais posteriores. Estes são reforçados pelas artérias medulares posteriores nutrícias das artérias radiculares posteriores. As últimas são variáveis em número e tamanho, porém menores, mais numerosas e mais uniformemente distribuídas do que as artérias medulares anteriores nutrícias. O canal anterior está unido por um ramo do ramo descendente da artéria radicular anterior. Em todas as artérias espinais longitudinais a largura do lúmen é desigual, e interrupções completas podem ocorrer. No cone medular elas se comunicam por alças anastomóticas. Anastomoses, exceto aquelas entre os ramos arteriais piais ou espinais periféricos, podem ser importantes, por exemplo, uma série espinal posterior de anastomoses entre os ramos das divisões dorsais das artérias segmentares próximas aos processos espinhosos.

Artérias intramedulares

Os ramos centrais da artéria espinal anterior suprem cerca de dois terços da área seccional transversa da medula espinal. O restante da substância branca e cinzenta posterior, bem como partes periféricas dos funículos anterior e lateral são supridos por numerosos pequenos vasos radiais, ramos da artéria espinal posterior e do plexo pial. Em um estudo microangiográfico da região cervical da medula espinal humana, até seis artérias espinais radiculares anteriores e oito posteriores foram descritas, e até oito ramos centrais surgiram de cada centímetro da artéria espinal anterior (Turnbull *et al.*,1966).

Isquemia da medula espinal

A medula espinal não pode contar inteiramente com as artérias longitudinais para o seu suprimento sanguíneo transversal nem longitudinal. A artéria longitudinal anterior e as artérias intramedulares são artérias terminais funcionais, embora a sobreposição dos territórios de irrigação tenha sido descrita. Lesões na artéria longitudinal anterior podem resultar em perda da função dos dois terços anteriores da medula espinal. As artérias longitudinais não podem suprir todo o comprimento da medula espinal, e a entrada dos vasos nutrícios medulares segmentares é essencial. Isto é especialmente verdadeiro para a artéria radicular anterior, que pode realmente conduzir o suprimento sanguíneo principal para a região inferior da medula espinal. A região mediotorácica da medula espinal, distante das artérias medulares anteriores nutrícias principais, está particularmente sujeita a tornar-se isquêmica após períodos de hipotensão.

VEIAS

A drenagem venosa da medula espinal (Fig. 43.11) segue um padrão similar ao do suprimento arterial (Gillilan 1970). Veias intramedulares no interior da substância da medula espinal drenam no interior de um plexo superficial de veias, o plexo coronal. Há seis canais longitudinais tortuosos no interior deste plexo, um em cada lado do sulco mediano posterior e da fissura mediana anterior, e quatro outros que seguem em ambos os lados das raízes nervosas. Apenas a veia mediana anterior, que drena a substância cinzenta central, é consistentemente completa. Estas veias conectam-se livremente e drenam superiormente no interior das veias cerebelares e seios venosos, e de maneira segmentar principalmente no interior das veias medulares. As veias segmentares drenam no interior das veias intervertebrais, e daí para o interior do plexo venoso vertebral externo no sistema da veia ázigos e da veia cava.

Veias segmentares

As veias medulares anterior e posterior seguem ao longo de algumas das raízes anteriores e posteriores. Elas são maiores do que as veias radiculares, e drenam a medula espinal, mas não as raízes em si. Assim como as artérias medulares nutrícias, elas são maiores na região cervical e na região lombar da medula espinal, mas não ocorrem necessariamente nos mesmos segmentos que as artérias medulares nutrícias. As grandes veias medulares anterior e posterior podem se originar nos segmentos torácico inferior ou lombar superior da medula espinal. Existem entre oito a catorze veias medulares anteriores; as veias medulares posteriores são mais numerosas.

Muitas pequenas veias radiculares anteriores e posteriores ocorrem na maioria dos segmentos espinais, acompanhando e drenando as raízes anteriores e posteriores e um pouco da medula espinal em pontos de entrada e saída das radículas: elas usualmente drenam para o interior das veias intervertebrais.

OS EFEITOS DA LESÃO

LESÕES DA MEDULA Espinal E DA COLUNA VERTEBRAL

Na avaliação de um paciente com lesão espinal e lesão neurológica, é importante lembrar que o nível da lesão medular e radicular não será coincidente com a lesão óssea da coluna vertebral.

Na estimativa dos níveis vertebrais dos segmentos espinais no adulto, uma aproximação útil é aquela na qual a região cervical no topo de um processo espinhoso vertebral corresponde ao segmento espinal que o sucede (pl ex., o sexto processo espinhoso cervical está diante do sétimo segmento espinal); nos níveis torácicos o topo de um processo espinhoso corresponde aos dois segmentos espinais inferiores da medula espinal (p. ex., o quarto processo espinhoso está nivelado ao sexto segmento espinal), e na região torácica inferior há uma diferença de três segmentos (p. ex., o décimo processo espinhoso está nivelado com o primeiro segmento lombar da medula espinal). O décimo primeiro processo espinhoso localiza-se sobre o terceiro segmento lombar e o décimo segundo está diante do primeiro segmento sacral. Tomando-se esta estimativa por palpação dos processos espinhosos das vértebras, a relação dos processos individuais com seus corpos vertebrais deve ser lembrada (pág. 745).

A secção completa acima do quarto segmento cervical causa falência respiratória por causa da perda da atividade dos nervos frênico e intercostais. Lesões entre C5 e T1 paralisam os quatros membros (quadriplegia), e

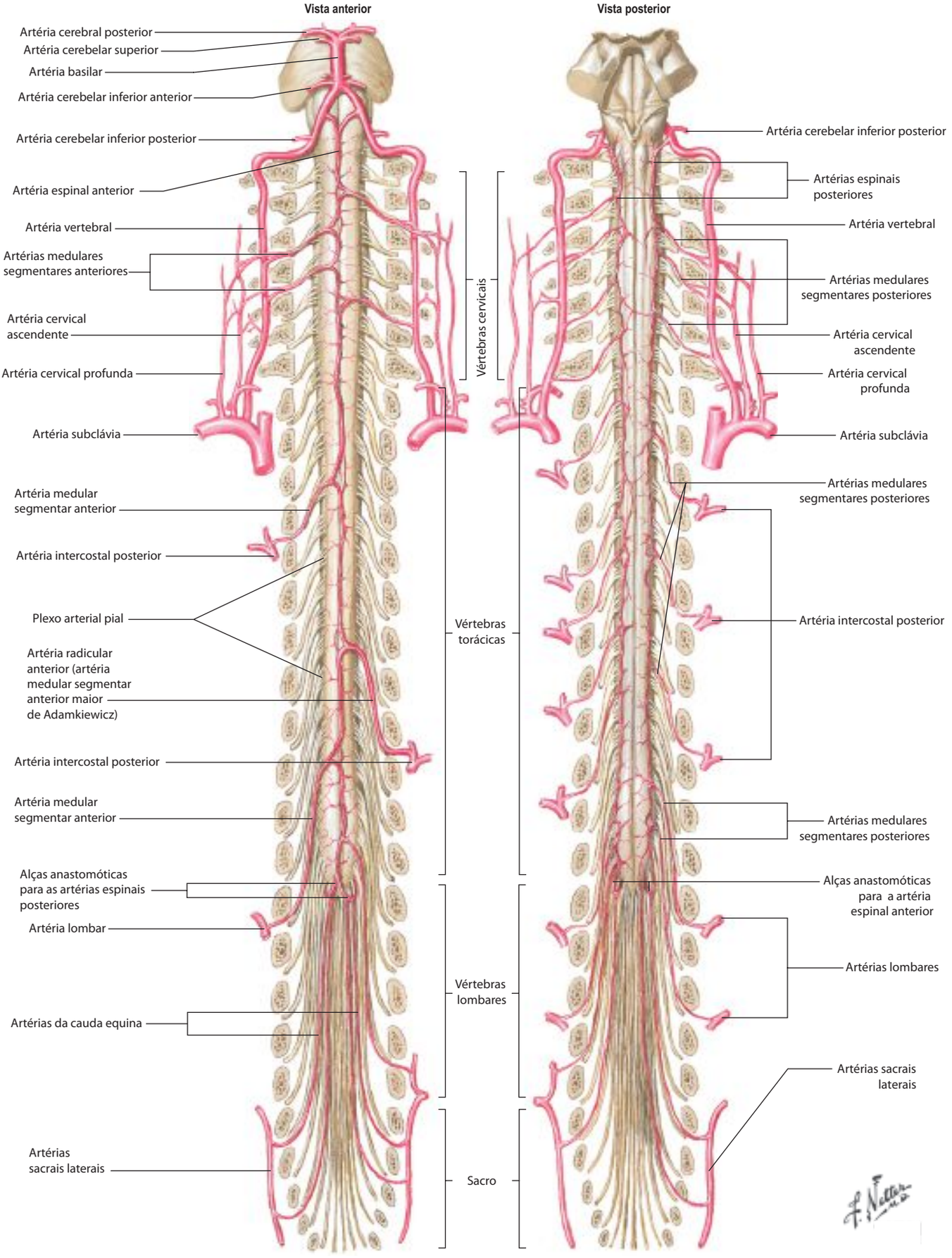


Fig. 43.9 Artérias da medula espinal. (Reimpressão de Netter Anatomy Illustration Collection, © Elsevier Inc. Todos os direitos reservados.)

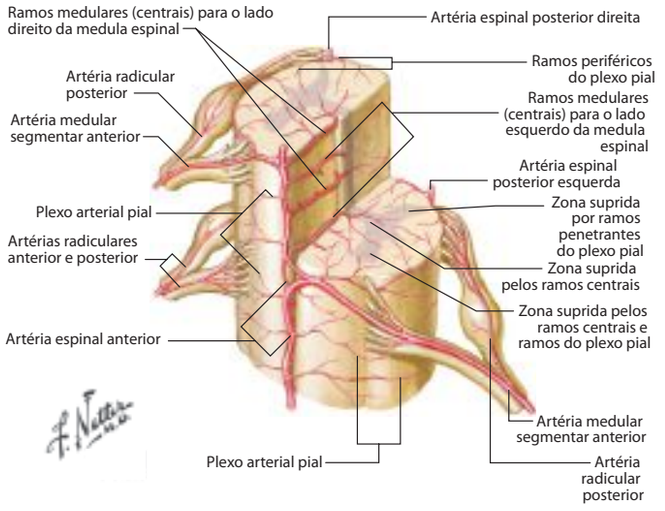


Fig. 43.10 Disposição arterial no interior da medula espinal. (Reimpressão de Netter Anatomy Illustration Collection, © Elsevier Inc. Todos os direitos reservados.)

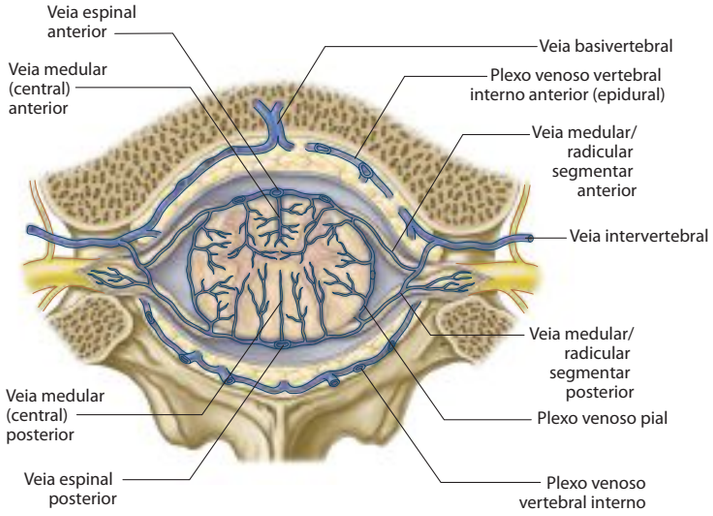


Fig. 43.11 Disposição venosa no interior da medula espinal.

os efeitos nos membros superiores variam com o local da lesão: no quinto segmento cervical a paralisia é completa; no sexto segmento, cada braço é posicionado em abdução e rotação lateral, com o cotovelo fletido e o antebraço supinado, devido à não resistência dos músculos deltoide, supraespinal, romboide e flexores do braço (todos supridos pelo quinto nervo espinal cervical). Em lesões cervicais inferiores a paralisia do membro superior é menos acentuada. Lesões do primeiro segmento torácico paralisam pequenos músculos da mão e lesam o fluxo simpático para a cabeça e pescoço, resultando em contração da pupila, queda do bulbo do olho, estreitamento da rima das pálpebras e perda da produção de suor na face e pescoço (síndrome de Horner). No entanto, a sensibilidade é mantida em áreas inervadas por segmentos acima da lesão, assim a sensibilidade cutânea é mantida no pescoço e tórax abaixo do segundo espaço intercostal porque esta área é inervada pelos nervos claviculares (C3 e C4). Nos níveis torácicos, a secção da medula paralisa o tronco abaixo do nível segmentar da lesão e ambos os membros inferiores (paraplegia). O primeiro segmento neural sacral está aproximadamente nivelado com a junção vertebral toracolombar: lesões que comumente ocorrem aqui paralisam a bexiga urinária, o reto e os músculos supridos pelos segmentos sacrais, e a sensibilidade cutânea é perdida no períneo, nádegas, região posterior das coxas, pernas e planta dos pés. As raízes dos nervos lombares que descem para se juntar à cauda equina podem ser lesadas neste nível, causando completa paralisia de ambos os membros inferiores. Lesões abaixo da primeira vértebra lombar podem seccionar ou lesar a cauda equina, mas graves danos nervosos são incomuns e estão geralmente restritos às raízes espinais no nível do trauma. Sintomas neurológicos podem também ocorrer como resultado da interferência com o suprimento sanguíneo espinal, particularmente nos segmentos torácicos inferiores e lombares superiores.

Lesões da medula espinal sem anormalidades radiológicas

A medula espinal pode ser lesada sem evidências radiológicas de injúrias esqueléticas em algumas lesões da coluna vertebral. Isto é particularmente passível de ocorrer se o canal vertebral é anormalmente estreito, geralmente por mudanças osteoartríticas. Em pacientes idosos, além disso, pode-se verificar doença arterial oclusiva, comprometendo diretamente o suprimento sanguíneo já precário para a medula espinal. Este tipo de lesão não raramente ocorre em lesões de hiperextensão da região cervical da medula nesta faixa etária. A causa da lesão pode ser a injúria direta do tecido nervoso por osteófitos ou por um ligamento amarelo dobrado a seu redor, ou lesão direta ou indireta da vasculatura da medula espinal. Para lesões espinais cervicais, várias síndromes medulares podem ser descritas, relatando o quadro clínico da anatomia da lesão neurológica no interior da lesão. A mais comum delas é a síndrome central da medula, que usualmente resulta de uma lesão de hiperextensão para uma osteoartrite do pescoço, na qual a principal lesão está na substância cinzenta central. Isto resulta em maior perda motora nos membros superiores do que nos inferiores, com perda sensitiva variável. Na síndrome anterior da medula, que pode ocorrer em lesões de flexão-compressão do pescoço, a lesão ocorre na área de suprimento da artéria espinal anterior, poupando as colunas posteriores: a perda motora é, de modo geral, proporcionalmente maior nos membros inferiores do que nos superiores, enquanto a perda sensitiva é o menor dos problemas.

LESÕES DAS RAÍZES Espinais, NERVOS E GÂNGLIOS

Raízes espinais, nervos e gânglios podem ser lesados nos canais vertebral e radicular e nos forames intervertebrais. Neurofibromas podem ocorrer nas raízes e nervos nos canais radiculares. Ao se expandir, estes tumores tomam forma de ampulheta, com ambos os componentes, tanto intra quanto extraespinais, em continuidade: o quadro clínico pode, deste modo, incluir características paradoxais como o crescimento de lesões assimétricas ocupando o espaço. A compressão radicular geralmente apresenta-se com dor aguda, que pode ser severa. A dor, parestesia e adormecimento ocorrem em uma distribuição de dermátomos, e pode ser difícil demonstrar a perda sensitiva no tronco por causa da sobreposição dos dermátomos. Lesões severas de tração dos membros superiores podem causar avulsão das raízes espinais da medula na região cervical.

As bases anatômicas para a dor de origem espinal

No diagnóstico e descrição da dor de origem espinal é particularmente importante distinguir entre dor radicular e dor referida somática.

A dor radicular é causada por desordens que afetam um nervo espinal ou seu gânglio sensitivo. Este tipo de dor é caracteristicamente radiado, ao longo de uma faixa estreita, na área dos membros (ou parede do tronco) que o nervo espinal supre, e é tipicamente (embora nem sempre) lancinante em qualidade, como um choque elétrico.

A dor referida é a dor sentida na distribuição de um nervo que não é aquele que inerva a fonte da dor. Geralmente, estes nervos são derivados do mesmo segmento da medula espinal. A dor referida é sentida profundamente, é geralmente contínua e é sentida em uma vasta área; embora ela possa irradiar para um membro (ou ao redor da parede do tronco), ela é geralmente constante em termos de local. Pacientes podem encontrar dificuldade para definir os limites externos desta dor, mas eles podem identificar claramente o centro desta distribuição. A dor referida pode ser subdividida em dor referida somática e dor referida visceral, de acordo com sua origem. A dor referida visceral é causada por desordens nas vísceras. Em alguns casos, a referência pode ser muito afastada da víscera, como na dor cardíaca que se irradia ao pescoço. A dor referida somática é causada por desordens de músculos e estruturas esqueléticas. Exemplos incluem dor espinal lombar referida à região glútea, coxa ou perna; dor espinal cervical referida ao cíngulo do membro superior; e dor espinal cervical ou torácica referida à parede torácica, onde a mesma pode imitar a dor cardíaca. Com frequência, a fonte da dor referida somática não pode ser determinada por exame clínico, e requer testes invasivos para localizar com precisão seu local.

LESÕES DO CONE MEDULAR E DA CAUDA EQUINA

Lesões do cone medular e da cauda equina, por exemplo, tumores, causam déficit bilateral, frequentemente com dor no dorso estendendo-se para os segmentos sacrais e para as pernas. A perda de função da bexiga urinária e

da função erétil pode ser característica tardia. Existem sinais neuronais motores inferiores nas pernas com fasciculação e atrofia muscular. A perda sensitiva geralmente envolve o períneo ou "área da sela", bem como outros dermátomos lombares e sacrais. Podem existir anormalidades congênitas, por exemplo, espinha bífida, lipomas ou diastematomielia, e o cone medular pode estender-se abaixo da margem inferior de L1, frequentemente com um filamento terminal preso. Lesões extramedulares incluem o prolapso dos discos intervertebrais. Uma protrusão discal na linha mediana (central) na região lombar pode apresentar-se apenas com o envolvimento dos segmentos sacrais.

PROCEDIMENTOS CLÍNICOS

ACESSO AO LÍQUIDO CEREBROSPINAL

O acesso mais seguro ao líquido cerebroespinal (LCS) consiste em entrar na cisterna lombar do espaço subaracnóideo na linha mediana, bem abaixo do nível no qual a medula espinal normalmente termina (ver anteriormente). É improvável que a agulha fina empregada lese as raízes nervosas móveis da cauda equina. Este procedimento é chamado punção lombar. Isto é também possível acessando-se o LCS pela punção na linha mediana da cisterna cerebelobulbar posterior (cisterna magna) (Cap. 16): esta é a punção cisternal.

Punção lombar: adulto

A punção lombar no adulto pode ser realizada com o paciente sentado ou deitado em decúbito lateral sobre uma superfície plana firme. Em cada posição, a região lombar da coluna vertebral deve estar fletida tanto quanto possível, para separar os processos espinhosos o máximo possível e expor o ligamento amarelo na janela interlaminar (Fig. 43.12). Uma linha é então obtida entre os pontos mais altos da crista ilíaca: esta linha atravessa a coluna vertebral logo acima do processo espinhoso palpável de L4. Com os processos espinhosos agora identificados, a pele é anestesiada e uma agulha é inserida entre os processos espinhosos de L3 e L4 (ou L4 e L5).

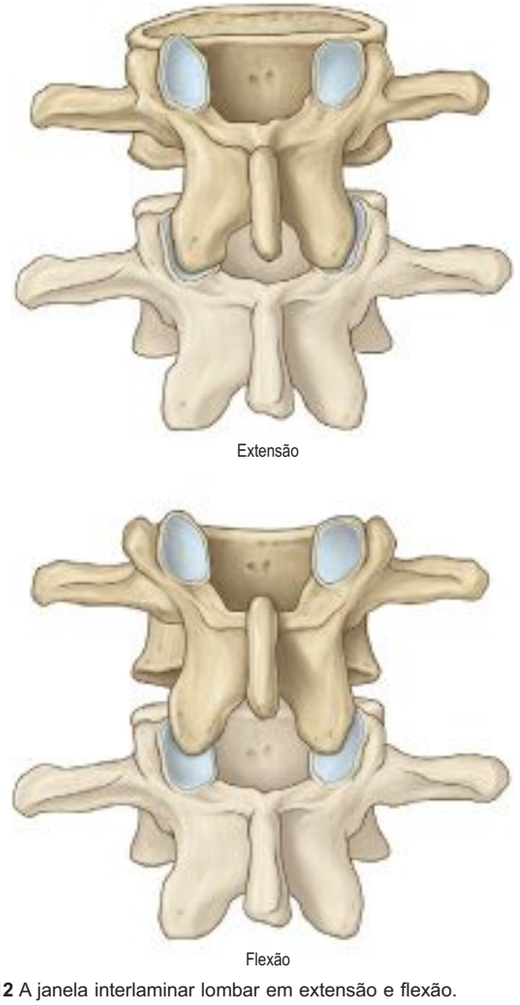


Fig. 43.12 A janela interlaminar lombar em extensão e flexão.

A identificação exata do nível pela palpação é difícil (Broadbent *et al.*, 2000). Os tecidos moles que a agulha por fim atravessará devem também ser anestesiados, embora deva-se ter cuidado para que não haja a injeção de quantidades excessivas de anestésico local, comprometendo a avaliação das estruturas a serem atravessadas. Estas estruturas incluem o tecido adiposo subcutâneo, os ligamentos supraespinal e interespinal até o ligamento amarelo propriamente dito. A agulha de punção lombar pode então ser inserida na linha mediana ou logo lateral a ela, e angulada nos planos horizontal e sagital suficientemente para perfurar o ligamento amarelo na linha mediana, ou muito próximo dela. Existe então uma leve perda de resistência enquanto a agulha entra no espaço extradural, cuidadosamente avança na próxima perfuração da dura-máter e aracnoide-máter para a liberação do LCS.

Punção lombar: neonato e criança

Às quarenta semanas de vida, a medula espinal geralmente termina um pouco inferior ao nível do adulto, e às vezes chega ao corpo de L3. O plano supracristal atravessa a coluna vertebral levemente acima (L3-L4). No segundo mês após o nascimento o nível de terminação da medula espinal geralmente atinge sua posição permanente, nivelado com o corpo da primeira vértebra lombar. A extremidade inferior do espaço subaracnóideo na coluna vertebral é encontrada nos níveis da primeira ou segunda vértebras sacrais. Estas diferenças devem ser lembradas quando identificamos os pontos de referência antes de empreender uma punção lombar no neonato ou na criança.

A punção lombar é realizada colocando o bebê numa posição deitada ou "sentada" o que dá máxima convexidade à curvatura da região lombar da coluna. Uma agulha com trocater é inserida no dorso entre os processos espinhosos da terceira e quarta vértebras lombares e no interior do espaço subaracnóideo, abaixo do nível do cone medular. O espaço entre L3 e L4 está aproximadamente nivelado com as cristas ilíacas e é habitual inserir a agulha e o trocater no espaço intervertebral imediatamente acima ou abaixo da crista ilíaca.

Punção cisternal

Na punção cisternal, a cisterna cerebelobulbar posterior (cisterna magna) (Cap.16) é penetrada pela perfuração na linha mediana através da membrana atlantoccipital posterior. Detalhes adicionais desta difícil técnica especial estão além do escopo deste livro.

ACESSO AO ESPAÇO EXTRADURAL

O espaço extradural localiza-se entre a dura-máter espinal e a parede do canal vertebral. Ele contém tecido adiposo extradural e um plexo venoso. O acesso a este espaço, geralmente na região lombar, é necessário para a administração de anestésicos e drogas analgésicas e para endoscopia. O trajeto caudal é usado principalmente para injeções analgésicas.

Espaço extradural torácico e cervical

É possível acessar o espaço epidural nos níveis torácico e cervical, mas as técnicas especiais necessárias estão fora do escopo deste livro. Os princípios são os mesmos que para o espaço extradural lombar, porém a anatomia especial dos processos espinhosos dos outros níveis requer que o ângulo de acesso seja modificado.

Espaço extradural lombar

Para acessar o espaço extradural lombar, a abordagem é por punção lombar. A intenção na injeção extradural é evitar a perfuração da dura-máter, por isso é melhor entrar no espaço extradural na linha mediana posteriormente, onde a profundidade do espaço é maior. As técnicas para entrar no espaço extradural dependem da avaliação da perda de resistência à injeção do meio escolhido (geralmente ar ou salino) enquanto o espaço é acessado. Esta perda de resistência resulta do fato de que a pressão no espaço extradural é subatmosférica. Existe muito pouca distância entre o ligamento amarelo e a dura-máter subjacente de cada lado do plano mediano.

Espaço extradural caudal

A rota de acesso para o espaço extradural caudal se dá por meio do hiato sacral. O espaço é, portanto, acessado abaixo do nível da terminação do saco dural, isto é, o espaço subaracnóideo e seu conteúdo de líquido cerebrospinal, que geralmente se estende até o nível do segundo segmento sacral. Às vezes o saco dural termina tão alto quanto a quinta vértebra lombar, e muito raramente ele pode estender-se à terceira parte do sacro,

Fig. 43.13 Palpação do corno sacral para injeção epidural.

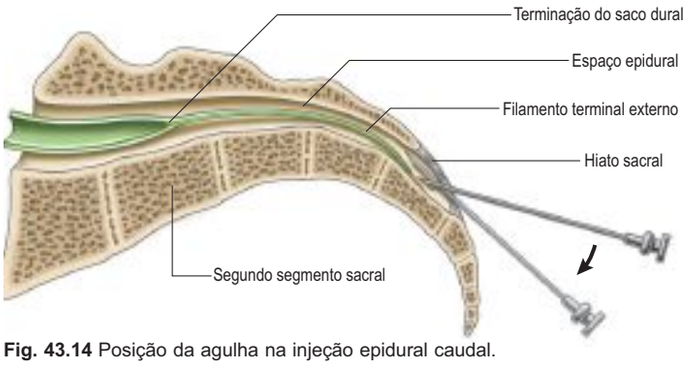


Fig. 43.14 Posição da agulha na injeção epidural caudal.

caso em que é às vezes possível entrar no espaço subaracnóideo inadvertidamente durante o curso de um bloqueio de nervos sacrais.

Com o paciente em posição lateral ou colocado em posição prona sobre um travesseiro pélvico, o hiato sacral é identificado pela palpação dos cornos sacrais (Fig. 43.13). Estes cornos são sentidos na extremidade superior da fenda interglútea aproximadamente 5 cm acima do topo do cóccix. Alternativamente, o hiato sacral pode ser identificado pela construção de um triângulo equilátero baseado em uma linha juntando as espinhas ilíacas posterossuperiores: o ápice inferior deste triângulo localiza-se sobre o hiato. Após a infiltração do anestésico local, uma agulha é introduzida a 45 graus na pele, penetra o ligamento sacrococcígeo posterior e entra no canal sacral. Logo que se acessa o canal, o centro da agulha é baixado até que a agulha possa passar ao longo do canal (Figs. 43.2, 43.14). Se a agulha é angulada muito obliquamente irá bater no osso; se ela estiver localizada muito superficialmente ela irá localizar-se fora do canal. Este mau posicionamento pode ser confirmado pela injeção cuidadosa de ar enquanto palpa-se a pele sobre a região inferior do sacro.

REFERÊNCIAS

Barson AJ, Sands J 1977 Regional and segmental characteristics of the human adult spinal cord. J Anat 123: 797–803.

Bogduk N 2005 Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum, 4th edn. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.

Broadbent CR, Maxwell WE, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R 2000 Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. Anaesthesia 55: 1122–6.

Carmichael SW, Gloviczki P 1999 Anatomy of the blood supply to the spinal cord: the artery of Adamkiewicz revisited. Perspect Vasc Surg 12: 113–22.

Crock HV 1996 An Atlas of Vascular Anatomy of the Skeleton and Spinal Cord. London: Martin Dunitz.

Dean NA, Mitchell BS 2002 Anatomic relation between the nuchal ligament (ligamentum nuchae) and the spinal dura mater in the craniocervical region. Clin Anat 15: 182–5.

Dommisse GF 1975 The Arteries and Veins of the Human Spinal Cord From Birth. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Fraher JP 2000 The transitional zone and CNS regeneration. J Anat 196: 137–58.

Gillilan LA 1970 Veins of the spinal cord. Anatomic details; suggested clinical applications. Neurology 20: 860–8.

Haines DE, Harkey HL, Al-Mefty O 1993 The 'subdural' space: a new look at an outdated concept. Neurosurgery 32: 111–20.
Propõe a visão de que o "espaço" subdural é um plano de clivagem patológico e não um elemento anatômico normal.

Kiddo DK, Gomez DG, Pavese AM, Potts DG 1976 Human spinal arachnoid granulations. Neuroradiol 11: 221–8.

Kubik S, Müntener M 1969 Zur Topographie der spinalen Nervenwurzeln. II Der Einfuss des Wachstums des Duralsackes, sowie der Krümmagen und der Bewegungen der spinalen Nervenwurzeln. Acta Anat 74: 149–68.
Visão alternativa da obliquidade das raízes nervosas espinais cervicotorácicas baseada em observações de crescimento diferencial da medula.

Neidre A, Macnab I 1983 Anomalies of the lumbosacral nerve roots. Spine 8: 294–9.

Newell RLM 1999 The spinal epidural space. Clin Anat 12: 375–9.

Turnbull IM, Brieg A, Hassler O 1966 Blood supply of cervical spinal cord in man. A microangiographic cadaver study. J Neurosurg 24: 951–65.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
44

Desenvolvimento do dorso

As vértebras e seus discos intervertebrais alternantes estão entre as principais manifestações da segmentação do corpo ou metamerismo. Uma cadeia de segmentos dispostos em sequência permite que toda a estrutura se arqueie quando é movida pelos músculos associados. Os segmentos corporais originais, os somitos, são formados pelo mesênquima paraxial que é encontrado lateralmente ao tubo neural e à notocorda no embrião primário. Os somitos fornecem células embrionárias para o osso e o músculo. As vértebras formam-se entre os segmentos corporais primitivos pela recombinação de porções dos somitos no eixo craniocaudal e os músculos fixam-se às vértebras adjacentes. Cada vértebra desenvolve-se a partir de origens bilaterais para originar um centro na linha média, dois arcos laterais que carregam os processos transversos que se desenvolvem lateral e dorsalmente à medula espinal, e uma porção dorsal fundida na linha média com um processo espinhoso. As vértebras individuais podem ser distinguidas por modificações destes componentes. Os discos intervertebrais desenvolvem-se a partir das mesmas origens dos centros e são compostos de tecido fibroso denso externo circundando uma zona central menos densa.

SEGMENTAÇÃO DO MESÊNQUIMA PARAXIAL

Células epiblásticas que ingressam através da face lateral do nodo primitivo e da faixa primitiva rostral (Fig. 10.3) comprometem-se com uma linhagem somítica (pág. 184). Depois de passar através da faixa, as células mantêm contato tanto com o epiblasto quanto com o hipoblasto das lâminas basais durante a migração e durante algum tempo após atingirem seus destinos. As células formam populações de mesênquima paraxial em cada lado da notocorda, denominadas mesênquima pré-somítico ou não segmentado. Os somitos se formarão a partir do mesênquima pré-somítico cultivado com ou sem a presença de tecido do tubo neural ou tecido nodal primitivo. Além de especificar a linhagem somítica, a posição de ingresso do epiblasto informa a destinação específica das células. Assim, as células que ingressam através da porção lateral da incisura de Hensen formam as metades mediais dos somitos, enquanto aquelas que ingressam através da faixa primitiva aproximadamente 200 µm caudais ao nó produzem as metades laterais dos somitos. As duas metades dos somitos não parecem se misturar.

A segmentação do mesênquima paraxial pré-somítico ocorre na forma de um processo ao longo do eixo craniocaudal. Em alguns embriões amniotas, um par de somitos é formado a cada 90 minutos até que um número completo seja obtido. A via molecular para esta segmentação sincrônica foi denominada relógio da segmentação. Foi identificada como um processo conservado nos vertebrados dos peixes aos mamíferos e baseia-se na produção rítmica de RNAm para a transcrição de genes relacionados ao nó, um grande receptor transmembrana e vários fatores de ligação transmembrana.

Pulsos intrinsecamente coordenados da expressão do RNAm aparecem como uma onda dentro do mesênquima pré-somático conforme cada somito se forma. À medida que novas células entram caudalmente no mesênquima paraxial, elas começam as fases da regulação para cima da ciclagem de genes seguida pela regulação para baixo destes genes. Durante cada ciclo, a maior parte do mesênquima pré-somático cranial se segmentará para formar o próximo somito.

Evidências experimentais (em embriões de pintos) demonstram que as células paraxiais recém-formadas atravessam 12 ciclos antes de finalmente formarem um somito (Pourquie & Kusumi, 2001). Assim, do ingresso através da faixa primitiva até a segmentação em somitos, elas levam aproximadamente 18 horas. Como o número de somitos varia entre as espécies vertebradas, é provável que sua velocidade de formação também varie e pode ser mais longa em embriões humanos. Os vertebrados com corpos alongados e muitos somitos parecem formar somitos mais rapidamente do que aqueles com corpos mais curtos, um achado que sustenta o conceito de que o número de somitos é controlado em parte por propriedades cíclicas específicas da espécie do mesênquima pré-somítico (Richardson *et al.*, 1998).

A determinação final da formação dos limites somíticos ainda não foi completamente elucidada, mas parece requerer uma repressão periódica dos genes da via da incisura. Considera-se que as células mesenquimais pré-somíticas caudais sejam mantidas em um estado imaturo pela produção de FGF8. Estas células tornam-se competentes para segmentação quando os níveis de FGF8 caem abaixo de um determinado limiar. Elas devem estar em aposição às células que se segmentaram (*i.e.*, o próximo somito cranial).

Esta área de pesquisa avança rapidamente. Uma crítica detalhada dos modelos conceituais de segmentação foi feita por Stern & Vasiliauskas (2000). Uma revisão dos processos envolvidos no desenvolvimento do mesênquima paraxial, com base no trabalho de Christ *et al.* (2000), é demonstrada na Figura 44.1.

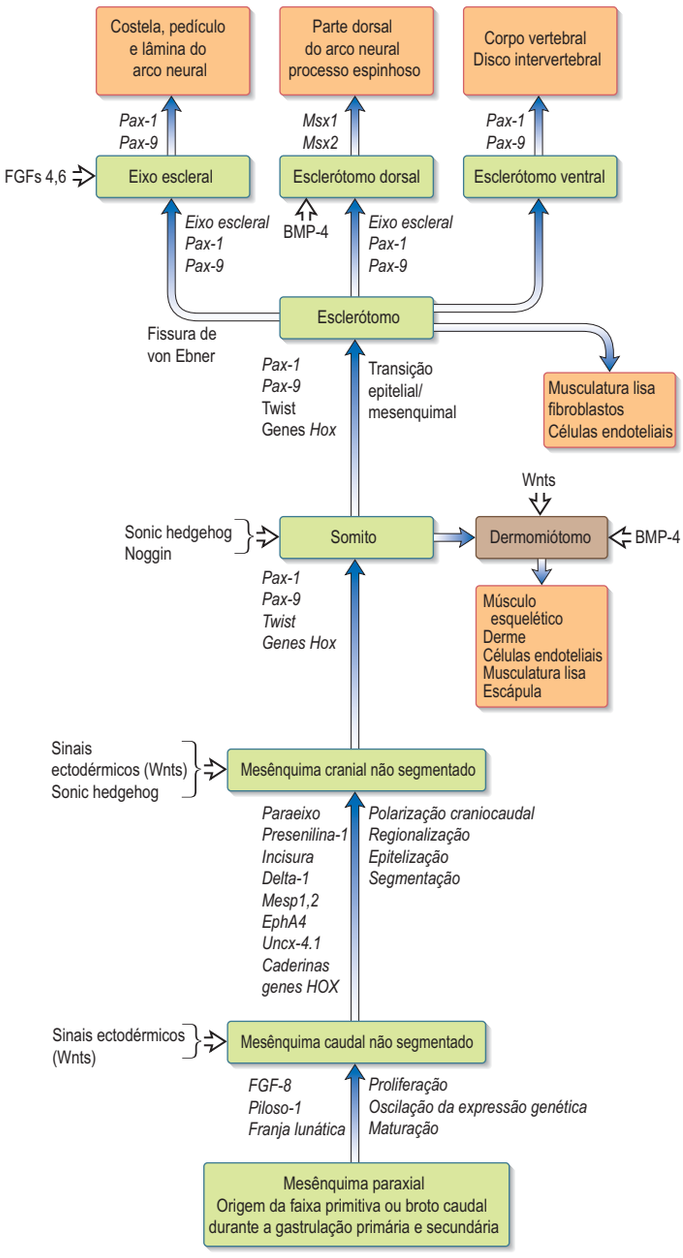


Fig. 44.1 Processos no desenvolvimento do mesênquima paraxial no embrião de ave. Os sinais são indicados pelas setas abertas; os genes estão em itálico. (Redesenhado com permissão de Christ B, Huang R, Wilting J 2000 The development of the avian vertebral column. Anat Embryol 202: 179-94, Springer.)

SOMITOGÊNESE

A somitogênese é um processo no qual cinco estágios principais podem ser identificados (Figs. 44.2 e 44.3). A compactação e a formação do somito epitelial esférico que circunda as células livres do somatocele ocorre antes da segmentação do mesênquima paraxial. Assim que os limites do somito são definidos, há uma transição epitelial/mesenquimal das paredes ventral e ventromedial do somito para formar o esclerótomo. Este fenômeno é acompanhado pelo movimento bilateral destas populações ventral e medial do mesênquima ao redor da notocorda e do tubo neural. O estágio final é a formação da lâmina epitelial do somito, também denominada dermomiótomo, a partir do restante do epitélio somítico. A segmentação do mesênquima paraxial, a formação dos somitos e os processos somitogenéticos resultantes ocorrem em uma progressão craniocaudal para a vesícula ótica a partir do estágio 9.

O aparelho de Golgi, a actina e a alfa-actina estão localizados na região apical das células epiteliais do somito. Cílios desenvolvem-se na superfície livre. As células unem-se através de junções fechadas (uma variedade de moléculas de adesão celular foi demonstrada nos somitos epiteliais). A superfície basal apoia-se na lâmina basal que contém colágeno, laminina, fibronectina e citotactina. Processos das células do somito passam através desta lâmina basal para entrar em contato com as lâminas basais do tubo neural e notocorda. A padronização dorsoventral da coluna vertebral depende da interação do SHH da notocorda/lâmina basal com Wnt1 e Wnt3a da lâmina do teto e Wnt6 do ectoderma sobrejacente.

O somito epitelial sofre rápido desenvolvimento (Fig. 44.3). As células da parede ventromedial que estão em contato com o tubo neural sofrem uma transformação epitelial/mesênquima e rompem-se. As células mesenquimais recém-formadas, que são coletivamente chamadas de esclerótomo, proliferam. As células restantes do somito agora são denominadas lâmina epitelial do somito (ou dermomiótomo). Este epitélio é proliferativo; ele produz linhagens celulares que darão origem a (quase) toda a musculatura estriada do corpo.

A população esclerotomal foi subdividida na galinha e os destinos das células foram acompanhados (Christ, Huang & Scaal, 2004) (Figs. 44.4-44.6). A principal massa do esclerótomo é denominada esclerótomo central, a porção mais próxima da notocorda é denominada esclerótomo ventral e as porções adjacentes ao dermomiótomo são denominadas escle-

Fig. 44.2 Micrografia eletrônica em uma vista lateral de um embrião demonstrando os somitos. Os craniais estão na margem superior e os mais caudais na margem inferior. Uma mudança de tamanho dos somitos craniais mais avançados é aparente. (Fotografia de P Collins; impresso por S Cox, Electron Microscopy Unit, Southampton General Hospital.)

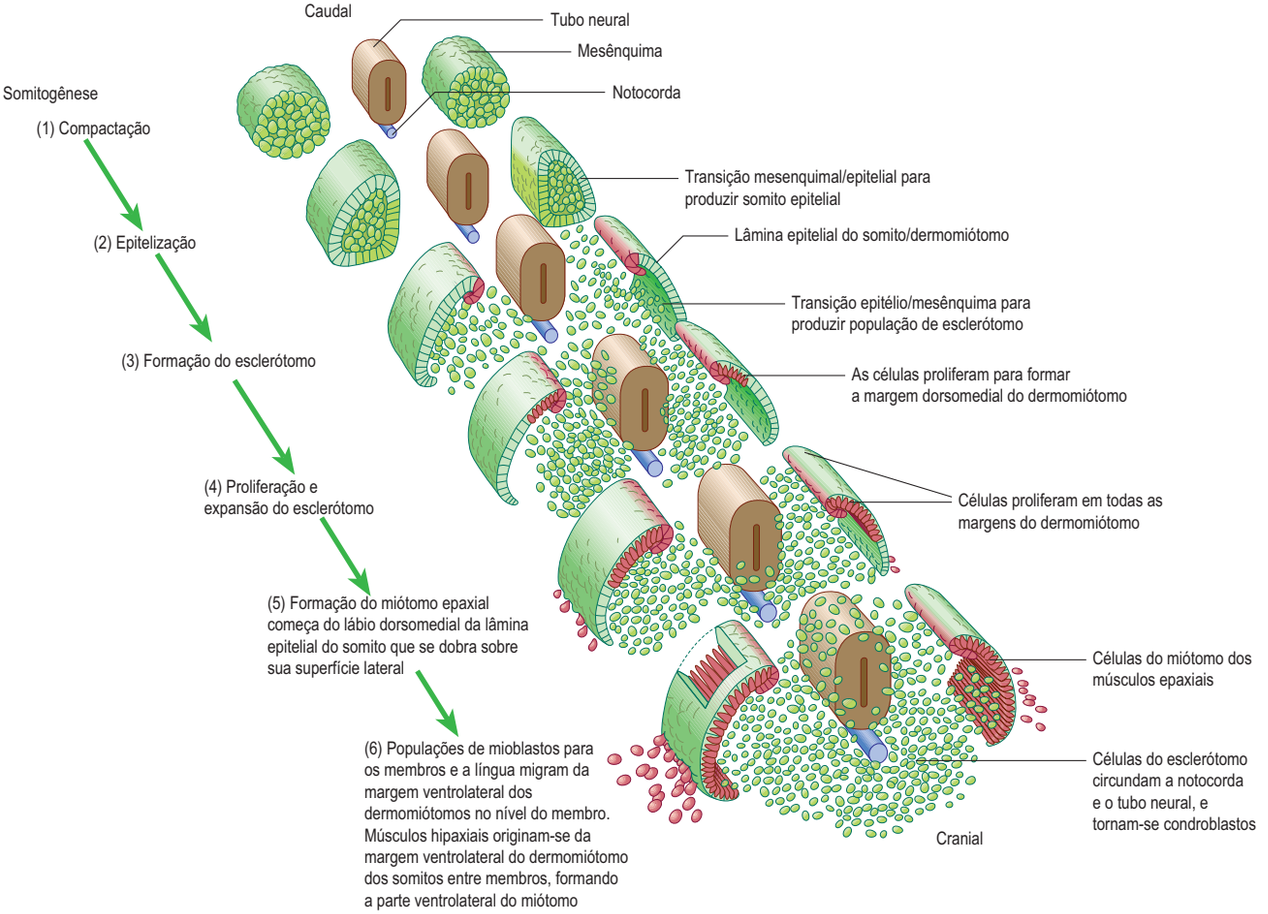


Fig. 44.3 Os estágios da somitogênese. O desenvolvimento ocorre em uma progressão craniocaudal. Os somitos de localização mais cranial (no canto inferior direito da figura) estão mais desenvolvidos do que os caudais (no canto superior esquerdo da figura). Os estágios da somitogênese são apresentados à esquerda na figura; informações mais detalhadas são apresentadas à direita.

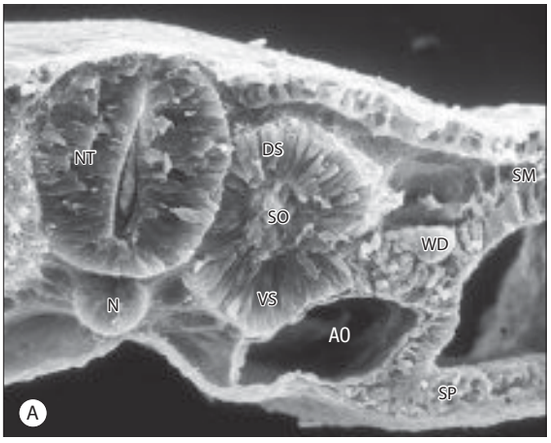


Fig. 44.4 Desenvolvimento do esclerótomo. Micrografia eletrônica de uma fratura transversa em um embrião de galinha de dois dias (**A**) e cortes transversais (**B**) e longitudinais (**C**) através dos somitos, indicados por linhas pontilhadas em **B**. Estes somitos estão aqui em fase de epitelização da somitogênese. AO, aorta; DS, somito dorsal; N, notocorda; NT, tubo neural; SM, somatopleura; SO, somitocele; SP, esplancopleura; VS, somito ventral; WD, ducto de Wolf (ducto mesonéfrico). (**A,** Cortesia de Dr Heinz Jürgen Jacob, Bochum, Germany.)

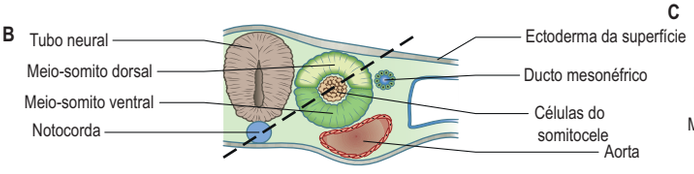
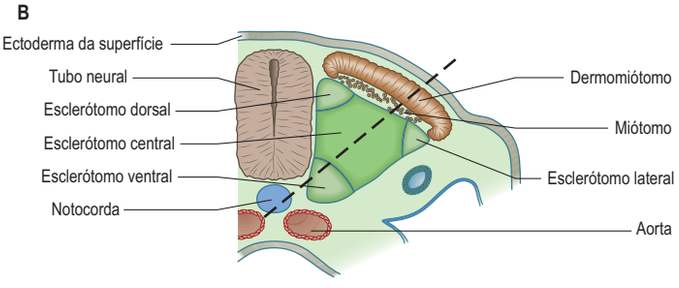


Fig. 44.5 Desenvolvimento do esclerótomo. Micrografia eletrônica de uma fratura transversa de um embrião de galinha com três dias (**A**) e cortes transversal (**B**) e longitudinal (**C**) através do esclerótomo em desenvolvimento, indicado pela linha pontilhada em **B**. AO, aorta; DM, dermomiótomo; N, notocorda; NT, tubo neural; SC, esclerótomo; SM, somatopleura; WD, ducto de Wolf (ducto mesonéfrico). (**A,** Cortesia de Dr Heinz Jügren Jacob, Bochum, Germany.)



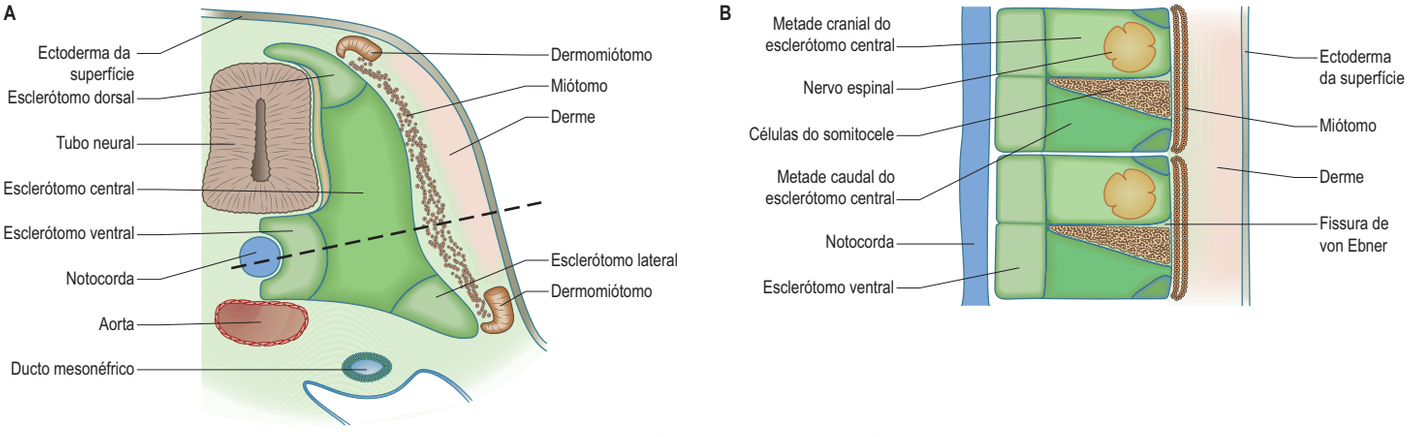


Fig. 44.6 Desenvolvimento avançado do esclerótomo. Corte transversal (**A**) e longitudinal (**B**) através da linha pontilhada indicada em **A**, demonstrando as subdivisões dos esclerótomos.

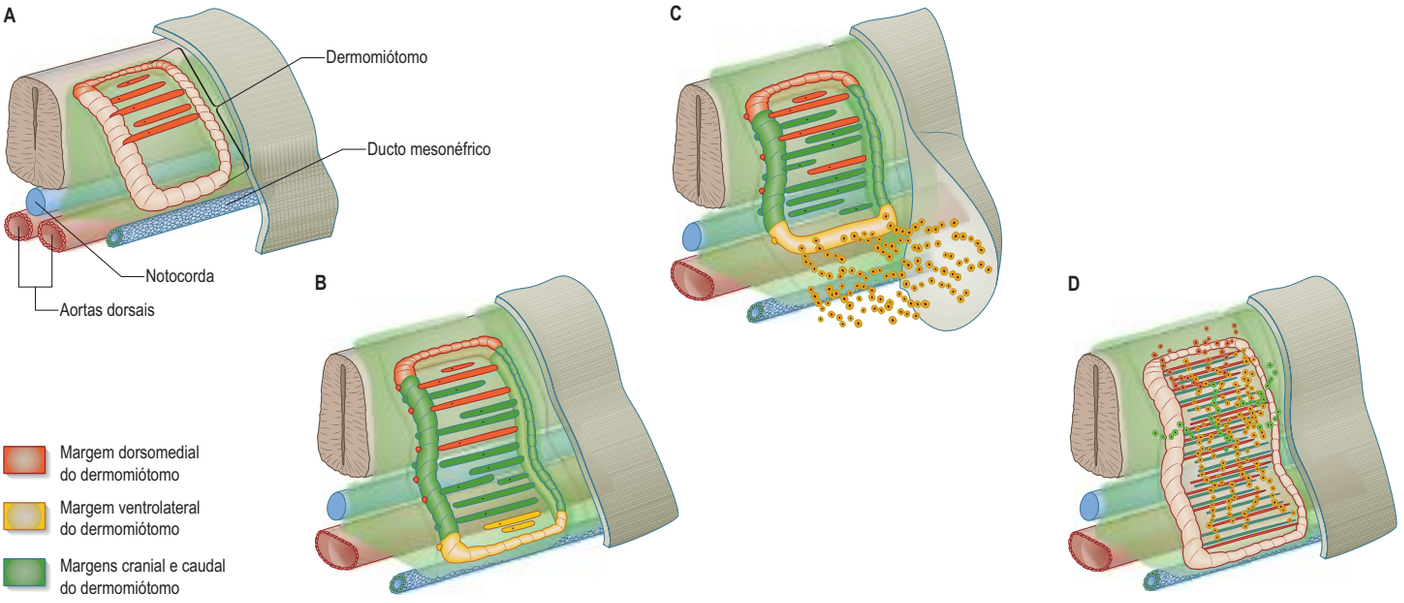


Fig. 44.7 A-D, Origem epaxial e hipaxial dos músculos a partir do dermomiótomo. **A,** Proliferação inicial do dermomiótomo. **B,** Dermomiótomo no nível entremembros, produzindo mioblastos epaxiais. **C,** Dermomiótomo no nível do membro. Células do dermomiótomo hepaxial desepitelizam a partir da margem ventrolateral e migram para o broto do membro. **D,** A derme local é formada mais tarde por desepitelização superficial das células do dermomiótomo.

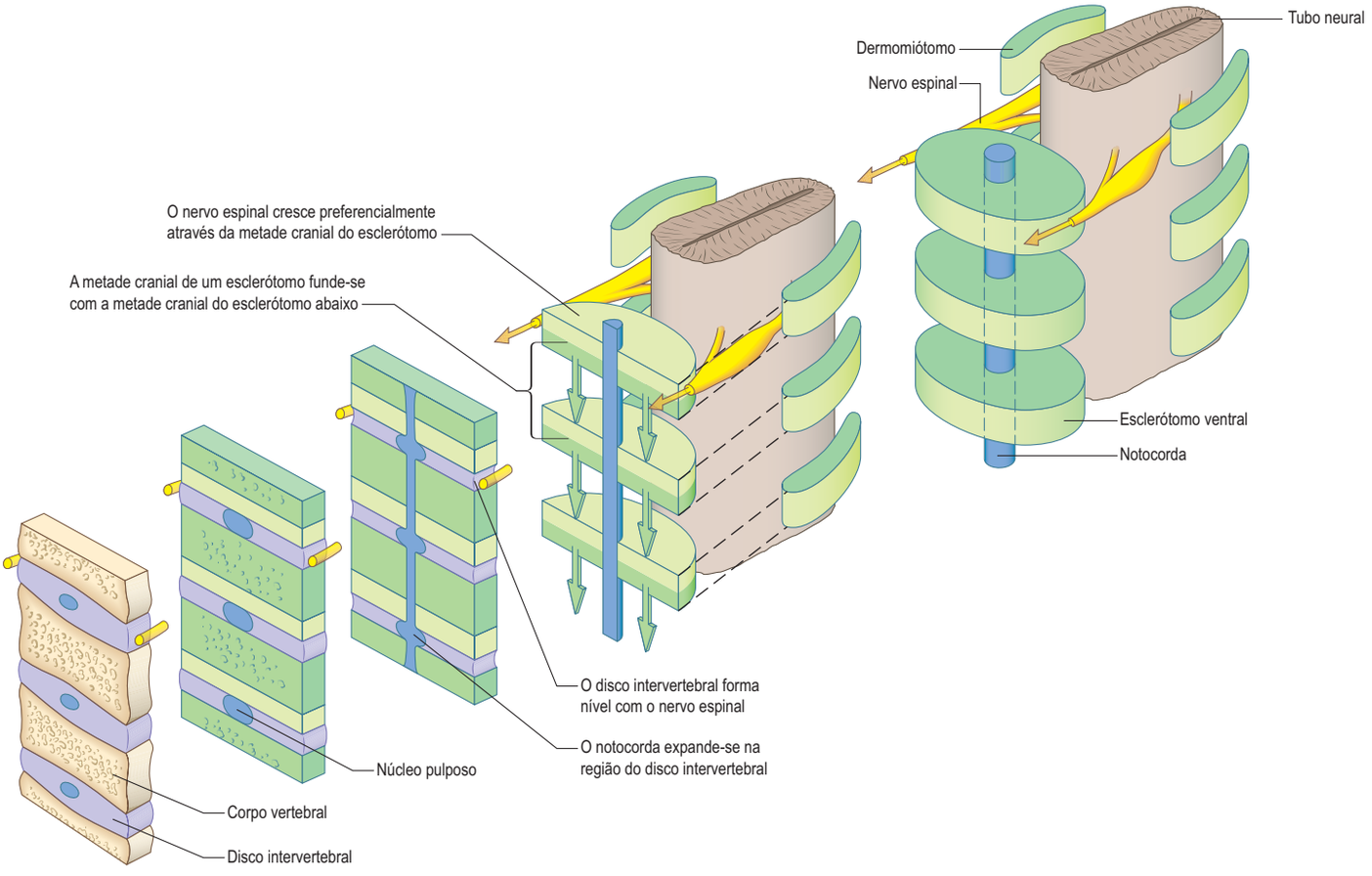


Fig. 44.8 Formação das vértebras e dos discos intervertebrais a partir dos esclerótomos do mesênquima. Cada vértebra é formada a partir da metade cranial de um par bilateral de esclerótomos e da metade caudal do par seguinte de esclerótomos.

rótomos dorsal e lateral. O esclerótomo central permanece próximo ao dermomiótomo; ele dará origem aos pedículos e partes ventrais dos arcos neurais e às costelas proximais. As células esclerotomais ventrais, que aqui estão sempre laterais à notocorda, proliferam para formar uma população de células axiais dentro da matriz extracelular do espaço perinotocordal, agora denominado bainha perinotocordal. As células esclerotomais dorsais desenvolvem-se em um período relativamente tardio e invadem o espaço entre o ectoderma da superfície e o tubo neural em crescimento, formando a parte dorsal dos arcos neurais. As células esclerotomais laterais dão origem às costelas distais e às células endoteliais dos vasos sanguíneos. Geralmente há uma expansão dorsolateral de todo o esclerótomo em vez de uma migração medial de uma população de células esclerotomais (Gasser, 2006), o que pode ser observado nas Figuras 44.4-44.6. As células esclerotomais também dão origem às meninges que circundam a medula espinal, os tendões locais e os ligamentos. As células do somitocele que permanecem mesenquimais através da formação do somito dão origem às articulações vertebrais, aos discos intervertebrais e às costelas proximais (Christ, Huang & Scaal, 2004).

O dermomiótomo é um epitélio proliferativo que produz células a partir de quatro margens (Fig. 44.7). A proliferação da margem dorsomedial produz células da margem cranial para o caudal do dermomiótomo; elas alongam-se por baixo de sua lâmina basal conforme se movem lateralmente. As células proliferam similarmente das margens cranial e caudal do dermomiótomo e também se alongam através dele. As células produzidas a partir destas três margens são coletivamente denominadas miótomo e darão origem à musculatura esquelética dorsal às vértebras, ou seja, a musculatura epaxial. As células nos níveis dos membros desepitelizam e migram das margens ventrolaterais do dermomiótomo para o broto do membro. As células produzidas a partir desta porção dos somitos occipitais migram anteriormente para dar origem aos músculos intrínsecos da língua. No nível entre os membros, uma proliferação hipaxial das células miogênicas que darão origem aos músculos intercostais e abdominais estende-se da margem ventrolateral do dermomiótomo epitelial para a parede corporal, à medida que o desenvolvimento prossegue (Scaal & Christ, 2004).

Pensava-se que o somito dava origem às porções segmentares da derme da pele bem como ao osso e ao músculo. Entretanto, agora está claro que a contribuição somítica para a pele das células da lâmina epitelial é limitada à desepitelização das células do dermomiótomo somente sobre os músculos epaxiais, que é uma distribuição muito menor do que a porção segmentar da pele geralmente implicada pelo termo dermátomo. O conceito de que um dermátomo embriológico, derivado do somito, produz toda a derme da pele, portanto, está ultrapassado.

A regularidade da formação do somito fornece critérios para o estadiamento dos embriões. O esquema de estadiamento proposto por Ordahl (1993) será utilizado na discussão a seguir sobre o desenvolvimento relativo do somito. Ordahl observou que ocorrem eventos morfogenéticos em somitos sucessivos em uma velocidade aproximadamente igual. O somito formado mais recentemente a partir do mesênquima não segmentado é designado como estágio I, o segundo mais recente como estágio II etc. Depois que o embrião forma um somito adicional, as idades dos somitos previamente formados aumentam em um numeral romano. De acordo com este esquema, a compactação ocorre no estágio I, a epitelização nos estágios II a III, a formação das células mesenquimais do esclerótomo no estágio V, a formação dos miótomos no estágio VI, a migração inicial do lábio ventrolateral da lâmina epitelial e a produção de células do miótomo ainda estão ocorrendo no estágio X.

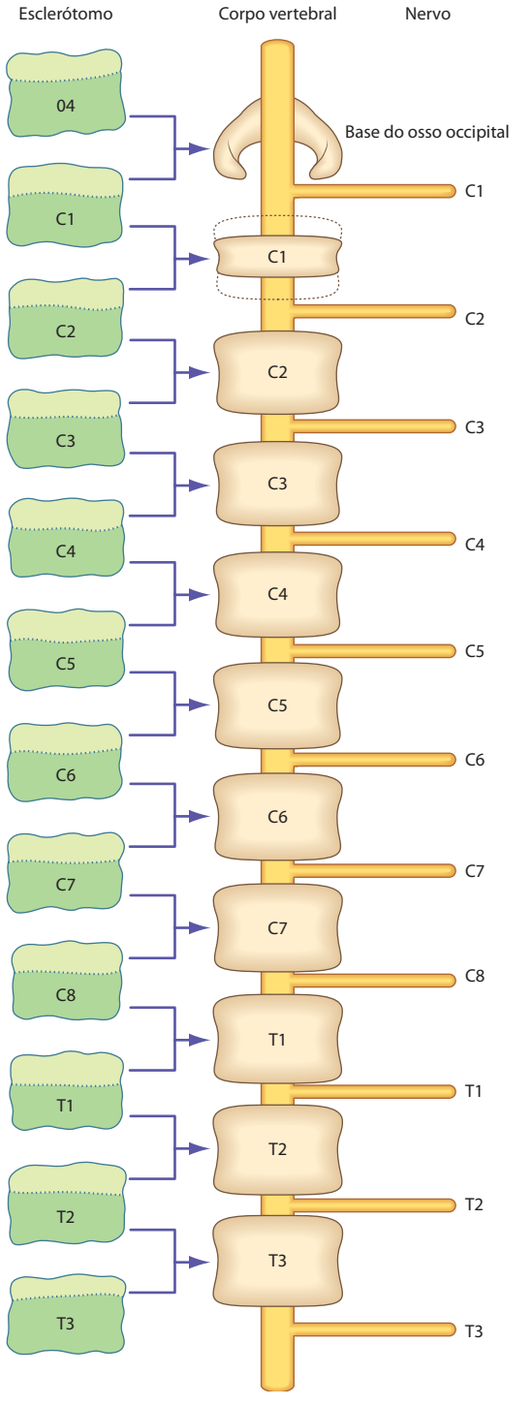


Fig. 44.9 Contribuição dos somitos para as vértebras. Cada somito induz uma raiz ventral a crescer para fora da medula espinal. Quando os esclerótomos se recombinam, a metade cranial do primeiro esclerótomo cervical funde-se com o esclerótomo occipital acima, contribuindo para o osso occipital do crânio. Os nervos cervicais começando em C1 saem acima da vértebra correspondente. O nervo C8 sai abaixo da sétima vértebra cervical (C7) e, a partir daí, os nervos originam-se abaixo da vértebra correspondente. (Com permissão de Larsen WJ 1997 Human Embriology, 2nd ed. Edimburgh: Churchill Livingstone.)

DESENVOLVIMENTO DOS ESCLERÓTOMOS

As populações esclerotomais formam-se a partir da metade ventral do somito epitelial. Um limite intersegmentar (fissura ou fenda, algumas vezes denominada fissura de von Ebner), que inicialmente é preenchido com matriz extracelular e algumas células, aparece dentro do esclerótomo e divide-se nas metades cranial, frouxamente preenchida e caudal densamente preenchida. A lâmina epitelial e, mais tarde, o dermomiótomo estendem-se entre os dois meio-esclerótomos. As populações de células esclerotomais bilaterais migram na direção da notocorda, circundando-a para formar a bainha perinotocordal. Elas sofrem uma interação mediada pela matriz com a notocorda, diferenciando-se condrogeneticamente para formar um precursor cartilaginoso do centro vertebral. A bainha perinotocordal expressa de modo transitório colágeno do tipo II e, a partir deste momento, um destino condrogênico, naquelas células do mesênquima em contato com ela. Cada vértebra é formada pela combinação da maior parte da metade caudal de um par bilateral de esclerótomos com grande parte da metade cranial do próximo par caudal de esclerótomos. Suas fusões ao redor da notocorda produzem o blastema central da vértebra (Figs. 44.8 e 44.9). O mesênquima ao redor da fissura esclerotômica intrassegmentar agora aumenta fortemente em densidade para formar um disco pericondral bem definido que fica entre o centro de duas vértebras adjacente e é o futuro ânulo fibroso da sínfise ("disco") intervertebral (ver adiante).

O padrão básico de uma vértebra típica é indicado por esta recombinação das metades dos esclerótomos caudal e cranial (Fig. 44.10), seguido pelo crescimento diferencial e moldagem do mesênquima esclerotomal que envolve a notocorda e o tubo neural. O centro envolve a notocorda e localiza-se ventralmente ao tubo neural. A condensação do mesênquima esclerotomal ao redor da notocorda e processos neurais direito e esquerdo pode ser observada no estágio 15 de embriões humanos. Os processos neurais curvam-se para envolver o tubo neural e estendem-se para os ângulos dorsolaterais do centro. O arco neural consiste em pares de pedículos (ventrolateralmente) e lâminas (dorsolateralmente) que coalescem na linha média dorsal ao tubo neural para formar o processo espinhoso.

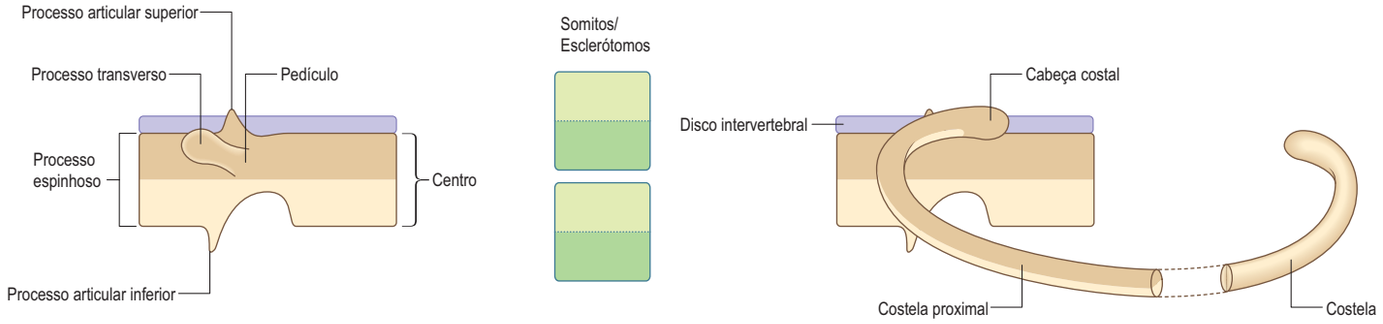


Fig. 44.10 Contribuição de dois somitos adjacentes para uma vértebra e costela. O disco intervertebral e a cabeça costal são derivados das células do somitocele de um somito que migra com a metade caudal do esclerótomo. A costela proximal é formada a partir de somitos cranial e caudal sem mistura de células; na costela distal, há mais mistura de células cranial e caudal à medida que a segmentação diminui na parede do corpo vertebral. (Redesenhado com permissão de Christ B, Huang R, Wilting J 2000 The development of the avian vertebral column. Anat Embryol 202: 179-94, Springer.)

Em cada lado, três outros processos projetam-se cranial, caudal e lateralmente a partir da junção entre o pedículo e as lâminas. As projeções cranial e caudal são os processos articulares blastemais (zigapófises), que se tornam contíguos com os processos recíprocos das vértebras adjacentes; suas zonas juncionais marcam as futuras articulações zigapofisárias ou facetárias. As projeções laterais são os processos transversos vertebrais verdadeiros. Processos costais bilaterais (costelas) crescem anterolateralmente a partir da parte ventral dos pedículos (*i.e.*, próximo ao centro), a partir da vizinhança do disco pericordal e, na maioria dos níveis torácicos, com adesões dos próximos pedículos caudais adjacentes. O corpo vertebral definitivo é composto e formado por um centro mediano (derivado de células da bainha perinotocordal), e bilateralmente de extremidades expandidas dos pedículos (derivadas das populações esclerotomais migradoras). Estas porções do corpo vertebral fundem-se nas sincondroses neurocentrais.

A natureza segmentar das vértebras é promovida pela notocorda, que induz os elementos ventrais das vértebras e reprime as estruturas dorsais, como os processos espinhosos. A excisão da notocorda nos embriões iniciais resulta na fusão dos centros e na formação de uma lâmina ventral cartilaginosa para o tubo neural. A segmentação dorsal é influenciada pelos gânglios espinais: a remoção experimental dos gânglios resulta em fusão dos arcos neurais e na formação de uma lâmina cartilaginosa uniforme dorsal ao tubo neural.

DISCOS INTERVERTEBRAIS

Os centros vertebrais são derivados das metades esclerotomais caudal e cranial. Um disco intervertebral é formado a partir de células livres do somitocele dentro do somito epitelial que migram com as células esclerotomais caudais. O mesênquima esclerotomal que forma o centro das vértebras substitui o tecido notocordal que o circunda. Em contraste, a notocorda expande-se entre as vértebras em desenvolvimento na forma de agregados localizados de células e matriz que formam o núcleo pulposo do disco intervertebral (Figs. 44.8 e 44.11). A parte intermediária de cada disco pericordal, que forma o ânulo fibroso, circunda o núcleo pulposo e diferencia-se em uma zona fibrosa laminada externa e um manguito interno (que se localiza próximo ao núcleo pulposo). A zona interna contribui para o crescimento da externa. Próximo à extremidade do segundo mês de vida embrionária, ela começa a se fundir com o tecido notocordal, convertendo-se em fibrocartilagem. Após o sexto mês de vida fetal, as células notocordais no núcleo pulposo degeneram e são substituídas por células da zona interna do ânulo fibroso. Esta degeneração continua até a segunda década de vida, tempo em que as células notocordais desaparecem. No adulto, os vestígios notocordais são limitados, no máximo, à matriz não celular.

Os esclerótomos originais são coextensivos aos segmentos metaméricos individuais do corpo: cada fissura esclerotômica, disco pericordal e disco intervertebral em maturação localizam-se em oposição ao centro de cada segmento corporal fundamental. Portanto, os discos correspondem em nível aos (*i.e.*, forma o limite anterior dos) forames intervertebrais e seus nervos espinais, gânglios, vasos e bainhas associados. Posteriormente, os forames são limitados pelas cápsulas das articulações facetárias sinoviais; as margens das incisuras vertebrais de vértebras adjacentes localizam-se cranial e caudalmente. Assim, todas as estruturas listadas (e outras associadas) geralmente são designadas segmentares, enquanto os corpos são designados como intersegmentares devido aos seus modos de desenvolvimento.

(Para uma discussão mais profunda sobre as teorias de ressegmentação, o leitor é orientado a procurar pelo texto de Müller & O'Rahilly, 1986; Huang *et al.*, 2000; Stern & Vasiliauskas, 2000.)

DESENVOLVIMENTO DAS VÉRTEBRAS

Os movimentos iniciais das células esclerotomais ao redor do tubo neural e a expressão do colágeno tipo II sinalizam o estágio blastemal do desenvolvimento vertebral (Fig. 44.11). A condrificação começa no estágio 17, iniciando o estágio cartilaginoso. Cada centro condrifica-se a partir de uma origem cartilaginosa. Cada metade do arco neural é condrificada a partir de um centro, começando em sua base e estendendo-se dorsalmente para as lâminas e ventralmente para os pedículos, atingindo, expandindo e fundindo-se com o centro. Por volta do estágio 23, existem 33 ou 34 vértebras cartilaginosas, mas os processos espinhosos ainda não se desenvolveram, de modo que a aparência geral é a de uma espinha bífida oculta total. A fusão das espinhas não ocorre até o quarto mês. Os processos transversos e articulares são condrificados em continuidade com os arcos neurais. As zonas intervenientes do mesênquima que não se tornam cartilagem marcam os sítios das facetas articulares e o complexo das articulações costovertebrais, dentro das quais as cavidades sinoviais surgem mais tarde.

Uma vértebra típica ossifica-se a partir de três centros primários, um em cada metade de arco vertebral e um no centro (Fig. 42.24). Os centros nos arcos aparecem nas raízes dos processos transversos e a ossificação dissemina-se para trás, na direção das lâminas e espinhas, para a frente na direção dos pedículos e partes posterolaterais do corpo, lateralmente para os processos transversos, e para cima e para baixo na direção dos processos articulares. Classicamente, diz-se que os centros nos arcos vertebrais aparecem primeiro nas vértebras cervicais superiores entre a nona e a décima semanas e depois na vértebra sucessivamente inferior, atingindo os níveis lombares na décima segunda semana. Entretanto, em um estudo radiológico de fetos humanos não sexuados (Bagnall *et al.*, 1977), foi observado um padrão que diferia da sequência craniocaudal simples. Uma progressão cervical regular não foi observada. Os centros primeiro apareceram na região cervical inferior/torácica superior, rapidamente seguidos por outros na região cervical superior. Após um curto intervalo, um terceiro grupo apareceu na região toracolombar inferior e os centros restantes apareceram a seguir, disseminando-se regular e rapidamente em direções craniocaudais.

A maior parte do corpo, o centro, ossifica-se a partir de um centro primário dorsal à notocorda. Os centros são ocasionalmente ossificados a partir de centros bilaterais que podem falhar em se unir. A supressão de um deles produz uma vértebra cuneiforme (hemivértebra), que é uma das causas de curvatura espinal lateral (escoliose). No nascimento e durante os anos pós-natais, o centro conecta-se com cada metade do arco neural através de uma sincondrose ou articulação neurocentral. Nas vértebras torácicas, as facetas costais nos corpos são posteriores às articulações neurocentrais.

Durante o primeiro ano, os arcos unem-se atrás, primeiro na região lombar e depois através das regiões torácica e cervical. Nas vértebras cervicais superiores típicas, os centros unem-se com os arcos por volta do terceiro ano, mas, nas vértebras lombares inferiores, as uniões não se completam antes do sexto ano. As superfícies superior, inferior e ápices dos processos espinhosos superiores e transversos são cartilaginosos até a puberdade, momento em que surgem cinco centros secundários, um no ápice de cada processo transverso e espinhoso e dois nas epífises anulares ("apófises em anel") para as partes circunferenciais das superfícies superior e inferior do corpo. As facetas articulares costais são extensões destas epífises anulares. Elas fundem-se com o resto do osso por volta dos 25 anos de idade. Existem dois centros secundários nos processos espinhosos cervicais bífidos. Exceções a este padrão de ossificação são descritas no Capítulo 42.

As vértebras são especificadas para uma região em um estágio muito inicial do desenvolvimento. Se um grupo de somitos torácicos é transplantado para a região cervical, ainda assim as costelas vão se desenvolver. O

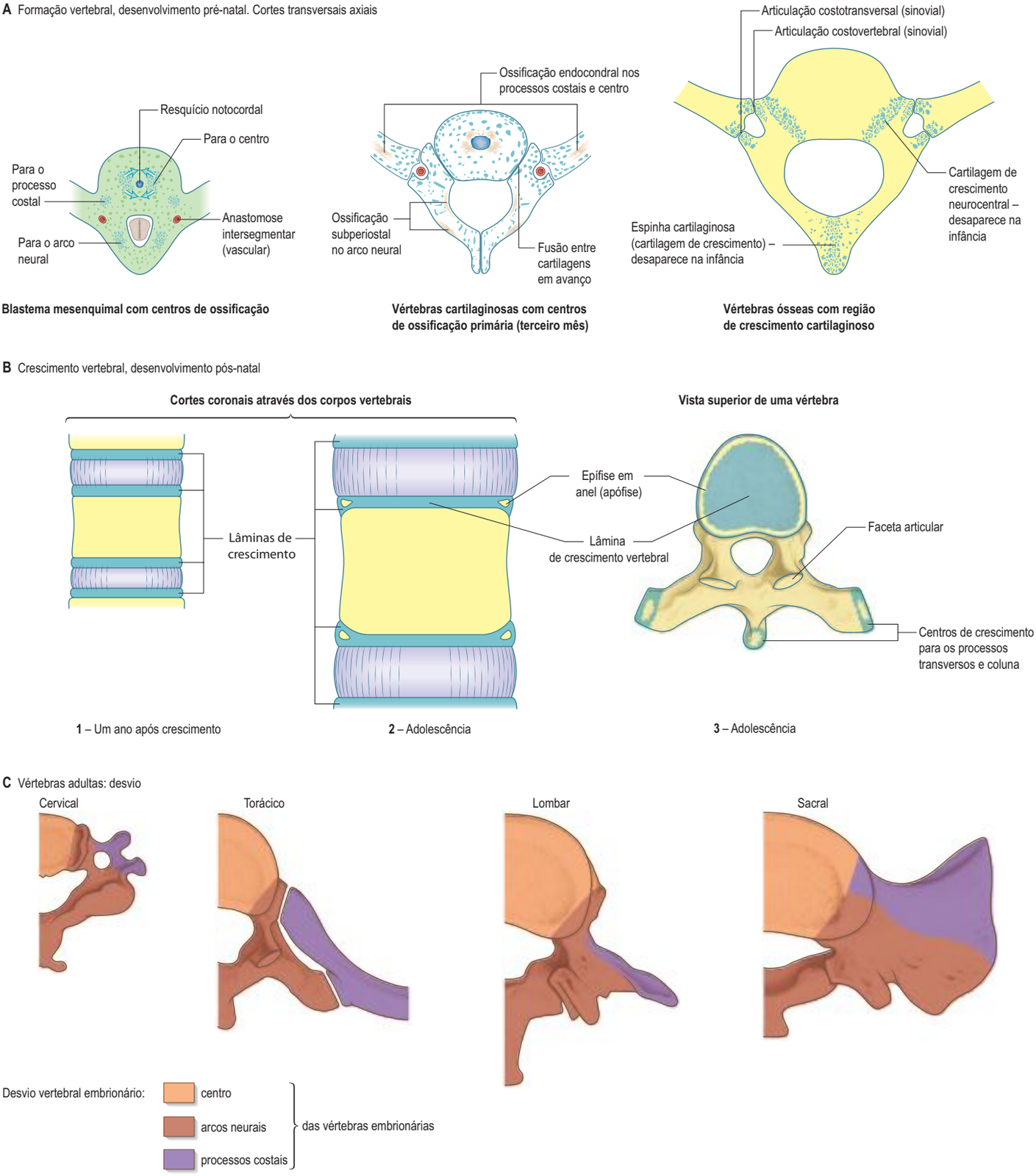


Fig. 44.11 A,B, Desenvolvimento vertebral através dos estágios blastemal, cartilaginoso e ossificatórios pré e pós-natal. **C,** Desvio das principais partes morfológicas das vértebras adultas.

esclerótomo é restrito: o miótomo produzirá o músculo característico da nova localização.

Junção occipitocervical

Em humanos, a junção entre a cabeça e o pescoço (denominada occipitocervical, craniovertebral ou espinomedular) localiza-se no limite entre o quarto e o quinto somitos (Müller & O'Rahilly, 1994). Em embriões de aves, onde todos os estágios embrionários podem ser obtidos de modo experimental, o limite occipitocervical foi determinado como o quinto ou o sexto limite de somito (Wilting *et al.*, 1995). O limite pode ser determinado inicialmente em humanos no estágio 12 com a observação das raízes nervosas hipoglossais (Fig. 44.12). Nos estágios 14 e 15, a junção é observada entre as raízes nervosas hipoglossais e o primeiro gânglio espinal.

O primeiro somito occipital desaparece primeiro e os três caudais fundem-se para formar a base do occipital. Os esclertótomos occipitais 3 e 4 são os mais distintos no estágio 14, tempo em que os três primeiros esclerótomos se fundiram. As vértebras são formadas a partir do quinto somito caudalmente: a primeira vértebra cervical é formada pela metade caudal do somito occipital 4 e a metade cranial do somito cervical 1 (Fig.

44.9). Esta mudança no número do somito e no número vertebral é responsável pela produção de sete vértebras cervicais a partir de oito somitos cervicais.

O padrão segmentar presente nos somitos cervicais pode ser observado rostralmente na base do crânio em desenvolvimento, onde condensações mesenquimais equivalentes ao centro dos somitos occipitais 2, 3 e 4 são aparentes. As raízes hipoglossais passam através da porção menos densa do esclerótomo occipital 4, acompanhadas pela artéria hipoglossal. O esclerótomo occipital 4 forma um centro incompleto axialmente e elementos exoccipitais lateralmente, que são considerados como correspondentes aos arcos neurais. Eles formam a margem do forame magno. Os côndilos occipitais desenvolvem-se a partir do primeiro somito cervical (como também ocorre no embrião da galinha).

Na região da junção occipitocervical, os centros formados a partir dos esclerótomos 5, 6 e 7 possuem um destino diferente daqueles posicionados mais caudalmente. As porções laterais destes esclerótomos geralmente se desenvolvem de modo similar às inferiores. Em um estudo sobre a segmentação occipitocervical em embriões humanos, Müller & O'Rahilly designaram os três centros rostrais completos que se desenvolvem na região atlantoaxial X, Y e Z (Fig. 44.13; Müller & O'Rahilly, 1986). Eles observaram que a altura do complexo XYZ é igual à observada nos três centros em outras localizações. X está no nível do esclerótomo 5 e Y e Z estão alinhados com o esclerótomo 6 e com a porção menos densa do esclerótomo 7. Durante o estágio 17, um disco intervertebral temporário aparece perifericamente entre Y e Z. Ele começa a desaparecer no estágio 21, apesar de ainda poder ser encontrado no adulto. Nenhum disco se desenvolve entre X e Y.

A origem do arco anterior do atlas é obscura. É evidente nos estágios 21-23 no nível de X ou algumas vezes entre X e Y. O arco posterior do atlas origina-se a partir da área densa do esclerótomo 5 no nível de X. O complexo XYZ pertence ao áxis, o que significa que o atlas não incorpora uma parte da coluna central (Müller & O'Rahilly, 1994).

O arco posterior do áxis origina-se na área densa do esclerótomo 6 e está no nível de Y e Z, particularmente Z. XYZ correspondem às três partes da coluna mediana do áxis, onde X representa a ponta do dente, Y representa a base do dente e Z representa o centro do áxis. O último difere de outras vértebras cervicais por ser mais espesso e de formato quadrado.

O desenvolvimento da coluna cervical, particularmente das vértebras cervicais superiores, está intimamente relacionado com o desenvolvimento da base do occipital: o desenvolvimento anômalo afetará as duas regiões. As anomalias do occipital estão associadas com a diminuição da altura da base do crânio, o dente do áxis localiza-se acima do nível do forame magno, uma margem distinta do forame magno localiza-se acima da parte inferior da fossa posterior e o arco posterior do atlas está no mesmo nível do forame magno. Os três últimos defeitos estruturais são coletivamente denominados invaginação basilar. As fusões inadequadas da porção caudal do esclerótomo occipital 4 e da porção cranial do esclerótomo cervical 1 podem produzir defeitos dos côndilos occipitais. Côndilos occipitais dissociados são chamados de pró-atlas, porque nos vertebrados inferiores a metade cranial do primeiro esclerótomo cervical forma um osso separado entre o osso occipital e o atlas.

Uma diminuição da altura do crânio e a diminuição do volume da fossa posterior são anomalias estruturais da malformação de Arnold-Chiari. Apesar de ser considerada clinicamente um defeito neurológico, no qual a medula oblonga e algumas vezes as amígdalas cerebelares projetam-se através do forame magno, existem evidências de que a causa subjacente seja uma série de anomalias da junção occipitocervical. Quando o volume do cérebro na fossa cranial posterior e o volume da fossa (delineado pelo osso e pelo tentório cerebelar) foram comparados em controles nos casos de Arnold-Chiari, não foram encontradas diferenças significativas entre o volume cerebral nos dois grupos, apesar de a base do occipital, exoccipito e supraoccipito serem significativamente menores nos indivíduos afetados (Nishikawa *et al.*, 1997). Em pacientes com malformação de Arnold-Chiari, foram encontrados remanescentes do pró-atlas e assimilação do atlas. O diâmetro do canal sagital do forame magno é importante: os pacientes tornam-se sintomáticos quando ele tem menos de 19 mm (Menezes, 1995). Deformações secundárias da base do crânio e coluna cervical, como dilatação do forame magno e do canal cervical, podem se desenvolver em associação com a malformação de Arnold-Chiari.

A maioria dos defeitos do atlas não contribui para anomalias occipitocervicais e não está associada com invaginação basilar.

As anomalias do áxis geralmente se relacionam com a fusão entre o dente e o centro do segundo esclerótomo cervical. Utilizando a classificação dos três centros completos que se desenvolvem na região atlantoaxial como X, Y e Z (Müller & O'Rahilly, 1986), a falha na fusão de X com o complexo YZ produz um ossículo terminal, uma epífise odontoide apical dissociada. A falha da fusão do complexo XY com Z na sincondrose dentocentral ou a manutenção do disco intervertebral transitório neste ponto produz um *os odontoideum*, tido como induzido pelo movimento excessivo no momento da ossificação do dente (Crockard & Stevens, 1995). A hipoplasia ou a aplasia dos centros X e Y, e a aplasia do centro Z levarão a uma redução no tamanho do dente. Existem visões amplamente diferentes sobre estes problemas levarem à instabilidade atlantoaxial.

C3-7, terceira à sétima vértebras cervicais

Nas vértebras cervicais 3-7 (Fig. 44.11), os processos transversos localizam-se dorsomedialmente aos forames transversos. Os processos costais, correspondentes à cabeça, ao colo e ao tubérculo de uma costela, limitam os forames ventrolateral e dorsolateralmente. As partes distais destes processos costais cervicais não se desenvolvem normalmente; elas desenvolvem-se ocasionalmente no caso da sétima vértebra cervical e podem mesmo desenvolver articulações costovertebrais. Estas costelas cervicais podem chegar até o esterno.

A sétima vértebra cervical é transicional em formato entre as vértebras cervicais e as torácicas. As lâminas são mais longas do que as das outras vértebras cervicais no neonato e localizam-se quase perpendicularmente ao plano basal; as facetas articulares inferiores são mais eretas e assemelham-se às das vértebras torácicas e, em vista lateral, as facetas articulares superiores estendem-se transversalmente para o topo dos processos transversos.

As anomalias das vértebras cervicais inferiores geralmente são causadas por uma fusão vertebral cervical inapropriada: coletivamente, estas anomalias são chamadas de síndrome de Klippel-Feil. Este termo inclui todas as fusões congênitas da coluna cervical, de dois segmentos até toda a coluna cervical. Os indivíduos afetados apresentam uma implantação capilar posterior baixa, pescoço curto e limitações dos movimentos da cabeça e do pescoço. Escoliose e/ou cifose são comuns.

Vértebras torácicas

No estágio 23, os processos neurais das vértebras torácicas são curtos, levemente bifurcados e unidos por fibras colagenosas. Os processos transversos são proeminentes. Três facetas para a articulação com as costelas nas articulações costovertebral e costotransversal estão presentes. As sincondroses torácicas neurocentrais e posteriores não estão fundidas no neonato: as sincondroses posteriores fecham-se dentro de dois a três meses do desenvolvimento pós-natal e as sincondroses neurocentrais ficam abertas até os cinco ou seis anos de idade.

Em geral, a coluna torácica desenvolve-se antes da coluna cervical e lombar. Entretanto, por volta do final do segundo mês, a ossificação inicia-se nas vértebras cartilaginosas em uma progressão craniocaudal.

Costelas

As costelas geralmente se desenvolvem em associação com as vértebras torácicas. Ocasionalmente elas podem se originar a partir da sétima vértebra cervical e da primeira vértebra lombar.

Os processos costais atingem seu comprimento máximo na forma de costelas na região torácica. Cada costela origina-se de populações esclerotomais laterais e forma-se a partir da metade caudal de um esclerótomo e da metade cranial do esclerótomo subjacente seguinte (Fig. 44.10). A cabeça da costela desenvolve-se a partir de células do somitocele de um somito, que migram com a metade caudal do esclerótomo. A porção proximal da costela forma-se a partir de metades esclerotomais caudal e cranial; não há mistura de células destas origens. A porção distal da costela forma-se a partir de metades esclerotomais caudais e craniais; estas células misturam-se à medida que as costelas se estendem para a parede corporal ventral e a segmentação diminui.

As costelas originam-se anterolateralmente da parte ventral dos pedículos e formam processos costais bilaterais que se expandem para atingir as pontas dos processos transversos. Conforme se alongam lateral e ventralmente, elas localizam-se entre as lâminas musculares miotômicas. No tórax (Fig. 44.11), os processos transversos crescem lateralmente por trás das extremidades vertebrais dos processos transversos, inicialmente conectados por mesênquima, que mais tarde se transforma, diferenciado em ligamentos e outros tecidos das articulações costotransversas. As articulações costovertebrais capitulares são similarmente formadas do mesênquima entre as extremidades proximais dos processos costais e disco pericondral e as partes adjacentes de dois corpos vertebrais (algumas vezes um) que são derivados do arco neural. As costelas 1-7 (vertebroesternais) curvam-se ao redor da parede corporal para chegar até as lâminas esternais em desenvolvimento. As costelas 8-10 (vertebrocondrais) são progressivamente mais oblíquas e curtas, atingindo somente a cartilagem costal da costela acima e contribuindo para a margem costal. As costelas 11 e 12 são livres (flutuantes) e apresentam cartilagens terminais em formato de cone às quais os músculos se fixam (pág. 921).

Vértebras lombares

Os processos costais não se desenvolvem distalmente nas vértebras lombares (Fig. 44.11). Suas partes proximais tornam-se os "processos trans-

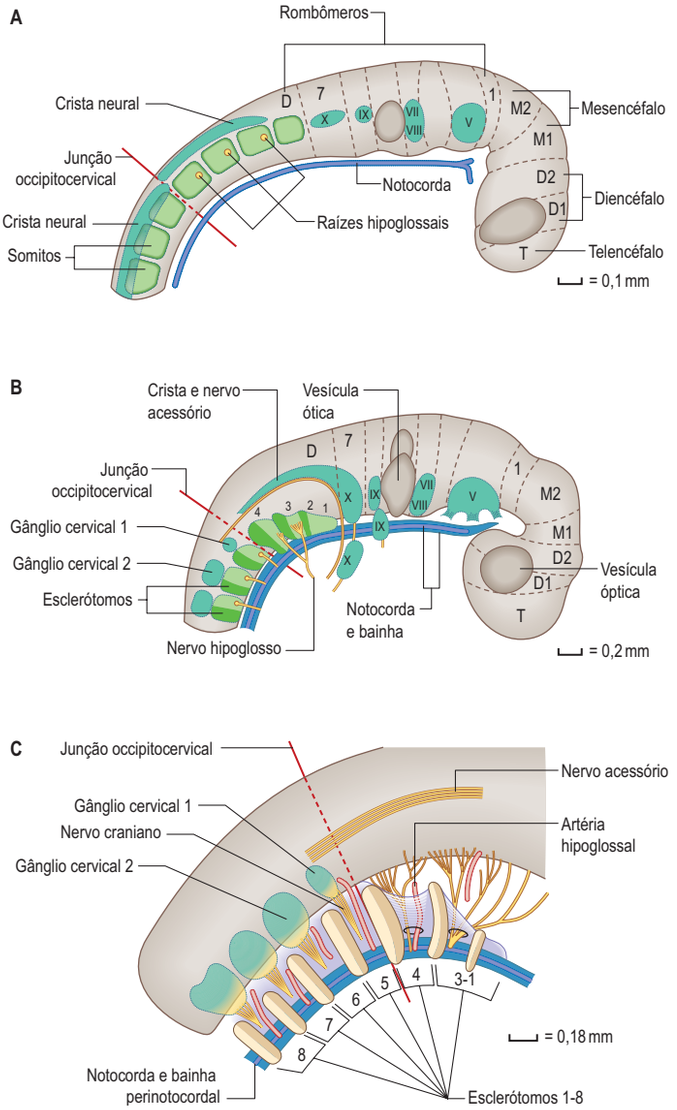


Fig. 44.12 Reconstruções da região occipitocervical dos embriões humanos. **A,** Estágio 12: somitos occipitais inervados por fibras hipoglossais (pequenos círculos amarelos). São apresentados três somitos cervicais. Os gânglios derivados da crista dos nervos sacrais V, VII, VIII, IX e X são demonstrados em verde. A crista neural associada com os somitos occipitais é hipoglossal e talvez acessória (também em verde). **B,** Estágio 14: os somitos transformaram-se em esclerótomos e moveram-se ventralmente. As partes cranial menos densa e caudal mais densa dos esclerótomos e os esclerótomos occipitais 1-4 estão indicados. A fibras hipoglossais e os ramos cervicais ventrais migram através das partes menos densas dos esclerótomos. A crista neural occipital agora é principalmente acessória. A crista neural occipital é subdividida em gânglios espinais. Uma bainha perinotocordal pode ser vista estendendo-se rostralmente para o término da notocorda. **C,** Estágio 15: as partes densas dos esclerótomos 1-8 são apresentadas. As artérias intersegmentares são visíveis nas áreas menos densas dos esclerótomos, assim como as fibras nervosas espinais. Em todos os diagramas, a junção occipitocervical é indicada pelos asteriscos e linhas. (Após Müller F, O'Rahilly R 1994 Occipitocervical segmentation in staged human embryos. J Anat 185: 251-8. Permissão de Blackwell Publishing.)

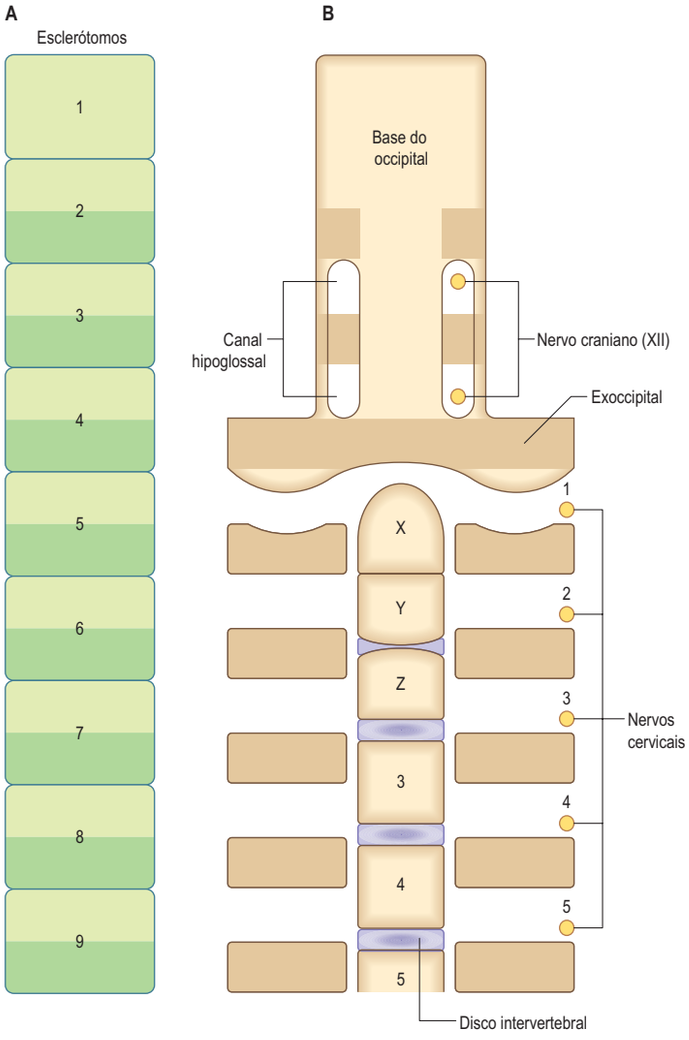


Fig. 44.13 Relação entre os centros e os arcos neurais das vértebras, gânglios e nervos espinais relacionados. Esquema dos detalhes do desenvolvimento inicial da região occipitocervical. **A,** A coluna de esclerótomos do somito occipital 1. **B,** Vista dorsal das vértebras em desenvolvimento com o centro no meio e componentes bilaterais dos processos neurais lateralmente. X, Y e Z são os três centros que produzem a ponta do dente do áxis (X), a base do dente do áxis (Y) e o centro do áxis (Z). Um disco intervertebral aparece temporariamente entre Y e Z durante o estágio 17. Não se desenvolvem discos entre X e Y. Os côndilos occipitais são derivados do primeiro esclerótomo cervical. (Após Müller F, O'Rahilly R 1994 Occipitocervical segmentation in staged human embryos. J Anat 185: 251-8. Permissão de Blackwell Publishing.)

versos", enquanto os processos transversos morfologicamente verdadeiros podem ser representados pelos processos acessórios das vértebras. Ocasionalmente, costelas móveis podem se desenvolver em associação com a primeira vertebral lombar.

Os discos intervertebrais lombares são mais espessos do que os discos torácicos. Por volta do estágio 23, o ânulo fibroso pode ser observado na parte periférica e internamente as células notocordais estão se expandindo para formar o núcleo pulposo.

Sacro

As vértebras sacrais possuem centros de lado a lado mais baixos e mais estreitos do que suas contrapartes torácicas e lombares. Cada vértebra sacral é composta por um centro e por processos neurais bilaterais. A contribuição dos processos costais para o desenvolvimento sacral foi examinada por O'Rahilly *et al.* (1990). Estes autores dividiram a área juncional neurocentral em duas partes, anterolateral e posterolateral. Eles consideraram que o elemento alar na primeira vértebra sacral seria novo, já que está ausente na quinta vértebra lombar. Há suporte para esta visão se o curso dos ramos dorsais dos nervos espinais for utilizado para distinguir os elementos costais ventralmente dos elementos transversos dorsalmente. Os elementos alares das vértebras sacrais são ventrais aos ramos dorsais sacrais, e as porções costais e transversas são posterolaterais. O elemento alar de S1 e S2 forma a superfície auricular do sacro. No estágio 23, as vértebras sacrais alares uniram-se e o delineamento do osso futuro pode ser reconhecido. Os pedículos individuais e as lâminas são muito pequenos e podem ser detectados em S3-5.

A ossificação da coluna vertebral prossegue em direção craniocaudal. Após 16 semanas, ela progrediu a L5. A ossificação de cada vértebra adicional ocorre durante um período de 2-3 semanas; S2 ossifica-se por volta da semana 22.

Muito raramente, malformações significativas das vértebras sacrais ou lombossacrais podem ocorrer, geralmente em associação com uma história maternal de diabetes. Quando há agenesia sacral, a paralisia motora é profunda abaixo do nível vertebral afetado, enquanto o distúrbio sensitivo não está relacionado com o nível vertebral, de modo que a sensação pode estar presente até os joelhos. O envolvimento da bexiga urinária é uma característica consistente.

ESPINHA BÍFIDA

Espinha bífida é o termo genérico para uma gama de pequenos defeitos da neurulação e subsequente formação vertebral. O espectro dos defeitos do tubo neural e vertebrais inclui uma variedade de defeitos de tubos neurais abertos: craniorraquisquise (não fusão de todo o tubo neural e ausência de desenvolvimento do arco vertebral), anencefalia (não fusão da porção rostral do tubo neural sem desenvolvimento do calvário ou occipital) e miocele (não fusão das porções caudais do tubo neural e falência local do desenvolvimento do arco vertebral) (Fig. 24.8).

A espinha bífida cística ocorre nos locais em que as meninges se desenvolveram nas adjacências ou sobre o tecido neural defeituoso. O acúmulo local de LCE pode empurrar uma lâmina neural ou medula espinal defeituosa superficial ao nível das vértebras, formando uma meningomielocele. Alternativamente, um saco meníngeo pode fazer uma protrusão na linha média na ausência de um ou dois processos espinhosos; esta condição é a meningocele. Em ambos os casos, o saco meningeal pode ser coberto por pele ou a pele pode ser contígua com as margens de uma lâmina neural.

Antes do diagnóstico pré-natal da espinha bífida pela ultrassonografia, a maioria dos nascidos vivos com espinha bífida apresentava meningomielocele. A meningomielocele ocorre nas regiões toracolombar, lombar e lombossacral. As lesões sacrais são menos comuns. A lesão vertebral geralmente se estende cranialmente por uma maior distância do que a lesão neural, demonstrando deformidades dos corpos vertebrais e das lâminas. As vértebras podem ter formato de cunha ou de hemivértebras e as costelas podem estar fundidas ou ausentes. A cifose concomitante no nascimento está associada com um prognóstico pior. O diagnóstico pré-natal da meningomielocele e a interrupção das gestações de fetos afetados levaram a uma diminuição significativa da incidência nos nascidos vivos com esta condição.

Até 10% dos casos de espinha bífida cística são de meningoceles. Esta lesão pode ocorrer nos níveis cervicais e torácicos superiores ou nos níveis lombares inferiores ou sacrais, sendo os últimos mais comuns. Em sua forma mais leve, não há anomalia neurológica com esta condição.

A espinha bífida oculta afeta aproximadamente 5% da população. Os indivíduos afetados apresentam processos espinhosos bífidos geralmente na junção lombossacral. Uma população muito pequena dos pacientes com esta condição apresenta um *nevus*, uma depressão ou um tufo de pelos sobre a lesão.

Encarceramento da medula e diastematomielia

A maior alteração do comprimento vertebral ocorre nos últimos seis meses da vida intrauterina. Na presença de qualquer grau de espinha bífida, a migração superior da medula espinal, que normalmente ocorre dentro do canal vertebral durante o crescimento, é limitada e a medula fica encarcerada. Déficits neurológicos causados por esta condição em neonatos tornam-se aparentes logo após o nascimento, apesar de alguns indivíduos demonstrarem sintomas mais adiante na vida, especialmente graus de disfunção urinária.

Muito raramente, os sintomas do encarceramento podem estar associados com o desenvolvimento anormal dos centros das vértebras, como quando uma espícula cartilaginosa ou óssea na linha média ou um septo fibroso se projeta para o canal vertebral. Estes obstáculos podem dividir a medula espinal ou raízes nervosas intraespinais em duas colunas, uma condição denominada diastematomielia. Geralmente, pacientes com esta condição apresentam uma anormalidade cutânea, como uma depressão, nevos pigmentados ou um tufo de pelos, ao longo do dorso no nível do encarceramento.

DESENVOLVIMENTO DOS DERMOMIÓTOMOS

O dermomiótomo, que se forma a partir da metade dorsal do somito primário, dá origem a toda a musculatura esquelética no tronco e nos membros e também à musculatura intrínseca da língua. Os músculos na cabeça originam-se do mesênquima paraxial não segmentado rostral aos somitos occipitais. O lábio dorsomedial (margem) do dermomiótomo é uma invaginação da lâmina epitelial do somito e torna-se um local de proliferação epitelial a partir do qual ocorre o crescimento mediolateral do dermomiótomo propriamente dito. Estas estruturas são necessárias para a miogênese, o tubo neural, o complexo da notocorda/assoalho da lâmina neural e o ectoderma localizado dorsalmente. Há um equilíbrio entre os níveis de Shh da notocorda e Wnts do tubo neural dorsal e o ectoderma que produz miogênese; altos níveis isolados de um dos dois levam ao desenvolvimento dermomiotomal esclerotomal ou não miogênico (Scaal & Christ, 2004). Fatores de determinação miogênica, MyoD, miogenina, Myf 5 e herculina/MRF 4 podem ser detectados inicialmente na metade medial do somito já no estágio II, várias horas antes do início da formação dos miótomos.

O modo de formação dos miotubos primitivos mononucleados pós-mitóticos a partir do dermomiótomo foi elucidado na galinha, mas ainda não foi confirmado em mamíferos (Gros, Scaal & Marcelle, 2004). Neste modelo, todas as quatro margens do dermomiótomo dão origem a células miotomais que são produzidas em duas fases: inicialmente a partir do lábio dermomiotomal dorsomedial por ingresso direto e extensão bidirecional; depois, em uma segunda fase, a margem dermomiotomal caudal, seguida pela margem dermomiotomal cranial e finalmente pelo lábio dermomiotomal ventral começam a liberar células precursoras miotomais. Estas células miotomais, que se originam da margem dermomiotomal dorsomedial, contribuem exclusivamente para o domínio epaxial, aquelas da margem ventrolateral contribuem exclusivamente com células para o domínio hipaxial e as células que se originam das margens cranial e caudal movem-se para os domínios epaxial e hipaxial (Scaal & Christ, 2004) (Fig. 44.7).

MÚSCULO EPAXIAL: MÚSCULOS DORSAIS DO TRONCO

Os músculos epaxiais originam-se a partir do lábio dorsomedial do dermomiótomo. As células do dermomiótomo são mioblastos embrionários pós-mitóticos: mais adiante no desenvolvimento, elas formam-se para constituir o sincício que produz os músculos intrínsecos do dorso. Eles fazem a ponte entre as margens segmentares iniciais, unindo as vértebras. Os músculos epaxiais são inervados pelo ramo dorsal de cada nervo espinal. Nos estágios mais avançados, as células entram no miótomo. O mecanismo de desenvolvimento do endo, peri e epimísio em relação aos músculos epaxiais não foi determinado.

MÚSCULO HIPAXIAL: MÚSCULOS VENTROLATERAIS DO TRONCO

Dois modos de produção da musculatura hipaxial são observados, relacionados com o nível axial (Fig. 44.7). Nos níveis cervical e do tronco, miotubos são produzidos pela margem ventrolateral do dermomiótomo de modo semelhante à produção dos músculos epaxiais. Conforme o desenvolvimento prossegue, há um crescimento lateral do dermomiótomo de modo que a margem ventrolateral se estende ventrolateralmente na direção da parede corporal lateral e ventral em desenvolvimento. As estruturas do somito que invadem a somatopleura das paredes abdominal e torácica consistem em duas camadas, dermomiótomo e miótomo, que dão origem aos blastemas musculares para os músculos intercostais e oblíquos, além do reto abdominal. Neste momento, o número de fibroblastos somatopleurais situados dentro da zona formadora de músculo aumenta e os miotubos podem ser vistos. Há um desvio ventral subsequente dos blastemas musculares já separados dentro da parede abdominal em crescimento, chegando às suas posições definitivas. A diferenciação muscular continua e tecido conjuntivo muscular, tendões e aponeuroses desenvolvem-se.

Nos níveis occipital e dos membros, um lábio dermomiotomal não é formado da mesma forma; as células sofrem transformação epitelial/mesenquimal e migram para seu destino. Os mioblastos movem-se dos dermomiótomos occipitais para os processos mandibulares em desenvolvimento, a fim de formar os músculos intrínsecos da língua, enquanto aqueles opostos aos brotos iniciais dos membros migram para os membros, na forma de massas musculares dorsal e ventral, que dão origem aos músculos do ombro, quadril e músculos apendiculares. (Para uma revisão sobre o desenvolvimento dermomiotomal, ver Scaal & Christ, 2004.)

OUTRAS ESTRUTURAS DERIVADAS DOS SOMITOS

Os precursores da derme originam-se na porção central do dermomiótomo e possivelmente também do lábio do dermomiótomo dorsomedial (Fig. 44.7). As células sofrem uma transformação epitelial/mesenquimal a partir do dermomiótomo e migram para o espaço subectodérmico dorsomedial sobre o tubo neural dorsal. Suas transformações parecem ser controladas por fatores oriundos do tubo neural. Há um limite agudo entre a derme que é derivada do somito e aquela que é derivada do mesênquima esplancnicopleural da lâmina lateral (e que cobre os membros, parte lateral e toda a parede corporal ventral).

As células da musculatura lisa dentro e ao redor dos somitos em desenvolvimento e os precursores das células endoteliais atualmente são considerados como oriundos das células somíticas. Todos os compartimentos do somito epitelial, incluindo as células do somitocele, dão origem a angioblastos. A metade ventral inicial do somito dá origem ao endotélio dos vasos sanguíneos ventrolaterais. As células angioblásticas que se originam no dermomiótomo dorsomedial migram principalmente para a derme dorsal, enquanto aquelas que se originam da parte dorsolateral se movem para a parede corporal ventrolateral e membros (Scaal & Christ, 2004).

REFERÊNCIAS

Bagnall KM, Harris PF, Jones PRM 1977 A radiographic study of the human spine II. The sequence of development of ossification centres in the vertebral column. J Anat 124: 791–802.

Christ B, Huang R, Wilting J 2000 The development of the avian vertebral column. Anat Embryol 202: 179–94.

Christ B, Huang R, Scaal M 2004 Formation and differentiation of the avian sclerotome. Anat Embryol 208: 333–50.

Crockard HA, Stevens JM 1995 Craniovertebral junction anomalies in inherited disorders: part of the syndrome or caused by the disorder? Eur J Pediatr 154: 504–12.

Gasser RF 2006 Evidence that some events of mammalian embryogenesis can result from differential growth, making migration unnecessary. Anat Rec 289B: 53–63.

Gumpel-Pinot M 1984 Muscle and skeleton of limbs and body wall. In: Le Douarin N, McLaren A (eds) Chimeras in Developmental Biology. London: Academic Press: 281–310.

Huang R, Zhi Q, Brand-Saberi B, Christ B 2000 New experimental evidence for somite resegmentation. Anat Embryol 202: 195–200.

Menezes AH 1995 Primary craniovertebral anomalies and the hindbrain herniation syndrome (Chiari 1); database analysis. Pediatr Neurosurg 23: 260–9.

Müller F, O'Rahilly R 1986 Somitic–vertebral correlation and vertebral levels in the human embryo. Am J Anat 177: 3–19.

Müller F, O'Rahilly R 1994 Occipitocervical segmentation in staged human embryos. J Anat 185: 251–8.

Nishikawa M, Sakamoto H, Hakuba A, Nakanishi N, Inoue Y 1997 Pathogenesis of Chiari malformations: a morphometric study of the posterior cranial fossa. J Neurosurg 86: 40–7.

O'Rahilly R, Müller F, Meyer DB 1990 The human vertebral column at the end of the embryonic period proper. 4. The sacrococcygeal region. J Anat 168: 95–111.

Ordahl CP 1993 Myogenic lineages within the developing somite. In: Bernfield M (ed.) Molecular Basis of Morphogenesis. New York: Wiley Liss: 165–76.

Pourquie O, Kusumi K 2001 When body segmentation goes wrong. Clin Genet 60: 409–16.

Richardson MK, Allen SP, Wright GM, Raynaud A, Hanken J 1998 Somite number and vertebrate evolution. Development 125: 151–60.

Scaal M, Christ B 2004 Formation and differentiation of the avian dermomyotome. Anat Embryol 208: 411–24.

Stern CD, Vasiliauskas D 2000 Segmentation: a view from the border. Current Topics in Developmental Biology, Vol 47. New York: Academic Press.
Apresenta três modelos diferentes de formação de somitos no contexto de dados moleculares.

Wilting J, Ebensperger C, Müller TS, Kosecki H, Wallin J, Christ B 1995 *Pax-1* in the development of the cervico-occipital transitional zone. Anat Embryol 192: 221–7.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

SEÇÃO
6

CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR E MEMBRO SUPERIOR

45 Cíngulo do membro superior e membro superior: visão geral e anatomia de superfície . . . 777
Ossos e articulações . . . 777
Pele, fáscia e tecidos moles . . . 778
Músculos . . . 778
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática . . . 779
Inervação . . . 780
Visão geral do plexo braquial . . . 780
Inervação autônoma . . . 781
Movimentos, músculos e inervação segmentar . . . 782
Anatomia de superfície . . . 785

46 Cíntura peitoral (escapular) região do ombro e axila . . . 791
Pele e tecidos moles . . . 791
Ossos . . . 791
Clavícula . . . 791
Escápula . . . 793
Úmero . . . 796
Articulações . . . 800
Articulação esternoclavicular . . . 801
Articulação acromioclavicular . . . 803
Movimentos do cíngulo do membro superior (ombro) . . . 807
Articulação do ombro . . . 814
Músculos . . . 814
Espaços quadrangular e triangular . . . 814
Axila . . . 814
Aporte vascular e drenagem linfática . . . 814
Artérias . . . 814
Artéria supraescapular . . . 814
Artéria dorsal da escápula . . . 814
Artéria supraclavicular . . . 815
Artéria axilar . . . 815
Veias . . . 817
Veia axilar . . . 817
Veia subclávia . . . 818
Linfonodos axilares . . . 818
Inervação: plexo braquial . . . 818
Parte supraclavicular . . . 820
Parte infraclavicular . . . 821
Lesões no plexo braquial . . . 822

47 Braço . . . 823
Pele e tecidos moles . . . 823
Músculos . . . 824
Compartimento anterior . . . 824
Compartimento posterior . . . 826
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática . . . 827
Artérias . . . 827
Artéria braquial . . . 827
Veias . . . 828
Veias braquiais . . . 828
Veias superficiais . . . 828
Drenagem linfática . . . 828
Inervação . . . 828
Nervo mediano . . . 828
Nervo musculocutâneo . . . 828
Nervo ulnar . . . 829
Nervo radial . . . 829
Nervo cutâneo medial do braço . . . 830
Nervo cutâneo medial do antebraço . . . 830

48 Cotovelo . . . 831
Pele e tecidos moles . . . 831
Articulações . . . 831
Articulação do cotovelo . . . 831
Articulação radiulnar proximal . . . 834
Articulação radiulnar distal . . . 835
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática . . . 835
Artérias . . . 835
Artéria braquial . . . 835
Artéria radial . . . 835
Artéria ulnar . . . 835
Veias . . . 836
Drenagem linfática: linfonodos supratrocleares . . . 836
Inervação . . . 836
Nervo mediano . . . 836
Nervo musculocutâneo . . . 836
Nervo ulnar . . . 837
Nervo radial . . . 837
Nervos cutâneos medial e cutâneo posterior do antebraço . . . 837

49 Antebraço . . . 839
Pele e tecidos moles . . . 839
Ossos . . . 840
Rádio . . . 840
Ulna . . . 843
Músculos . . . 844
Compartimento anterior . . . 844
Compartimento flexor superficial . . . 844
Compartimento flexor profundo . . . 847
Compartimento posterior . . . 848
Compartimento extensor superficial . . . 848
Compartimento externsor profundo . . . 850
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática . . . 852
Artérias . . . 852
Artéria radial . . . 850
Artéria ulnar . . . 851
Veias . . . 852
Veias profundas . . . 853
Veias superficiais: cefálica, basílica e intermédia . . . 853
Inervação . . . 853
Nervo mediano . . . 853
Nervo ulnar . . . 855
Nervo radial . . . 855
Nervo cutâneo medial do antebraço . . . 856
Nervo cutâneo lateral do antebraço . . . 856
Nervo cutâneo posterior do antebraço . . . 856

50 Punho e mão . . . 857
Pele e tecidos moles . . . 857
Pele dorsal *versus* pele palmar . . . 857
Pregas na pele e impressão digital . . . 857
Suprimento sanguíneo cutâneo . . . 857
Unha . . . 858
Tecidos moles . . . 859
Complexo da fáscia palmar . . . 859
Complexo da fáscia dos dedos . . . 860
Funções da fáscia da mão . . . 861
Espaços digital e palmar . . . 861
Ossos . . . 861
Ossos carpais . . . 861
Ossos metacarpais . . . 864
Falanges . . . 866
Articulações . . . 868
Articulação radiulnar distal . . . 868
Articulação radiocarpal (punho) . . . 870
Articulações do carpo . . . 870
Movimentos coordenados e sustentação de carga na articulação do punho . . . 871
Movimentos do punho . . . 871
Sobrecarga no punho . . . 872
Ações específicas . . . 874
Instabilidade do punho . . . 875
Articulações carpometacarpais . . . 875
Articulações intermetacarpais . . . 876
Articulações metacarpofalângicas . . . 876
Articulações interfalângicas . . . 877

SEÇÃO 6 CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR E MEMBRO SUPERIOR

Músculos 878
Flexores e extensores longos extrínsecos 878
Retináculo dos músculos flexores 878
Sistema de tendões dos músculos flexores longos 879
Retináculo dos músculos extensores 879
Sistema de tendões dos músculos extensores 880
Músculos intrínsecos da mão 881
Movimentos coordenados da mão 886
Funções especiais da mão 887
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 890
Artérias 890
Artéria radial 890
Artéria ulnar 893
Arco palmar superficial 894
Veias 894
Veias superficiais da mão 894
Veias profundas da mão 894
Inervação 895
Nervo mediano 895
Nervo ulnar 897
Nervo radial 898

51 Desenvolvimento dos membros 899
Eixo dos membros 899
Elementos esqueléticos do membro 902
Vascularização do membro 903

52 Desenvolvimento do membro superior e do seu cíngulo 905
Estágios do desenvolvimento do membro superior 905
Vasos sanguíneos do membro superior 905
Membro superior do neonatal 905
Anomalias no membro superior 906

Cíngulo do membro superior e membro superior: visão geral e anatomia de superfície

CAPÍTULO 45

Este capítulo é dividido em duas seções. A primeira apresenta uma visão geral da organização do membro superior, com ênfase particular na distribuição dos principais vasos sanguíneos e vasos linfáticos, e nos ramos do plexo braquial: ele complementa a anatomia regional descrita com detalhes nos Capítulos 46 a 50. A segunda seção descreve a anatomia de superfície do membro superior.

OSSOS E ARTICULAÇÕES

Os ossos do membro superior são: clavícula, escápula, úmero, rádio e ulna (unidos por uma membrana interóssea em grande parte de seus comprimentos) e ossos da mão, isto é, carpo, metacarpo e falanges (Figs. 45.1 e 45.2).

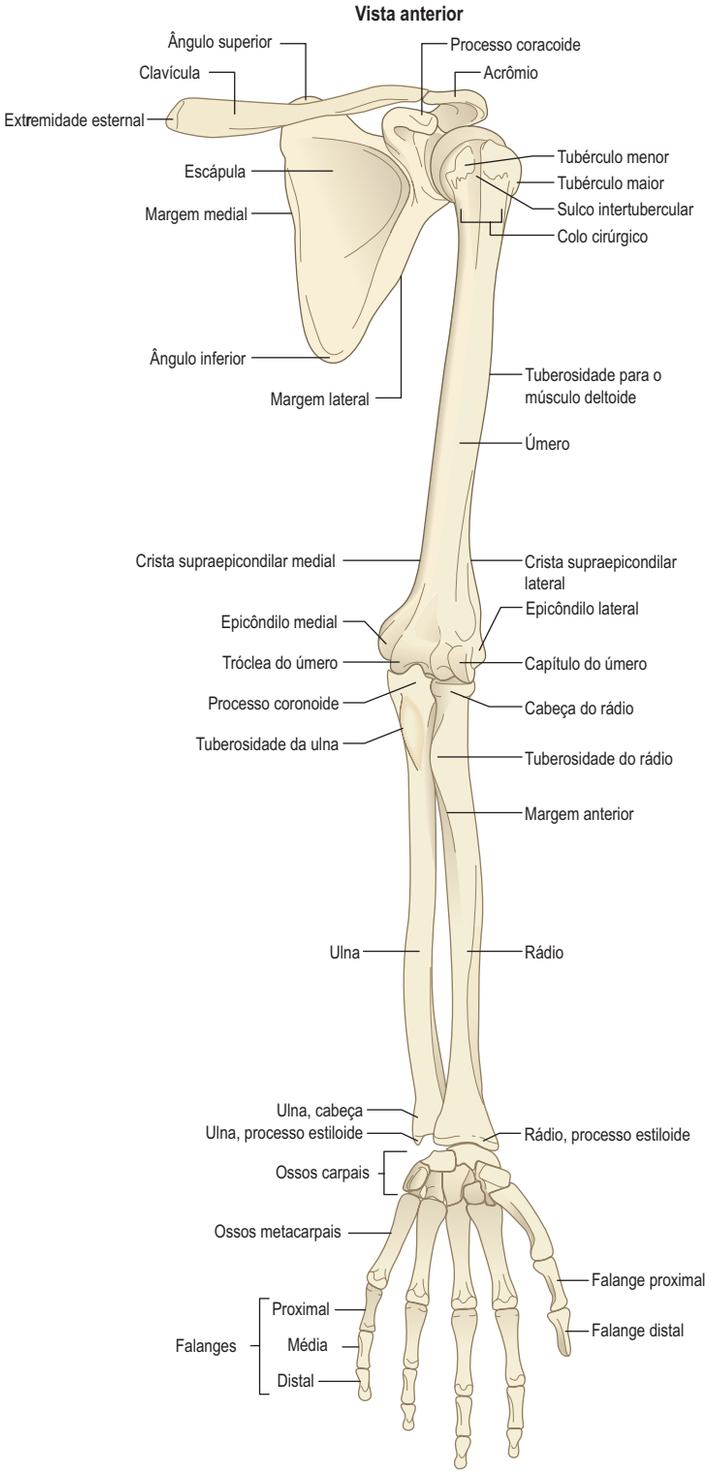


Fig. 45.1 Visão geral dos ossos do membro superior esquerdo: vista anterior.

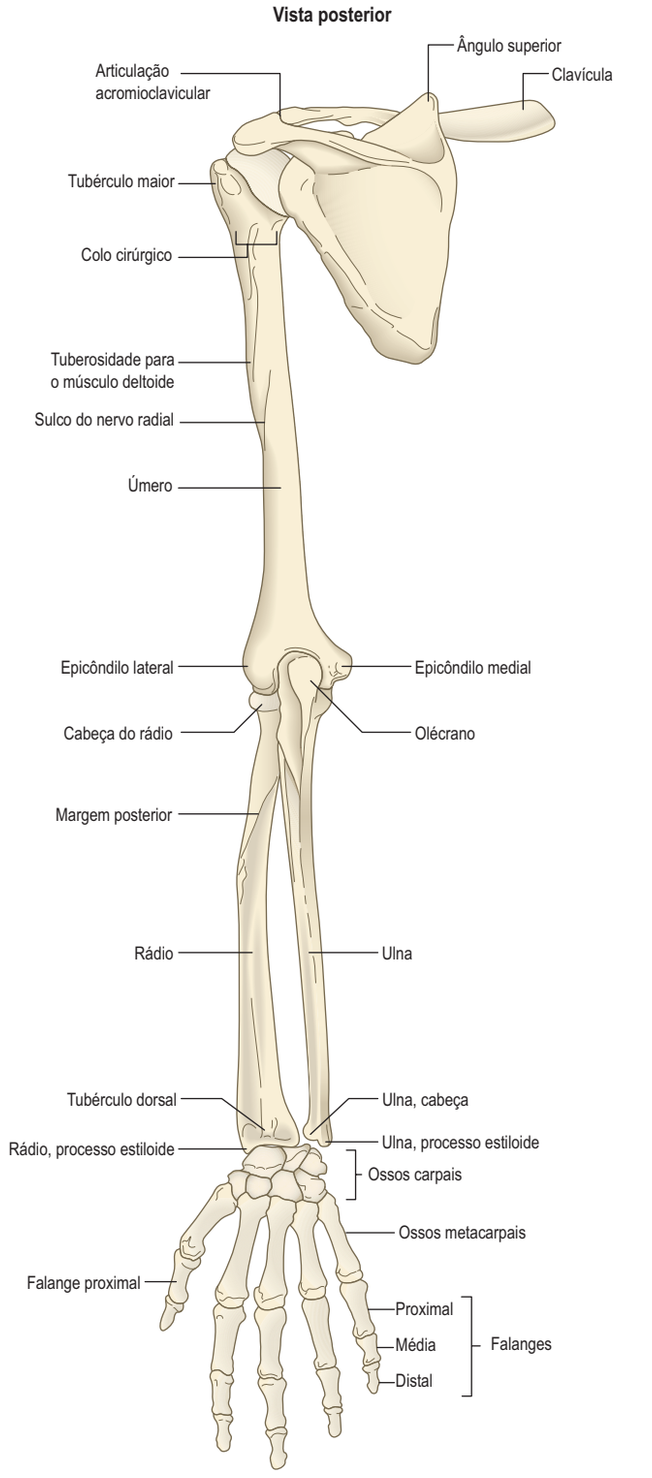


Fig. 45.2 Visão geral dos ossos do membro superior esquerdo: vista posterior.

O cíngulo do membro superior é extremamente móvel, pois movimentos recíprocos nas articulações esternoclavicular e acromioclavicular permitem uma abdução de 180° do membro superior. O movimento na articulação do ombro ocorre em todos os três planos.

A articulação do cotovelo é uma articulação gínglimo. Ela incorpora a articulação radiulnar proximal dentro de sua cápsula. As articulações radiulnar proximal e distal permitem a pronação e a supinação do antebraço – uma característica singular do membro superior dos primatas.

A amplitude de movimento da articulação elipsóidea do punho, entre as extremidades distais do rádio e da ulna e a fileira proximal dos ossos do carpo, é aumentada por movimentos deslizantes entre os ossos do carpo. A primeira articulação carpometacarpal em forma de sela entre o trapézio e a base do primeiro metacarpo existe somente em antebraço de primatas e permite o movimento de oposição do polegar. A mão se fecha por flexão das articulações metacarpofalângicas, complementada por movimentos deslizantes da quarta e quinta articulações carpometacarpais. No movimento de preensão, o polegar tem valor igual aos outros quatro dedos juntos: a perda do polegar é quase tão incapacitante quanto a perda de todos os demais dedos.

PELE, FÁSCIA E TECIDOS MOLES

A pele da face anterior do braço e do antebraço difere da pela da face posterior; ela é fina e sem pelo. A pele palmar é espessa e sem pelo: inserções firmes à fáscia palmar subjacente refletem o seu papel na preensão e absorção de choque. A pele dorsal da mão é muito mais fina, frouxa e móvel, o que permite que os tendões dos músculos extensores deslizem sob o tecido subcutâneo.

A direção na qual a tensão da pele é maior varia de região para região no membro superior, assim como em outras partes do corpo. As linhas de tensão da pele que seguem os sulcos da pele formados quando a mesma está relaxada são conhecidas como "linhas de tensão da pele relaxada" e podem servir como um guia no planejamento de incisões eletivas.

A fáscia superficial é uma camada de tecido adiposo subcutâneo. Sua espessura depende do grau de obesidade do indivíduo: a medida da espessura do tecido subcutâneo na face posterior do braço é utilizada como um indicador de obesidade. Com a exceção da polpa dos dedos há menos gordura subcutânea na palma que no dorso da mão.

A profundidade da fáscia varia de acordo com o estresse ao qual ela está sujeita nas diferentes áreas do membro. No membro superior, ela é uma camada fina, mas facilmente identificada. O septo intermuscular passa das regiões medial e lateral do úmero, separando os músculos do braço em um grupo anterior e outro posterior dentro de seus respectivos compartimentos. Cada músculo também fica dentro de sua própria delicada bainha fascial, um arranjo que permite que os músculos isoladamente deslizem uns sobre os outros.

A fáscia profunda se condensa anteriormente na altura do cotovelo, formando a forte aponeurose do músculo bíceps braquial; ela é, no entanto, relativamente fina no antebraço, onde se insere ao longo da margem subcutânea da ulna. O septo intermuscular divide o antebraço em três compartimentos: anterior (contém o grupo de músculos flexores), posterior (extensores) e parte posterior do compartimento lateral para os músculos braquiorradial, extensor radial longo do carpo e extensor radial curto do carpo.

No punho, a fáscia profunda se condensa anteriormente e posteriormente, formando o retináculo dos músculos flexores e o retináculo dos músculos extensores, respectivamente. Uma condensação adicional ocorre na palma da mão, onde a aponeurose palmar é reforçada pela inserção do tendão do músculo palmar longo nas bainhas dos tendões dos músculos flexores e no sistema de fáscias relacionadas aos dedos.

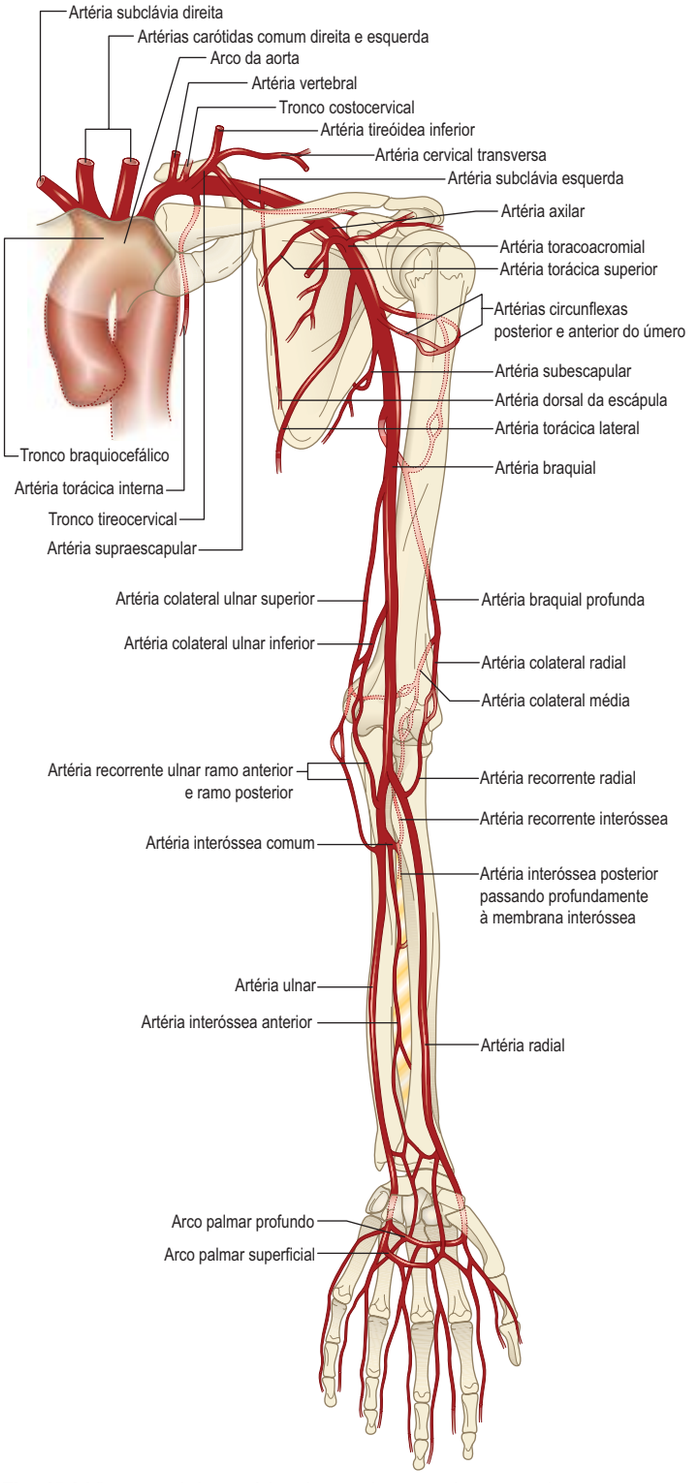


Fig. 45.3 Visão geral das artérias do membro superior esquerdo.

MÚSCULOS

Os grupamentos musculares anterior e posterior ligam o cíngulo do membro superior ao esqueleto axial; a única conexão óssea ocorre na articulação esternoclavicular. Os músculos posteriores são o trapézio, o levantador da escápula e os romboides. Suas ações incluem elevar o ombro e tracionar a escápula medialmente. Os músculos anteriores são o peitoral menor, o serrátil anterior e o subclávio. O músculo serrátil anterior e o músculo subclávio, em conjunto, rodam a escápula durante a abdução do braço.

O músculo latíssimo do dorso (posteriormente) e o músculo peitoral maior (anteriormente) estendem-se do esqueleto axial ao úmero. Ambos são potentes adutores e rotadores mediais do ombro; o músculo latíssimo do dorso também é um potente extensor.

Um grande grupo de músculos se origina no cíngulo do membro superior e se insere no úmero. Esse grupo inclui os quatro músculos do manguito rotador (subescapular, supraespinal, infraespinal e redondo menor), os músculos redondo maior, o músculo deltoide, a parte clavicular do músculo peitoral maior, o músculo bíceps braquial, o músculo coracobraquial e a cabeça longa do músculo tríceps braquial.

Os músculos do braço podem ser divididos em um grupo anterior de flexores do cotovelo (músculos bíceps braquial, braquial e coracobraquial) e um grupo posterior de extensores do cotovelo (músculos tríceps braquial e ancôneo). O músculo bíceps braquial também é um potente supinador das articulações radiulnares.

Os músculos extensores do punho e dos dedos, além do músculo braquiorradial e de uma parte do músculo supinador, se inserem no epicôndilo lateral do úmero. No epicôndilo medial do úmero inserem-se a cabeça umeral do músculo pronador redondo, os músculos flexores do carpo, o músculo palmar longo e, mais profundamente, a origem principal (cabeça umeroulnar) do músculo flexor superficial dos dedos. Mais profundamente, os músculos flexor longo do polegar, flexor profundo dos

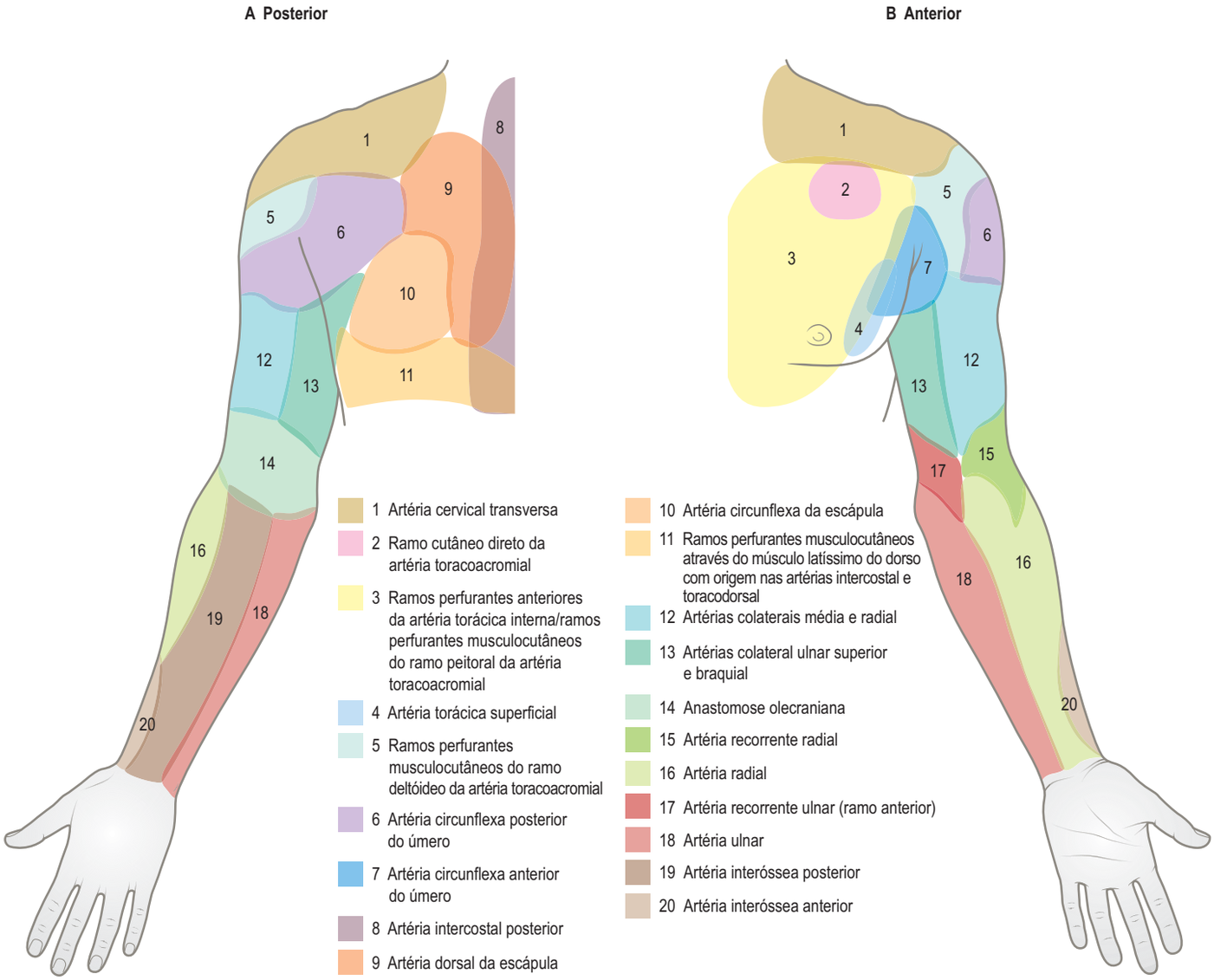


Fig. 45.4 Os territórios anatômicos irrigados pelo suprimento sanguíneo cutâneo para o membro superior. (De Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone, com permissão.)

dedos e pronador quadrado estão inseridos na face anterior do corpo do rádio e da ulna e da membrana interóssea entre eles. Na face posterior desses mesmos ossos e da membrana interóssea, inserem-se os músculos abdutor longo do polegar, extensor longo do polegar, extensor curto do polegar e extensor do indicador.

Os músculos pequenos e intrínsecos da mão compreendem o grupo tenar e o hipotenar e os músculos da palma (interósseos dorsais e palmares, e lumbricais). Eles todos estão envolvidos nos movimentos complexos dos dedos.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

SUPRIMENTO ARTERIAL

O fornecimento de sangue para a pele do membro superior vem de uma combinação de vasos diretos cutâneos, fasciocutâneos e musculocutâneos (Figs. 7.19, 45.3, 45.4).

A artéria principal do membro superior é a artéria subclávia, que passa a ser denominada artéria axilar após passar pela margem lateral da primeira costela. A artéria axilar recebe o nome de artéria braquial após passar pela margem distal da prega axilar anterior, isto é, pela margem inferior do músculo redondo maior. Inicialmente, a artéria braquial está localizada no compartimento flexor na região medial do braço, mas, subsequentemente, ela se inclina lateralmente e passa anterior à articulação do cotovelo. Logo distal ao cotovelo, ela se divide em artérias radial e ulnar. Ambas permanecem no compartimento flexor e irrigam o mesmo. A artéria ulnar, quase imediatamente, origina a artéria interóssea comum que, por sua vez, divide-se nas artérias interósseas anterior e posterior que seguem em direção ao punho, uma de cada lado da membrana interóssea (a artéria interóssea anterior situa-se diretamente sobre a membrana interóssea e a posterior está separada da mesma pelos músculos extensores profundos).

Os músculos e outros componentes da face posterior são irrigados pela artéria braquial profunda no braço e pela artéria interóssea posterior no antebraço. A mão é irrigada pelas anastomoses ricas e bastante variáveis entre os ramos das artérias radial e ulnar, principalmente da face palmar.

Cada articulação do membro superior é irrigada por uma grande anastomose de artérias alimentadas por vasos descendentes que surgem proximal à articulação e ramos recorrentes ascendentes que surgem distal à articulação.

DRENAGEM VENOSA

A drenagem venosa do membro superior é realizada pelos grupos superficial e profundo de vasos.

O grupo superficial inicia como um arco venoso dorsal irregular no dorso da mão. A veia cefálica inicia-se na extremidade radial do arco, ascende ao longo da face lateral do braço dentro da fáscia superficial e, então, penetra a fáscia profunda para desembocar na veia axilar logo distal à clavícula (Fig. 45.5). A veia basílica drena a extremidade ulnar do arco, passa ao longo da face medial do antebraço, penetra a fáscia profunda do cotovelo e se une às veias acompanhantes da artéria braquial para formar a veia axilar. Na face anterior do cotovelo, a proeminente veia intermédia

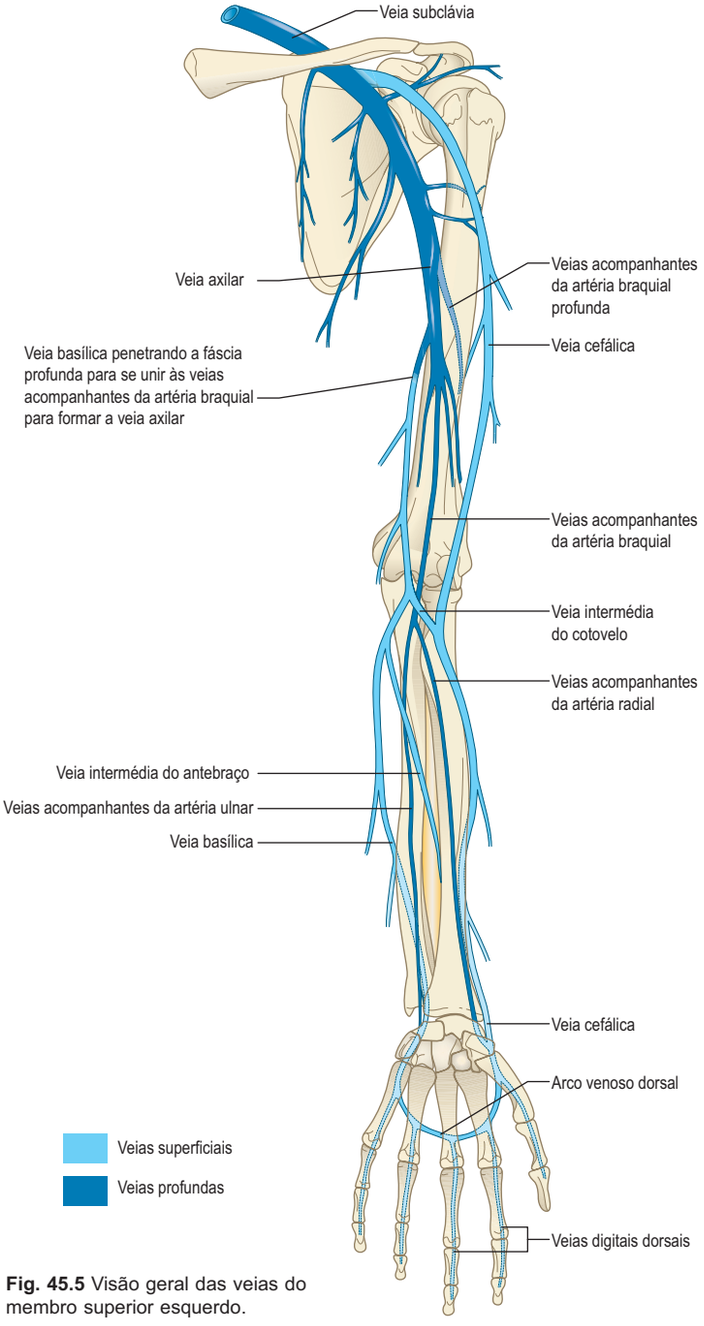


Fig. 45.5 Visão geral das veias do membro superior esquerdo.

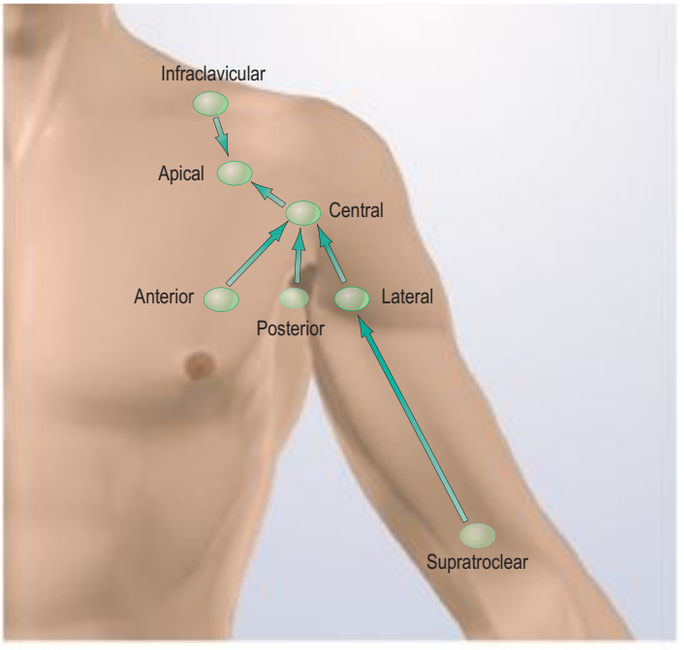


Fig. 45.6 Linfonodos do membro superior esquerdo.

do cotovelo une as veias cefálica e basílica. Ela recebe vários afluentes da face anterior do antebraço e origina a veia mediana profunda que penetra a raiz fascial da fossa cubital para se unir às veias acompanhantes da artéria braquial.

O grupo profundo de veias acompanha as artérias, usualmente como veias acompanhantes que, por fim, se tornam a veia axilar e, posteriormente, a veia subclávia. Elas drenam os tecidos abaixo da fáscia profunda do membro superior e estão ligadas ao sistema superficial por veias perfurantes.

LINFONODOS E DRENAGEM LINFÁTICA

Tecidos superficiais

Os vasos linfáticos superficiais têm origem nos plexos cutâneos. Na mão, o plexo palmar é mais denso que o plexo dorsal. Os plexos digitais drenam as margens dos dedos para as suas redes, onde se unem aos vasos palmares distais, que retornam para a face dorsal da mão. O plexo palmar proximal drena em direção ao carpo, medialmente pelos vasos que seguem ao longo de sua margem ulnar e lateralmente para se unir aos vasos que drenam o polegar. Vários vasos do plexo palmar central formam um tronco que se espirala ao redor do segundo osso metacarpal para se unir aos vasos dorsais que drenam o dedo indicador e polegar.

No antebraço e braço, os vasos superficiais seguem com as veias superficiais. Os vasos coletores da mão passam para o antebraço em todos os aspectos do carpo. Os vasos dorsais, após correrem proximalmente em paralelo, se curvam sucessivamente ao redor das margens do membro para se unir aos vasos anteriores. Os vasos anteriores do carpo seguem ao longo do antebraço paralelamente à veia intermédia do antebraço em direção à região cubital. A partir daí, seguem a margem medial do músculo bíceps braquial antes de penetrar a fáscia profunda na altura da prega axilar anterior, terminando nos linfonodos axilares anteriores (Fig. 45.6).

Os vasos linfáticos que estão situados lateralmente no antebraço recebem vasos que se curvam ao redor da margem lateral da face dorsal do membro. Eles seguem a veia cefálica até a altura do tendão do músculo deltoide, onde a maioria se inclina medialmente para alcançar os linfonodos axilares laterais; outros poucos continuam com a veia e drenam para os linfonodos infraclaviculares. Os vasos localizados medialmente no antebraço são unidos pelos vasos que se curvam ao redor da margem medial do membro. Eles seguem a veia basílica. Proximal ao cotovelo, alguns terminam nos linfonodos supratrocleares, cujos eferentes, em conjunto com os vasos intermédios que os cruzam, penetram a fáscia profunda com a veia basílica e terminam nos linfonodos axilares laterais ou nos vasos linfáticos profundos.

Os vasos coletores da região deltóidea passam ao redor das pregas axilar anterior e posterior, terminando nos linfonodos axilares. A pele da região escapular drena para os linfonodos subescapulares ou para os canais que seguem os vasos cervicais transversos para os linfonodos cervicais profundos inferiores.

Drenagem linfática dos tecidos profundos

Os vasos linfáticos profundos acompanham os principais feixes neurovasculares (radial, ulnar, interósseo e braquial) até os linfonodos axilares laterais. Eles existem em menor quantidade que os vasos superficiais e se comunicam com os mesmos em intervalos. Alguns linfonodos existem ao longo dos vasos. Os músculos da escápula drenam principalmente para os linfonodos subescapulares e os músculos peitorais, principalmente para os linfonodos peitorais, centrais e apicais (Fig. 45.6).

INERVAÇÃO

VISÃO GERAL DO PLEXO BRAQUIAL

O plexo braquial é formado pela união dos ramos anteriores dos quatro nervos cervicais inferiores e da parte maior do ramo anterior do primeiro nervo torácico (Figs. 45.7, 46.29).

O ramo do quarto nervo cervical normalmente origina um ramo para o quinto nervo cervical, e o ramo do primeiro nervo torácico frequentemente recebe um ramo do segundo nervo torácico. Esses ramos anteriores formam as raízes do plexo: eles são quase iguais em tamanho, mas variam

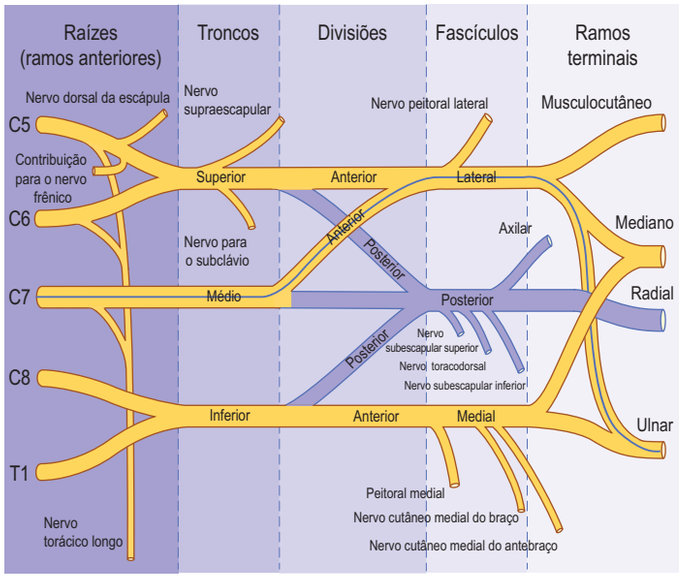


Fig. 45.7 Plano esquemático do plexo braquial esquerdo. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

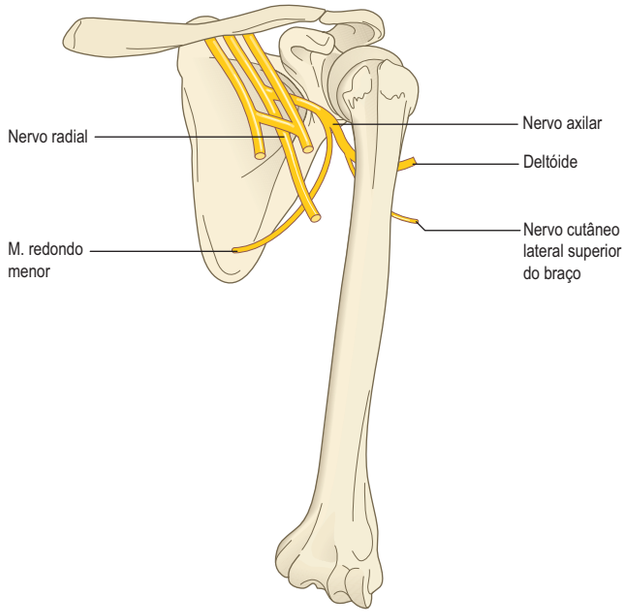


Fig. 45.8 Ramos motor e sensitivo do nervo axilar.

no modo de ligação. As contribuições de C4 e T2 para o plexo variam. Quando o ramo de C4 é grande, o de T2 está quase sempre ausente e o ramo de T1 é reduzido, formando um tipo "prefixado" de plexo. Se o ramo de C4 for pequeno ou ausente, a contribuição de C5 é reduzida, mas a de T1 é grande e há sempre contribuição de T2: esta disposição constitui o tipo "pós-fixado" de plexo.

Perto de sua saída do forame intervertebral, os ramos anteriores do quinto e sexto nervos cervicais recebem os ramos comunicantes cinzentos provenientes do gânglio simpático cervical médio, e o ramos do sétimo e oitavo nervos cervicais recebem ramos cinzentos provenientes do gânglio cervicotorácico. O ramo anterior do primeiro nervo torácico recebe um ramo cinzento do gânglio cervicotorácico e contribui com um ramo branco para o mesmo gânglio.

A disposição mais comum do plexo braquial é a seguinte: os ramos do quinto e sexto nervos cervicais se unem na margem lateral do músculo escaleno médio formando o tronco superior; os ramos do oitavo nervo cervical e do primeiro torácico unem-se atrás do músculo escaleno anterior formando o tronco inferior; o ramo do sétimo nervo cervical forma o tronco médio. Os três troncos inclinam-se lateralmente e, imediatamente acima ou atrás da clavícula, cada um se bifurca em divisões anterior e posterior. As divisões anteriores dos troncos superior e médio formam o fascículo lateral localizado lateralmente à artéria axilar. A divisão anterior do tronco inferior desce inicialmente por trás e, então, medialmente à artéria axilar, formando o fascículo medial; ele frequentemente recebe um ramo proveniente do ramo do sétimo nervo cervical. As divisões posteriores de todos os três troncos formam o fascículo posterior, que está inicialmente acima e, depois, atrás da artéria axilar. A divisão posterior do tronco inferior é bem menor que a dos outros troncos e quase sempre deriva do ramo do oitavo nervo cervical antes de o tronco ser formado; ela contém poucas fibras do ramo do primeiro nervo torácico, quando as tem.

Nervo axilar (C5, 6)

O nervo axilar é um ramo do fascículo posterior do plexo braquial. Ele se curva posteriormente ao redor do colo do úmero junto com os vasos circunflexos do úmero, e inerva o músculo deltoide e o músculo redondo menor e uma área da pele sobre a região do músculo deltoide (Fig. 45.8).

Nervo radial (C5-8, T1)

O nervo radial é uma continuação do fascículo posterior do plexo braquial (Fig. 45.9). No braço, ele se situa no sulco do nervo radial do úmero onde está acompanhado pela artéria braquial profunda e suas veias acompanhantes. Ele penetra no compartimento posterior (extensor) e inerva o músculo tríceps braquial, e penetra novamente no compartimento anterior do braço perfurando o septo intermuscular lateral. No nível do epicôndilo lateral, ele origina o nervo interósseo posterior, que passa entre as duas cabeças do músculo supinador e penetra no compartimento extensor do antebraço. O nervo interósseo posterior inerva esses músculos, enquanto o nervo radial em si continua pelo antebraço no compartimento anterior profundamente ao músculo braquiorradial e termina inervando a pele sobre o aspecto posterior dos dedos polegar, indicador, médio e metade radial do anular.

Nervo musculocutâneo (C5-7)

O nervo musculocutâneo é formado pela continuação do fascículo lateral do plexo braquial. Ele penetra e inerva os músculos coracobraquial, bíceps braquial e braquial, e continua pelo antebraço como o nervo cutâneo lateral do antebraço (Fig. 45.10).

Nervo mediano (C6-8, T1)

O nervo mediano é formado pela união do ramo terminal dos fascículos lateral e medial do plexo braquial (Fig. 45.11). Ele não possui ramos no braço. Ele penetra no antebraço entre as duas cabeças do músculo pronador redondo e origina o nervo interósseo anterior, que inerva todos os músculos flexores do antebraço, com exceção do flexor ulnar do carpo e da metade ulnar do flexor profundo dos dedos. O nervo mediano em si passa profundamente ao retináculo dos músculos flexores no punho. Ao entrar na palma, ele origina os ramos motores para músculos tenares e para os dois lumbricais radiais, além de ramos cutâneos para a face palmar dos dedos polegar, indicador e médio e para a metade radial do dedo anular.

Nervo ulnar (C7, C8, T1)

O nervo ulnar é a continuação do fascículo medial do plexo braquial (Fig. 45.12). Similar ao nervo mediano, ele não possui ramificações no braço. Ele entra no compartimento posterior do braço na metade inferior do seu comprimento perfurando o septo intermuscular medial, passa por trás do epicôndilo medial do úmero para chegar ao antebraço e desce para o punho profundamente ao flexor ulnar do carpo. O nervo ulnar inerva o músculo flexor ulnar do carpo e a metade ulnar do músculo flexor profundo dos dedos. Bem proximal ao punho, ele origina o ramo dorsal que inerva a pele sobre a face dorsal do dedo mínimo e a metade ulnar do dedo anular e, então, atravessa para a palma da mão, superficial ao retináculo dos músculos flexores no túnel ulnar. Ele se divide em um ramo motor, que inerva os músculos hipotenares, os músculos intrínsecos da mão (exceto os dois lumbricais radiais) e o músculo adutor do polegar; e em um ramo sensitivo, que inerva a pele e a face palmar do dedo médio e a metade ulnar do dedo anular.

INERVAÇÃO AUTÔNOMA

A inervação autônoma para os membros é exclusivamente simpática. O influxo simpático pré-ganglionar para o braço é derivado dos neurônios no corno lateral dos segmentos espinais torácicos superiores T2-6(7). As

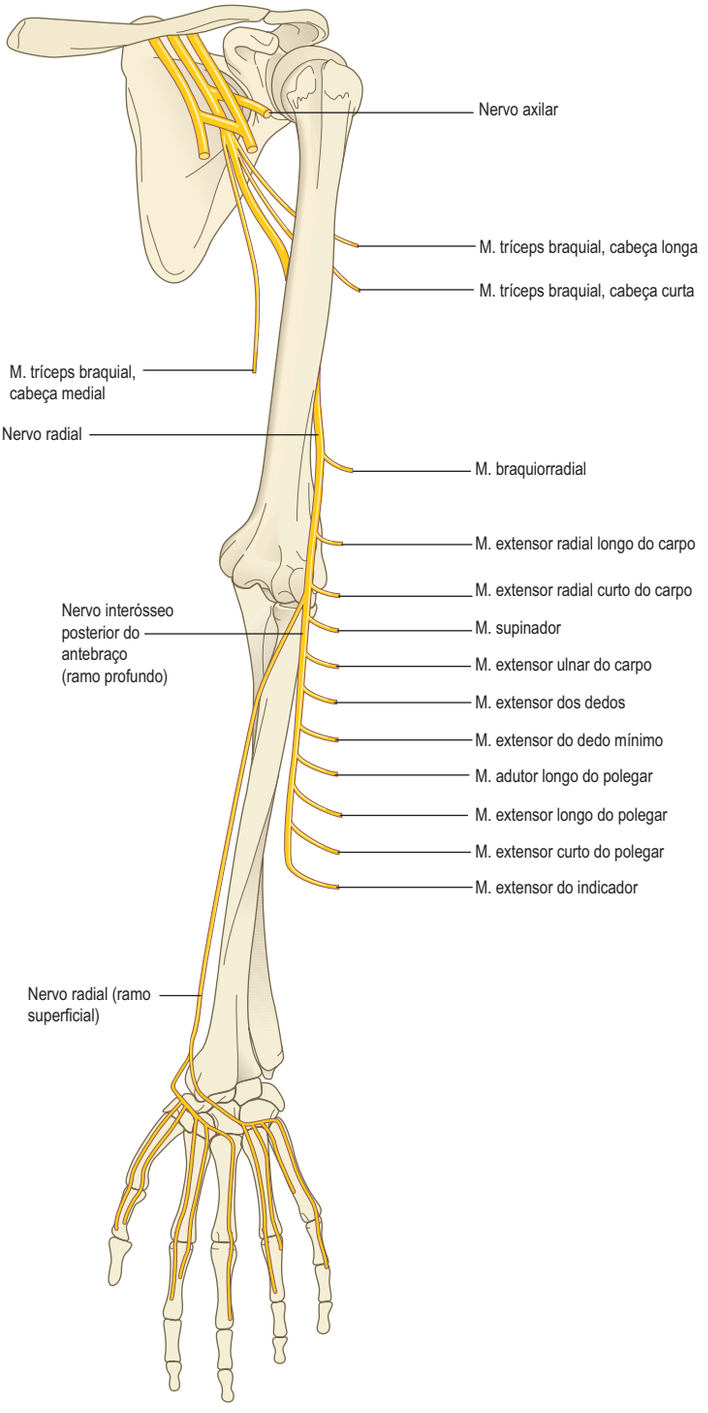


Fig. 45.9 Ramos motor e sensitivo do nervo radial. Existe uma variação na inervação cutânea da face dorsal dos dedos. Nesta ilustração, o nervo radial inerva todos os dedos. O dorso dos dedos anular e mínimo é quase sempre inervado pelo ramo dorsal do nervo ulnar.

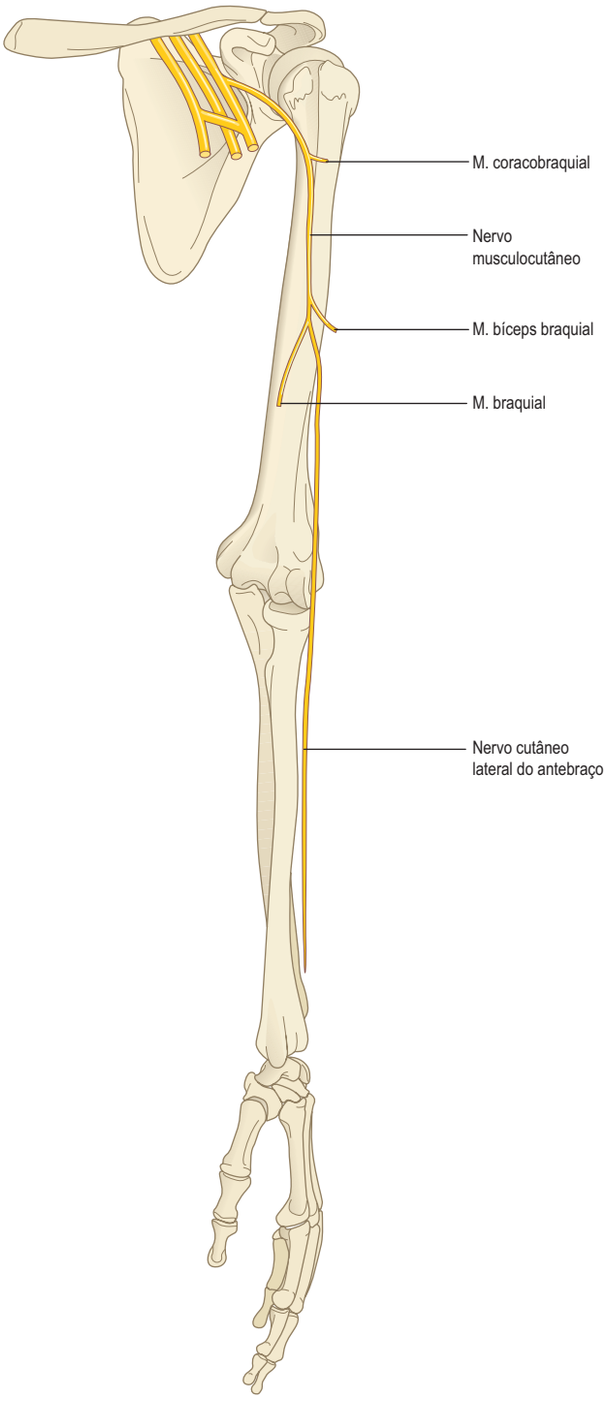


Fig. 45.10 Ramos motor e sensitivo do nervo musculocutâneo.

fibras passam em ramos comunicantes brancos para a cadeia simpática torácica e fazem sinapse nos gânglios cervicotorácico (estrelado) e segundo torácico. As fibras pós-ganglionares para a pele são distribuídas via ramificações cutâneas do plexo braquial. Os vasos sanguíneos para o membro superior recebem a inervação simpática via nervos periféricos adjacentes, logo, o nervo mediano fornece fibras simpáticas pós-ganglionares para a artéria braquial e para os arcos palmares, e o nervo ulnar inerva a artéria ulnar.

MOVIMENTOS, MÚSCULOS E INERVAÇÃO SEGMENTAR

A maioria dos músculos dos membros é inervada por neurônios derivados de mais de um segmento da medula espinal. A origem segmentar predominante do suprimento nervoso para cada um dos músculos do membro superior e para os movimentos que ocorrem nas articulações do membro superior está resumida nas Tabelas 45.1-45.4. A cor vermelha foi utilizada na Tabela 45.1 para ressaltar os músculos ou movimento que têm importância diagnóstica (ver adiante). Deve-se ter os seguintes conceitos em mente ao consultar essas tabelas.

Movimentos No nível de controle do sistema nervoso central, os músculos não são reconhecidos como agentes individuais, mas como componentes do movimento, que podem contribuir para diversos tipos de movimento, atuar de formas variadas, como motores primários, antagonistas, fixadores ou sinergistas. Por exemplo, o músculo serrátil anterior age como um antagonista do músculo trapézio quando a escápula se move ao redor do tórax, enquanto ambos os músculos agem em conjunto como motores primários durante a rotação da escápula para a frente. Alguns

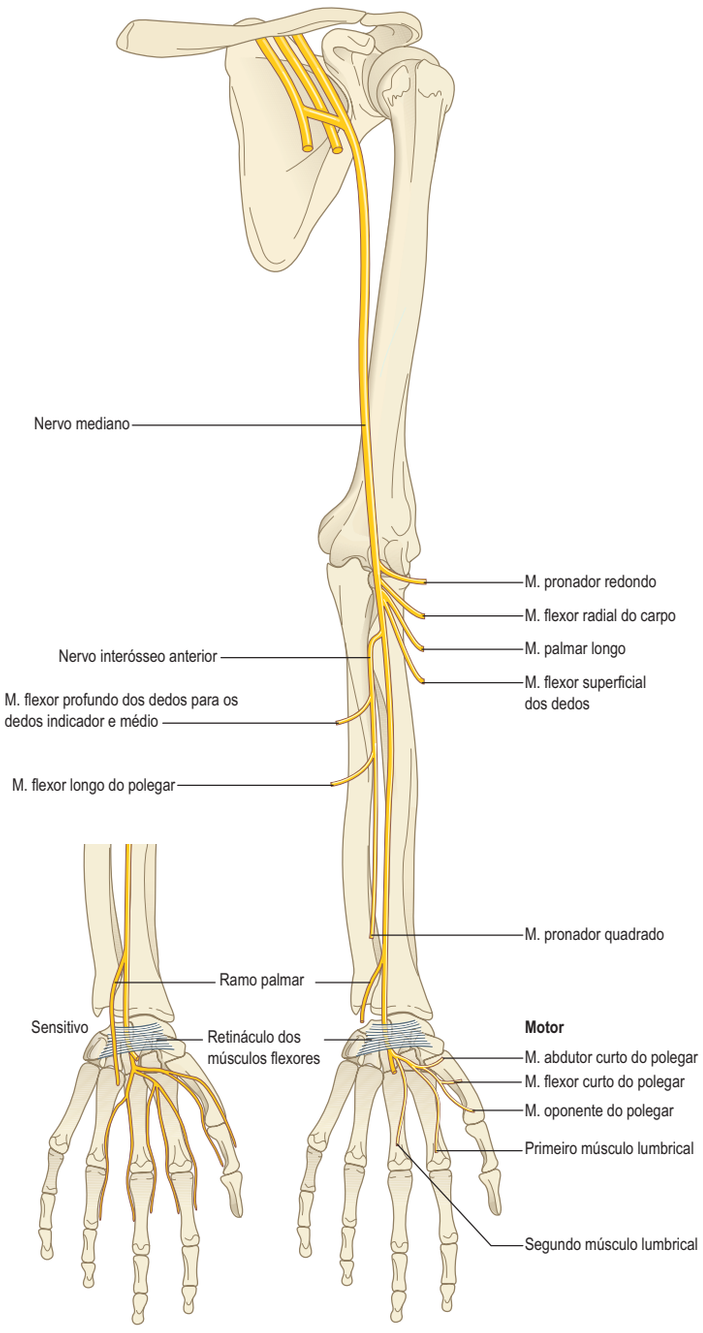


Fig. 45.11 Ramos sensitivo e motor do nervo mediano. O músculo flexor curto do polegar pode ser inervado tanto pelo nervo mediano como pelo nervo ulnar.

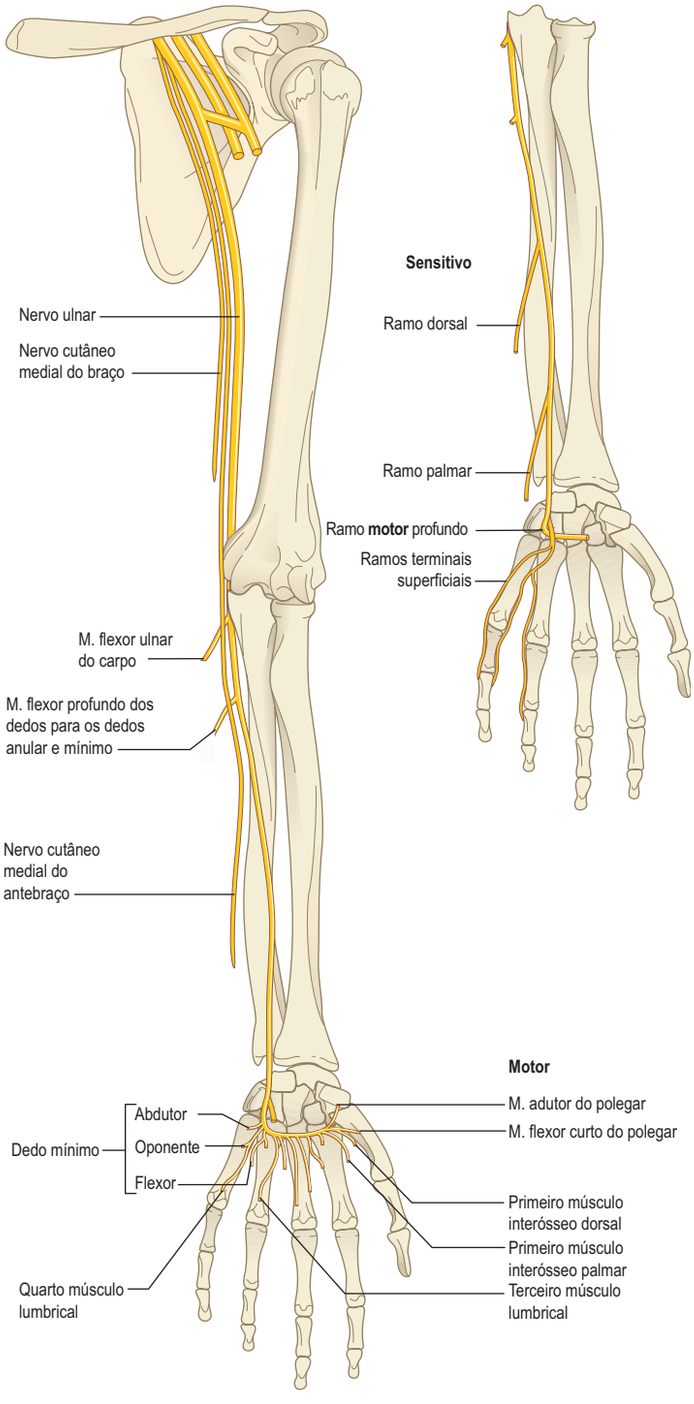


Fig. 45.12 Ramos motor e sensitivo do nervo ulnar junto com o nervo cutâneo medial do braço e do antebraço. O músculo flexor curto do polegar também pode ser inervado tanto pelo nervo mediano como pelo nervo ulnar.

músculos foram incluídos em mais de um lugar na Tabela 45.1, com base no fato de que um músculo que cruze uma articulação pode produzir uma combinação de movimentos (p. ex., flexão com rotação medial, ou extensão com adução) e um músculo que cruze duas articulações pode produzir mais de um movimento. Deve-se lembrar também que essas listas não englobam todas as possíveis funções de um músculo.

Raízes nervosas Não há um consenso universal acerca da contribuição de cada raiz espinal para a inervação de músculos isolados. As identificações mais positivas, que são limitadas, foram obtidas pela estimulação elétrica das raízes espinais com o registro da atividade eletromiográfica evocada nos músculos. Sendo assim, grande parte da informação apresentada nas Tabelas 45.1-45.4 é baseada em experiências neurológicas obtidas ao examinar as consequências de lesões, e algumas delas estão longe de ser recentes. Na Tabela 45.1, foi dada a mesma cor (pêssego claro, pêssego escuro, vermelho) para as raízes espinais que inervam um músculo na mesma extensão, ou quando diferenças nas suas contribuições não tenham sido descritas. O vermelho foi utilizado para indicar as raízes cuja contribuição dominante seja conhecida. De um ponto de vista clínico, pode-se considerar que algumas dessas raízes inervam um músculo quase exclusivamente, por exemplo, o músculo deltoide por C5, o músculo braquiorradial por C6 e o músculo tríceps braquial por C7. Pequenas contribuições foram mantidas na tabela para aumentar a sua utilidade em outros contextos, como eletromiografia ou anatomia comparativa.

Localização neurológica de uma lesão

Na prática clínica, é necessário testar apenas um número relativamente pequeno de músculos para determinar a localização de uma lesão. O músculo a ser testado deve atender a alguns critérios. Ele deve ser visível,

Tabela 45.1 Movimentos, músculos e inervação segmentar do membro superior. Os músculos e movimentos que possuem importância diagnóstica estão marcados em vermelho

Articulações	Movimento	Músculo	Inervação	C3	C4	C5	C6	C7	C8	T1
ESCÁPULA	ELEVAÇÃO	Trapézio descendente	n. acessório							
		Levantador da escápula	n. dorsal da escápula							
	DEPRESSÃO	Trapézio ascendente	n. acessório							
	RETRAÇÃO	Trapézio transverso	n. acessório							
		Romboides	n. dorsal da escápula							
OMBRO	PROTRAÇÃO	Serrátil anterior	n. torácico longo							
	FLEXÃO	Deltoide anterior	n. axilar							
		Peitoral maior (parte clavicular)	nn. peitoral medial e lateral							
		Peitoral maior (parte esternocostal)	nn. peitoral medial e lateral							
		Coracobraquial	n. musculocutâneo							
	N. AXILAR EXTENSÃO	Deltoide posterior	deltoide posterior							
		Infra-espinal	n. supraescapular							
		Redondo menor	n. axilar							
		Redondo maior	n. subescapular inferior							
		Latíssimo do dorso	n. toracodorsal							
	ABDUÇÃO VERTICAL	**Deltoide médio**	**n. axilar**							
		Supraespinal	n. supraescapular							
	ADUÇÃO VERTICAL	Peitoral maior (parte esternocostal)	nn. peitoral medial e lateral							
		Latíssimo do dorso	n. toracodorsal							
		Coracobraquial	n. musculocutâneo							
	ABDUÇÃO HORIZONTAL	Deltoide posterior	n. axilar							
	ADUÇÃO HORIZONTAL	Peitoral maior (parte clavicular)	nn. peitoral medial e lateral							
		Peitoral menor	nn. peitoral medial e lateral							
		Deltoide anterior	n. axilar							
	ROTAÇÃO MEDIAL	Subescapular								
		Redondo maior	Plexo braquial							
		Latíssimo do dorso	n. toracodorsal							
		Deltoide anterior	n. axilar							
	ROTAÇÃO LATERAL	Infra-espinal	n. supraescapular							
		Redondo menor	n. axilar							
		Deltoide posterior	n. axilar							
COTOVELO	**FLEXÃO**	**Bíceps braquial**	**n. musculocutâneo**							
		Braquial	nn. musculocutâneo e radial							
		Braquiorradial	**n. radial**							
	EXTENSÃO	**Tríceps braquial**	**n. radial**							
	SUPINAÇÃO*	Bíceps braquial	n. musculocutâneo							
		Supinador	n. interósseo posterior							
	PRONAÇÃO*	Pronador quadrado	n. interósseo anterior							
		Pronador redondo	n. mediano							
PUNHO	FLEXÃO	Flexor radial do carpo	n. mediano							
		Palmar longo	n. mediano							
		Flexor ulnar do carpo	n. ulnar							
	EXTENSÃO	**Extensor radial longo do carpo**	**n. radial**							
		Extensor radial curto do carpo	n. interósseo posterior							
		Extensor ulnar do carpo	n. interósseo posterior							
	ABDUÇÃO	Extensor radial longo do carpo	n. radial							
		Extensor radial curto do carpo	n. interósseo posterior							
		Flexor radial do carpo	n. mediano							
	ADUÇÃO	Extensor ulnar do carpo	n. interósseo posterior							
		Flexor ulnar do carpo	n. ulnar							
DEDOS	FLEXÃO (Articulações MF/IFP)	Flexor superficial dos dedos	n. mediano							
		Interósseo dorsal	n. ulnar							
		Interósseo palmar	n. ulnar							
	FLEXÃO (Articulações IFD)	**Flexor profundo dos dedos (lateral)**	**n. interósseo anterior**							
		Flexor profundo dos dedos (medial)	**n. ulnar**							
	FLEXÃO (Articulação MF)	Flexor curto do dedo mínimo	n. ulnar							
	EXTENSÃO (Articulações MF/IFP/IFD)	**Extensor dos dedos**	**n. interósseo posterior**							
		Extensor do indicador	n. interósseo posterior							
	EXTENSÃO (Articulações MF/IFP/IFD)	Flexor do dedo mínimo	n. interósseo posterior							
	EXTENSÃO (Articulações IFP/IFD)	Lumbricais I & II	usu. n. mediano							
		Lumbricais III & IV	usu. n. ulnar							
	ABDUÇÃO	**Interósseo dorsal**	**n. ulnar**							
	ABDUÇÃO (polegar fixo)	**Abdutor curto do polegar**	**n. mediano**							
	ABDUÇÃO	Abdutor do dedo mínimo	n. ulnar							
	ADUÇÃO	Interósseo palmar	n. ulnar							
	OPOSIÇÃO	Oponente do dedo mínimo	n. ulnar							
POLEGAR	**FLEXÃO (Articulação IF)**	**Flexor longo do polegar**	**n. interósseo anterior**							
	FLEXÃO/ROTAÇÃO (Articulação MF)	Flexor curto do polegar	n. mediano e/ou n.ulnar							
	EXTENSÃO (Articulação MF)	Extensor curto do polegar	n. interósseo posterior							
	EXTENSÃO (Articulação IF)	Extensor longo do polegar	n. interósseo posterior							
	ABDUÇÃO	Abdutor longo do polegar	n. interósseo posterior							
	ABDUÇÃO/ROTAÇÃO	**Abdutor curto do polegar**	**n. mediano**							
	ADUÇÃO/ROTAÇÃO	Adutor do polegar	n. ulnar							
	ADUÇÃO/FLEXÃO (Articulação MF)	Interósseo palmar I	n. ulnar							
	OPOSIÇÃO	Oponente do polegar	n. mediano e n. ulnar							

A mesma cor (pêssego claro, pêssego escuro, vermelho) foi dada às raízes espinais que inervam um músculo na mesma extensão. O vermelho foi utilizado para indicar as raízes com contribuição dominante reconhecida.
**Esses movimentos ocorrem nas articulações radiulnares.*

Tabela 45.2 Inervação segmentar dos músculos do membro superior

C3, 4	Trapézio, levantador da escápula
C5	Romboides, deltoide, supraespinal, redondo menor, bíceps braquial
C6	Serrátil anterior, latíssimo do dorso, subescapular, redondo maior, peitoral maior (parte clavicular), bíceps braquial, coracobraquial, braquial, braquiorradial, supinador, extensor radial longo do carpo
C7	Serrátil anterior, latíssimo do dorso, peitoral maior (parte esternocostal), peitoral menor, tríceps braquial, pronador redondo, flexor radial do carpo, flexor superficial dos dedos, extensor radial longo do carpo, extensor radial curto do carpo, extensor dos dedos, extensor do dedo mínimo
C8	Peitoral maior (parte esternal), peitoral menor, tríceps braquial, flexor superficial dos dedos, flexor profundo dos dedos, flexor longo do polegar, pronador quadrado, flexor ulnar do carpo, extensor ulnar do carpo, abdutor longo do polegar, extensor longo do polegar, extensor curto do polegar, extensor do indicador, abdutor curto do polegar, flexor curto do polegar, oponente do polegar
T1	Flexor profundo dos dedos, músculos intrínsecos da mão (exceto abdutor curto do polegar, flexor curto do polegar, oponente do polegar)

Tabela 45.3 Inervação segmentar dos movimentos das articulações do membro superior

Ombro	Abdutores e rotadores laterais Adutores e rotadores mediais	C5 C6–8
Cotovelo	Flexores Extensores	C5, 6 C7, 8
Antebraço	Supinadores Pronadores	C6 C7, 8
Punho	Flexores e extensores	C6, 7
Dedos	Flexores longos e extensores	C7, 8
Mão	Músculos intrínsecos	C8, T1

Tabela 45.4 Movimentos e músculos testados para determinar a localização de uma lesão no membro superior

Movimento do braço	Músculo	Neurônio motor superior	Raiz	Reflexo	Nervo
Abdução do ombro	Deltóide	++	C5		Axilar
Flexão do cotovelo	Bíceps braquial Braquiorradial		C5/6 C6	+	Musculocutâneo Radial
Extensão do cotovelo	Tríceps braquial	+	C7	+	Radial
Extensão radial do punho	Extensor radial longo do carpo	+	C6		Radial
Extensão dos dedos	Extensor dos dedos	+	C7	(+)	Interósseo posterior
Flexão dos dedos	Flexor longo do polegar & flexor profundo dos dedos Indicador Flexor profundo dos dedos Anelar & mínimo		C8	+	Interósseo anterior Ulnar
Abdução do dedo	Primeiro interósseo dorsal Abdutor curto do polegar	++	T1 T1		Ulnar Mediano

**Os músculos listados na coluna Neurônio motor superior são aqueles que são preferencialmente afetados nas lesões do neurônio motor superior. Raiz é o principal contribuidor de um músculo.*

de forma que seja possível observar atrofia ou fasciculação, e que a sua consistência com a contração possa ser sentida. Ele deve ter uma ação isolada, de modo que sua função possa ser testada separadamente. Ele deve ajudar a diferenciar lesões em diferentes níveis do neuroeixo e do nervo periférico, ou entre nervos periféricos. Ele deve ser testado de forma que o normal possa ser diferenciado do anormal, de modo que uma discreta fraqueza possa ser detectada precocemente com confiança. Deve-se dar preferência a músculos com reflexos provocados com facilidade.

A Tabela 45.4 descreve uma lista de movimentos e músculos escolhidos de acordo com esses critérios. Por exemplo, em uma lesão em um neurônio motor superior, os movimentos de abdução de ombro, extensão de cotovelo, extensão de punho e dedo e abdução dos dedos são mais fracos que os movimentos opostos. Como essa fraqueza pode ser mais distal que proximal ou vice-versa, uma abdução do ombro e a abdução dos dedos normais excluem uma fraqueza envolvendo o neurônio motor superior do braço. Alguns músculos são difíceis de ser testados, mas estão incluídos por motivos específicos, por exemplo, a força do músculo braquiorradial é difícil de ser medida, mas ele pode ser visto e sentido; este músculo é inervado principalmente pela raiz C6, e possui um reflexo facilmente provocado.

O conhecimento da sequência pela qual os ramos motores deixam um nervo periférico para inervar músculos específicos é bastante útil para localizar o nível de uma lesão. Por exemplo, em lesões do nervo radial, se o músculo tríceps braquial estiver envolvido, a lesão deve ser alta, na altura da axila; se (como é comum), o músculo tríceps braquial estiver preservado, mas o músculo braquiorradial, os músculos extensores do punho, os músculos extensores do dedo e o ramo superficial do nervo radial estiverem envolvidos, então a lesão é no braço, onde o nervo radial é vulnerável à pressão contra o úmero; se a extensão do punho estiver normal e o ramo superficial do nervo radial não estiver envolvido, mas houver fraqueza na extensão do dedo, a lesão, então, envolve o nervo interósseo posterior do ramo do nervo radial.

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE

PELE

A pele da palma é marcada por vários sulcos, mas eles têm pouco valor como pontos de referência. Sulcos transversais na pele cruzam a face palmar dos dedos em três situações. O sulco mais proximal está localizado na junção do dedo com a palma, quase 2 cm distal à articulação metacarpofalângica; o sulco médio está localizado oposto à articulação interfalângica proximal; e o sulco distal, proximal à articulação interfalângica distal.

O retináculo dos músculos flexores pode ser delimitado pela definição de suas inserções ósseas. Sua margem distal, côncava para baixo, pode ser indicada na superfície por uma linha curva que une o tubérculo do trapézio ao hâmulo do osso hamato. Sua margem proximal pode ser indicada por uma linha curva, côncava para cima, que une o tubérculo do escafoide ao pisiforme. A flexão do punho gera vários sulcos transversais na pele (usualmente duas ou três) no punho. O sulco dominante, o distal, está sobreposto à extremidade proximal do retináculo dos músculos flexores; o túnel do carpo situa-se distal a esse sulco, sob a pele da palma.

PONTOS ANATÔMICOS ESQUELÉTICOS

A clavícula é visível e palpável ao longo de sua extensão. Seu formato pode ser acompanhado desde a extremidade esternal alargada, que forma o limite lateral da incisura jugular, até a extremidade acromial plana. A linha da articulação acromioclavicular é palpável como um degrau distinto no plano anteroposterior. O acrômio pode ser sentido da articulação acromioclavicular até a sua ponta e, então, para trás ao longo da parte superior do ombro até alcançar a crista da espinha da escápula no proeminente ângulo do acrômio. Deste ponto, a espinha da escápula pode ser palpada, em direção medial, do ângulo do acrômio para a margem medial (vertebral) da escápula, onde ela se localiza oposta ao processo espinhoso da terceira vértebra torácica. O processo espinhoso é subcutâneo e facilmente visível em um indivíduo magro.

A parte superior da margem medial da escápula está escondida pelo músculo trapézio, mas, abaixo da espinha ela pode ser palpada enquanto passa descendo até o ângulo inferior. Embora coberto pelo músculo redondo maior e pelo músculo latíssimo do dorso, o ângulo inferior pode ser facilmente sentido quando abordado por baixo, e é possível vê-lo se mover lateralmente e para a frente ao redor da parede torácica quando o braço é levantado acima da cabeça. O ângulo inferior da escápula está no nível do processo espinhoso da sétima vértebra torácica, sobreposto à sétima costela. Durante a realização de uma toracotomia, ele é um ponto anatômico útil a partir da qual as costelas podem ser contadas ao longo da parede torácica lateral.

Uma pequena depressão pode ser vista inferior à clavícula na junção de suas porções medial convexa e lateral côncava. Esta depressão é denominada fossa infraclavicular e situa-se entre as elevações de superfície produzidas pela parte clavicular do músculo peitoral maior e do músculo deltoide. O ápice do processo coracoide está localizado 2,5 cm abaixo da clavícula, imediatamente abaixo da região lateral dessa fossa, coberto pelas fibras anteriores do músculo deltoide. Se o dedo do examinador passar lateralmente a partir do processo coracoide, o tubérculo menor do úmero será sentido abaixo da ponta do acrômio com pressão profunda através do músculo deltoide. Essa proeminência óssea escapa do dedo do examinador quando o úmero está rodado lateralmente ou medialmente. O tubérculo maior do úmero é o ponto ósseo mais lateral da região do ombro e se projeta lateralmente abaixo e na frente do ângulo do acrômio. O tubérculo maior também se movimenta na rotação do úmero. Quando o braço está abduzido, a cabeça do úmero pode ser palpada pela aplicação de pressão profunda no ápice da axila.

A diáfise do úmero não pode ser percebida facilmente ao longo de seu comprimento, pois seu delineamento está ocultado pelos músculos adjacentes. Distalmente, o epicôndilo medial do úmero é um ponto anatômico evidente e facilmente palpável, particularmente quando o cotovelo está flexionado; proximalmente, ele pode ser acompanhado para cima até a crista supraepicondilar medial. O nervo ulnar pode ser rolado de um lado para o outro posterior à base do epicôndilo medial. O epicôndilo lateral não é tão proeminente, mas sua superfície posterior é facilmente palpável e, com palpação profunda, sua margem lateral pode ser acompanhada para cima até a crista supraepicondilar lateral. A inspeção da face posterior do cotovelo estendido revela uma depressão bem acentuada da região lateral da linha mediana. Esta depressão é delimitada lateralmente por uma elevação carnosa formada pelo grupo superficial dos músculos extensores do antebraço e medialmente pela região lateral do olécrano. O soalho dessa depressão contém, em sua parte superior, a face posterior do epicôndilo lateral e, em sua parte inferior, a cabeça do rádio. Embora a última esteja coberta pelo ligamento anular, a sua rotação pode ser sentida nos movimentos de pronação e supinação do antebraço. Entre o epicôndilo lateral e a cabeça do rádio, a articulação umerorradial parte da articulação do cotovelo pode ser sentida como uma depressão transversa distinta.

Quando o cotovelo está estendido, o ápice do olécrano pode ser sentido e visto alinhado com os dois epicôndilos. Quando o cotovelo é flexionado, o ápice do olécrano desce e os três pontos ósseos formam os ângulos de um triângulo. Essa relação é perdida em caso de deslocamento do cotovelo. A superfície posterior do olécrano está localizada subcutaneamente e se estreita de cima para baixo. Ela pode ser sentida com facilidade logo abaixo do ápice.

O nível da articulação do cotovelo está situado 2 cm abaixo de uma linha unindo os dois epicôndilos. Ele se inclina para baixo e medialmente a partir de sua extremidade lateral, e essa obliquidade produz o "ângulo de carga". Quando o cotovelo está completamente estendido e o antebraço e a mão estão em supinação (a "posição anatômica"), o ângulo de carga é de 165° nas mulheres e de 175° nos homens, normalmente. Ele desaparece com a flexão completa do cotovelo, quando os corpos da ulna e do úmero situam-se no mesmo plano, e também desaparece com a pronação completa do antebraço.

A margem posterior da ulna é subcutânea ao longo de toda a sua extensão, superiormente da superfície subcutânea do olécrano até o processo estiloide, inferiormente. Essa posição corresponde ao sulco longitudinal que pode ser observado na face posterior do antebraço quando o cotovelo está completamente flexionado, e que separa o grupo de músculos flexores dos extensores. Em contraste, o corpo do rádio pode ser sentido discretamente, pois está coberto por músculos. A cabeça arredondada da ulna forma uma elevação na superfície na parte medial da face posterior do punho quando a mão está pronada. O processo estiloide da ulna se projeta distalmente a partir da face posteromedial da cabeça da ulna.

A extremidade inferior alargada do rádio forma uma discreta elevação na superfície na face lateral do punho e pode ser acompanhada inferiormente, em direção ao processo estiloide do rádio. A face posterior da extremidade inferior do rádio é parcialmente coberta pelos tendões dos músculos extensores, mas pode ser palpada sem dificuldade. Ela apresenta um tubérculo (tubérculo dorsal), que é sulcado em sua face ulnar pelo tendão do músculo extensor longo do polegar. O tubérculo está alinhado com a fenda entre os dedos indicador e médio.

A articulação do punho é identificada com facilidade entre o carpo e a extremidade distal do rádio e da ulna com a flexão e extensão do punho, apesar de coberta por tendões. A linha da articulação do punho corresponde a uma linha, convexa para cima, que une o processo estiloide do rádio ao da ulna. O punho é delineado pela mais proximal das duas pregas de pele transversas no punho localizadas na face anterior.

Quatro dos ossos do carpo podem ser palpados e identificados. O pisiforme forma uma elevação que pode ser tanto vista quanto sentida na face palmar do punho na base da eminência hipotenar. Ele pode ser movido sobre a face articular do piramidal quando o punho é flexionado de forma passiva. O hâmulo do hamato localiza-se 2,5 cm distal ao pisiforme, alinhado com a margem ulnar do dedo anular. Ele pode ser sentido aplicando uma pressão profunda nessa situação e, aqui, a divisão superficial do nervo ulnar pode ser rolada de lado a lado sobre a ponta do hâmulo do hamato. O tubérculo do escafoide está situado na base da eminência tenar formando, em muitos indivíduos, uma pequena elevação visível. Imediatamente distal a ele, mas coberto pelos músculos da eminência tenar, o tubérculo do trapézio pode ser identificado por pressão profunda. O escafoide e o trapézio também podem ser palpados na "tabaqueira anatômica".

A cabeça dos ossos metacarpais forma a proeminência dos nós dos dedos, sendo a do dedo médio a mais proeminente. Seus aspectos palmares convexos podem ser sentidos sobre pressão profunda em frente às articulações metacarpofalângicas e podem ser seguros entre o dedo e o polegar. A aplicação de uma pressão profunda sobre a face distal da cabeça dos ossos metacarpais permite identificar a base da falange proximal correspondente; a linha da articulação metacarpofalângica pode ser observada no dorso da mão quando os dedos são flexionados e estendidos. A face dorsal do corpo dos ossos metacarpais dos dedos e do polegar e do trapézio não podem ser sentidos, pois eles estão cobertos pelos tendões dos músculos extensores. As articulações interfalângicas podem ser sentidas na face dorsal do dedo flexionado, imediatamente distal às proeminências criadas pelas cabeças das falanges proximal e média.

PONTOS ANATÔMICOS MUSCULARES

O músculo deltoide pode ser delineado quando o braço é abduzido contra uma resistência, e seu tendão pode ser identificado na metade do comprimento da face lateral do úmero. Sua margem anterior pode ser palpada para cima e medialmente a partir da face anterior do úmero, cruzando o tendão do músculo peitoral maior, formando o limite lateral da fossa infraclavicular. A margem posterior corre para cima e medialmente a partir da parte posterior do tendão do músculo deltoide, alcançando a espinha da escápula próximo à sua extremidade medial. O músculo deltoide confere ao ombro o seu contorno normal arredondado, que se espalha sobre o aspecto lateral do tubérculo maior do úmero. Em caso de deslocamento do ombro, o tubérculo maior é deslocado medialmente e o músculo deltoide desce verticalmente em direção à sua inserção no úmero, e o contorno arredondado normal do ombro desaparece.

A margem inferior arredondada do músculo peitoral maior forma a prega axilar anterior. Ela se torna mais proeminente quando o braço inicialmente abduzido é aduzido contra uma resistência, por exemplo, quando a mão é colocada sobre o quadril e pressionada firmemente contra o tronco. Quando o braço está flexionado em um ângulo reto contra uma resistência, a parte clavicular do músculo peitoral maior pode ser percebida e parece contrair. Quando o braço flexionado é estendido contra uma resistência, a parte clavicular relaxa, mas a parte esternocostal se contrai e sobressai em relevo.

A prega posterior da axila, delineada pelo músculo latíssimo do dorso e o músculo redondo maior subjacente, chega a um nível mais baixo no úmero que na prega anterior. Tanto o músculo latíssimo do dorso como o músculo redondo maior participam da adução do ombro; quando o braço inicialmente abduzido é aduzido contra uma resistência, a prega posterior da axila é acentuada e a margem lateral do músculo latíssimo do dorso pode ser acompanhada inferiormente até a sua inserção na crista ilíaca. Quando o braço é elevado acima da cabeça, as cinco ou seis denteações mais inferiores do músculo serrátil anterior podem ser visualizadas na face lateral do tórax; elas passam para baixo e para a frente para interdigitar com as denteações do músculo oblíquo externo. Em caso de paralisia do músculo serrátil anterior em decorrência de uma lesão em seu nervo, a margem medial, e especialmente o ângulo inferior da escápula, se tornam proeminentes produzindo uma característica "alada" que pode ser acentuada ao pedir que o paciente pressione ambas as mãos contra a parede.

O ventre do músculo bíceps braquial forma uma elevação claramente visível no lado anterior do braço. Ele diminui em cima, onde é coberto pelo músculo peitoral maior, e embaixo, onde é substituído pelo seu tendão logo acima da articulação do cotovelo. As suas margens medial e lateral são indicadas por sulcos rasos. Quando o cotovelo é flexionado contra uma resistência, o músculo bíceps braquial se torna ainda mais evidente, e seu tendão pode ser seguro com o dedo e o polegar e acompanhado inferiormente até a fossa cubital. Com o braço mantido nessa posição, a margem superior da aponeurose do músculo bíceps braquial pode ser acompanhada em direção inferior e medial sobre a elevação produzida pelo grupo superficial de músculos flexores do antebraço. O músculo coracobraquial emerge da parede lateral da axila e forma uma elevação arredondada na parte superior da região medial do músculo bíceps braquial.

Posteriormente, a cabeça curta do músculo tríceps braquial forma uma elevação medial e paralela à margem posterior do músculo deltoide e se torna proeminente quando o braço é estendido contra uma resistência. Do seu lado medial, a massa muscular produzida pela cabeça longa do músculo tríceps braquial desaparece em cima, onde é coberta pelo músculo deltoide.

O músculo braquiorradial é o mais superficial da região lateral do antebraço. Quando o cotovelo é flexionado em uma posição semipronada contra uma resistência, o músculo braquiorradial forma uma elevação proeminente estendendo-se para cima além do nível da articulação do cotovelo na região lateral do braço.

Proximal ao sulco do punho, o tendão proeminente do músculo flexor radial do carpo pode ser visualizado e palpado quando o punho é flexionado; a artéria radial está localizada lateralmente a ele. Palpando lateralmente ao músculo flexor radial do carpo, 3 a 4 cm proximal ao sulco do punho, é possível sentir o músculo flexor longo do polegar (dobrando e estendendo o polegar irá confirmar que o dedo examinado está no lugar correto). A área da região ulnar do músculo flexor radial do carpo é mais densamente agrupada com estruturas funcionalmente importantes. O nervo mediano localiza-se muito próximo à superfície da pele e, por isso, é lesionado com frequência em lacerações. Ele é coberto pelo músculo palmar longo, quando o mesmo está presente (melhor confirmado pinçando o polegar e o dedo anular juntos, quando o músculo se tornará evidente). Quando o músculo palmar longo está ausente, apenas uma fina camada de gordura subcutânea e fáscia profunda separam a pele do nervo. Os quatro tendões do músculo flexor superficial dos dedos localizam-se profundamente ao nervo mediano: os tendões para os dedos médio e anular situam-se em frente aos tendões para os dedos indicador e mínimo quando passam profundamente ao retináculo dos músculos flexores e podem ser sentidos, e normalmente vistos, se movimentando durante a flexão dos dedos. Ainda mais profundamente estão os tendões do músculo flexor profundo dos dedos. O tendão grande e robusto do músculo flexor ulnar do carpo é facilmente palpável do lado ulnar em frente ao punho; a sua margem radial protege o nervo ulnar, a artéria e as veias acompanhantes. Qualquer lesão cortante potente o suficiente para cortar este forte tendão normalmente corta também o nervo e os vasos.

Quando o polegar está completamente estendido, uma depressão conhecida como tabaqueira anatômica é vista no aspecto lateral do punho, imediatamente distal ao processo estiloide do rádio (Fig. 45.13). Palpando distalmente ao processo estiloide, três estruturas são normalmente encontradas: a face articular proximal ovoide convexa do escafoide (melhor percebida durante movimentos alternados de abdução e adução do punho); a face radial do trapézio, embora menos evidente; e a base expandida do primeiro metacarpal (sentida com maior facilidade durante circundução do polegar). Na avaliação clínica da estabilidade do punho em toda a sua amplitude de movimentos, o escafoide pode ser efetivamente comprimido entre dois dedos, o indicador e o polegar, ao longo do seu eixo oblíquo entre o tubérculo e a face articular. O trapézio pode ser comprimido da mesma forma entre o seu tubérculo e a sua face radial.

A veia cefálica pode ser visualizada na região proximal do teto da tabaqueira anatômica, e a pulsação da artéria radial pode ser sentida em sua cavidade. A tabaqueira anatômica é delimitada do lado radial por tendões do músculo abdutor longo do polegar lateralmente e do músculo extensor curto do polegar medialmente; esses tendões localizam-se próximos um do outro. O tendão do músculo extensor longo do polegar localiza-se no lado ulnar da tabaqueira. Ele é bem visível na extensão completa do polegar, estendendo-se até a base da falange distal do polegar. Se um dedo percorrer o trajeto ao longo desse tendão proximalmente, o nervo radial superficial pode ser rolado de um lado para o outro ao cruzar o tendão.

Os tendões dos músculos extensores radiais do carpo podem ser identificados no dorso do carpo quando o punho é cerrado e relaxado. Os tendões do músculo extensor dos dedos podem ser facilmente visualizados no dorso da mão quando os dedos são completamente estendidos. Quando o punho é estendido e desviado para o lado ulnar, o tendão do músculo extensor ulnar do carpo pode ser sentido distal ao processo estiloide da ulna no seu cruzamento com o punho. A parte lateral da face dorsal da mão entre o dedo indicador e o polegar apresenta uma elevação muscular devida ao primeiro músculo interósseo dorsal: ela se torna mais evidente quando o dedo indicador é abduzido contra uma resistência. O aspecto anterior correspondente ao primeiro espaço tecidual é formado pelo músculo adutor do polegar.

A eminência tenar é uma elevação muscular produzida pelos músculos abdutor e flexor curto do polegar, que se sobrepõem ao músculo oponente do polegar. Na região medial da palma da mão, a eminência hipotenar é formada pelos músculos correspondentes do dedo mínimo, mas não é tão proeminente. A margem medial da mão é formada pela face medial da eminência hipotenar. A margem lateral da mão é formada pela face dorsal do osso metacarpal do polegar, que pode ser palpado ao longo de toda a sua extensão.

VASOS, PULSAÇÃO E NERVOS

Artérias

Aplicando uma pressão lateral contra o corpo do úmero, a pulsação da artéria braquial pode ser sentida na depressão da região medial do músculo bíceps braquial e, mais superiormente, na depressão posterior ao músculo coracobraquial. Na sua parte inferior, a artéria pode ser sentida adjacente e posteromedialmente ao tendão do músculo bíceps braquial antes de o mesmo desaparecer coberto pela aponeurose do músculo bíceps braquial. Observe que a artéria braquial localiza-se medial ao úmero em sua parte superior, no entanto, bem defronte à extremidade distal do corpo do osso. A proximidade da artéria a um osso contra o qual ela pode ser comprimida faz com que esse seja o local preferido para a aferição não invasiva da pressão arterial. O nervo mediano está intimamente associado à artéria braquial ao longo de sua extensão no braço. Inicialmente, ele é lateral à artéria e, na metade do comprimento do braço, cruza a mesma, normalmente pela sua frente, e desce em sua região medial para a fossa cubital.

A artéria ulnar tem início na linha mediana do antebraço oposta ao colo do rádio. Na parte superior, e mais profunda, do seu percurso ao longo do antebraço, ela pode ser representada por uma linha que passa para baixo e medialmente através da elevação produzida pelos músculos flexores superficiais do antebraço, alcançando o lado radial do nervo ulnar na junção do terço superior com os dois terços inferiores do antebraço. No restante do seu trajeto, a artéria ulnar localiza-se ao longo do lado radial do nervo ulnar.

A artéria radial tem início do lado oposto ao colo do rádio na região medial do tendão do músculo bíceps braquial. Ela segue para baixo e lateralmente até o punho, onde cruza a margem anterior da extremidade inferior do rádio, passa posteriormente, profundamente aos tendões dos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar, e entra na tabaqueira anatômica, onde sua pulsação pode ser sentida. A parte superior do seu trajeto pode ser representada por uma linha que passa profundamente à parte medial da elevação produzida pelo músculo braquiorradial na região anterior do antebraço.

O arco palmar superficial é indicado por uma linha horizontal que tem cerca de 4 cm de comprimento no nível do polegar completamente estendido e parcialmente abduzido. O arco palmar profundo é indicado por uma linha horizontal de cerca de 4 cm de um ponto imediatamente distal ao hâmulo do hamato, e é cerca de 1 cm proximal ao arco superficial.

Pulsação, palpação e gases arteriais

Artéria braquial A pulsação da artéria braquial pode ser sentida na depressão da região medial do músculo bíceps braquial e, mais superiormente, na depressão posterior ao músculo coracobraquial, com a aplicação de uma pressão lateral contra o corpo do úmero. Em sua parte inferior, a artéria pode ser sentida adjacente e posteromedialmente ao tendão do músculo bíceps braquial antes de o mesmo desaparecer abaixo da aponeurose do músculo bíceps braquial. Este é um local útil para introduzir um cateter arterial para angiografia coronariana ou cateterismo cardíaco.

Artéria radial O pulso radial é sentido mais facilmente na face anterior do punho no espaço entre o tendão do músculo flexor radial do carpo medialmente e a face lateral inferior do rádio. Esse é o pulso para palpação mais acessível em circunstâncias clínicas normais.

Artéria ulnar O pulso da artéria ulnar é usualmente palpável com aplicação de uma pressão profunda no punho, lateral ao tendão do músculo flexor ulnar do carpo.

Locais para canulação arterial

O local mais útil e comumente usado para canulação de uma artéria (para monitoração da pressão arterial e amostragem de sangue arterial) no membro superior é a artéria radial na altura do punho. A presença dos arcos palmares, que fornecem uma circulação colateral para a mão, possibilita que uma trombose nesse local não represente um risco para a circulação da mão.

O ramo profundo da artéria ulnar irriga os músculos intrínsecos do polegar pela anastomose palmar profunda. A canulação deve, portanto, ser evitada se a artéria ulnar tiver sido previamente lesionada. O teste de Allen testa a adequação da circulação colateral.

Teste de Allen

O teste de Allen examina a patência das artérias radial e ulnar no nível do punho e, então, determina se cada artéria isoladamente é suficiente para manter o aporte arterial para a mão. As artérias radial e ulnar são comprimidas pelos dedos indicador e médio de ambas as mãos do examinador. Em seguida, o antebraço é elevado e a mão exsanguinada cerrando-se o punho. Em seguida, a mão é aberta enquanto a compressão arterial é

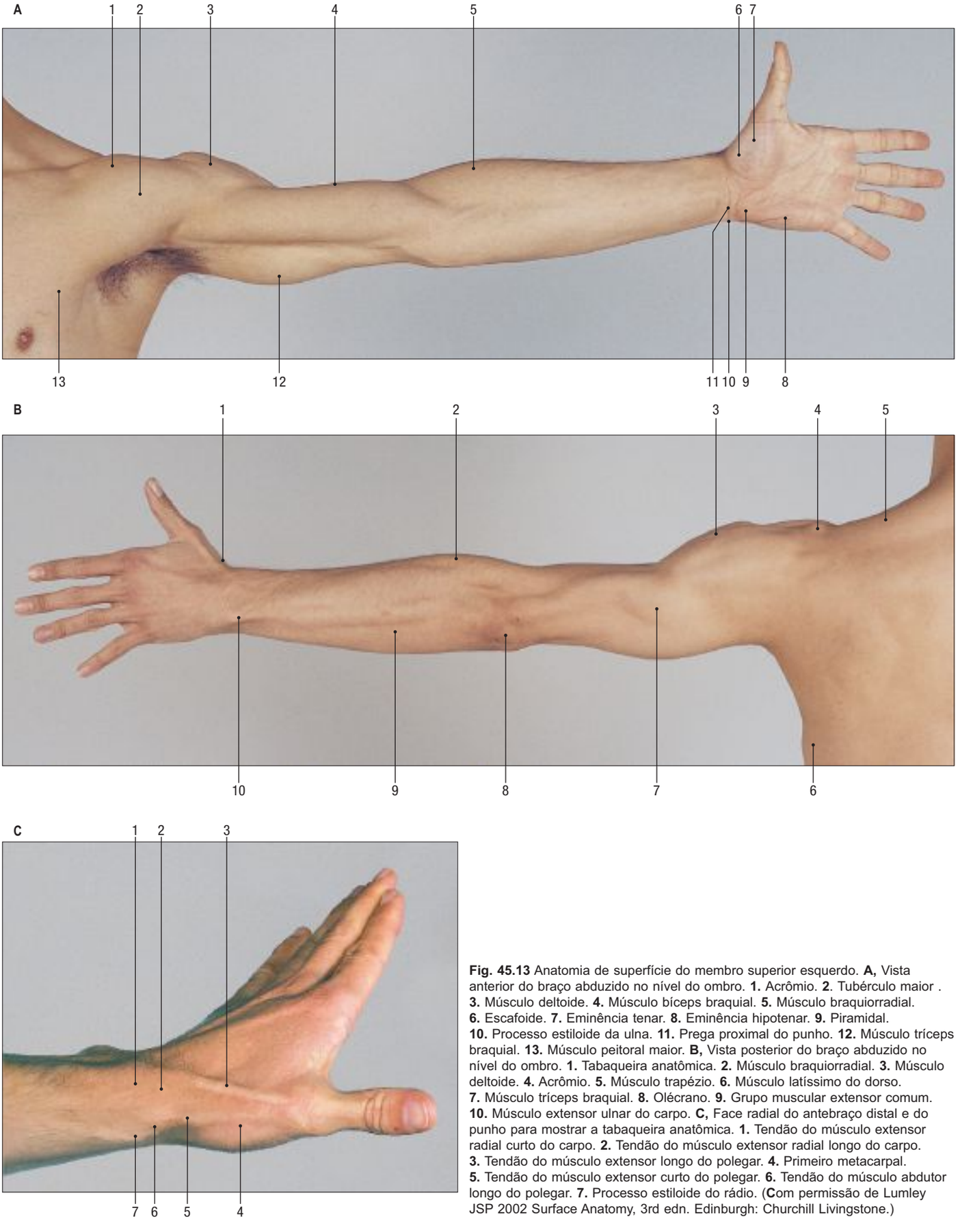


Fig. 45.13 Anatomia de superfície do membro superior esquerdo. **A,** Vista anterior do braço abduzido no nível do ombro. **1.** Acrômio. **2**. Tubérculo maior . **3.** Músculo deltoide. **4.** Músculo bíceps braquial. **5.** Músculo braquiorradial. **6.** Escafoide. **7.** Eminência tenar. **8.** Eminência hipotenar. **9.** Piramidal. **10.** Processo estiloide da ulna. **11.** Prega proximal do punho. **12.** Músculo tríceps braquial. **13.** Músculo peitoral maior. **B,** Vista posterior do braço abduzido no nível do ombro. **1.** Tabaqueira anatômica. **2.** Músculo braquiorradial. **3.** Músculo deltoide. **4.** Acrômio. **5.** Músculo trapézio. **6.** Músculo latíssimo do dorso. **7.** Músculo tríceps braquial. **8.** Olécrano. **9.** Grupo muscular extensor comum. **10.** Músculo extensor ulnar do carpo. **C,** Face radial do antebraço distal e do punho para mostrar a tabaqueira anatômica. **1.** Tendão do músculo extensor radial curto do carpo. **2.** Tendão do músculo extensor radial longo do carpo. **3.** Tendão do músculo extensor longo do polegar. **4.** Primeiro metacarpal. **5.** Tendão do músculo extensor curto do polegar. **6.** Tendão do músculo abdutor longo do polegar. **7.** Processo estiloide do rádio. (**C**om permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

mantida. A palma da mão terá aparência pálida, exceto se houver um suprimento arterial anômalo, por exemplo, de uma artéria mediana persistente. O retorno rápido da coloração rósea para a pele palmar após a retirada da pressão dos dedos de uma das artérias sugere que a mesma está patente e capaz de irrigar a mão de forma adequada isoladamente. Se a pele palmar permanecer pálida, deve-se assumir que há ou uma obstrução distal à artéria ou ela não pode irrigar de modo adequado a mão isoladamente. O teste é então repetido com retirada da pressão imposta pelo dedo sobre a outra artéria.

Veias

No punho, a veia cefálica está situada sobre a face dorsolateral da extremidade inferior do rádio, imediatamente proximal à tabaqueira anatômica. Essa é uma das poucas veias constantemente situadas perifericamente. No braço, a veia cefálica localiza-se no sulco deltopeitoral entre o músculo deltoide e o músculo peitoral maior, e daí ascende para a fossa infraclavicular, onde penetra a fáscia clavipeitoral para entrar na veia axilar.

As veias intermédia do cotovelo e basílica podem ser identificadas na fossa cubital. Elas estão quase sempre cobertas por gordura, especialmente em mulheres, o que torna difícil a sua visualização; no entanto, são normalmente palpáveis, principalmente se o retorno venoso for ocluído proximalmente com um torniquete. A veia intermédia do cotovelo usualmente tem origem na veia cefálica, 2,5 cm distal ao epicôndilo lateral do úmero, e segue para cima e medialmente para se unir à veia basílica 2,5 cm acima da prega transversa do cotovelo. A veia intermédia do antebraço drena os plexos venosos da superfície palmar da mão. Ela sobe pela parte anterior do antebraço e normalmente termina na veia basílica ou na veia intermédia do cotovelo: eventualmente, ela pode se dividir logo distal ao cotovelo em dois ramos, um que se une à veia basílica, e outro que se une à veia cefálica.

A aponeurose do músculo bíceps braquial é cruzada pela veia intermédia do cotovelo, que segue medial e proximalmente à veia cefálica para se unir à veia basílica. Ela pode se tornar proeminente pela aplicação de uma leve compressão no braço.

Venopunção no cotovelo

A coleta de sangue, a transfusão de sangue e a injeção intravenosa são normalmente realizadas perto do cotovelo ou mais distalmente no antebraço: a maior veia é geralmente a veia intermédia do cotovelo. Ela é também utilizada para cateterismo cardíaco.

Raramente, existe uma bifurcação alta da artéria braquial que pode produzir uma artéria ulnar superficial anômala que desce superficialmente à origem comum dos músculos flexores do antebraço. Quando isso ocorre, a artéria ulnar, embora profunda à fáscia, pode estar localizada subcutaneamente no cotovelo ou na parte superior do antebraço. É essa artéria ulnar anômala, superficial à aponeurose do músculo bíceps braquial e imediatamente profunda à veia intermédia do cotovelo, que está sob maior risco de punção intra-arterial quando a veia intermédia do cotovelo é selecionada para injeção intravenosa.

A veia cefálica pode ser acessada no ponto onde ela se localiza superficial à extremidade distal do rádio na tabaqueira anatômica. Esse local apresenta muitas vantagens para introdução de uma cânula de manutenção de drenagem por um longo período: a posição do braço, do antebraço e da mão é ideal para esse propósito.

Linfonodos

Os linfonodos supratrocleares periféricos (na verdade, linfonodos supraepicondilares) localizam-se próximos à veia basílica. Quando aumentados de tamanho, eles podem ser palpados ao longo da linha da veia basílica alguns centímetros acima da articulação do cotovelo.

Nervos

Os troncos do plexo braquial localizam-se na região cervical posterior, no ângulo entre a clavícula e a margem posteroinferior do músculo esternocleidomastóideo, onde eles são palpáveis através da pele, do músculo platisma e da fáscia profunda.

A parte inicial do nervo radial pode ser observada na face posterior do braço. Ele passa lateralmente a partir do início da artéria braquial até a junção dos terços superior e médio de uma linha entre o epicôndilo lateral e a tuberosidade para o músculo deltoide, e continua anteriormente até o epicôndilo lateral, a um dedo de distância da região lateral do tendão do músculo bíceps braquial. A partir daí, seu percurso no antebraço pode ser mapeado ao longo de uma linha descendo verticalmente a um ponto no dorso do punho, na metade da distância entre a cabeça da ulna e o tubérculo dorsal do rádio. O ponto no qual o nervo interósseo posterior se espirala ao redor da extremidade superior do rádio pode ser identificado colocando o dedo indicador da mão contralateral sobre a face dorsal da cabeça do rádio e alinhando os dedos médio e anelar abaixo do dedo indicador. Nessa posição, o dedo anelar está situado sobre o nervo interósseo posterior. Esse é um importante ponto cirúrgico para realizar incisão para exposição e remoção de uma cabeça do rádio fraturada: a incisão não deve se estender mais que o diâmetro de um dedo abaixo da cabeça do rádio. Os ramos terminais do nervo radial superficial podem ser palpados na região da tabaqueira anatômica quando eles passam sobre o tendão do músculo extensor longo do polegar.

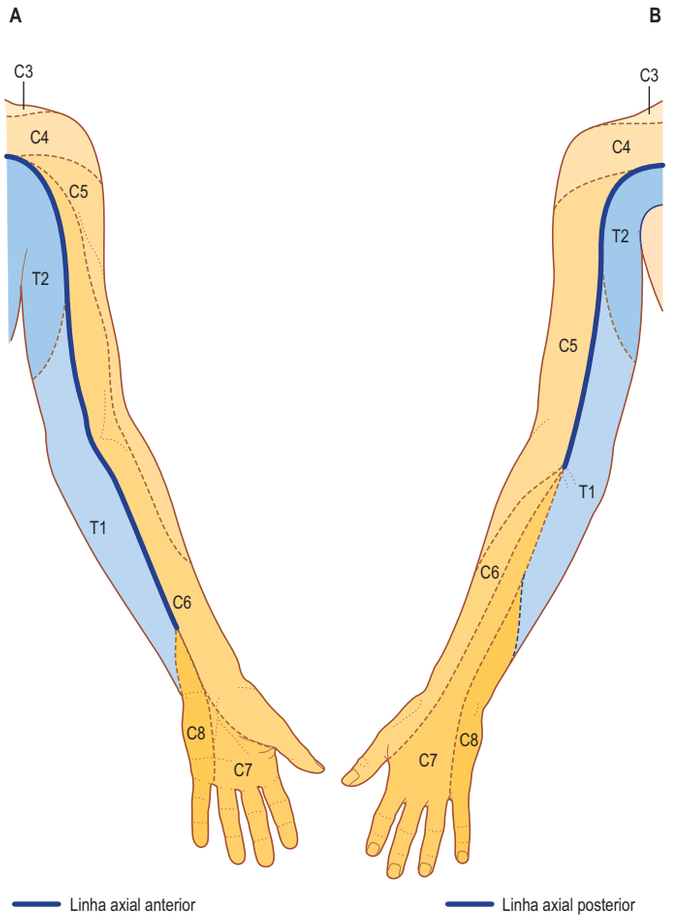


Fig. 45.14 Os dermátomos do membro superior esquerdo. A sobreposição entre as linhas axiais é mínima, ao passo que há considerável sobreposição entre as linhas tracejadas. **A,** Visto pelo aspecto anterior. **B,** Visto pelo aspecto posterior. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

O nervo mediano está intimamente relacionado com a artéria braquial ao longo de todo o seu percurso no braço. Seu trajeto pode ser marcado na superfície por uma linha partindo da região medial da artéria braquial na fossa cubital ao longo da linha mediana do antebraço até o punho.

O nervo ulnar pode ser palpado e rolado pelos dedos do examinador quando ele passa posterior ao epicôndilo medial do úmero. No antebraço, seu trajeto corresponde a uma linha desenhada da base da face posterior do epicôndilo medial do úmero até o lado radial do pisiforme e através do hâmulo do hamato. Uma pressão profunda nesses pontos anatômicos ósseos pode causar parestesia. Na parte inferior do antebraço, a linha do nervo situa-se ao longo da região lateral do tendão do músculo flexor ulnar do carpo, medial à artéria ulnar e suas veias acompanhantes.

Dermátomos

Nosso conhecimento sobre a extensão de cada um dos dermátomos, especialmente nos membros, é amplamente baseado em evidências clínicas. Os dermátomos do membro superior têm origem nos nervos espinais C5-8 e T1: C7 inerva a parte central da mão (Figs. 45.14 e 45.15). Há uma sobreposição considerável entre os dermátomos adjacentes inervados por nervos derivados de segmentos consecutivos da medula espinal.

Miótomos

A origem segmentar predominante do suprimento nervoso para cada um dos músculos do membro superior e para os movimentos que

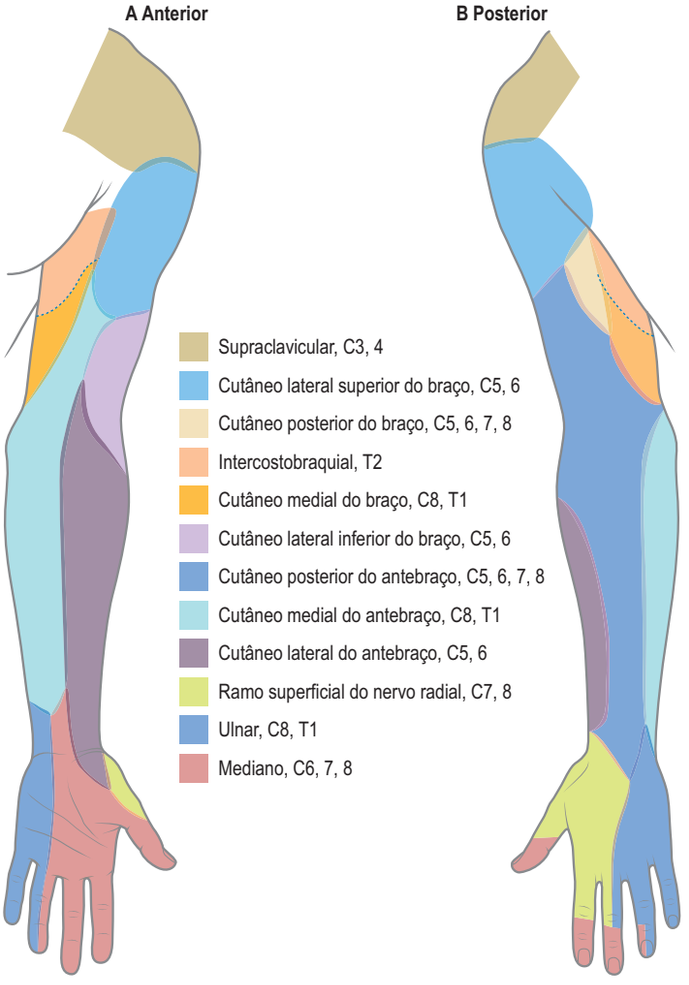


Fig. 45.15 Distribuição das áreas da pele inervadas pelos nervos cutâneos do membro superior esquerdo. **A,** Visto pelo aspecto anterior. **B,** Visto pelo aspecto posterior.

ocorrem nas articulações do membro superior estão resumidas nas Tabelas 48.1-48.4.

Reflexos

Reflexo bicipital (C5, 6) O cotovelo é flexionado em um ângulo reto e levemente pronado. Um dedo é colocado sobre o tendão do músculo bíceps braquial, que é golpeado com um martelo de percussão: isso deve provocar flexão e discreta supinação do antebraço.

Reflexo tricipital (C6-8) O avaliador segura o braço pelo punho e o flexiona em um ângulo reto. O músculo tríceps braquial é golpeado com um martelo de percussão proximalmente ao olécrano: isso deve provocar extensão do cotovelo.

Reflexo radial (C7, 8) O reflexo radial é um reflexo do periósteo, não tendíneo. O cotovelo é flexionado em um ângulo reto e o antebraço colocado em posição neutra. O processo estiloide do rádio é golpeado com um martelo de percussão. Isso provoca contração do músculo braquiorradial, que causa flexão do cotovelo.

Bloqueio nervoso

Plexo braquial Há três abordagens comuns para obter um bloqueio anestésico do plexo braquial: as vias interescalênica, supraclavicular e axilar.

A via interescalênica requer a identificação do sulco interescalênico. Pede-se ao paciente para inspirar, uma ação que envolve os músculos escalenos como acessórios da respiração. Uma agulha é inserida perpendicular à pele e entra no sulco interescalênico. Pode ser provocada uma parestesia e solução contendo anestésico local é injetada. Há o risco de que alguns anestésicos locais podem mover em direção retrógrada e afetar o espaço extradural cervical. A natureza proximal do bloqueio significa que há quase sempre algum envolvimento do nervo frênico, e o bloqueio simpático (evidenciado pela síndrome de Horner) é universal.

A via supraclavicular coloca a solução de anestésico local na área ocupada pelos troncos do plexo braquial, onde os mesmos emergem entre o escaleno anterior e o escaleno médio na altura da primeira costela, imediatamente posterior à terceira parte da artéria subclávia. O local de injeção é 2 cm acima do ponto médio da clavícula. A agulha é direcionada para trás, para dentro e para baixo, atingindo a superfície superior da primeira costela. Durante esse procedimento, o paciente normalmente irá se queixar de parestesia braço abaixo, o que indica que a agulha está posicionada corretamente. Para garantir que um vaso principal não foi puncionado, deve-se realizar uma aspiração preliminar. Se a primeira costela for atingida, há risco de causar pneumotórax. Há, com frequência, uma síndrome de Horner transiente, provocada pela difusão do anestésico local para o gânglio cervicotorácico (estrelado).

A via axilar bloqueia os nervos conforme eles se agrupam ao redor da artéria axilar.

Punho Uma anestesia útil da palma da mão (exceto da superfície lateral da base do polegar) pode ser obtida com o bloqueio dos nervos ulnar e mediano no nível do punho. O nervo ulnar pode ser bloqueado por uma agulha inserida lateralmente ao tendão do músculo flexor ulnar do carpo no nível do punho. O nervo mediano pode ser bloqueado pela inserção da agulha na linha média entre os tendões do músculo palmar longo e do músculo flexor radial do carpo no nível da prega proximal do punho.

O nervo radial, que inerva a pele dorsal da mão, pode ser bloqueado pela injeção de anestésico local ao redor da margem subcutânea posterolateral do punho, onde ramos do nervo podem ser rolados sobre o tendão do músculo extensor longo do polegar.

Nervo digital

O nervo digital está situado em ambos os lados da bainha dos músculos flexores em um plano imediatamente anterior à falange. Logo, a agulha deve ser inserida em ambos os lados da base do dedo, anterior à margem anterolateral da falange. Uma abordagem alternativa comum para o bloqueio dos nervos digitais é via pele dorsal: a agulha é inserida através da pele dorsal em qualquer um dos lados da base da falange proximal e avança em direção à localização volar dos nervos digitais durante infusão contínua de agente anestésico local. Essa parece ser uma abordagem menos dolorosa que a volar pois a pele dorsal é menos sensível que a pele volar.

Cintura peitoral (escapular), região do ombro e axila

CAPÍTULO 46

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento vascular cutâneo

A área sobre a extremidade lateral da clavícula é suprida pela artéria supraclavicular, a qual perfura a fáscia profunda superior à clavícula e anterior ao trapézio (Fig. 45.4). Na maioria dos casos, esta artéria se origina da artéria cervical superficial/cervical transversa, mas ocasionalmente ela se origina da artéria supraescapular. A área sobre o deltoide é suprida pelas artérias circunflexas anterior e posterior do úmero. O ramo deltoide do tronco toracoacromial contribui para o suprimento sanguíneo da face anterior do ombro via perfurantes musculocutâneas através do deltoide. Para detalhes do suprimento cutâneo para a parede torácica anterior, lateral e posterior, ver página 915.

Inervação cutânea

O suprimento segmentar é descrito no Capítulo 45, página 789. O suprimento cutâneo para a região do ombro é oriundo dos nervos supraclaviculares (pág. 436, Fig. 45.15). O assoalho da axila, juntamente com parte da face medial superior do braço, é suprido pelo nervo intercostobraquial (ramo lateral do segundo nervo intercostal). Ocasionalmente, o ramo lateral do terceiro nervo intercostal contribui para o suprimento da pele e assoalho da axila. O nervo cutâneo lateral superior do braço supre a pele sobre a parte inferolateral do ombro.

TECIDOS MOLES

Fáscia profunda

Fáscia sobre o deltoide

A fáscia profunda sobre o deltoide envia diversos septos entre seus fascículos e é contínua com a fáscia peitoral na frente e com a espessa e forte fáscia infraespinhoso atrás. Acima, se fixa à clavícula, acrômio e crista da espinha escapular; abaixo, é contínua com a fáscia braquial.

Fáscia subescapular

A fáscia subescapular é uma espessa aponeurose presa a toda circunferência da fossa subescapular; o músculo subescapular propriamente dito é parcialmente fixado à sua superfície profunda.

Fáscia supraespinhoso

A fáscia supraespinhoso completa o compartimento ósteo-fibroso no qual o músculo supraespinhoso se fixa. Ela é mais espessa medialmente, mas é fina lateralmente, sob o ligamento coracoacromial. Ela se fixa à escápula ao redor dos limites de fixação do músculo supraespinhoso.

Fáscia infraespinhoso

A fáscia infraespinhoso cobre o músculo infraespinhoso e se fixa às margens da fossa infraespinhoso. A fáscia é contínua com a fáscia do músculo deltoide ao longo da borda posterior do deltoide.

Fáscia peitoral e axilar

A fáscia peitoral é uma lâmina fina que cobre o músculo peitoral maior e se estende a seus fascículos. Ela se fixa medialmente ao esterno; acima, se fixa na clavícula e é contínua inferolateralmente com a fáscia do ombro, axila e tórax. Apesar de ser fina sobre o peitoral maior, é mais espessa entre este músculo e o músculo grande dorsal, e forma o assoalho da axila e a fáscia axilar. Esta última se divide na margem lateral do grande dorsal em duas camadas, que envolvem o músculo e se fixam atrás dos processos espinhosos das vértebras torácicas. Conforme a fáscia deixa a borda inferior do peitoral maior para cruzar a axila, uma camada ascende por baixo do músculo e se divide para envolver o peitoral menor; ela se transforma em fáscia clavipeitoral na borda superior do peitoral menor. A concavidade da axila é produzida principalmente pela ação desta fáscia unindo a pele ao assoalho da axila, e algumas vezes é denominada ligamento suspensor da axila. A fáscia axilar é perfurada pela cauda da mama (Cap. 54).

Fáscia clavipeitoral

A fáscia clavipeitoral é uma forte bainha fibrosa atrás da parte clavicular do músculo peitoral maior. Ela preenche o espaço entre o músculo peitoral menor e o músculo subclávio, e cobre os nervos e vasos axilares. Ela se divide ao redor do subclávio e se fixa à clavícula anterior e posteriormente ao sulco para o subclávio. A camada posterior se funde com a fáscia cervical profunda que faz conexão entre o músculo omo-hioide e a clavícula e com a bainha dos vasos axilares. Medialmente, ela se funde com a fáscia sobre os dois primeiros espaços intercostais e se fixa à primeira costela, medialmente ao subclávio. Lateralmente, é espessa e densa, se fixa ao processo coracoide e se funde com o ligamento coracoclavicular. Entre a primeira costela e o processo coracoide, a fáscia geralmente se espessa para formar uma banda, o ligamento costocoracoide. Abaixo, esta fáscia se torna fina, se divide ao redor do peitoral menor e desce para se fundir com a fáscia axilar e lateralmente com a fáscia sobre a cabeça curta do bíceps. A veia cefálica, a artéria e veia toracoacromial e o nervo peitoral lateral passam através da fáscia.

Disseminação de infecções

Quando ocorre supuração axilar, a disposição fascial local afeta a disseminação do pus. A supuração pode ser superficial ou profunda à fáscia clavipeitoral, tanto entre os músculos peitorais ou atrás do peitoral menor. Nesta última situação, um abscesso pode surgir na borda da prega axilar anterior ou no sulco entre o deltoide e o peitoral maior (sulco delto-peitoral); neste último, o pus tende a circundar os vasos e nervos e ascender para o pescoço, a direção de menor resistência. O pus também pode cursar ao longo dos vasos na direção do braço. Quando um abscesso axilar é incisionado, a lâmina do bisturi deve entrar na base da axila, a meio caminho entre as margens anterior e posterior e próximo ao lado torácico para evitar os vasos torácicos laterais, subescapulares e axilares nas paredes anterior, posterior e lateral, respectivamente.

OSSOS

CLAVÍCULA

A clavícula se posiciona quase horizontalmente na raiz do pescoço e é subcutânea em toda sua extensão (Fig. 46.1). Ela atua como uma escora que imobiliza a parte posterior do ombro e permite que o membro balance sem impedimento do tronco; transmite também parte do peso do membro para o esqueleto axial. A extremidade lateral ou acromial do osso é plana e faz articulação com a face medial do acrômio da escápula, enquanto a extremidade medial ou esternal é dilatada e faz articulação com a incisura clavicular do manúbrio esternal e primeira cartilagem costal. A diáfise tem uma suave curvatura e no formato lembra a letra *f* em itálico, sendo convexa anteriormente em seus dois terços mediais e côncava anteriormente em seu terço lateral. A face inferior do terço intermediário possui um sulco em seu eixo longo. A clavícula é trabecular internamente, com um envelope de osso compacto mais espesso em sua diáfise. Apesar de ser alongada, a clavícula não é como o osso longo típico, pois não possui cavidade medular.

A clavícula feminina é mais curta, mais fina, menos curva e mais lisa, e sua extremidade acromial é mais baixa do que a extremidade esternal em comparação com a masculina. Em homens, a extremidade acromial está nivelada com a extremidade esternal ou se posiciona levemente acima quando o braço está pendente. A medida da circunferência da diáfise média é o indicador isolado mais confiável na determinação do sexo de um indivíduo: uma combinação desta medida com a altura e

Fig. 46.1 A, Vista superior da clavícula esquerda. **B,** Vista inferior da clavícula esquerda. **A: 1.** Músculo esternocleidomastóideo (cabeça clavicular) **2.** extremidade esternal. **3.** Músculo peitoral maior **4.** Músculo trapézio **5.** Extremidade acromial **6.** Músculo deltoide **B: 1.** Músculo peitoral maior **2.** Para o ligamento costoclavicular **3.** Para a primeira cartilagem costal **4.** Para o esterno **5.** Músculo esterno-hioide **6.** Músculo subclávio **7.** Músculo deltoide **8.** Para o acrômio **9.** Linha trapezoide **10.** Músculo trapézio **11.** Tubérculo conoide.

peso gera melhores resultados nesta determinação. A clavícula é mais espessa e curva em trabalhadores manuais e suas cristas para fixação muscular são mais bem marcadas.

Terço lateral

O terço lateral da clavícula é achatado e possui uma superfície superior e inferior, limitada por um bordo anterior e posterior. A borda inferior é côncavo, fino e áspero, e pode ser marcada por um pequeno tubérculo deltoide.

A borda posterior, também áspera devido às fixações musculares, possui uma convexidade posterior. A superfície superior é áspera próxima as suas margens, mas é lisa centralmente, onde pode ser sentida através do tegumento. A superfície inferior apresenta duas marcas óbvias. Próximo à borda posterior, na junção do quarto lateral com o resto do osso, existe um tubérculo conoide proeminente onde se fixa a parte conoide do ligamento coracoclavicular. Uma faixa estreita e áspera, a linha trapezoide, cursa para a frente e para o lado da face lateral deste tubérculo, quase até a extremidade acromial (Fig. 46.1B). A parte trapezoide do ligamento coracoclavicular se fixa a ela. Uma pequena faceta articular oval para a articulação com a face medial do acrômio está voltada lateralmente e para baixo na extremidade lateral da diáfise.

O **músculo** subclávio se localiza em um sulco na superfície inferior (Fig. 46.1B). A fáscia clavipeitoral se fixa aos bordos do sulco; a borda posterior do sulco se dirige para o tubérculo conoide, onde se fundem a fáscia e o ligamento conoide. Lateralmente ao sulco existe um forame nutrício inclinado lateralmente. O **músculo** deltoide (anterior) e o **músculo** trapézio (posterior) se fixam ao terço lateral da diáfise: ambos os músculos alcançam à superfície superior do osso. O ligamento coracoclavicular, que se fixa ao tubérculo conoide e linha trapezoide (Fig. 46.1B), transmite o peso do membro superior para a clavícula, sofrendo a contra-atuação do trapézio que suporta sua parte lateral. Do tubérculo conoide este peso é transmitido através dos dois terços mediais da diáfise para o esqueleto axial.

Em geral, quando a clavícula é fraturada, comumente por forças indiretas, isso é resultado de um impacto violento sobre a mão ou ombro. A fratura geralmente ocorre na junção entre os terços lateral e intermediário, onde a curvatura muda, que é a parte mais fraca do osso. Uma fratura do tubérculo conoide interrompe a transmissão de peso do braço para o esqueleto axial. A deformidade resultante é causada pelo peso do braço, que atua sobre o fragmento lateral através do ligamento coracoclavicular, puxando-o para baixo. O fragmento medial, via de regra, apresenta pequeno desvio.

Dois terços mediais

Os dois terços mediais da diáfise da clavícula são cilíndricos ou prismoides em forma e possuem quatro superfícies, mas a superfície inferior geralmente é reduzida a uma mera crista. A superfície anterior é áspera sobre a maior parte de sua extensão, mas é lisa e arredondada em sua extremidade lateral, onde forma o limite superior da fossa infraclavicular. A superfície superior é áspera em sua parte medial e lisa em sua extremidade lateral. A superfície posterior é lisa e sem características marcantes. A superfície inferior é marcada, próximo à extremidade esternal, por uma impressão oval áspera, frequentemente em forma de depressão na superfície. Suas margens dão origem para o ligamento costoclavicular, que conecta a clavícula à superfície superior da primeira costela e sua cartilagem. Às vezes, esta área é lisa ou elevada para formar uma eminência que pode se articular com a superfície superior da primeira costela por meio de uma articulação sinovial. Há um sulco no longo eixo do osso na metade lateral da superfície posterior.

Os dois terços mediais fornecem fixação, anteriormente, para a cabeça clavicular do **músculo** peitoral maior: a área geralmente está indicada de modo claro no osso. A cabeça clavicular do **músculo** esternocleidomastóideo se fixa à metade medial da superfície superior, mas a marcação no osso não é muito conspícua. A superfície posterior lisa é desprovida de fixações musculares, exceto em sua parte inferior imediatamente na junção da extremidade esternal, onde as fibras laterais do **músculo** esterno-hioide se fixam. Medialmente, esta superfície está relacionada com a extremidade inferior da veia jugular (da qual está separada pelo esterno-hioide), com o término da veia subclávia, e o início da veia braquiocefálica. Mais lateralmente, ela se arqueia na frente dos troncos do plexo

braquial e da terceira parte da artéria subclávia. Os vasos supraescapulares estão relacionados à parte superior desta superfície. A superfície inferior dá origem à inserção para o **músculo** subclávio no sulco subclávio: a fáscia clavipeitoral, que envolve o subclávio, se fixa aos bordos do sulco. O lábio posterior do sulco cursa para o tubérculo conoide e carreia a fáscia em continuidade com o sulco, cursando em uma direção lateral: a artéria nutrícia é derivada da artéria supraescapular. A impressão para o ligamento costoclavicular é muito variável.

Extremidade esternal

A extremidade esternal da clavícula é direcionada medialmente e, um pouco para baixo e para a frente, de modo a se articular com a incisura clavicular do manúbrio esternal. A superfície esternal, geralmente irregular e perfurada, é quadrangular (algumas vezes triangular). Sua parte mais superior é levemente áspera para a fixação do ligamento interclavicular, da cápsula esternoclavicular e do disco articular. No restante do osso a superfície é lisa e articular, e se estende até a superfície inferior por uma curta distância, onde se articula com a primeira cartilagem costal. A extremidade esternal da clavícula faz projeção para cima além do manúbrio esternal. Ela pode ser sentida sem dificuldade e geralmente é observada (um proeminente marco anatômico clínico), na parede lateral da fossa jugular.

Ossificação

A clavícula começa a se ossificar antes de qualquer outro osso no corpo, e se ossifica a partir de três centros. A diáfise do osso é ossificada no mesênquima condensado dos dois centros primários, medial e lateral, que aparecem entre a quinta e sexta semanas de vida intrauterina, e se fundem por volta do quadragésimo quinto dia. A seguir, a cartilagem se desenvolve em ambas as extremidades da clavícula. A massa cartilaginosa medial contribui mais para o crescimento em comprimento do que a massa lateral: os dois centros de ossificação se encontram nos terços médio e lateral da clavícula. Um centro secundário para a extremidade esternal aparece no final da adolescência, ou mesmo por volta dos vinte anos de vida, geralmente dois anos mais cedo nas mulheres (Fig. 46.2). A fusão provavelmente é rápida, mas não existem dados confiáveis. Um centro secundário acromial algumas vezes se desenvolve por volta dos 18 a 20 anos, mas a epífise é sempre pequena e rudimentar, unindo-se rapidamente à diáfise.

A clavícula não se ossifica exclusivamente por ossificação intermembranosa. Em embriões de 14 mm a clavícula é uma banda de mesênquima condensado entre o acrômio e o ápice da primeira costela, que é contínua com o rudimento esternal. Zonas medial e lateral da transformação cartilaginosa inicial ('pré-cartilagem') ocorrem dentro desta banda, e centros intermembranosos de ossificação aparecem, e logo se fundem, no mesênquima entre elas. As zonas esternal e acromial rapidamente se tornam cartilagem verdadeira, ossificando-se a partir da diáfise. O comprimento aumenta por crescimento intersticial destas cartilagens terminais; estas desenvolvem zonas de hipertrofia, calcificação e avanço da ossificação endocondral do mesmo modo que ocorre com outras cartilagens de crescimento. O diâmetro aumenta por deposição subpericondral nas extremidades e deposição subperiostal na diáfise. As epífises são endocondrais e provavelmente se fundem da mesma forma que observada nos ossos longos. Os defeitos da ossificação na clavícula e os dos ossos cranianos que se ossificam por ossificação intermembranosa ocasionalmente coincidem isto é, na disostose cleidocraniana.

Fig. 46.2 Três centros constantes de ossificação da clavícula.

ESCÁPULA

A escápula é um grande osso plano e triangular que se localiza na face posterolateral da parede torácica, cobrindo partes da segunda a sétima costelas (Figs. 46.3, Figs. 46.4). Ela possui superfícies costal e dorsal, bordas ou lados superior, lateral e medial e ângulos superior, inferior e lateral, além de três processos, a espinha, sua continuação sob a forma

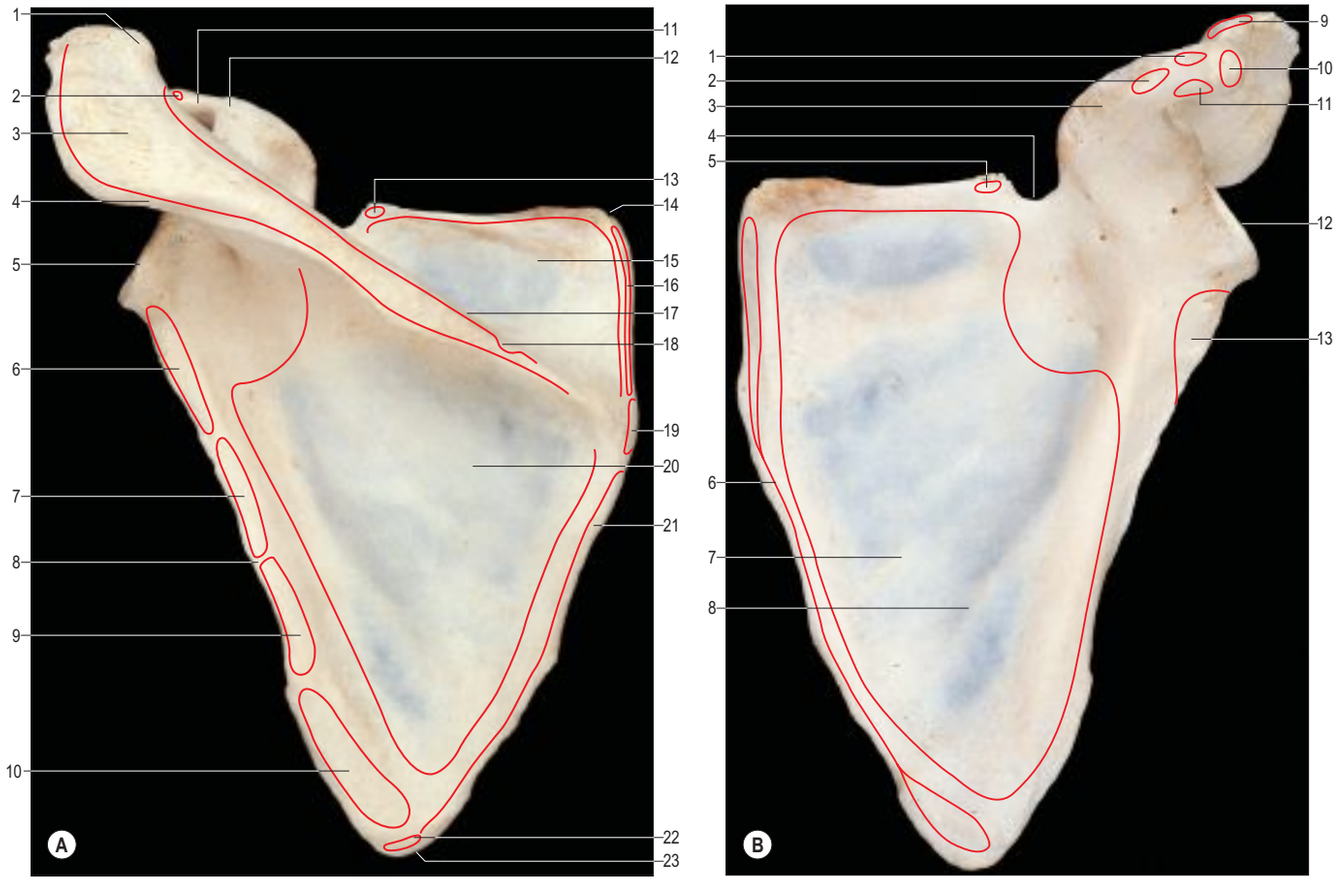


Fig. 46.3. A, Face posterior da escápula esquerda. **1.** Faceta clavicular. **2.** Músculo bíceps braquial (cabeça curta). **3.** Acrômio **4.** Músculo deltoide. **5.** Cavidade glenoide **6.** Tríceps braquial (cabeça longa). **7. e 9.** Músculo redondo menor. **8.** Sulco para a artéria circunflexa escapular. **10.** Músculo redondo maior. **11.** Tubérculo conoide. **12.** Processo coracoide. **13.** Músculo omo-hioide (ventre inferior). **14.** Ângulo superior **15.** Músculo supraespinhoso. **16.** Músculo levantador da escápula. **17.** Espinha. **18.** Músculo trapézio. **19.** Músculo romboide menor. **20.** Músculo infraespinhoso **21.** Músculo romboide maior. **22.** Músculo grande dorsal. **23.** Ângulo inferior. **B,** Face anterior da escápula esquerda. **1.** Fixação do ligamento trapezoide **2.** Fixação do ligamento conoide. **3.** Processo acromial. **4.** Incisura supraescapular. **5.** Músculo omo-hioide (ventre inferior). **6.** Músculo serrátil anterior. **7.** Músculo subescapular. **8.** Crista para o tendão intermuscular do Músculo subescapular. **9.** Músculo deltoide. **10.** Músculos bíceps braquial (cabeça curta) e coracobraquial **11.** Músculo menor. **12.** Cavidade glenoide **13.** Músculo tríceps braquial (cabeça longa).

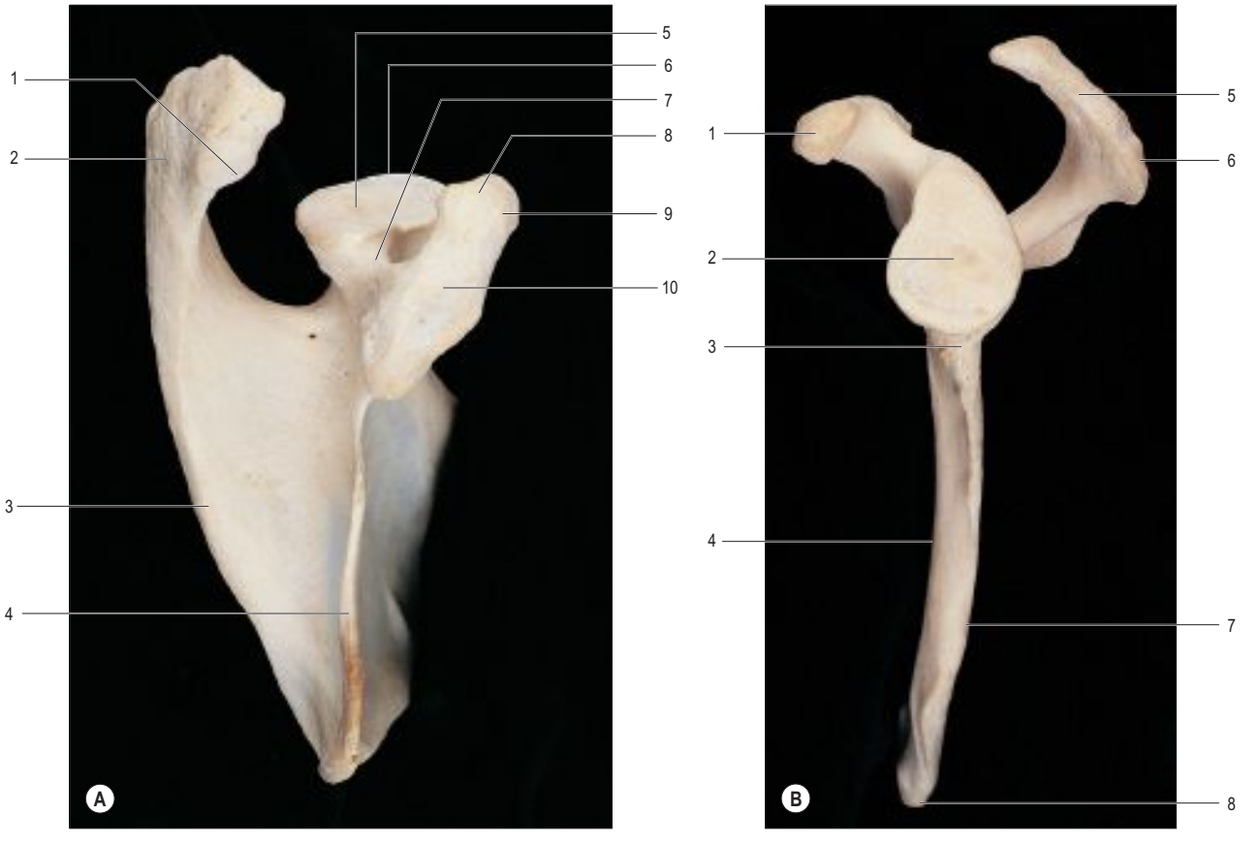


Fig. 46.4 A, Face superior da escápula esquerda. **1.** Faceta para a clavícula. **2.** Processo acromial. **3.** Espinha. **4.** Borda superior. **5.** Cabeça. **6.** Cavidade glenoide. **7.** Colo. **8.** Tubérculo conoide (para o ligamento conoide). **9.** Processo coracoide. **10.** Fixação do ligamento trapezoide. **B,** Face lateral da escápula esquerda. **1.** Processo coracoide. **2.** Cavidade glenoide. **3.** Tubérculo infraglenóideo para a cabeça longa do músculo tríceps braquial. **4.** Superfície ventral. **5.** Acrômio **6.** Ângulo acromial. **7.** Borda lateral. **8.** Ângulo inferior.

do acrômio e o processo coracoide. O ângulo lateral é truncado e possui a cavidade glenoide para a articulação com a cabeça do úmero. Esta parte do osso pode ser descrita como a cabeça da escápula, que se conecta ao seu corpo, semelhante a uma placa óssea, através de um colo inconspícuo. O eixo longo da escápula é quase vertical e a sua superfície costal, relativamente sem estruturas anatômicas distinguíveis, pode ser facilmente diferenciada da superfície dorsal, que é interrompida por uma projeção que lembra uma estante, denominada espinha da escápula (Fig. 46.3A). O osso é muito mais espessado próximo da borda lateral, que se estende do ângulo inferior, abaixo, para a cavidade glenoide (ângulo lateral) acima. Os principais processos e as partes mais espessas da escápula contêm osso trabecular; o restante consiste de uma fina camada de osso compacto. A fossa supraespinhosa e a maior parte da fossa infraespinhosa são finas e até mesmo translúcidas; ocasionalmente falta osso nestas regiões e os espaços são preenchidos por tecido fibroso.

O ângulo inferior se localiza sobre a sétima costela, ou sobre o sétimo espaço intercostal. Ele pode ser sentido através do tegumento e os músculos que o cobrem e, quando o braço é elevado acima da cabeça pode se observar seu deslocamento anterior ao redor da parede torácica. O ângulo superior se localiza na junção entre as bordas superior e medial e é obscurecido pelos músculos que o cobrem. O ângulo lateral é truncado e alargado. Ele constitui a cabeça do osso. Em sua superfície livre, ele apresenta a cavidade glenoide para a articulação com a cabeça do úmero na articulação do ombro (escápulo-umeral). Com superfície levemente esférica, a cavidade glenoide forma um encaixe pouco eficiente para a cabeça umeral. É estreita acima e larga abaixo, com formato na maioria das vezes piriforme. Imediatamente acima da cavidade glenoide uma área pequena e áspera alcança a base do processo coracoide e é denominada tubérculo supraglenóideo. O colo da escápula é uma constrição imediatamente unida à cabeça. Pode ser identificado mais facilmente em seus aspectos inferior e dorsal. Ventralmente ele pode ser observado estendendo-se entre o tubérculo infraglenoide e a margem anterior da incisura supraescapular.

Superfície costal

A superfície costal, que é direcionada medialmente e para a frente quando o braço está pendente, é levemente escavada, especialmente em sua parte superior (Fig. 46.3B).

Próximo à borda lateral há uma crista longitudinal arredondada, proeminente próxima ao colo, mas um pouco mais abaixo, que é separada da borda lateral por uma estreita área sulcada.

O músculo subescapular se origina por quase toda à superfície costal, incluindo a área sulcada imediatamente ao lado da borda lateral, mas excluindo a área próxima ao colo do osso. Pequenos tendões intramusculares se fixam às cristas ásperas que subdividem incompletamente esta superfície em diversas áreas lisas. A face anterior do colo é separada do músculo subescapular por uma protrusão bursal da membrana sinovial da articulação do ombro (*'bursa'* subescapular). As cinco ou seis digitações inferiores do músculo serrátil anterior se fixam a uma área oval próxima ao ângulo inferior. O restante do músculo se insere em uma faixa estreita ao longo da face ventral da borda medial, que é mais larga acima, onde recebe a primeira grande digitação. O espessamento longitudinal do osso próximo á borda lateral serve como alavanca para a força necessária na resistência contra a tração do serrátil anterior sobre o ângulo inferior durante a rotação escapular lateral, quando a cavidade glenoide é girada para ficar voltada mais diretamente para cima, conforme o braço é elevado da posição pendente e levado acima da cabeça contra a gravidade.

Superfície dorsal

A superfície dorsal é dividida por uma projeção óssea semelhante a uma estante, a espinha da escápula, em uma área menor superior e uma maior inferior, que são confluentes na incisura espinoglenoide entre a borda lateral da espinha e a face dorsal do colo (Fig. 46.3A).

O músculo supraespinhoso se origina dos terços mediais da fossa supraespinhoso na superfície dorsal: a fáscia que cobre o músculo se fixa às margens da fossa. O músculo redondo menor se origina dos dois terços superiores de uma faixa plana que se funde à borda lateral. A faixa é sulcada próximo a sua extremidade superior pelos vasos circunflexos escapulares, que passam entre o músculo redondo menor e o osso ao entrarem na fossa infraespinal. O limite inferior da origem do músculo redondo menor é indicado por uma crista oblíqua, que se estende da borda lateral para a vizinhança do ângulo inferior e forma uma área ligeiramente oval na qual se prende o músculo redondo maior. A face dorsal do ângulo inferior pode dar origem a uma pequena projeção que se funde com a superfície profunda do músculo grande dorsal. A fossa infraespinhoso é escavada lateralmente, mas é convexa medialmente. O músculo infraespinhoso se origina na fossa infraespinhoso, com exceção de uma área próxima ao colo do osso. A forte fáscia infraespinhoso passa sobre os músculos redondo menor e maior, enviando projeções fasciais por entre estes músculos que alcançam o osso ao longo das cristas que marcam os limites de suas origens.

Borda superior

A borda superior, fina e aguda, é a mais curta. Em sua extremidade anterolateral ela se separa da base do processo coracoide por meio da incisura supraescapular (Fig. 46.3B). Próximo à incisura supraescapular ela dá origem ao ventre inferior do músculo omo-hioide. A incisura é fechada pelo ligamento transverso superior que se fixa lateralmente à base do processo coracoide e medialmente no limite da incisura. O ligamento algumas vezes está ossificado. O forame, completado desta forma, permite a passagem do nervo supraescapular para a fossa supraespinhoso, enquanto os vasos supraescapulares passam para trás, acima do ligamento.

Borda lateral

A borda lateral da escápula forma uma crista aguda, áspera e claramente definida, que se estende de modo sinuoso a partir do ângulo inferior da cavidade glenoide. Em sua extremidade superior ele se alarga em uma área áspera e ligeiramente triangular que é denominada tubérculo infraglenóideo (Fig. 46.4B). A borda lateral separa as origens dos músculos subescapular e redondos menor e maior. Estes músculos se projetam além do osso e, com o músculo grande dorsal, cobrem completamente esta borda de modo que ela não pode ser sentida através do tegumento. A cabeça longa do tríceps braquial se origina do tubérculo infraglenóideo.

A parte escavada da superfície costal, a faixa lateral estreita e plana da superfície dorsal e a crista espessada adjacente (Fig. 46.4B), geralmente estão inclusas na 'borda lateral' durante o exame clínico.

Borda medial

A borda medial da escápula se estende do ângulo inferior para o superior. Em seus dois terços inferiores, esta borda pode ser facilmente sentida sob o tegumento, mas seu terço superior, por se localizar mais profundamente, não pode ser palpado. Este é fino e geralmente angulado em oposição à base da espinha. O músculo levantador da escápula se origina de uma faixa estreita, que se estende do ângulo superior à base da espinha, e o músculo romboide menor se origina abaixo desta faixa, em oposição à base da espinha. O músculo romboide maior se origina do restante da borda.

Ângulos escapulares

O ângulo inferior se superpõe à sétima costela ou espaço intercostal. Palpável através do tegumento e dos músculos que o cobrem, ele também é visível em sua progressão ao redor da parede torácica quando o braço é elevado. Ele é coberto em sua face dorsal pela borda superior do músculo grande dorsal, e uma pequena projeção a partir deste frequentemente se fixa a este ângulo. O ângulo superior, na junção entre as bordas superior e medial, é coberto pela parte superior do músculo trapézio. O ângulo lateral, truncado e amplo, apresenta a cavidade glenoide que se articula com a cabeça do úmero na articulação gleno-umeral (escápulo-umeral). Ele forma um encaixe limitado e raso para a cabeça do úmero. Seu contorno é piriforme, mais estreito superiormente (Fig. 46.4B). Os ligamentos gleno-umerais se fixam a sua margem anterior. Quando o braço está pendente, a cavidade se direciona para a frente, lateralmente e um pouco para cima. Quando o braço é elevado acima da cabeça ela se direciona de modo quase reto para cima. Logo acima deste ângulo está o pequeno e áspero tubérculo supraglenóideo, que alcança a base do processo coracoide. O colo anatômico da escápula, a constrição que toca a borda da cavidade glenoide, é mais distinguível inferior e dorsalmente. Anterior e posteriormente ele se estende entre os tubérculos infra e supraglenoides, passando lateralmente à base do processo coracoide. A cabeça longa do músculo bíceps braquial se origina do tubérculo supraglenóideo, e a cabeça longa do músculo tríceps braquial se origina do tubérculo infraglenóideo.

Espinha da escápula

A espinha da escápula forma uma projeção semelhante a uma estante na parte superior da superfície dorsal da escápula, e tem formato triangular (Fig. 46.3A). Sua borda lateral é livre, espessa e arredondada, fazendo parte dos limites da incisura espinoglenoide, que se localiza entre ela e a superfície dorsal do colo do osso. Sua borda anterior se junta à superfície dorsal da escápula ao longo de uma linha que cruza lateral e levemente para cima a partir da junção dos terços superior e médio da borda medial da escápula. O corpo do osso se assemelha a uma placa se arqueia ao longo desta linha, o que gera a concavidade da parte superior da superfície costal. A borda dorsal é a crista da espinha, sendo subcutânea em quase toda sua extensão. Em sua extremidade medial a crista se expande em uma área triangular lisa. Toda a extremidade superior e inferior e a superfície da crista são ásperas para as fixações musculares. A superfície superior da espinha se alarga ao se estender lateralmente, e é levemente escavada. Juntamente com a área superior da superfície dorsal do osso, a superfície superior da espinha forma a fossa supraespinhoso. A superfície inferior é superposta pela crista em sua extremidade medial estreita, mas é suavemente convexa em sua porção lateral mais larga. Juntamente com a área inferior da superfície dorsal do osso, a superfície inferior da espinha forma a fossa infraespinhoso, que se comunica com a fossa supraespinhoso através da incisura espinoglenoide.

Os músculos supra e o infraespinhoso se originam das superfícies superior e inferior da espinha da escápula, respectivamente. A área triangular plana em sua raiz se localiza no nível do processo espinhoso da terceira vértebra torácica e é coberta pelo tendão do músculo trapézio; uma *bursa* fica interposta para permitir que o tendão deslize sobre esta parte do osso. As fibras posteriores do músculo deltoide se originam da borda inferior da crista da espinha. As fibras médias do trapézio se inserem na borda superior da crista e as fibras mais inferiores do trapézio terminam em um tendão triangular plano que desliza sobre a área lisa na base da espinha e se insere em uma proeminência áspera, erroneamente denominada tubérculo deltoide, na face dorsal ou subcutânea da espinha, próximo à sua extremidade medial.

Acrômio

O acrômio se projeta para a frente, quase em ângulo reto, a partir da extremidade lateral da espinha da escápula, com a qual é contínuo. A borda inferior da crista da espinha se torna contínua com a borda lateral do acrômio no ângulo acromial, que forma um marco anatômico ósseo subcutâneo. A borda medial do acrômio é curta e marcada anteriormente por uma pequena faceta oval, direcionada para cima e medialmente, para a articulação com a extremidade lateral da clavícula. A borda lateral, ponta e superfície superior do acrômio podem ser sentidas através da pele sem dificuldade. Pode haver uma faceta articular acessória na superfície inferior do acrômio.

O acrômio é subcutâneo em toda sua superfície dorsal, sendo coberto somente pela pele e fáscia superficial. A borda lateral, que é espessa e irregular, e a ponta do processo, arredondada como a faceta clavicular, dão origem às fibras médias do músculo deltoide. A face medial da ponta dá fixação, abaixo do deltoide, para a extremidade lateral do ligamento coracoacromial. A cápsula articular da articulação acromioclavicular se fixa ao redor das margens da faceta clavicular. Atrás da faceta, a borda medial do acrômio dá inserção para as fibras horizontais do músculo trapézio. A face inferior do acrômio é relativamente lisa e, juntamente com o ligamento coracoacromial, forma um arco protetor sobre a articulação do ombro. O tendão do músculo supraespinhoso passa por baixo do acrômio e se separa do osso e das fibras do músculo deltoide, através da *bursa* subacromial.

Processo coracoide

O processo coracoide se origina da borda superior da cabeça da escápula e se arqueia agudamente, de modo a se projetar para a frente e levemente para o lado (Fig. 46,3B e 46.4A). Quando o braço está pendente, o processo coracoide aponta em direção quase reta para a frente e sua ponta levemente dilatada pode ser sentida através do tegumento, apesar de ser coberta pelas fibras anteriores do músculo deltoide. O tubérculo supraglenóideo marca a raiz do processo coracoide, onde ele se une com a parte superior da cavidade glenoide. Há outra impressão na face dorsal do processo coracoide no ponto em que muda de direção: permite fixação para a parte conoide do ligamento coracoclavicular.

O processo coracoide se localiza a aproximadamente 2,5 cm abaixo da clavícula na junção entre o quarto lateral com o resto do osso, e se conecta com sua superfície inferior através do ligamento coracoclavicular. Ele é coberto pelas fibras anteriores do músculo deltoide e pode ser palpado somente por compressão profunda junto à borda lateral da fossa infraclavicular. A fixação da parte conoide do ligamento já foi analisada: a parte trapezoide se fixa à face superior da parte horizontal do processo. O músculo peitoral menor se insere na face superior do processo coracoide. A extremidade medial mais larga do ligamento coracoacromial e, abaixo dela, o ligamento coracoumeral, se fixam à borda lateral. O músculo coracobraquial se origina da face medial da ponta do processo e a cabeça curta do bíceps braquial se origina da face lateral da ponta. A face inferior do processo é lisa e ajuda a completar o arco coracoacromial.

Ligamentos

Os principais ligamentos escapulares são o coracoacromial e transverso superior; também pode haver um ligamento mais fraco e variável, o transverso escapular (espinoglenoide) (Figs. 46.13 e 46.14).

Ligamento coracoacromial O ligamento coracoacromial é uma forte banda triangular entre o processo coracoide e o acrômio. Ele se fixa apicalmente ao acrômio, anterior a sua superfície articular clavicular e por sua base ao longo de toda a borda lateral do processo coracoide. Juntamente com o processo coracoide e o acrômio, ele completa um arco ósteofibroso acima da cabeça umeral. Pode ser composto por duas fortes bandas marginais com um centro mais fino; quando o músculo peitoral menor se insere na cápsula umeral ao invés do processo coracoide, o que acontece ocasionalmente, seu tendão passa por entre as bandas. A *bursa* subacromial facilita o movimento entre o arco coracoacromial e o

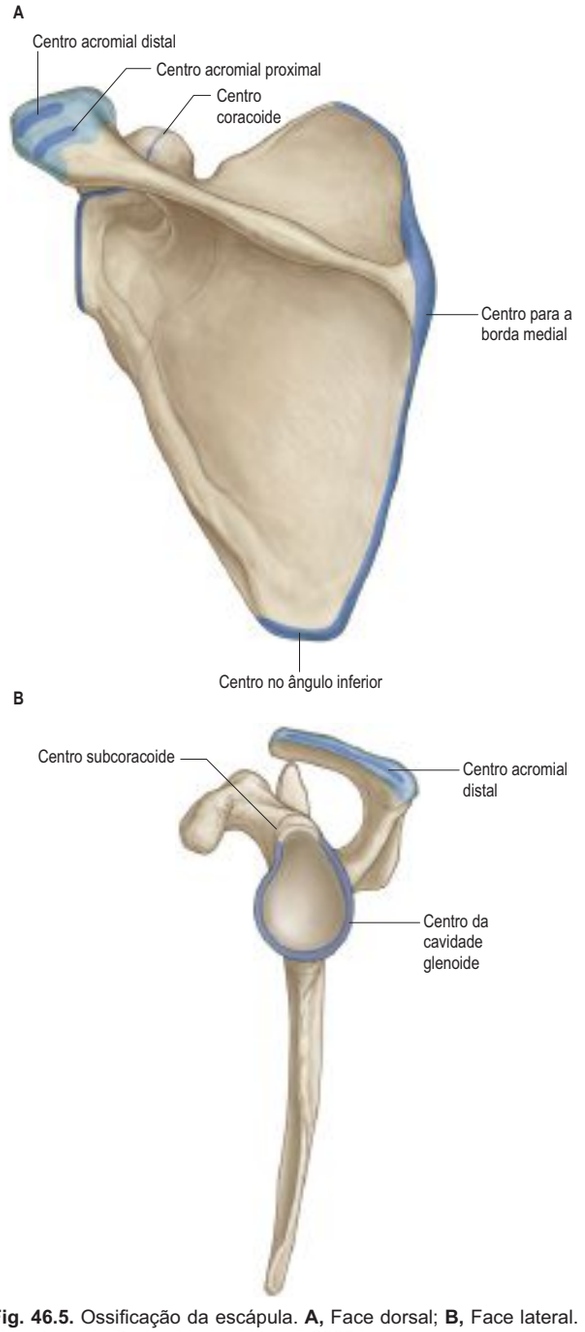


Fig. 46.5. Ossificação da escápula. **A,** Face dorsal; **B,** Face lateral. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.).

músculo supraespinhoso subjacente e a articulação do ombro, atuando como uma espécie de articulação sinovial secundária.

Ligamento escapular transverso superior (supraescapular). O ligamento escapular transverso superior (supraescapular) converte a incisura escapular em um forame: algumas vezes está ossificado. Um fascículo plano, ele se estreita na direção de suas inserções na base do processo coracoide e face medial da incisura escapular. O nervo supraescapular atravessa o forame e os vasos supraescapulares cruzam por cima do ligamento.

Ligamento escapular transverso inferior (espinoglenoide). Quando presente, o ligamento escapular transverso inferior é um ligamento membranoso que pode se distender do bordo lateral da espinha da escápula até a margem glenoide. Ele forma um arco sobre o nervo e vasos supraescapulares que entram na fossa infraespinhal.

Ossificação

A escápula cartilaginosa é ossificada a partir de oito ou mais centros: um no corpo, dois no processo coracoide e acrômio, um no bordo medial, ângulo inferior e parte inferior do bordo da cavidade glenoide (Fig. 46.5). O centro para o corpo aparece na oitava semana intrauterina. A ossificação se inicia no meio do processo coracoide no primeiro ano ou em uma pequena proporção de indivíduos antes do nascimento e o processo se une ao resto do osso por volta do décimo quinto ano. Na puberdade ou logo após ela os centros de ossificação ocorrem no resto do processo coracoide (centro subcoracoide), no bordo da parte inferior da cavidade glenoide, frequentemente na ponta do processo coracoide, no acrômio, no ângulo inferior e parte contígua do bordo medial e no bordo medial. Uma área variável da parte superior da cavidade glenoide, geralmente o terço superior, é ossificado a partir do centro subcoracoide; ele se funde com o resto do osso no décimo quarto ano nas mulheres e no décimo sétimo ano nos homens. Uma epífise em formato de ferradura aparece para o bordo da parte inferior da cavidade glenoide; mais espessa na margem periférica do que na região central, ela converte a cavidade glenoide plana da criança na fossa suavemente côncava do adulto. A base do acrômio é formada por uma extensão da espinha; o resto do acrômio se ossifica a partir de dois centros que se unem e depois se juntam à extensão da espinha. As diversas epífises da escápula já se fundiram ao osso por volta dos 20 anos de idade.

ÚMERO

O úmero, o mais longo e maior osso do membro superior, possui extremidades expandidas e uma diáfise (Figs. 46.6, 46.7 e 46.8). A cabeça arredondada ocupa a parte proximal e medial da extremidade superior do osso e forma uma articulação enartroidal com a cavidade glenoide da escápula. O tubérculo menor se projeta da frente da diáfise, próximo à escápula e é limitado em sua face lateral por um sulco bem marcado. A extremidade distal, denominada como "condilar", é adaptada aos ossos do antebraço na articulação do cotovelo.

O ligamento capsular da articulação do cotovelo se fixa anteriormente aos limites superiores das fossas radial e coronoide, de modo que as duas depressões ósseas são intracapsulares e, portanto, revestidas com membrana sinovial. Medialmente, ele se fixa à face medial não articular do lábio projetado da tróclea e à raiz do epicôndilo medial. Posteriormente, ele ascende até a margem superior da fossa olecraniana que, portanto, é intracapsular e coberta com membrana sinovial. Lateralmente ele cobre os bordos laterais da tróclea e capítulo, posicionando-se medialmente ao epicôndilo lateral.

Com o braço pendente, o epicôndilo medial se localiza em um plano posterior ao do epicôndilo lateral, de modo que o úmero *parece* estar rodado medialmente. Nesta posição, a cabeça do úmero está direcionada quase igualmente para trás e medialmente, e a superfície posterior da diáfise está voltada posterolateralmente. Como a fossa glenoide da escápula está voltada anterolateralmente, o úmero não está rodado medialmente em relação à escápula nesta posição de repouso, mas está rodado em relação à posição anatômica convencional. Esta posição do osso deve ser lembrada quando são considerados os movimentos do braço e do antebraço.

Extremidade proximal

A extremidade proximal do úmero consiste da cabeça, do colo anatômico e dos tubérculos maior e menor. Ela se une à diáfise por meio de um 'colo cirúrgico' mal definido, que está intimamente relacionado com a face medial do nervo axilar e com a artéria circunflexa umeral posterior (Fig. 46.7).

Cabeça

A cabeça do úmero tem formato de meia esfera; em perfil seccional é esferoidal (estritamente ovoidal) (Fig. 46.7). Sua superfície articular lisa é coberta por cartilagem hialina, que é mais espessa na parte central. Quando o braço está pendente em repouso, ela está direcionada medialmente, para trás e para cima para se articular com a cavidade glenoide da escápula. A superfície articular umeral é bem mais extensa do que a cavidade glenoide e somente uma porção dela está em contato com a cavidade em qualquer posição do braço.

Colo anatômico

O colo anatômico do úmero se localiza imediatamente abaixo da margem da cabeça e forma uma leve constrição, que é menos aparente na vizinhança do tubérculo maior e, superiormente, por alguma distância, anterior e posteriormente: ele indica a linha da inserção capsular da articulação do ombro (Fig. 46.7), ao invés do sulco intertubercular, onde emerge o tendão da cabeça longa do bíceps. Medialmente, a inserção capsular diverge do colo anatômico e desce por 1 cm ou mais na direção da diáfise.

Tubérculo menor

O tubérculo menor está localizado anterior e imediatamente acima do colo anatômico. Ele possui uma impressão muscular lisa em sua parte superior palpável através da espessura do deltoide 3 cm abaixo do ápice acromial. A proeminência óssea se projeta para longe do dedo do examinador quando o úmero é rodado. O bordo lateral do tubérculo menor é

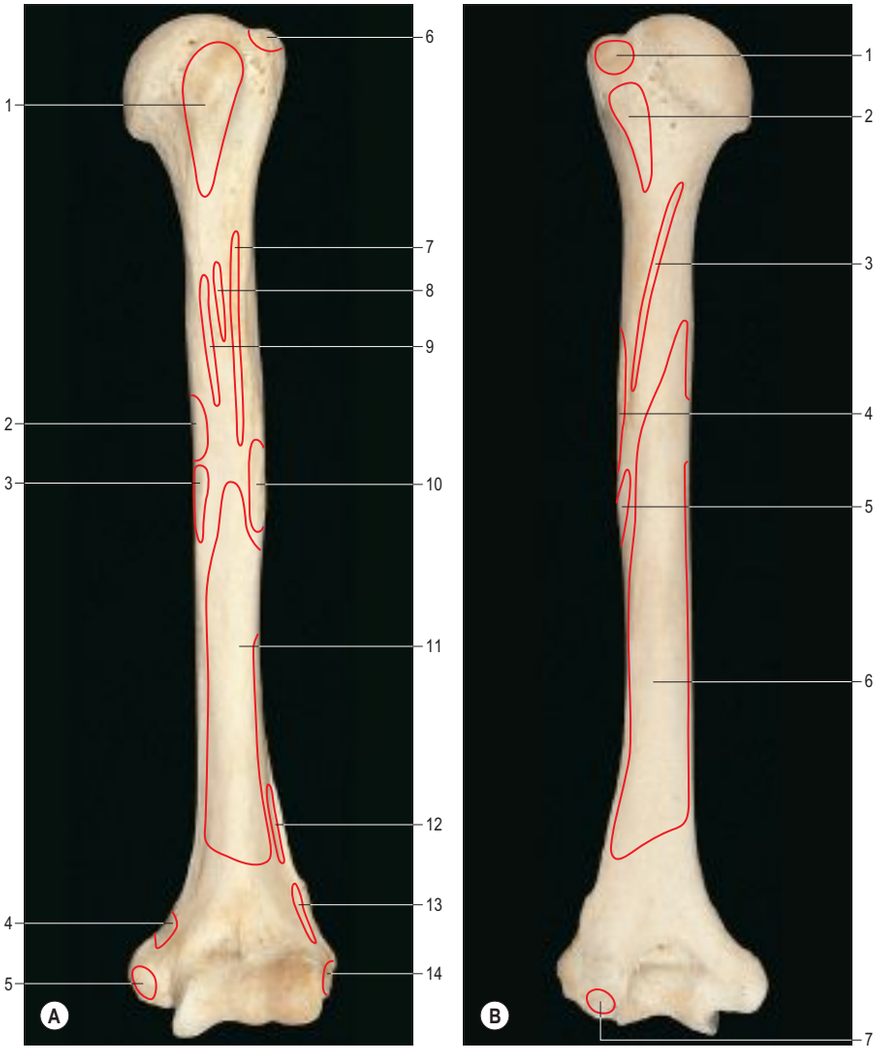


Fig. 46.6. Úmero esquerdo demonstrando as fixações musculares. **A,** Face anterior. **B,** Face posterior. **A: 1.** Músculo Subescapular **2.** Músculo Tríceps braquial (cabeça medial) **3.** Músculo coracobraquial **4.** Músculo Pronador redondo (cabeça umeral) **5.** Origem do Músculo flexor comum dos dedos **6.** Músculo Supraespinhoso **7.** Músculo Peitoral maior **8.** Músculo grande dorsal **9.** Músculo Redondo maior **10.** Músculo Deltoide **11.** Músculo Braquial **12.** Músculo Braquioradial **13.** Músculo Extensor longo radial do carpo **14.** Origem do Músculo extensor comum dos dedos **B: 1.** Músculo Infraespinhoso **2.** Músculo Redondo menor **3.** Músculo Tríceps (cabeça lateral) **4.** Músculo Deltoide **5.** Músculo Braquial **6.** Músculo Tríceps braquial (cabeça medial) **7.** Músculo Ancôneo

pontiagudo e forma o bordo medial do sulco intertubercular. O subescapular se insere no tubérculo menor (Fig. 46.6A) e o ligamento transverso da articulação do ombro se insere na margem lateral.

Tubérculo maior

O tubérculo maior é a parte mais lateral da extremidade proximal do úmero. Ele se projeta além do bordo lateral do acrômio. Sua face posterossuperior, próximo ao colo anatômico, possui três impressões lisas achatadas para a inserção do supraespinal (mais superior), infraespinhal (meio) e redondo menor (mais inferior e localizado na superfície posterior do tubérculo) (Fig. 46.6). As inserções do subescapular e redondo menor não estão confinadas aos seus respectivos tubérculos, mas se estendem por distâncias variáveis para a metáfise adjacente. A superfície lateral projetada do tubérculo apresenta diversos forames vasculares e é coberta pelo espesso e musculoso deltoide, que produz o contorno arredondado natural do ombro. Uma parte da bursa subacromial pode cobrir a parte superior desta área e separá-la do deltoide.

O sulco intertubercular (sulco bicipital) se localiza entre os tubérculos. Ele contém o tendão da cabeça longa do bíceps, sua membrana sinovial e um ramo ascendente da artéria circunflexa umeral anterior. O lábio lateral áspero do sulco é marcado pelo tendão bilaminar do peitoral maior, seu assoalho pelo tendão do latíssimo do dorso e seu lábio medial pelo tendão do redondo maior; a inserção do peitoral maior se estende além da inserção do redondo maior, a do latíssimo do dorso é menos extensa.

Diáfise

A diáfise do úmero é quase cilíndrica em sua metade proximal, mas é triangular em corte transversal na sua metade distal, que é comprimida em direção anteroposterior. Ela pode ser identificada quando o braço é seguro firmemente, mas seu delineamento é obscurecido pelos fortes músculos que circundam o osso. Ela possui três superfícies e três bordos – que não são igualmente óbvios.

Bordo anterior

O bordo anterior começa na frente do tubérculo maior e cursa para baixo quase até a extremidade inferior do osso. Seu terço proximal forma o lábio lateral do sulco intertubercular e é áspero para as fixações musculares. A porção seguinte, também é áspera e forma o limite anterior do tubérculo deltoide; a metade inferior do bordo é lisa e arredondada.

Bordo lateral

O bordo lateral é conspícuo na extremidade inferior do osso, onde se espessa para formar a crista supracondilar e seu bordo pontiagudo é áspero em sua face anterior. Em seus terços médio e superior, o bordo é fracamente discernível, mas em um osso bem marcado, ele pode ser acompanhado para cima até a superfície posterior do tubérculo maior. Um pouco acima de seu meio existe uma área áspera em formato de V, o tubérculo deltoide. Os membros do V são largos: o sulco para o nervo radial cursa para baixo por trás do membro posterior e se apaga na parte inferior da superfície.

Bordo medial

O bordo medial, apesar de arredondado, pode ser identificado sem dificuldades na metade inferior da diáfise, onde se torna a crista supracondilar medial. No terço proximal o bordo medial é indistinto até que reaparece como lábio medial do sulco intertubercular, onde novamente é áspero e atinge o tubérculo menor. Em seu terço médio, o bordo é interrompido por um sulco largo e estreito, o sulco radial ou espiral, que cruza obliquamente o osso, passando para baixo e para a frente de sua superfície posterior para a anterior.

Superfícies

A superfície anterolateral é limitada pelos bordos anterior e lateral, sendo lisa e sem características em sua parte superior, que é coberta pelo deltoide. Neste local, ou um pouco acima, o meio desta superfície, o deltoide se insere no tubérculo deltoide; mais distalmente a superfície dá origem às fibras laterais do braquial, que se estende para cima até o assoalho da extremidade inferior do sulco para o nervo radial (Fig. 46.6). O braquio-

Fig. 46.7. A, Face anterior da extremidade proximal do úmero esquerdo. **B,** Face posterior da extremidade proximal do úmero esquerdo. **A: 1.** Cabeça **2.** Colo anatômico **3.** Colo cirúrgico **4.** Tubérculo maior **5.** Tubérculo menor **6.** Sulco intertubercular **7.** Diáfise **B: 1.** Tubérculo maior **2.** Colo cirúrgico **3.** Diáfise **4.** Sulco do nervo rádio **5.** Cabeça **6.** Colo anatômico.

radial se insere nos dois terços proximais da face anterior áspera da crista supracondilar e o extensor radial do carpo se origina em seu terço distal. Por trás destes músculos, a crista dá origem ao septo intermuscular lateral do braço.

A superfície anteromedial é limitada pelos bordos anterior e medial. Uma pequena parte de seu terço superior forma o assoalho áspero do sulco intertubercular; o resto da superfície é liso. Distal ao sulco intertubercular, uma pequena área da superfície anteromedial é desprovida de fixações musculares, mas sua metade inferior é ocupada pela parte medial do braquial (Fig. 46.6A). O corcacobraquial se fixa a uma faixa áspera localizada no meio do bordo medial. A cabeça umeral do pronador redondo se origina em uma área estreita próxima à parte inferior da crista supracondilar, a crista propriamente dita fornece fixação para o septo intermuscular medial do braço.

Um pouco abaixo deste ponto médio, o forame nutriente, que está direcionado para baixo, se abre próximo ao bordo medial. Um processo de osso em formato de gancho, o processo supracondilar, com 2 a 20 mm de comprimento, ocasionalmente faz projeção a partir da superfície anteromedial da diáfise, aproximadamente 5 cm proximal ao epicôndilo medial. Ele se curva para baixo e para a frente e seu ápice se conecta ao bordo medial, logo acima do epicôndilo, por uma banda fibrosa à qual parte do pronador redondo se fixa. O forame é completado por esta banda fibrosa geralmente transmite o nervo mediano e a artéria braquial, mas algumas vezes envolve somente o nervo, ou o nervo juntamente com a artéria ulnar (nos casos de uma divisão alta da artéria braquial). Um sulco que acomoda a artéria e o nervo geralmente existe por trás do processo e pode proteger o nervo e a artéria da compressão exercida pelos músculos.

A superfície posterior, entre os bordos medial e lateral, é a superfície mais extensa e é ocupada principalmente pela cabeça medial do tríceps. Uma crista, algumas vezes áspera, desce oblíqua e lateralmente através de seu terço proximal e dá fixação para a cabeça lateral do tríceps. Acima do tríceps, o nervo axilar e os vasos circunflexos umerais posteriores se abrem ao redor desta região do osso por sob o deltoide. Abaixo e medial à fixação da cabeça lateral do tríceps, um sulco raso que contém o nervo radial e os vasos profundos do braço, cursa para baixo e lateralmente para chegar à superfície anterolateral da diáfise. A área para a origem da parte muscular da cabeça medial do tríceps inclui uma parte considerável da superfície posterior do osso. Ela cobre uma área triangular alongada, cujo ápice se localiza na parte medial da superfície posterior acima do nível do limite inferior de inserção do redondo maior. A área se alarga abaixo e cobre toda a superfície chegando quase até a extremidade inferior do osso.

Fraturas da diáfise umeral

As fraturas do úmero são comparativamente comuns e podem ocorrer em quase qualquer um de seus níveis. Provavelmente, o úmero é fraturado pela ação muscular mais do que qualquer outro osso longo: geralmente a diáfise se quebra abaixo da inserção do deltoide. O nervo radial pode ser lesionado em seu sulco ou raramente pode estar envolvido em um segundo momento com a formação do calo ósseo. As fraturas da extremidade proximal do úmero raramente danificam o nervo axilar e, similarmente as fraturas do epicôndilo medial podem ser complicadas pelo dano ao nervo ulnar. As fraturas supracondilares são relativamente comuns em crianças; a extremidade do fragmento proximal algumas vezes pode lesionar a artéria braquial ou o nervo mediano. Em adultos, a pseudoartrose é mais comum no úmero do que em qualquer outro osso longo, apesar da evolução das fraturas umerais para pseudoartrose com as modalidades atuais de tratamento ser rara: a incidência de pseudoartrose do escafoide é similar, se não for maior.

Extremidade distal

A extremidade distal do úmero é um côndilo modificado: ela é mais larga transversalmente e possui partes articulares e não articulares (Figs. 46.8 e 46.9). A parte articular é curvada para a frente, de modo que suas superfícies anterior e posterior se localizam na frente das superfícies correspondentes da diáfise. Ela faz articulação com o rádio na ulna na articulação

Fig. 46.8 A, Face anterior da extremidade distal do úmero esquerdo. **B** Face posterior da extremidade distal do úmero esquerdo. **A: 1.** Diáfise **2.** Crista supracondilar superior **3.** Fossa coronoide **4.** Epicôndilo medial **5.** Tróclea **6.** Crista supracondilar lateral **7.** Fossa radial **8.** Epicôndilo lateral **9.** Capítulo **B: 1.** Crista supracondilar lateral **2.** Epicôndilo lateral **3.** Crista supracondilar medial **4.** Epicôndilo medial **5.** Fossa olecraniana **6.** Sulco para o nervo ulnar **7.** Tróclea.

Fig. 46.9 Face inferior da extremidade distal do úmero esquerdo. **1.** Tróclea **2.** Capítulo **3.** Epicôndilo medial **4.** Sulco para o nervo ulnar **5.** Epicôndilo lateral.

do cotovelo e é dividida por um sulco raso em um capítulo lateral, e uma tróclea medial.

O capítulo é uma projeção arredondada e convexa, consideravelmente menor do que uma meia esfera, que cobre as superfícies anterior e inferior da parte lateral do côndilo do úmero, mas não se estende para sua superfície posterior. Ela faz articulação com a cabeça discoide do rádio, que faz contato com sua superfície inferior na extensão total do cotovelo, mas desliza para sua superfície anterior durante a flexão. O sulco da tróclea se estende para trás e lateralmente se for acompanhado da região anterior para a posterior do osso, sendo mais largo, profundo e mais simétrico posteriormente. Anteriormente, a região medial da polia é muito mais longa do que a lateral, e a superfície próximo a sua margem medial é convexa para acomodá-la na parte medial da superfície superior do processo coronoide da ulna. Estas assimetrias determinam angulações variáveis entre os eixos umeral e ulnar, juntamente com alguma rotação conjunta. A parte não articular do côndilo inclui os epicôndilos medial e lateral, olecrano e fossas radiais.

Tróclea

A tróclea é uma superfície em formato de polia que cobre as superfícies anterior, inferior e posterior do côndilo do úmero medialmente. Em sua face lateral ela é separada do capítulo por um sulco raso; sua margem medial faz uma projeção distal a além do resto do osso. Quando o cotovelo é estendido, as faces inferior e posterior da tróclea entram em contato com a ulna, mas, conforme a articulação é flexionada, a incisura troclear desliza para a face anterior e a face posterior fica descoberta. A projeção para baixo do bordo medial da tróclea é o principal fator na determinação da angulação entre o eixo longo do úmero e o eixo longo do antebraço supinado quando o cotovelo é estendido.

Epicôndilo medial

O bordo medial do úmero termina girando levemente para trás formando o epicôndilo medial, que forma uma projeção conspícua e romba na face medial do côndilo. Ele é subcutâneo e geralmente visível, especialmente na flexão passiva do cotovelo. Sua superfície posterior é lisa e cruzada pelo nervo ulnar, que se localiza em um sulco raso durante sua entrada no antebraço. Nesta situação o nervo pode ser sentido e rolado de encontro ao osso, e se for comprimido de encontro ao epicôndilo o resultado é um formigamento característico. A parte inferior da superfície do epicôndilo medial é marcada pela fixação do grupo superficial dos flexores do antebraço. Eles se originam da epífise para o epicôndilo, mas são completamente extra-articulares.

Epicôndilo lateral

O bordo lateral do úmero termina no epicôndilo lateral, e sua porção inferior constitui a crista supracondilar lateral. O epicôndilo lateral ocupa a parte lateral da porção não articular do côndilo, mas não faz projeção além da crista supracondilar lateral. Ele se volta um pouco para a frente, ao contrário do epicôndilo medial, que gira levemente para trás. Suas superfícies anterior e lateral demonstram uma impressão bem marcada para o grupo superficial dos músculos extensores do antebraço (Fig.

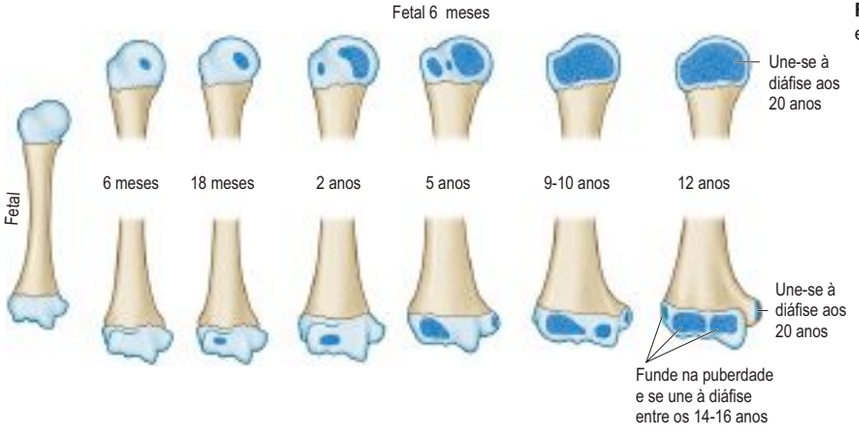


Fig. 46.10 Os estágios na ossificação do úmero (não está em escala).

46.6B), que se originam na face lateral da epífise umeral inferior, e, como os flexores, se situam fora da cápsula articular. A superfície posterior, que é levemente convexa, é sentida com facilidade em uma depressão atrás do cotovelo estendido. Uma pequena área na superfície posterior dá origem ao ancôneo.

Fossas olecraniana, coronoide e radial

A fossa olecraniana é uma depressão profunda na superfície posterior do côndilo, imediatamente acima da tróclea, que acomoda a ponta do olécrano da ulna quando o cotovelo é estendido. O assoalho da fossa sempre é fino e pode ser parcialmente deficiente. Uma depressão semelhante, mas menor se localiza imediatamente acima da tróclea na superfície anterior do côndilo e é denominada fossa coronoide. Ela acomoda a margem anterior do processo coronoide da ulna durante a flexão do cotovelo. Uma depressão muito suave se localiza acima do capítulo na face lateral da fossa coronoide. Ela é denominada fossa radial, já que está relacionada com a margem da cabeça do rádio na extensão completa do cotovelo.

Ossificação

O úmero é ossificado a partir de oito centros, na diáfise, cabeça, tubérculos maior e menor, capítulo com a parte lateral da tróclea e um para cada epicôndilo (Fig. 46.10). O centro para a diáfise aparece próximo do meio da oitava semana de vida intrauterina e se estende gradualmente na direção das extremidades. Antes do nascimento (20%) ou nos seis primeiros meses de vida, a ossificação se inicia na cabeça, durante o primeiro ano em mulheres e segundo ano em homens no tubérculo maior, e por volta do quinto ano no tubérculo menor. A existência de um centro no tubérculo menor geralmente é questionada, talvez porque ele geralmente fica obscurecido nas incidências radiológicas anteroposteriores usuais (Fig. 46.11).

Por volta do sexto ano, os centros para a cabeça e tubérculos se unem para formar uma epífise única e grande, que é oca em sua superfície inferior para adaptá-la em uma extremidade superior um tanto cônica da metáfise. Ela se funde com a diáfise do úmero por volta do vigésimo ano nos homens, dois anos antes nas mulheres. A extremidade inferior é ossificada da seguinte forma. Durante o primeiro ano a ossificação começa no capítulo e se estende medialmente para formar a parte principal da superfície articular; o centro para a parte medial da tróclea aparece no nono ano nas mulheres e décimo ano nos homens.

A ossificação se inicia no epicôndilo medial por volta do quarto ano nas mulheres e no sexto nos homens, o epicôndilo lateral por volta dos 12 anos de idade. Os centros para o epicôndilo lateral, capítulo e tróclea se fundem por volta da puberdade e a epífise composta se funde com a diáfise aos catorze anos nas mulheres, dezesseis anos nos homens. O centro para o epicôndilo medial forma uma epífise separada, que é completamente extracapsular e se localiza na face posteromedial do epicôndilo. Ele está separado do resto da epífise inferior por uma projeção para baixo da diáfise, com a qual se funde por volta do vigésimo ano.

Amputação do úmero em crianças

A epífise proximal se funde à diáfise umeral depois da distal, significando que o crescimento em comprimento é atribuível principalmente ao crescimento da placa epifisária proximal. Após a amputação através do braço crianças, o úmero continua a crescer e sua extremidade inferior progressivamente molda os tecidos ao seu redor de modo que o coto se torna cônico.

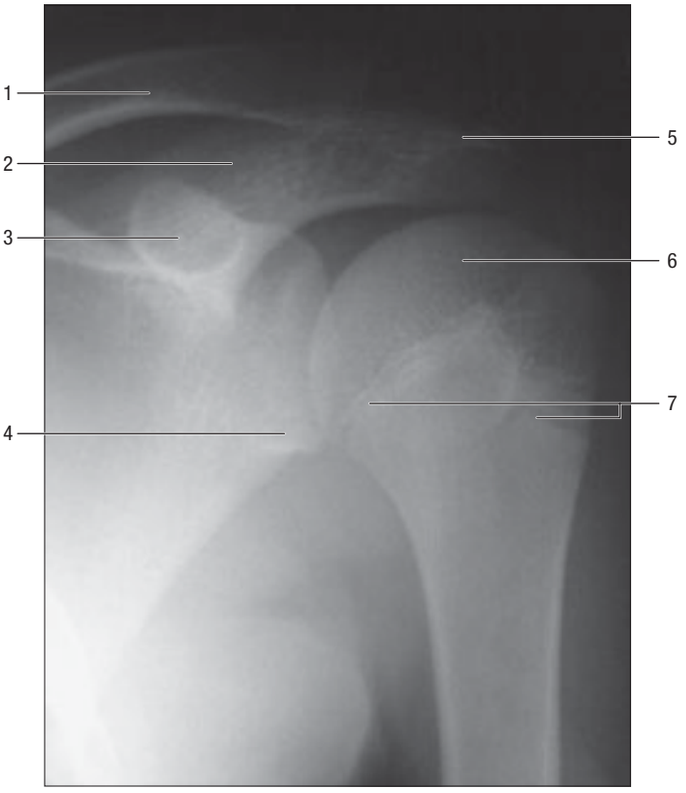


Fig. 46.11 Radiografia anteroposterior do ombro esquerdo de um menino de 11 anos de idade. Observe a junção cônica da epífise umeral com a diáfise. **1.** Clavícula **2.** Espinha da escápula **3.** Processo coracoide **4.** Cavidade glenoide **5.** Acrômio **6.** Epífise proximal do úmero **7.** Placa de crescimento proximal do úmero.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO ESTERNOCLAVICULAR

A articulação esternoclavicular é uma articulação sinovial em formato de sela e representa a única articulação esquelética entre o membro superior e o esqueleto axial.

Superfícies articulantes As superfícies articulantes são a extremidade esternal da clavícula e a incisura clavicular do esterno, juntamente com a superfície superior adjacente da primeira cartilagem costal (Fig. 46.12). A superfície articular clavicular maior é coberta por fibrocartilagem, que é mais espessa do que a lâmina fibrocartilaginosa no esterno. A articulação é convexa verticalmente, mas levemente côncava anteroposteriormente, e, portanto é selar; a incisura clavicular do esterno é reciprocamente curva, mas as duas superfícies não são totalmente congruentes. Um disco articular divide completamente a articulação.

Cápsula fibrosa A cápsula é espessada na frente e atrás, mas acima e, especialmente abaixo, possui pouco mais do que tecido areolar frouxo.

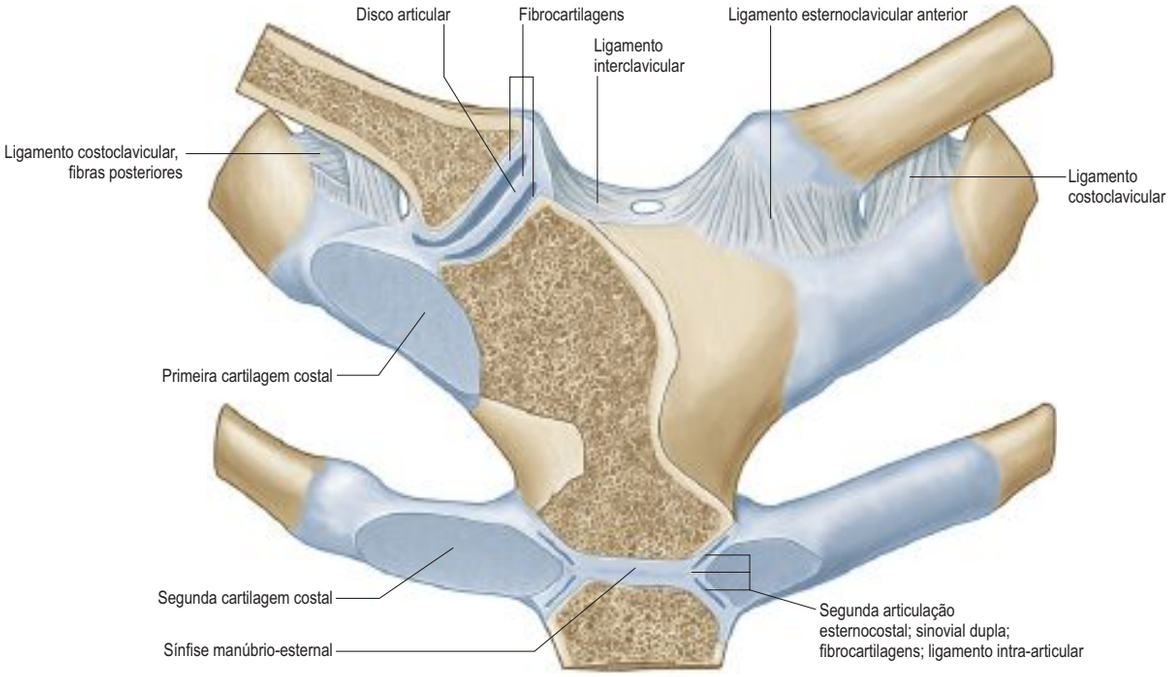


Fig. 46.12 Articulações esternoclaviculares: aspecto anterior; articulação esquerda intacta e direita em corte coronal.

Ligamentos Os ligamentos são o esternoclavicular anterior e posterior e o costoclavicular em cada lado, e o interclavicular na linha média.

Ligamento esternoclavicular anterior O ligamento esternoclavicular anterior é largo e se fixa acima na face anterossuperior da extremidade esternal da clavícula. Ele passa inferomedialmente para a face anterior superior do manúbrio, se estendendo até a primeira cartilagem costal.

Ligamento esternoclavicular posterior O ligamento esternoclavicular posterior é uma banda mais fraca posterior à articulação. Ele desce inferomedialmente da parte posterior da extremidade esternal da clavícula para a parte posterior da região superior do manúbrio.

Ligamento interclavicular O ligamento interclavicular é contínuo acima com a fáscia cervical profunda e une as regiões superiores das extremidades esternais de ambas as clavículas; algumas fibras se fixam à margem manubrial superior.

Ligamento costoclavicular O ligamento costoclavicular é como um cone invertido, mas curto e plano. Ele possui lâminas anterior e posterior que se fixam à superfície superior da primeira costela e cartilagem costal, e ascende para as margens de uma impressão na superfície clavicular inferior em sua extremidade medial. Fibras da lâmina anterior ascendem lateral e aquelas da lâmina posterior (que são mais curtas) ascendem medialmente (Fig. 46.12); elas se fundem lateralmente e cursam medialmente com a cápsula.

Disco articular O disco articular é plano e quase circular, entre as superfícies esternal e clavicular. Ele se fixa acima ao bordo posterossuperior da superfície articular da clavícula, abaixo à primeira cartilagem costal próximo a sua junção esternal e pelo resto de sua circunferência à cápsula. Ele é mais espesso perifericamente, especialmente em sua parte superoposterior e uma inferomedial menor. A cápsula ao redor da última é mais frouxa: os movimentos entre a clavícula e o disco são mais extensos do que aqueles entre o disco e o esterno. O formato em sela das superfícies articulares permite o movimento aproximadamente nos planos anteroposterior e vertical e certa rotação através do eixo longo da clavícula. A posição em que a articulação é mais estável provavelmente coincide com rotação posterior máxima associada com rotação escapular completa. Também ocorre um pouco de translação posterior.

Suprimento vascular A articulação esternoclavicular é suprida por ramos das artérias torácica interna e supraescapular.

Inervação A articulação esternoclavicular é inervada por ramos do nervo supraclavicular medial e nervo para o subclávio.

Fatores que mantêm a estabilidade Há relativamente pouca congruência articular na articulação esternoclavicular. Entretanto, a força de seus ligamentos associados e especialmente seu disco articular, tornam a articulação bastante estável. Estes fatores, e a usual transmissão de forças ao longo da clavícula tornam a luxação rara; a fratura ao longo da diáfise da clavícula é muito mais comum.

ARTICULAÇÃO ACROMIOCLAVICULAR

A articulação acromioclavicular é uma articulação sinovial plana.

Superfícies articulantes As superfícies articulantes se localizam entre a extremidade acromial da clavícula e a margem acromial medial (Fig. 46.13). A articulação é aproximadamente plana, mas ambas uma das superfícies pode ser levemente convexa, com a outra sendo reciprocamente côncava, ambas cobertas por fibrocartilagem. A superfície articular é uma área oval estreita voltada inferolateralmente e superpõe uma faceta correspondente no bordo acromial medial. O eixo longo é anteroposterior.

Cápsula fibrosa A cápsula circunda completamente as margens articulares e é reforçada acima pelo ligamento acromioclavicular. A cápsula é revestida por membrana sinovial.

Ligamentos Os ligamentos acrômio e coracoclavicular cursam entre a clavícula e acrômio e processo coracoide, respectivamente.

Ligamento acromioclavicular O ligamento acromioclavicular é quadrilateral. Ele se estende por entre as faces superiores da extremidade lateral da clavícula e do acrômio. Suas fibras paralelas se entrelaçam com as aponeuroses do trapézio e do deltoide.

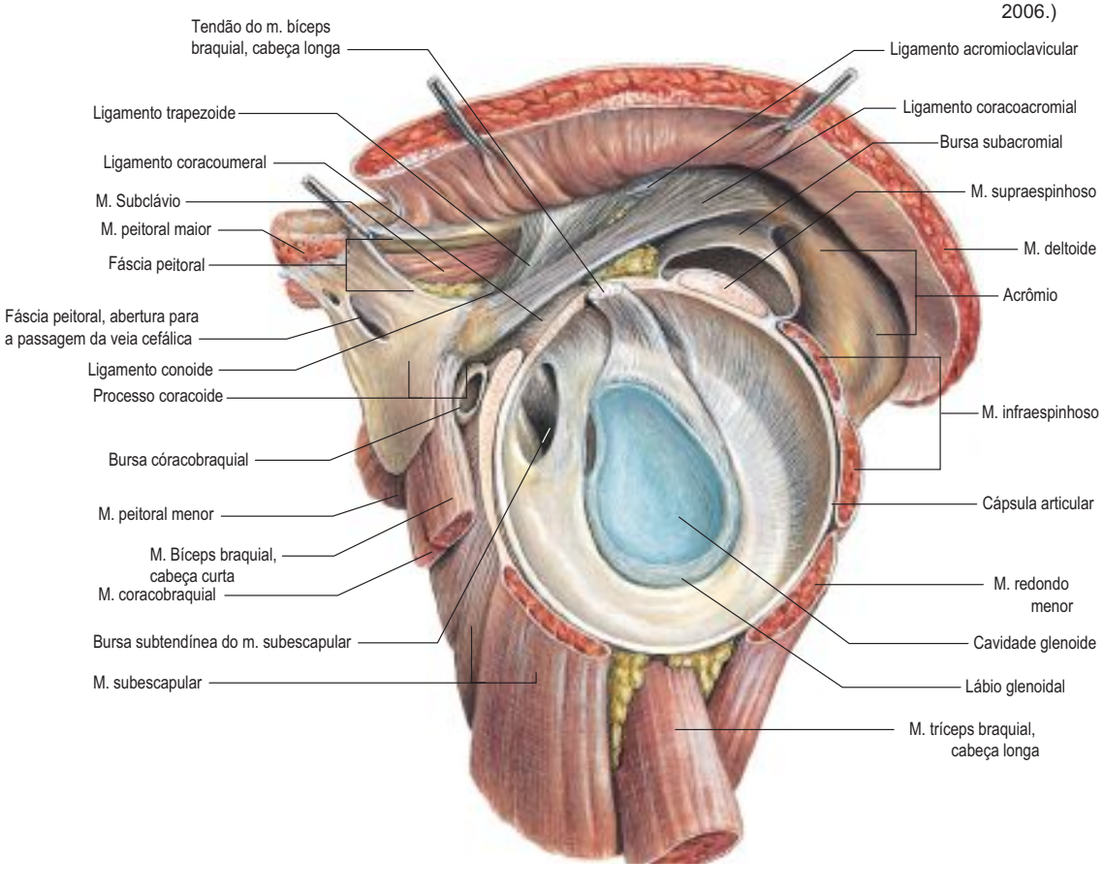
Ligamento coracoclavicular O ligamento coracoclavicular conecta a clavícula e o processo coracoide da escápula (Fig. 46.14). Apesar de estar separado da articulação acromioclavicular, é um ligamento acessório mais eficiente e mantém a aposição da clavícula sobre o acrômio. As partes trapezoide e conoide do ligamento, geralmente separadas por tecido adiposo ou, freqüentemente, por uma bursa, conectam a parte horizontal medial do processo coracoide e a extremidade lateral do sulco subclávio da clavícula; estas áreas adjacentes podem ser cobertas por cartilagem para formar uma articulação coracoclavicular.

A parte trapezoide do ligamento coracoclavicular é anterolateral e ampla, fina e quadrilátera, ascendendo da superfície superior do processo coracoide até a linha trapezoide na superfície clavicular inferior. Ela é quase horizontal, sua borda anterior é livre e sua borda posterior se une com a parte conoide, formando um ângulo que faz projeção para trás.

A parte conoide é posteromedial e é uma banda triangular densa, quase vertical. Sua base se fixa ao tubérculo conoide da clavícula e seu ápice inferior se fixa posteromedialmente até a raiz do processo coracoide na frente da incisura escapular.

Disco articular O disco articular geralmente ocorre na parte superior da articulação, separando parcialmente as superfícies articulares: ocasionalmente ele divide completamente a articulação.

Fig 46.13 Interior da articulação do ombro esquerdo: vista anterolateral. (De Sobotta, 2006.)



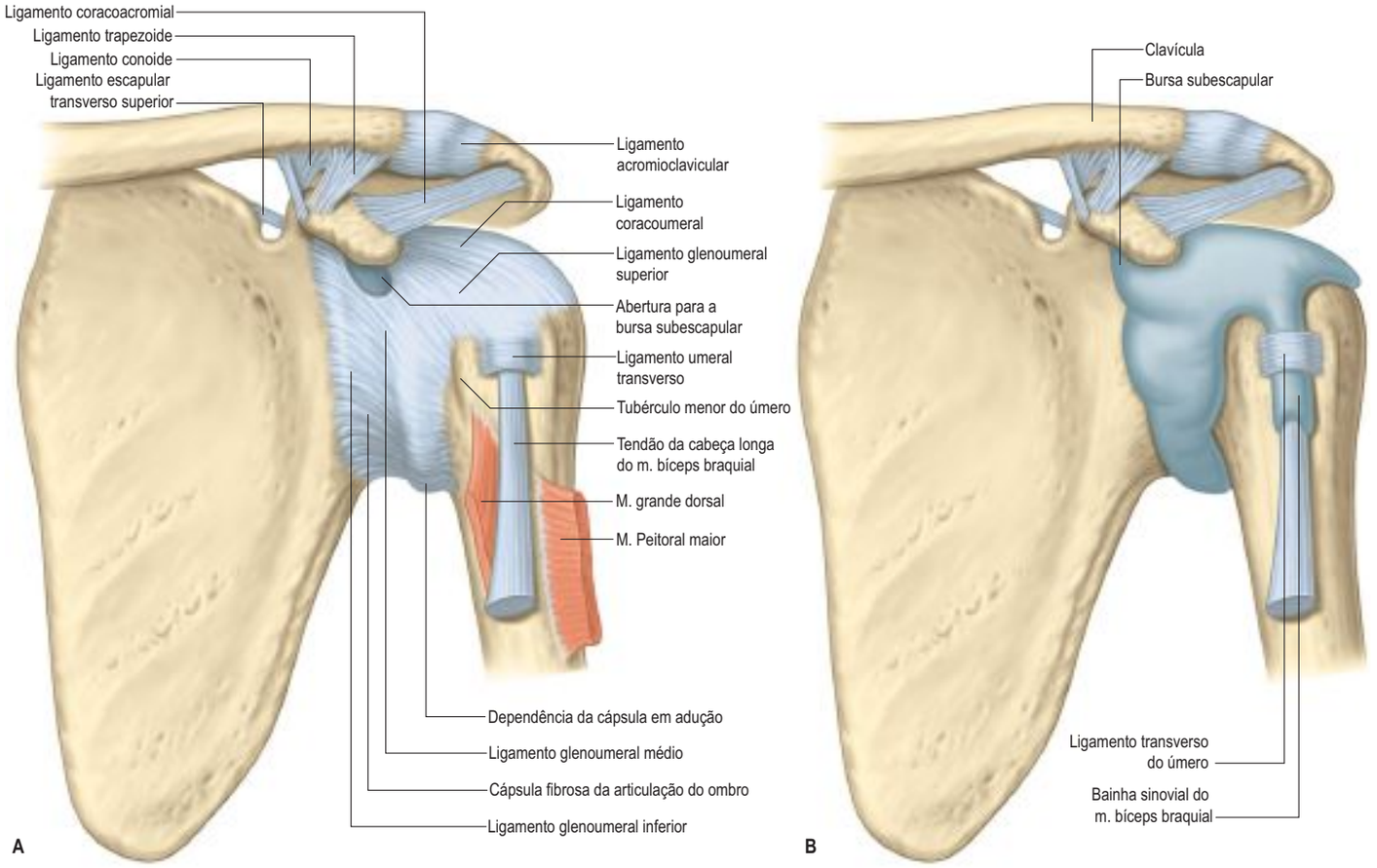


Fig. 46.14 A, A face anterior do ombro esquerdo. **B,** Uma vista mais profunda da face anterior do que em (**A**), demonstrando a bursa subescapular.

Suprimento vascular A articulação acromioclavicular recebe seu suprimento arterial de ramos das artérias supraescapular e toracoacromial.

Inervação A articulação acromioclavicular é inervada por ramos dos nervos supraescapular e peitoral lateral.

Fatores que mantêm a estabilidade O ligamento coracoclavicular estabiliza a articulação acromioclavicular. Na luxação acromioclavicular, o ligamento se rompe e a escápula se afasta da clavícula, que pode ficar levemente elevada por causa da tração sem oposição do músculo trapézio. A luxação pode ocorrer por causa da característica plana e da orientação das superfícies articulares; quando a articulação acromioclavicular luxa, ela nunca reduz.

Movimentos Os movimentos na articulação são semelhantes aos da articulação esternoclavicular. Estes movimentos são passivos, isto é, nenhum músculo atua diretamente na articulação, mas os músculos que movem a escápula indiretamente movem a clavícula. A rotação axial da clavícula é de aproximadamente 30 graus, portanto, as duas articulações juntas permitem aproximadamente 60 graus de rotação escapular. A angulação com a escápula ocorre em qualquer direção.

MOVIMENTOS DA CINTURA PEITORAL (DO OMBRO)

Os movimentos da clavícula nas articulações esternoclavicular e acromioclavicular estão inevitavelmente associados com os movimentos da escápula, e estes geralmente são acompanhados pelos movimentos do úmero. A articulação acromioclavicular permite o deslizamento anteroposterior e a rotação do acrômio, e consequentemente da escápula em relação à clavícula: o deslocamento escapular é aumentado pelos movimentos na articulação esternoclavicular. As articulações esternoclavicular e acromioclavicular, em combinação com o espaço fascial entre a escápula e a parede torácica subjacente, são coletivamente conhecidas como articulação escapulotorácica.

Em todos os movimentos da escápula, assume-se que o músculo subclávio provavelmente estabiliza a clavícula direcionando-a medialmente e para baixo, apesar de sua inacessibilidade através da análise eletromiográfica tornar seu papel incerto. Os movimentos da escápula sobre a parede torácica são facilitados pelo tecido areolar entre os músculos subescapular, serrátil anterior e a parede torácica. Com o braço pendente, a postura normal da cintura escapular (do ombro) em relação ao tronco envolve atividade moderada dos músculos trapézio e serrátil anterior, e esta aumenta quando o membro é movimentado.

Os movimentos a seguir devem ser estudados em conjunto com a descrição dos movimentos da articulação glenoumeral (escápulo-umeral).

Elevação e depressão

A elevação e a depressão (abaixamento) escapular, como no ato de 'encolher os ombros', não implica necessariamente no movimento da articulação do ombro. Na elevação, ocorre uma leve angulação ou balanço na articulação acromioclavicular. A extremidade esternal da clavícula, ao rodar ao redor do eixo anteroposterior através do osso, acima da fixação medial do ligamento costoclavicular, desliza por sobre o disco articular (translação). Este movimento é limitado pelos músculos antagonistas e pela tensão no ligamento costoclavicular e na porção inferior da cápsula articular. Ela é produzida pelas fibras superiores do trapézio e levantador da escápula, e como estes tendem a rodar a escápula em direções opostas, pode ocorrer uma elevação pura. Na depressão (abaixamento), ocorre uma leve angulação na articulação acromioclavicular, e a clavícula desliza sobre o disco na articulação esternoclavicular. Os movimentos são limitados pelos músculos antagonistas, ligamentos interclavicular e esternoclavicular e disco articular. Geralmente a gravidade é suficiente para produzir o movimento: quando necessário, a porção inferior do serrátil anterior e peitoral menor são depressores ativos.

Protração e retração

A protração (movimento para a frente) ao redor da parede torácica ocorre nos movimentos de empurrar, agarrar e arremessar, geralmente com certa rotação lateral. O acrômio avança sobre a faceta clavicular até o limite, e o ombro é avançado simultaneamente pelo deslocamento anterior da extremidade lateral da clavícula e a translação posterior de sua extremidade esternal sobre a faceta esternal, levando o disco com ela. Os músculos antagonistas, juntamente com o ligamento esternoclavicular anterior, e lâmina posterior do ligamento costoclavicular limitam o deslizamento para trás da extremidade esternal. Os músculos serrátil anterior e peitoral menor são os agonistas primários e mantêm a aposição contínua da escápula, especialmente sua borda medial, no deslizamento por sobre a parede torácica. A parte superior do músculo grande dorsal também atua como uma faixa passada através do ângulo escapular inferior na protração e na rotação lateral.

Na retração escapular, isto é, no deslocamento posterior dos ombros, estes movimentos são reversos e limitados na articulação esternoclavicular por meio do ligamento esternoclavicular posterior e lâmina anterior do ligamento costoclavicular. Os músculos trapézio e os romboides são os agonistas primários, mas a gravidade também produz retração quando o peso do tronco é absorvido pelos braços na inclinação anterior, que é em certo grau controlada pela musculatura protradora.

Quando força é aplicada na extremidade de um braço hiperestendido, isto é, em uma queda por sobre a mão, a pressão transmitida através da cavidade glenoide tende a posicionar a faceta acromial em inclinação, por baixo da extremidade acromial da clavícula. Este movimento também tensiona o ligamento trapezoide, que resiste a este deslocamento.

Rotação lateral e medial

A rotação lateral (para cima) da escápula aumenta a amplitude da elevação umeral girando a cavidade glenoide, deixando-a voltada quase diretamente para cima, isto é, na elevação do braço por sobre a cabeça. Este movimento quase sempre está associado com alguma elevação umeral e com a protração da escápula. A rotação escapular requer o movimento nas articulações esternoclavicular e acromioclavicular: a articulação esternoclavicular permite a elevação da extremidade lateral da clavícula, um movimento que é quase completo quando o braço é abduzido a 90 graus. A articulação acromioclavicular se move nos primeiros 30 graus de abdução, quando o ligamento conoide se torna rígido, sendo posteriormente acompanhada pela rotação clavicular na articulação esternoclavicular ao redor do eixo longitudinal do osso. A extremidade medial é abaixada ainda mais conforme a extremidade lateral continua a se elevar. Algum movimento acromioclavicular também ocorre nos estágios finais da abdução umeral. O trapézio (fibras superiores) e o serrátil anterior (parte inferior) são os agonistas primários.

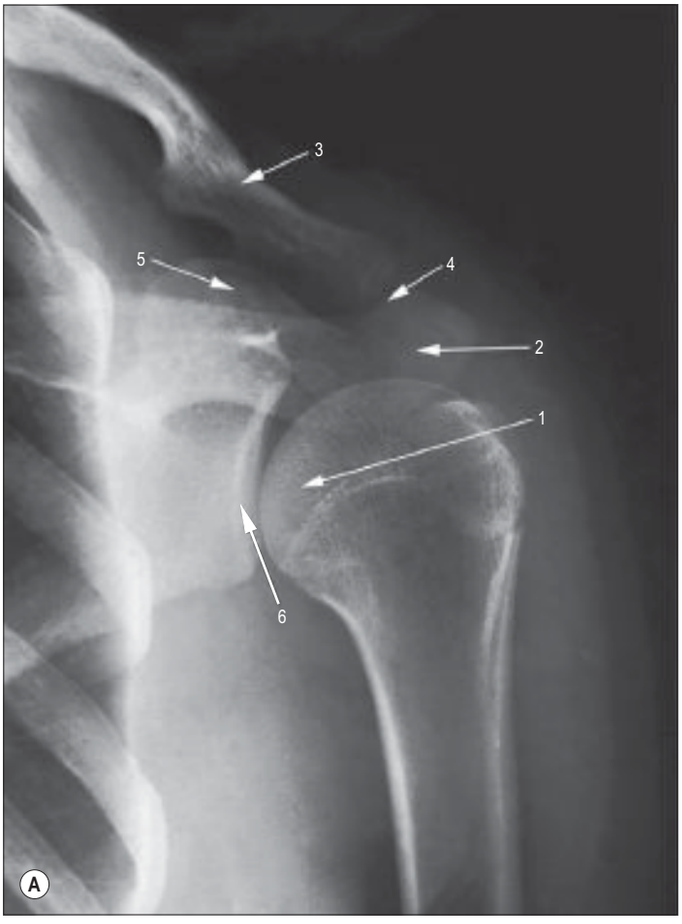
A rotação medial (para baixo) geralmente é efetuada pela gravidade: os alongamentos ativos graduais do trapézio e serrátil anterior são suficientes para controlá-la. Quando mais força é necessária, o músculo levantador da escápula, os músculos romboides e, nos estágios iniciais, o peitoral menor, são agonistas primários na ação de retornar a escápula para a posição de repouso.

Os músculos que são antagonistas em um movimento podem se combinar como agonistas primários em outro. Movimentos, não músculos, estão representados nas áreas motoras do cérebro. Os músculos não são agrupados de modo inalterado no controle nervoso, mas podem ser combinados de modo variável conforme a demanda determinar. Assim, o músculo serrátil anterior e o músculo trapézio são opostos no movimento escapular ao redor do tórax, mas se combinam como agonistas primários na rotação lateral da escápula.

ARTICULAÇÃO GLENOUMERAL (OMBRO)

A articulação glenoumeral (escápulo-umeral) é uma articulação esferoidal sinovial multiaxial entre a cabeça quase hemisférica do úmero e a rasa cavidade glenoide da escápula (Fig. 46.15). Notável pela sua relativa ausência de constrição óssea, a articulação possui três graus de liberdade. Sua estabilidade estática e dinâmica depende dos músculos e tecidos moles circundantes mais do que de seu formato e seus ligamentos: a função real é obtida através de uma complexa interação entre os fatores de restrição articulares e tecidos moles. É a articulação mais móvel do corpo e também é a mais frequentemente luxada.

Superfícies articulares As superfícies articulares são reciprocamente curvas e, na realidade, são ovoides. (Aqui, como no quadril, onde as superfícies ovoides são quase esféricas elas geralmente são denominadas esferoidais). A área da convexidade umeral excede à da concavidade glenoide de modo que somente uma pequena porção faz oposição com a cavidade glenoide em qualquer posição (Fig. 46.16). O restante da superfície articular da cabeça umeral está em contato com a cápsula articular, de modo que o contato na cavidade glenoide é distribuído de modo muito mais uniforme sobre toda sua superfície articular. O raio de curvatura da cavidade glenoide no plano coronal é maior do que o da cabeça umeral, e é aprofundado por uma borda fibrocartilaginosa, o lábio da glenoide (Fig. 46.13 e 46.17). Ambas as superfícies articulares são cobertas por cartilagem hialina, que é mais espessa centralmente e mais fina na periferia sobre o úmero, ocorrendo o inverso na cavidade glenoide. Na maioria das posições, suas curvaturas não são completamente congruentes, e a articulação é frouxa. A posição fechada (congruência total) é atingida com o úmero abduzido e rodado lateralmente (Fig. 5.61).



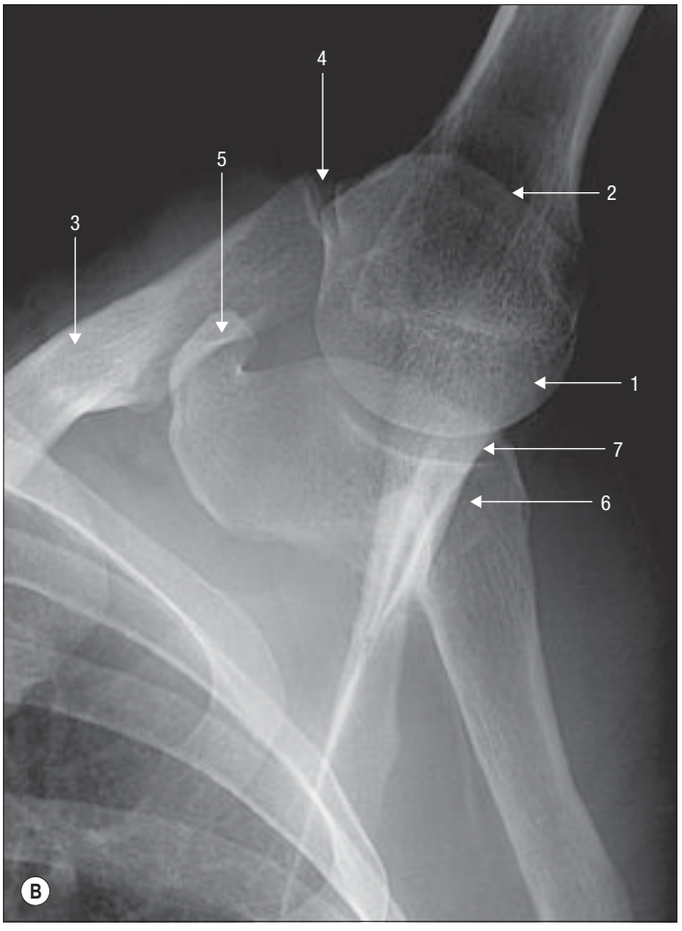


Fig. 46.15 Radiografias do ombro esquerdo em uma mulher de 18 anos de idade em vista anteroposterior (**A**) e vista axilar com o braço abduzido (**B**). **1.** Cabeça do úmero **2.** Acrômio **3.** Clavícula **4.** Articulação acromioclavicular. **5.** Processo coracoide **6.** Cavidade glenoide **7.** Articulação glenoumeral.

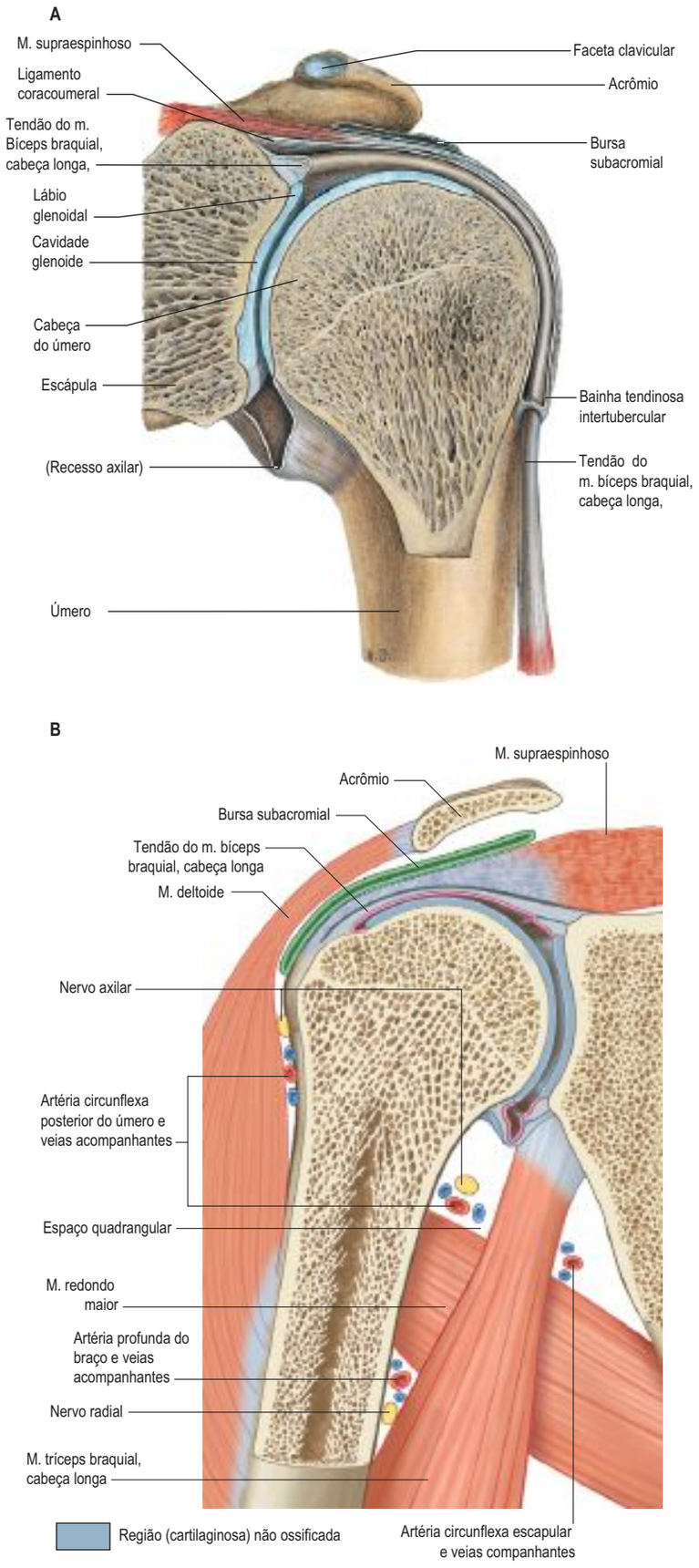


Fig. 46.16 Cortes coronais através da articulação do ombro esquerdo, aspecto posterior. **A,** Corte coronal mais anterior para demonstrar o tendão do músculo bíceps braquial, cabeça longa. (De Sobotta, 2006). **B,** Corte coronal mais posterior para demonstrar a bursa subacromial e os conteúdos do espaço quadrangular.

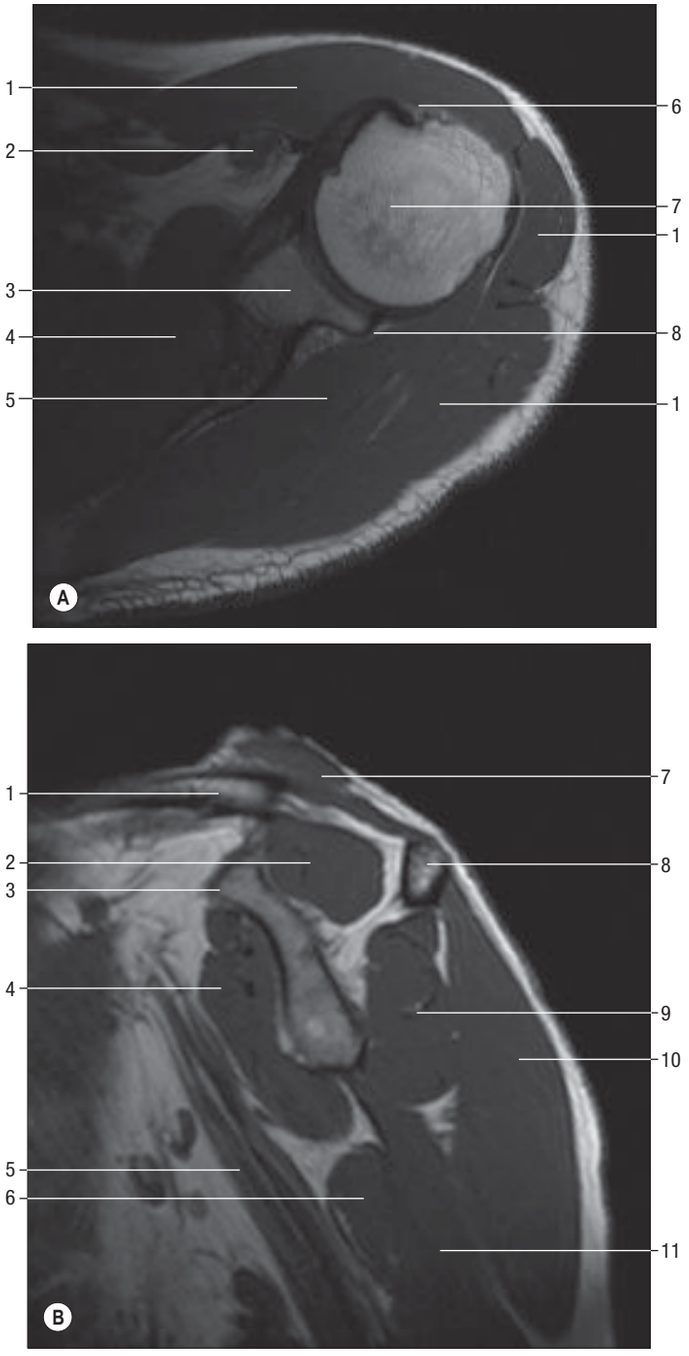


Fig. 46.17 RM do ombro. **A,** Imagem axial. **B,** Imagem sagital oblíqua mediana na base do processo coracoide. **A: 1.** Músculo deltoide **2.** Músculo coracobraquial **3.** Cavidade glenoide **4.** Músculo subescapular **5.** Músculo infraespinhoso **6.** Tendão da cabeça longa do músculo bíceps braquial. **7.** Cabeça do úmero **8.** Região posterior do lábio glenoidal **B: 1.** Clavícula **2.** Músculo supraespinhoso **3.** Processo coracoide **4.** Músculo subescapular **5.** Nervo axilar **6.** Músculo grande dorsal **7.** Músculo trapézio **8.** Espinha da escápula **9.** Músculo infraespinhoso **10.** Músculo deltoide **11.** Músculo tríceps braquial. Compare **A** com a Figura 46.23.

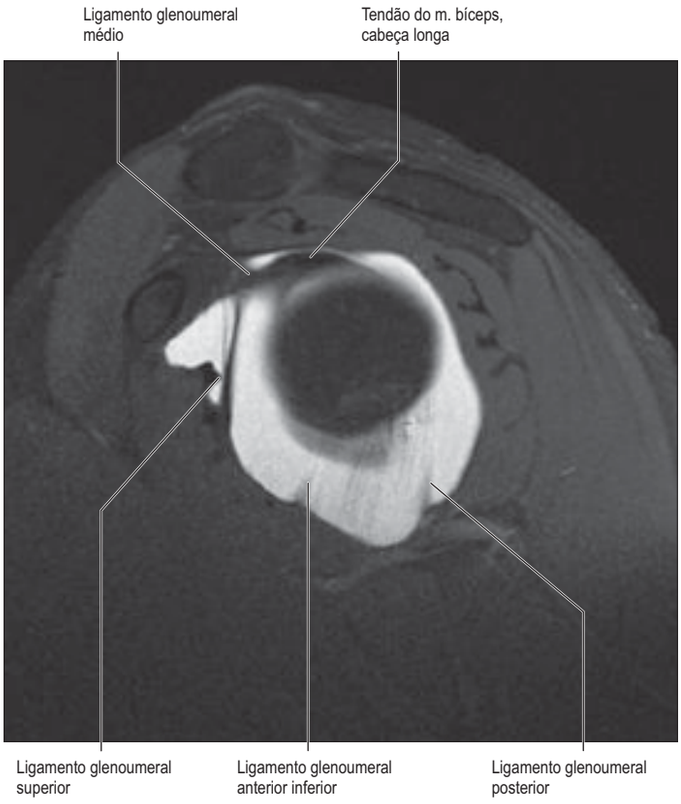


Fig. 46.18 Imagem de uma artrorressonância magnética sagital após distensão da articulação glenoumeral pela injeção intra-articular de contraste em homem de 28 anos de idade. Observe os ligamentos glenoumerais claramente delineados.

Lábio da glenoide O lábio da glenoide é uma borda fibrocartilaginosa ao redor da fossa glenoide. Ele é triangular em corte e varia em tamanho e espessura; sua base se fixa à margem da cavidade e sua borda livre interna faz projeção como uma continuação da curva da glenoide. Ele se funde acima com dois fascículos oriundos do tendão longo do bíceps. O lábio aprofunda a cavidade, pode proteger o osso e provavelmente auxilia na lubrificação. Sua fixação algumas vezes apresenta uma deficiência parcial anterossuperior, caso no qual a membrana sinovial pode fazer protrusão através destes espaços.

Cápsula fibrosa Uma cápsula fibrosa envolve a articulação (Fig. 46.14 e 46.16). Ela se fixa medialmente, ao colo da cavidade glenoide por fora do lábio glenoidal e chega até ao processo coracoide para incluir a origem da cabeça longa do bíceps braquial. A cápsula geralmente se estende e se fixa à base do processo coracoide e ao corpo da escápula, formando o recesso anterior e o posterior. Lateralmente, ela se fixa ao colo anatômico do úmero, isto é, próximo à margem articular, exceto inferomedialmente, onde desce mais de um cm sobre a diáfise umeral. A cápsula é tão frouxa que os ossos podem ser afastados um do outro até dois a três cm, o que está de acordo com a grande amplitude de movimentos possíveis na articulação glenoumeral. Entretanto, esta separação não natural requer o relaxamento da cápsula superior por abdução.

A cápsula fibrosa é suportada pelos tendões do supraespinhoso (acima), infraespinhoso e redondo menor (atrás), subescapular (na frente) e pela cabeça longa do tríceps (abaixo). O intervalo rotador é uma área triangular descoberta da cápsula, com base medial entre a borda superior do músculo subescapular e a borda anterior do músculo supraespinhoso na passagem destes tendões em ambos os lados da base do processo coracoide: pode representar uma área de fraqueza que aumenta a instabilidade em alguns ombros. O músculo tríceps é separado da cápsula pelo nervo axilar e vasos circunflexos umerais posteriores em sua passagem para trás, desde a axila (Fig. 46.14). A cápsula possui menor suporte inferiormente e está sujeita a maior tensão em abdução total quando ela é distendida através da cabeça umeral. Ela é mais fortalecida anteriormente pelas extensões dos tendões dos músculos peitoral maior e redondo maior.

Geralmente existem duas ou três aberturas na cápsula: abaixo do processo coracoide, conectando a articulação a uma bursa atrás do tendão do músculo subescapular (anterior); entre os tubérculos umerais, deixando passar o tendão longo do bíceps e sua bainha sinovial; conectando a articulação a uma bursa sob o tendão do músculo infraespinhoso (posterior e inconstante).

Ligamentos Os ligamentos associados com a articulação glenoumeral são os glenoumerais (superior, médio e inferior), coracoumeral e transverso do umero.

Ligamentos glenoumerais Três ligamentos glenoumerais, somente visíveis por dentro da articulação, reforçam a cápsula anterior e inferiormente (Fig. 46.18). Eles não atuam como ligamentos tradicionais (que carreiam uma força tensora pura ao longo de seu comprimento), mas se tornam tensos em posições variáveis de abdução e rotação umeral, atuando como "rédeas". Além disto, eles não possuem as características de força dos ligamentos do joelho. O ligamento glenoumeral superior passa do tubérculo supraglenóideo, anterior à origem da cabeça longa do bíceps, até o úmero, próximo à ponta do tubérculo menor na crista medial do sulco intertubercular. Ele forma uma cobertura anterior ao redor da cabeça longa do bíceps e, faz parte do intervalo rotador. Juntamente com o ligamento coracoumeral ele é um importante estabilizador

na direção inferior, ajudando a manter a cabeça umeral suspensa (o ligamento coracoumeral é mais robusto do que o ligamento glenoumeral superior). O ligamento glenoumeral médio se origina a partir de uma ampla fixação abaixo do ligamento glenoumeral superior, ao longo da margem glenoide anterior até o seu terço inferior a borda, passando de modo oblíquo em direção inferolateral, alargando-se neste trajeto, para se fixar ao tubérculo menor, profundo ao tendão do músculo subescapular, com o qual se funde. A largura e a espessura deste ligamento são 2 e 4 cm, respectivamente. Ele propicia estabilidade anterior em 45 a 60 graus de abdução. O complexo do espesso e longo ligamento glenoumeral inferior, é uma estrutura tipo rede com pontos de ancoragem nas margens anterior e posterior da cavidade glenoide. Ele se origina a partir das margens anterior, média e posterior do lábio glenoidal abaixo da linha epifisária, e passa anteroinferiormente para as faces inferior e medial do colo do úmero. A borda anterossuperior do ligamento inferior é espessada como na banda superior, e o espessamento difuso da parte anterior da cápsula à qual ele se fixa é conhecido como recesso axilar. A banda anterior do ligamento glenoumeral inferior é considerada um estabilizador anterior estático primário da articulação glenoumeral em abdução e rotação externa. (Para mais detalhes, consulte Burkart & Debski, 2002).

Ligamento coracoumeral O ligamento coracoumeral se fixa à base dorsolateral do processo coracoide e se estende na forma de duas bandas, que se fundem com a cápsula articular, para os tubérculos maior e menor do úmero (Fig. 46.14). Porções do ligamento coracoumeral formam um túnel para o tendão do m. bíceps braquial na face anterior da articulação. O intervalo rotador é reforçado pelo ligamento coracoumeral. Ele também se funde inferiormente com o ligamento glenoumeral superior.

Ligamento umeral transverso O ligamento umeral transverso é uma banda ampla que passa entre os tubérculos umerais, e se fixa superiormente à linha epifisária (Fig. 46.14). Ele converte o sulco intertubercular em um canal, atuando como um retináculo para o tendão longo do m .bíceps braquial.

Membrana sinovial A membrana sinovial reveste a cápsula e cobre partes do colo anatômico do úmero. O tendão longo do m .bíceps braquial atravessa a articulação em uma bainha sinovial que continua na direção do sulco intertubercular até o colo cirúrgico do úmero (Fig. 46.14 e 46.16).

Bursas Muitas bursas se localizam ao redor da articulação do ombro. Estas geralmente se encontram entre o tendão do músculo subescapular e a cápsula articular, comunicando-se com a articulação entre os ligamentos glenoumerais superior e médio; na face acromial superior; entre o processo coracoide e a cápsula; entre o músculo redondo maior e a cabeça longa do músculo tríceps braquial: anterior e posterior ao tendão do músculo grande dorsal. A bursa subacromial, entre o músculo deltoide e a cápsula, não faz comunicação com a cavidade articular, mas é prolongada sob o acrômio e ligamento coracoacromial, e entre eles e o músculo supraespinhoso: ela parece se fixar, juntamente com a fáscia subdeltóidea, ao acrômio. As bursas algumas vezes ocorrem atrás do m. coracobraquial e entre o tendão do músculo infraespinhoso e a cápsula, ocasionalmente se abrindo na articulação.

Suprimento vascular A articulação glenoumeral é suprida por ramos dos vasos circunflexos umerais anteriores e posteriores, supraescapulares e circunflexos escapulares.

Inervação A articulação glenoumeral é inervada principalmente pelo fascículo posterior do plexo braquial. A cápsula é suprida pelo nervo supraescapular (partes posterior e superior), nervo axilar (anteroinferior) e nervo peitoral lateral (anterossuperior).

Fatores que mantêm a estabilidade A articulação entre a cabeça umeral, que é relativamente grande, e a fossa glenoide, que é rasa, permite uma grande amplitude de movimentos à custa de um complexo ósseo instável. A cápsula articular é forte anteriornente, mas é frouxa. Vários outros fatores ajudam a aumentar a estabilidade da articulação: o lábio glenoidal aprofunda a concavidade da cavidade glenoide articulante, os ligamentos glenoumerais atuam como estabilizadores estáticos em certas posições, havendo uma pressão negativa dentro da articulação. O arco coracoacromial (processo coracoide, acrômio e ligamento coracoacromial), previne contra a luxação superior do ombro. Os tendões dos músculos subescapular, supraespinhoso, infraespinhoso e redondo menor se fundem com a parte lateral da cápsula articular para formar o "manguito rotador". Estes músculos curtos coletivamente produzem uma força compressiva durante os movimentos glenoumerais ativos, mantendo o contato congruente entre a cabeça do úmero e a cavidade glenoide; ajudam a resistir contra deslizamentos e controlam a translação excessiva. O manguito rotador também fornece uma forte estabilidade lateral e previne que esta parte da cápsula frouxa seja pinçada durante os movimentos articulares. A cabeça longa do músculo bíceps braquial oferece suporte superior adicional. A cabeça longa do músculo tríceps braquial oferece suporte inferior, que é particularmente importante quando o ombro é abduzido. Entretanto, a articulação glenoumeral é menos estável inferiormente quando o ombro está em abdução total.

Movimentos na articulação do ombro (glenoumeral) O ombro é capaz de qualquer combinação de balanço e giro em uma amplitude muito extensa. A frouxidão da cápsula, e uma cabeça umeral que é grande em relação à rasa cavidade glenoide, permitem maior amplitude de movimentos do que qualquer outra articulação. Flexão-extensão, abdução-adução, circundunção e rotação medial e lateral ocorrem no ombro. Apesar da maior parte dos movimentos do ombro ocorrer na articulação glenoumeral, há uma contribuição variável da articulação escapulotorácica na maioria das direções, mais significantemente na abdução e excluindo a rotação lateral.

Na análise dos movimentos do ombro, é preferível falar sobre o movimento umeral em relação à escápula, ao invés de falarmos sobre os planos anatômicos convencionais (Fig. 46.19). Quando os braços ficam pendentes em repouso, a cavidade glenoide fica voltada quase igualmente para a frente e lateralmente, e os eixos da cabeça do úmero e escapular (topográfico) correspondem, apesar do úmero, em relação à posição anatômica, estar rodado medialmente. A flexão leva o braço para uma posição anteromedial em um eixo através da cabeça umeral, ortogonal à fossa glenoide em seu centro. A abdução e a adução ocorrem em um plano vertical ortogonal ao eixo de flexão-extensão; o eixo é horizontal, através da cabeça umeral, paralelo ao plano glenoide. A abdução pura eleva o braço anterolateralmente no plano da escápula. Entretanto, quando relacionado com o tronco, a flexão e a extensão ocorrem no plano paramediano e abdução-adução ocorrem no plano coronal. Neste sentido, a elevação vertical do braço a partir da flexão ou a elevação do braço a partir da abdução são acompanhadas por uma rotação umeral em direções opostas. Sendo descrito um plano 'escapular' ou qualquer outro plano de abdução, estas são seleções de uma série infinita. Na abdução escapular, pontos na superfície umeral perseguem cordões verticais, mas na rotação eles são horizontais. Na flexão-extensão 'pura', em um plano ortogonal à escápula, o eixo de movimento e o 'eixo mecânico' ideal, são considerados como projetados do centro da cavidade glenoide.

A abdução glenoumeral é de aproximadamente 90 graus, mas ângulos de até 120 graus já foram registrados. Ocorre cerca de 60 graus adicionais de abdução nas articulações esterno e acromioclavicular. A flexão vertebral contralateral também auxilia a trazer o braço para uma posição vertical. Durante a elevação ativa, os movimentos das articulações glenoumeral e acromioclavicular são simultâneos, exceto nos graus iniciais, quando a maior parte, se não todo movimento é glenoumeral. Para cada 15 graus de elevação, o movimento glenoumeral é considerado de 10 graus e o movimento escapular de 5 graus. Durante os estágios iniciais da abdução, os músculos subescapular, infraespinhoso e redondo menor atuam contra o forte componente para cima da tração do músculo deltoide, que faz com que a cabeça do úmero deslize para cima; os movimentos aditivos de giro exercidos pelos músculos deltoide e supraespinhoso sobre a articulação do ombro podem abduzir o braço.

Na flexão, o úmero balança em ângulos retos até o plano escapular e a rotação escapular não consegue aumentar a elevação (120 graus) que pode ser obtida em flexão total. Se o úmero totalmente flexionado também é abduzido, a elevação aumenta *pro-rata* até que o úmero atinja o plano escapular, isto é, quando a abdução verdadeira é atingida, 180 graus de elevação se tornam possíveis. Na rotação medial ou lateral, o úmero revolve por cerca de um quarto de círculo ao redor de um eixo vertical. Quando se avalia a amplitude rotacional na articulação glenoumeral, o antebraço deve ser flexionado até um ângulo reto no cotovelo; isto irá prevenir contra os efeitos da pronação ou supinação no membro pendente. Na circundunção, que é uma sucessão de movimentos para a frente, a extremidade distal do úmero descreve a base de um cone, cujo ápice é a cabeça umeral. Este movimento glenoumeral pode ser aumentado pelo movimento escapular, isto é, em movimentos como o deslizamento de objetos com força.

A relação peculiar da cabeça longa do m. bíceps braquial em relação à articulação do ombro pode servir a vários propósitos. Por sua conexão com o ombro e com o cotovelo, o músculo harmoniza suas ações como um ligamento elástico durante todos seus movimentos. Ele ajuda a prevenir contra o impacto da cabeça umeral de encontro ao acrômio quando o músculo deltoide se contrai e para equilibrá-la durante os movimentos do braço. Na paralisia do músculo supraespinhoso ele também pode ajudar a iniciar a abdução do braço, em particular quando o úmero é rodado lateralmente.

Músculos que produzem movimentos Os músculos que produzem movimentos na articulação glenoumeral são principalmente o

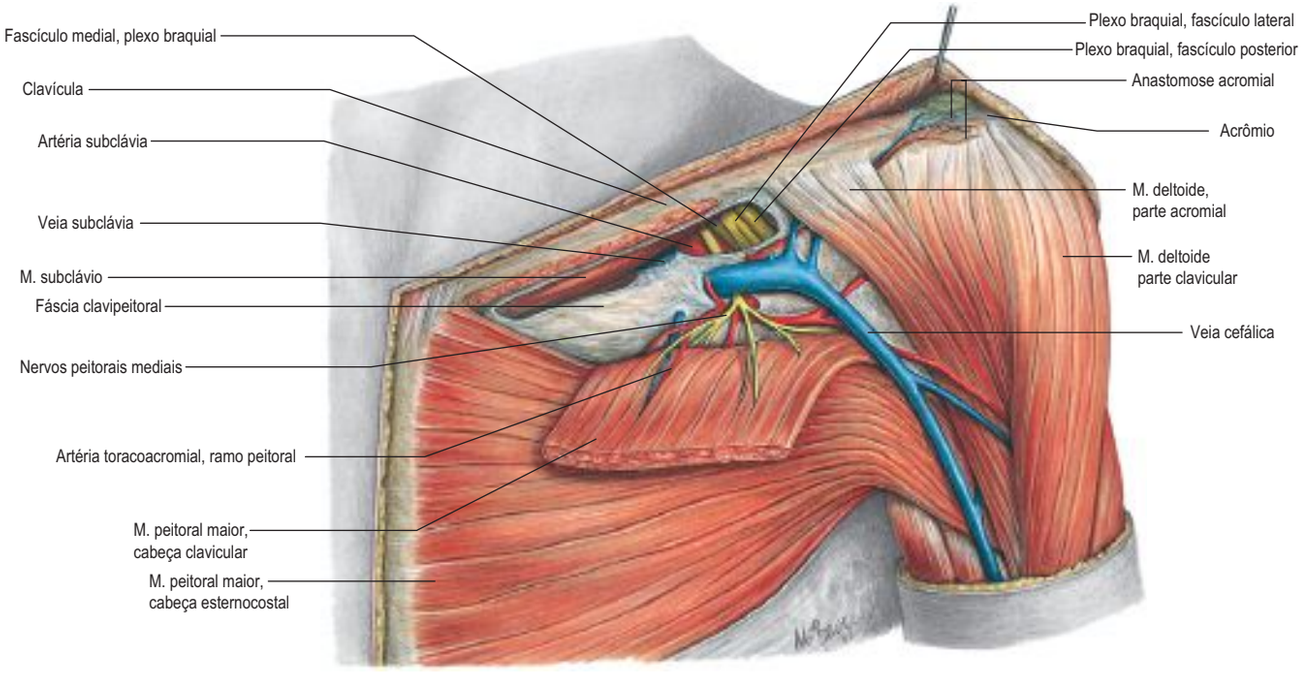


Fig. 46.19 Sulco delto-peitoral esquerdo demonstrando a fáscia clavipeitoral e o tronco toracoacromial. (De Sobotta, 2006.)

deltoide, peitoral maior, grande dorsal e redondo maior. Estes músculos longos convergem para o úmero, atuando em vantagem mecânica sobre uma articulação que, como resultado da pouca profundidade da cavidade glenoide e frouxidão capsular, é relativamente instável. Os músculos longos sofrem a contra-ação do manguito rotador, um grupo de músculos curtos (subescapular, supraespinhoso, infraespinhoso e redondo menor) que se fixam próximo à articulação e que centralizam a cabeça do úmero na fossa glenoide através do movimento intermediário, quando as estruturas cápsulo-ligamentares são frouxas.

Flexão Músculos peitoral maior (parte clavicular), deltoide (fibras anteriores) e coracobraquial auxiliado pelo bíceps braquial. A parte esternocostal do peitoral maior é uma grande força durante a flexão para a frente até o plano coronal a partir da extensão total.

Extensão Músculo deltoide (fibras posteriores) e redondo maior, a partir da posição dependente. Quando o braço totalmente flexionado é estendido contra a resistência, o grande dorsal e a parte esternocostal do peitoral maior atuam poderosamente até que o braço chegue até o plano coronal.

Abdução Deltoide. Inicialmente seu efeito é principalmente para cima e, a menos que encontre oposição, esta tração deslocaria o úmero para cima. Subescapular, infraespinhoso e redondo menor exercem uma tração para baixo aplicando uma força de oposição: juntamente com o deltoide eles constituem um 'conjunto' para produzir abdução no plano escapular. O supraespinhoso auxilia na execução e manutenção deste movimento, mas seu papel preciso é controverso.

Rotação medial Peitoral maior, deltoide (fibras anteriores), músculo grande dorsal, redondo maior e, com o braço pendente, subescapular.

Rotação lateral Infraespinhoso, deltoide (fibras posteriores) e redondo menor. A rotação lateral é importante para a liberação do tubérculo maior e seus tecidos associados durante a passagem por sob o arco coracoacromial, bem como para o relaxamento das restrições ligamentares capsulares.

Doença do manguito rotador O espaço subacromial é definido inferiormente pela cabeça umeral e, superiormente pela borda anterior e superfície inferior do terço anterior do acrômio, ligamento coracoacromial e articulação acromioclavicular, formando o arco coracoacromial. Ele é ocupado pelo tendão do músculo supraespinhoso, bursa subacromial, tendão da cabeça longa do músculo bíceps braquial e cápsula da articulação do ombro. A doença do manguito rotador é uma condição dolorosa com etiologia multifatorial na qual o impacto severo crônico dos tendões do manguito rotador na superfície inferior do arco coracoacromial é geralmente um fator significante. O manguito normalmente faz contato com o arco coracoacromial quando o úmero é abduzido, flexionado e rodado internamente. Esta é a conhecida posição de impacto. O tendão do m. supraespinhoso é anatomicamente afetado principalmente pelo impacto, que também coincide com uma área de vascularidade reduzida neste tendão. O impacto severo pode ser causado pelo espessamento do arco coracoacromial, pela inflamação do manguito por distúrbios como a artrite reumatoide, ou como o resultado do uso excessivo prolongado na posição de impacto, isto é, como no ato de limpar janelas. Quando associado a uma tendinopatia secundária a alterações degenerativas relacionadas com a idade dentro do tendão, o impacto pode estar relacionado com rupturas parciais ou completas do manguito. Clinicamente, esta condição causa sensibilidade sobre a porção anterior do acrômio e dor que tipicamente ocorre na abdução do ombro entre 60 e 120 graus (o arco doloroso).

Luxações da articulação glenoumeral A articulação glenoumeral é a articulação mais frequentemente luxada no corpo. Ela é mais instável anteroinferiormente, o que explica porque a grande maioria das luxações são anteriores e ocorrem quando o braço é forçado para trás quando está em abdução, rotação externa e extensão. Clinicamente, o ombro luxado perde seu contorno normal e o processo acromial, ao invés do tubérculo maior, se torna a estrutura óssea mais lateral. O nervo axilar e a artéria axilar podem ser lesionados durante a luxação e isto pode levar à incapacidade de abduzir o ombro como o resultado da paralisia do deltoide, juntamente com uma área de anestesia sobre a parte distal do músculo (algumas vezes denominada a 'área do distintivo' da pele), bem como alterações isquêmicas no membro. A luxação posterior é rara e tipicamente ocorre quando movimentos violentos produzem uma rotação interna e adução acentuadas, isto é, nas convulsões epiléticas ou no choque elétrico.

MÚSCULOS

Peitoral maior

Fixações O peitoral maior (Fig. 46.19) é um músculo espesso em formato de leque. Ele se origina na superfície anterior da metade esternal da clavícula; da metade da superfície anterior do esterno até o nível da sexta ou sétima cartilagem costal; da primeira a sétima cartilagens costais (primeira e sétima geralmente omitidas); da extremidade esternal da sexta costela e da aponeurose do músculo oblíquo externo. As fibras claviculares geralmente estão separadas das fibras esternais por uma leve fenda. O músculo converge para um tendão plano, de aproximadamente 5 cm de comprimento, que se insere no lábio lateral do sulco intertubercular do úmero. O tendão é bilaminar. A lâmina anterior mais espessa é formada por fibras provenientes do manúbrio, que se unem superficialmente às fibras claviculares e profundamente às fibras da margem esternal e da segunda a quinta cartilagens costais. As fibras claviculares podem ser prolongadas para o tendão do deltoide. A lâmina posterior recebe fibras da sexta (e geralmente sétima) cartilagens costais, sexta costela, esterno e aponeurose do oblíquo externo. As fibras costais se unem à lâmina sem

torções. As fibras provenientes do esterno e aponeurose se curvam ao redor da borda inferior, girando sucessivamente por trás das fibras posicionadas acima delas, o que significa que parte deste músculo é torcida de modo que as fibras na parte mais inferior em sua origem medial são mais altas em suas inserções no úmero. A lâmina posterior chega a uma posição mais alta no úmero do que a anterior e emite uma expansão que cobre o sulco intertubercular e se funde com o ligamento capsular da articulação do ombro. Uma expansão da parte mais profunda da lâmina reveste o sulco intertubercular em sua inserção linear; de sua borda inferior outra expansão ascende até a fáscia profunda do braço.

A borda inferior arredondada do músculo forma a prega axilar anterior e se torna conspícua em abdução contra a resistência.

Variações A projeção abdominal da aponeurose do m .oblíquo externo algumas vezes está ausente. O número de fixações costais e a extensão da separação entre as partes costal e clavicular variam. Os músculos direito e esquerdo podem decussar através do esterno. Uma projeção vertical superficial, ou projeções, pode ascender das cartilagens costais inferiores e bainha do músculo reto do abdome para se fundir ao músculo esternocleidomastóideo ou para se fixar ao esterno superior ou cartilagens costais. Esta é esternal (reto esternal). O músculo pode estar parcial ou completamente ausente.

Relações Pele, fáscia superficial, músculo platisma, nervos supraclavicular medial e intermédio, mama e fáscia profunda são anteriores. O osso esterno, costelas e cartilagens costais, fáscia clavipeitoral, músculos subclávio, peitoral menor, serrátil anterior, músculos intercostais externos e suas membranas são posteriores. O músculo peitoral maior forma a camada superficial da parede axilar anterior, e consequentemente se localiza anterior aos vasos e nervos axilares e partes superiores dos músculos bíceps braquial e coracobraquial. Sua borda superior é separada do músculo deltoide pela fossa infraclavicular, que contém a veia cefálica e o ramo deltoide da artéria tóraco-acromial. Sua borda inferior forma a prega axilar anterior. O músculo peitoral maior é separado do músculo grande dorsal na parede axilar medial, mas os dois músculos convergem em sua aproximação da parede axilar lateral: o assoalho do sulco intertubercular se localiza entre suas fixações.

Suprimento vascular O músculo peitoral maior é suprido por um pedículo vascular dominante do ramo peitoral do eixo toracoacromial, suplementado por vários vasos segmentares menores oriundos do deltoide e ramos claviculares do eixo toracoacromial, e ramos perfurantes das artérias torácica interna e artérias torácicas superior e lateral.

A presença de um pedículo vascular dominante (juntamente com suas perfurantes musculocutâneas) significa que um retalho musculocutâneo nesta região pode ser cirurgicamente elevado isoladamente no ramo peitoral (o retalho musculocutâneo do peitoral maior). Este retalho pode ser utilizado para reconstruir áreas de ausência de tecido após as ressecções na cabeça e pescoço nas cirurgias para o tratamento do câncer.

Inervação O músculo peitoral maior é suprido através dos nervos peitorais medial e lateral. As fibras da parte clavicular de C5 e 6; aquelas da parte esternocostal são de C6, 7, 8 e T1.

Ação As duas partes do músculo podem atuar de modo separado ou em conjunto. Todo o músculo auxilia na adução e rotação medial do úmero contra a resistência. Ele balança o braço estendido para a frente e medialmente, e sua parte clavicular atua com as fibras anteriores do deltoide e coracobraquial: a parte esternocostal está relaxada. O movimento oposto geralmente é auxiliado pela gravidade. Quando contra a resistência, a parte esternocostal atua junto com o músculo grande dorsal, redondo maior e fibras posteriores do deltoide: a parte clavicular está relaxada. Com os braços elevados fixos, isto é, ao segurar em uma barra, a mesma combinação de músculos direciona os tronco para cima e para a frente. O músculo peitoral maior é ativo na inspiração profunda. A eletromiografia sugere que a parte clavicular atua isoladamente na rotação medial.

Anatomia clínica: teste Para testar a cabeça clavicular, o braço abduzido é flexionado contra a resistência. Para testar a cabeça esternocostal, o braço é aduzido contra a resistência.

A Síndrome de Poland A síndrome de Poland é uma anomalia congênita rara na qual há hipoplasia dos músculos da parede torácica e hipoplasia ipsilateral do braço e da mão. Ela ocorre em aproximadamente 1:50.000 nascimentos vivos. As principais características clínicas são a ausência da cabeça esternocostal do peitoral maior e de todo o peitoral menor. Além disto, pode haver a hipoplasia dos músculos grande dorsal, serrátil anterior, oblíquo externo, supraespinhoso, infraespinhoso, deltoide e músculos intercostais e hipoplasia do hemitórax e costelas. Pode haver hipoplasia ipsilateral da mama e ausência do complexo mamiloareolar (Cap. 55).

A hipoplasia que afeta os membros superiores varia da sindactilia a simbraquidactilia e ectrodactilia. O segundo, terceiro e quarto dedos são os mais afetados; o carpo, antebraço, braço e escápula estão envolvidos de modo variável.

A etiologia é incerta. Foi sugerido que a condição é causada pela ruptura do suprimento arterial para os vasos subclávios durante a sexta e sétima semanas de vida embrionária, ou pela interrupção da placa do mesoderma lateral 2-4 semanas após a fertilização.

Peitoral menor

Fixações O peitoral menor é um fino músculo triangular que se localiza posterior (profundamente) ao peitoral maior (Fig. 46.20). Ele se origina das margens superiores e superfícies externas da terceira a quinta costelas (frequentemente segunda a quarta), próximo às suas cartilagens, e da fáscia sobre os músculos intercostais externos da vizinhança. Suas fibras ascendem lateralmente por sob o peitoral maior, convergindo para um tendão plano que se insere à borda medial e superfície superior do processo coracoide da escápula. Parte ou todo o tendão pode cruzar o processo coracoide na direção do ligamento coracoacromial, ou mesmo ir além até o ligamento coracoumeral, obtendo fixação no úmero.

Variações As fibras do músculo algumas vezes são separadas e variam em número e nível. Em casos raros, algumas passam da primeira costela para o processo coracoide (peitoral mínimo). As origens costais podem ocorrer entre a segunda e quinta costelas; terceira a quinta; segunda a quarta; terceira a quarta. O músculo pode estar presente ou ausente quando o peitoral maior está ausente.

Relações O músculo peitoral maior, o nervo peitoral lateral e os ramos peitorais da artéria toracoacromial são anteriores. As costelas, músculos intercostais externos, músculo serrátil anterior, a axila, os vasos axilares, linfáticos e o plexo braquial são posteriores. A borda superior do músculo peitoral menor é separada da clavícula por um espaço triangular que é preenchido pela fáscia clavipeitoral, atrás da qual se localizam os vasos axilares, linfáticos e nervos. A artéria torácica lateral acompanha a borda inferior do músculo. Os nervos peitorais mediais perfuram e suprem parcialmente o músculo.

Suprimento vascular O m. peitoral menor é suprido pelos ramos peitoral e deltoide das artérias toracoacromial e torácica superior e lateral.

Inervação O músculo peitoral menor é inervado por ramos dos nervos peitoral medial e lateral, C5, 6, 7, 8 e T1.

Ação O músculo peitoral menor auxilia o serrátil anterior a puxar a escápula para a frente ao redor da parede torácica. Com o levantador da escápula e os romboides ele roda a escápula, abaixando a ponta do ombro. Ambos os peitorais são eletromiograficamente quiescentes na inspiração normal, mas são ativos na inspiração forçada.

Subclávio

Fixações O músculo subclávio é um pequeno músculo triangular posicionado entre a clavícula e a primeira costela (Fig. 46.20). Ele se origina na junção da primeira costela e sua cartilagem costal através de um espesso tendão, prolongado em sua margem inferior e anterior ao ligamento costoclavicular. Ele passa para cima e lateralmente até um sulco na superfície inferior do terço médio da clavícula, onde se insere por fibras musculares.

O músculo subclávio pode se fixar ao processo coracoide ou na borda superior da escápula, ao invés de na clavícula.

Relações Posteriormente, o músculo subclávio é separado da primeira costela pelos vasos subclávios e plexo braquial e anteriormente é separado do músculo peitoral maior pela lâmina anterior da fáscia clavipeitoral.

Suprimento vascular O músculo subclávio é suprido pelo ramo clavicular da artéria tóraco-acromial e artéria supraescapular.

Inervação O músculo subclávio é suprido pelo ramo subclávio do plexo braquial, que contém fibras de C5 e 6.

Ação O músculo subclávio provavelmente traciona o ponto do ombro para baixo e para frente e comprime a clavícula de encontro ao disco articular da articulação esternoclavicular: entretanto, é inacessível pela palpação e difícil de investigar pela eletromiografia. Ele 'protege' os vasos subclávios nas fraturas da clavícula, que raramente envolvem estes vasos.

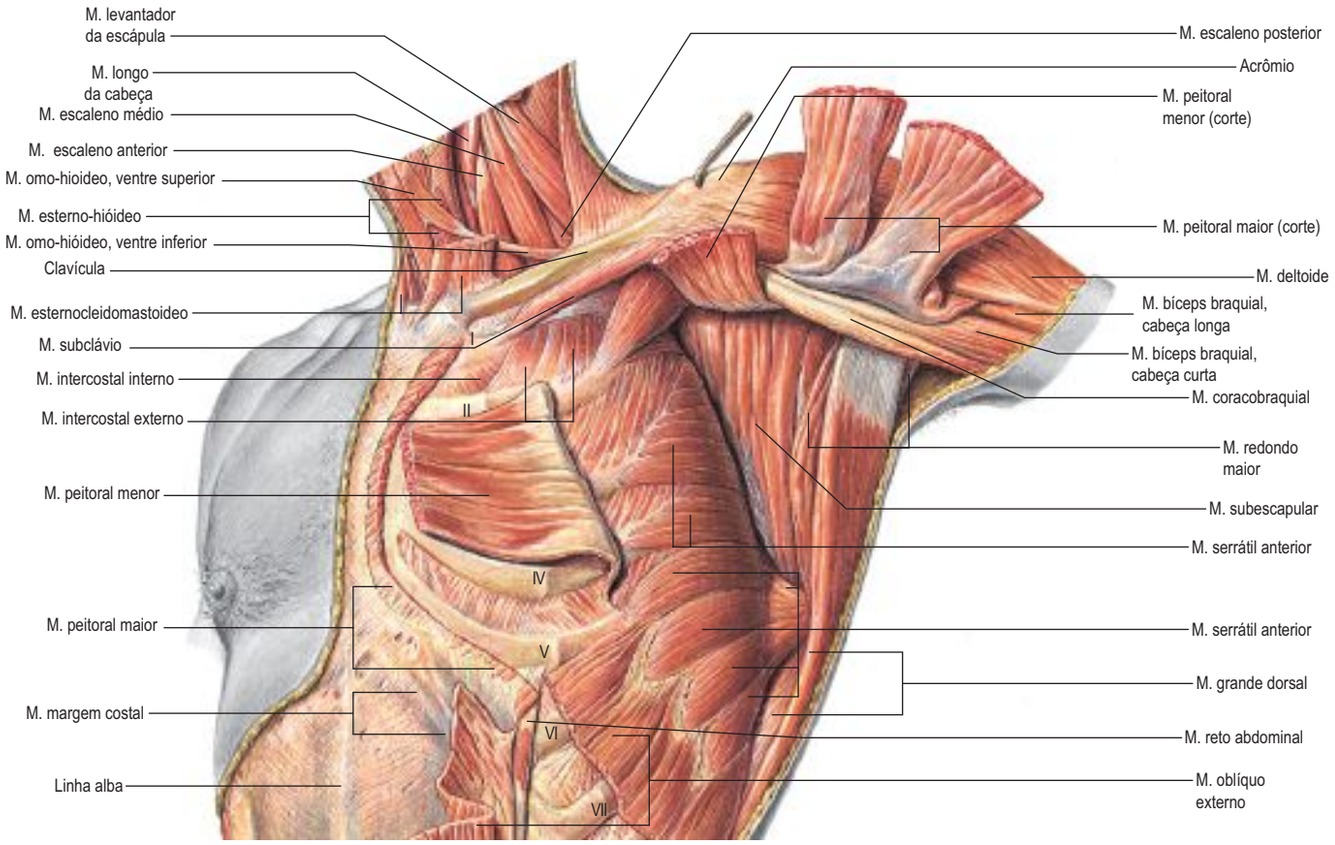


Fig. 46.20 Músculos profundos da frente do tórax e braço esquerdo. Numerais romanos se referem às cartilagens costais. (De Sobotta, 2006.)

Trapézio

Fixações

Inserções O trapézio é um músculo triangular, plano, que se estende sobre a parte posterior do pescoço e parte superior do tórax (Fig. 54.15). Os músculos trapézio pareados apresentam o formato de diamante, daí seu nome: os ângulos laterais ocorrem nas pontas do ombro, o ângulo superior na protuberância occipital e linhas nucais superiores e o ângulo inferior na coluna, na décima segunda vértebra torácica. Em cada lado, o músculo insere-se no terço medial da linha nucal superior, protuberância occipital externa, ligamento nucal e ápices dos processos espinhais e seus ligamentos supraespinhais de C7 a T12. As fibras superiores descem, as fibras inferiores sobem e as fibras entre elas prosseguem horizontalmente: todas convergem lateralmente sobre o ombro. As fibras superiores inserem-se na borda posterior do terço lateral da clavícula; as fibras médias à margem acromial média e lábio superior da crista da espinha escapular e as fibras inferiores passam para uma aponeurose que desliza sobre a superfície triangular lisa na extremidade medial da espinha escapular e insere-se em um tubérculo em seu ápice lateral. A inserção occipital é feita por uma lâmina fibrosa, que também é aderente à pele. A inserção espinhal é feita pela aponeurose triangular ampla desde a sexta vértebra cervical até a terceira vértebra torácica e por fibras tendíneas curtas abaixo disto."

Variações A fixação clavicular do trapézio varia em extensão, algumas vezes atingindo o meio da clavícula e ocasionalmente se fundindo com o músculo esternocleidomastóideo. A origem vertebral algumas vezes para no oitavo processo espinhoso torácico. A origem occipital pode estar ausente. As partes cervical e dorsal ocasionalmente se separam.

Suprimento vascular O terço superior do trapézio é suprido por um ramo muscular transverso que se origina da artéria occipital no nível do processo mastoide. Ela entra no músculo em sua superfície profunda e dá origem a várias perfurantes musculocutâneas até a pele.

A porção média do trapézio, juntamente com uma área sobre a pele, é suprida pela artéria cervical superficial ou por um ramo superficial da artéria cervical transversa, via perfurantes musculocutâneas.

O terço inferior do trapézio é suprido por um ramo muscular da artéria escapular dorsal, passando medialmente à borda medial da escápula. Ela atinge a superfície profunda do músculo perfurando os músculos romboides ou passando entre o romboide maior e menor no nível da base da espinha da escápula. Ela faz anastomose com os ramos perfurantes medial e lateral das artérias intercostais posteriores.

A presença destes três pedículos vasculares discretos significa que retalhos musculocutâneos podem ser elevados cirurgicamente com base nestas artérias individuais e suas veias comitantes acompanhantes. Estes retalhos podem ser utilizados na reconstrução de áreas na parte posterior da cabeça e pescoço.

Inervação O músculo trapézio é inervado pela parte espinal do nervo acessório. Ramos sensitivos (proprioceptivos) são derivados dos ramos ventrais de C3 e C4.

Ação O músculo trapézio coopera com outros músculos na estabilização da escápula, controlando-a durante os movimentos do braço e mantendo o nível e o equilíbrio do ombro. A atividade eletromiográfica é mínima no braço sem carga, e pesos elevados podem ser suspendidos com uma pequena contribuição da parte superior. Atuando com o músculo levantador da escápula, as fibras superiores elevam a escápula e com ela a ponta do ombro; atuando com o serrátil anterior, o trapézio roda a escápula para frente (para cima) de modo que o braço possa ser elevado acima da cabeça, e atuando com os músculos romboides, ele retrai a escápula, levando o ombro para trás. Com o ombro fixo, o trapézio pode inclinar a cabeça e o pescoço para trás e para o lado. O m. m. trapézio, levantador da escápula e serrátil anterior podem se combinar em uma variedade de rotações escapulares (pág. 803).

Anatomia cirúrgica: testes O trapézio é palpável enquanto o ombro é encolhido contra a resistência.

Deltoide

Fixações O músculo deltoide é um triângulo de músculo curvo e espesso. Ele se origina da borda anterior e da superfície superior do terço lateral da clavícula, margem lateral e superfície superior do acrômio e bordo inferior da crista da espinha da escápula (em uma região diferente de sua superfície medial triangular lisa) (Fig. 46.19). As fibras convergem inferiormente até um tendão curto e volumoso que se insere no tubérculo deltoide na face lateral da diáfise média do úmero. As fibras anteriores e posteriores convergem diretamente para este tendão. A parte intermediária é multipenada: quatro septos intermusculares descem do acrômio para fazerem interdigitações com três septos que ascendem do tubérculo deltoide. Os septos são conectados por curtas fibras musculares, que fornecem uma tração poderosa. Os fascículos são grandes, produzindo

uma estriação longitudinal grossa. O músculo circunda a articulação glenoumeral em todos os lados, exceto inferomedialmente, o que confere ao ombro seu perfil arredondado. Na contração, suas bordas são facilmente sentidas e observadas. O tendão emite uma expansão para a fáscia braquial profunda que pode chegar até o antebraço.

Variações O deltoide pode se fundir com o m. peitoral maior ou pode receber feixes adicionais do músculo trapézio, fáscia infraespinhosa ou da borda lateral da escápula.

Relações A pele, as fáscias superficial e profunda, músculo platisma, nervos supraclavicular e cutâneo braquial lateral superior são superficiais. O processo coracoide, ligamento coracoacromial, bursa subacromial, tendões dos m.músculo peitoral menor, subescapular, supraespinhoso, infraespinhoso, redondo menor, cabeças longa e lateral do tríceps braquial, vasos circunflexos umerais, nervo axilar, e o colo cirúrgico e diáfise superior do úmero, incluindo ambos os tubérculos, se localizam profundos ao músculo deltoide. A borda anterior do músculo é separada proximalmente do músculo peitoral maior pela fossa infraclavicular, que contém a veia cefálica e os ramos deltoides da artéria tóraco-acromial. Distalmente, os músculos estão em contato, e seus tendões geralmente estão unidos. A borda posterior fica superposta aos músculos infraespinhoso e tríceps braquial.

Suprimento vascular O músculo deltoide é suprido por ramos acromial e deltoide da artéria tóraco-acromial; as artérias circunflexas umerais anterior e posterior; artéria subescapular e ramo deltoide da artéria profunda do braço.

Inervação O músculo deltoide é inervado pelo nervo axilar, C5 e C6.

Ação Diferentes partes do músculo podem atuar de modo independente, bem como em conjunto. As fibras anteriores auxiliam o peitoral maior no direcionamento do braço para a frente e em sua rotação medial. As fibras posteriores atuam com os músculos grande dorsal e redondo maior, levando o braço para trás e em sua rotação lateral. A parte acromial multipenada do músculo deltoide é um forte abdutor: auxiliado pelo supraespinhoso ele abduz o braço até que a cápsula articular fique tensa abaixo. Os movimentos acontecem no plano do corpo da escápula, que é a única forma na qual a rotação escapular pode ser totalmente eficaz na elevação do braço por sobre a cabeça. Na abdução verdadeira (Fig. 46.19), as fibras acromiais se contraem fortemente, enquanto as fibras claviculares e posteriores impedem a saída do plano de movimento. Nos primeiros estágios da abdução, a tração exercida pelo músculo deltoide é para cima, mas a cabeça umeral é impedida de fazer translação para cima pela tração sinérgica para baixo dos músculos subescapular, infraespinhoso e redondo menor. A eletromiografia sugere que o músculo deltoide contribui pouco para a rotação medial ou lateral, mas confirma que ele atua na maioria dos outros movimentos do ombro. Ele também auxilia ao músculo supraespinhoso a resistir contra o deslocamento para baixo do braço sob carga. Uma ação comum do deltoide é o balanço do braço que ocorre durante a deambulação.

Anatomia clínica: testes O deltoide pode ser visto e sentido em sua contração quando o braço é abduzido contra a resistência.

Levantador da escápula

Fixações O músculo levantador (elevador) da escápula é um músculo delgado originado por projeções tendinosas aos processos transversos da terceira e quarta vértebras cervicais (Fig. 28.6, ver a seguir Fig. 46.21). Ele desce diagonalmente para se aproximar da borda escapular medial entre seu ângulo superior e a superfície triangular lisa na extremidade medial da espinha escapular.

Variações O levantador da escápula varia consideravelmente em suas origens vertebrais e na extensão na qual se separa em feixes. Pode haver fixações acessórias para o processo mastoide, osso occipital, primeira ou segunda costela, escalenos, m.m trapézio e serrátil anterior.

Suprimento vascular O músculo levantador da escápula recebe seu suprimento arterial principalmente das artérias cervical transversa e cervical ascendente. A extremidade vertebral do músculo é suprida por ramos da artéria vertebral.

Inervação O músculo levantador da escápula é inervado diretamente por ramos do terceiro e quarto nervos espinhais cervicais, e do quinto nervo cervical via nervo escapular dorsal.

Ação Os m.músculo levantador da escápula e os romboides auxiliam a outros músculos escapulares no controle da posição e movimento da escápula. Atuando com os músculos trapézio e romboides, ele retrai a escápula, levando o ombro para trás; com o músculo peitoral maior ele roda a escápula, abaixando a ponta do ombro. Com a coluna cervical fixa, o levantador da escápula atua com o músculo trapézio para elevar a escápula ou sustentar um peso carregado sobre o ombro; com o ombro fixo, o músculo inclina o pescoço para o mesmo lado.

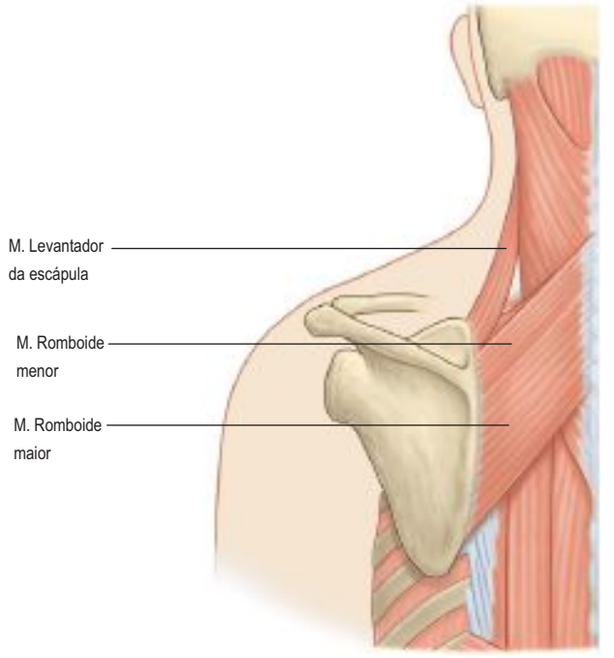


Fig. 46.21 Músculos romboides.

Romboide maior

Fixações O músculo romboide maior é uma lâmina quadrilateral de músculo que se origina por fibras tendinosas provenientes dos processos espinhosos e ligamentos supraespinhais da segunda a quinta vértebras torácicas e desce lateralmente para a borda medial da escápula, entre a raiz de sua espinha e o seu ângulo inferior (Fig. 46.21). A maior parte de suas fibras geralmente termina em uma banda tendinosa entre estes dois pontos, unida à borda medial da escápula por uma fina membrana. Ocasionalmente esta união é incompleta, caso no qual algumas fibras musculares se fixam diretamente à escápula. As fixações do músculo romboide maior – e também as dos músculos romboide menor, levantador da escápula e serrátil anterior – podem ser mais extensas, com 'pregas' ou extensões passando para as faces dorsal e costal da escápula adjacentes à sua margem medial.

Suprimento vascular, inervação, ação e anatomia clínica: testes Todos serão descritos com o romboide menor.

Romboide menor

Fixações O músculo romboide menor é um pequeno músculo cilíndrico. Ele se estende do ligamento nucal inferior e dos processos espinhosos da sétima vértebra cervical e primeira vértebra torácica até a base de uma superfície triangular lisa, na extremidade medial da espinha da escápula, onde as camadas dorsal e ventral juntam-se à borda inferior de inserção do músculo levantador da escápula. A camada dorsal do músculo romboide menor é inserida na borda da superfície triangular, dorso-lateral e abaixo do músculo elevador da escápula. A camada ventral é forte e larga, se estendendo por 2-3 cm medial e abaixo do músculo levantador da escápula; neste ponto as fáscias dos m. m. romboide menor e serrátil anterior estão fortemente fundidas. O músculo romboide menor geralmente está separado do romboide maior, mas os músculos se superpõem e ocasionalmente estão unidos.

Variações Há alguma variabilidade nas fixações vertebrais e escapulares dos m. m. romboides maior e menor. Uma projeção do músculo pode se estender da borda superior do romboide menor para atingir o osso occipital (romboide occipital).

Suprimento vascular dos romboides Os m. m. romboides maior e menor são supridos pela artéria escapular dorsal ou pelo ramo profundo da artéria cervical transversa e pelos ramos perfurantes dorsais das cinco ou seis artérias intercostais posteriores.

Inervação dos romboides Os músculos romboides maior e menor são inervados por um ramo do nervo escapular dorsal, C4, C5.

Ação dos romboides Os músculos romboides maior e menor retraem a borda medial da escápula em direção superior e medial. Eles são utilizados no posicionamento dos ombros como na posição anatômica.

Anatomia clínica: testes dos romboides Os músculos romboides maior e menor podem ser palpados na profundidade do trapézio ao se segurar o ombro contra a resistência.

Músculo grande dorsal

Fixações O músculo grande dorsal é um músculo triangular grande e plano que se estende por sobre a região lombar e inferior do tórax, convergindo para um tendão estreito (Fig. 46.22 e 54.15). Ele se origina através de fibras tendinosas provenientes dos processos espinhosos das seis vértebras torácicas inferiores anteriormente ao músculo trapézio; da camada posterior da fáscia toracolombar, através da qual se origina dos processos espinhosos e ligamentos supraespinais das vértebras lombares e sacrais; e da parte posterior da crista ilíaca. Ele também se estende através de fibras musculares da parte posterior (lábio externo) da crista ilíaca lateral ao eretor da espinha, e por espessas fibras musculares a partir das três ou quatro costelas inferiores, fazendo interdigitações com o músculo oblíquo externo (Fig. 61.9). A partir desta extensa origem, as fibras passam lateralmente com diferentes graus de obliquidade (as fibras superiores são quase horizontais, as fibras médias oblíquas e as inferiores quase verticais) para formar uma lâmina de aproximadamente 12 a 13 mm de espessura que se superpõe ao ângulo inferior da escápula. O músculo se curva ao redor da borda inferolateral do músculo redondo maior para ganhar sua superfície anterior. Aqui ele termina na forma de um tendão plano, de aproximadamente sete cm de comprimento, na frente do tendão do músculo redondo maior. Ele se insere no assoalho do sulco intertubercular do úmero, com uma expansão para a fáscia profunda. A inserção se estende para uma região mais alta no úmero, e fibras que se originam mais alto na linha média se inserem na região mais inferior do úmero. Uma bursa algumas vezes está presente entre o músculo e o ângulo inferior da escápula. Os tendões dos músculos grande dorsal e redondo maior são unidos em seus bordos inferiores: eles são separados por uma bursa próximo a suas inserções umerais.

Os músculos grande dorsal e redondo maior formam juntos a prega axilar posterior. Quando o braço é abduzido contra a resistência, esta prega é acentuada e toda a borda inferolateral do músculo grande dorsal pode ser acompanhada até sua origem na crista ilíaca.

A margem lateral inferior do músculo, geralmente está separada da borda posterior do músculo oblíquo externo pelo triângulo lombar; a base deste pequeno triângulo é a crista ilíaca e seu assoalho é o m.oblíquo externo. Ele não deve ser confundido com o trígono da ausculta, que é medial à escápula, e limitado acima pelo músculo trapézio, abaixo pelo músculo grande dorsal e lateralmente pela borda medial da escápula; parte do músculo romboide maior está exposta no triângulo. Se as escápulas são direcionadas para a frente, como na passagem dos braços cruzando o tórax, e o tronco é inclinado para frente, partes da sexta e sétima costelas e o interespaço entre elas (sobre o ápice do lobo pulmonar inferior) se tornam subcutâneos.

Variações O músculo grande dorsal comumente recebe algumas fibras adicionais a partir da escápula ao cruzar o ângulo inferior deste osso. Um arco muscular axilar, com 7-10 cm de comprimento e 5-15 mm de largura, algumas vezes pode estar presente: ele cruza da borda do músculo grande dorsal, a meio caminho na prega posterior, sobre a frente dos vasos e nervos axilares para se unir aos tendões dos músculos peitoral maior, coracobraquial ou fáscia sobre o músculo bíceps braquial. As origens vertebrais e costais do músculo grande dorsal podem estar reduzidas ou, em raros casos, aumentadas. Uma projeção fibrosa geralmente passa do tendão, próximo a sua inserção umeral, para a cabeça longa do músculo tríceps braquial.

Suprimento vascular O músculo grande dorsal é suprido por um único pedículo vascular dominante, a artéria toracodorsal, uma continuação da artéria subescapular (pág. 817). A artéria toracodorsal (e suas veias comitantes acompanhantes) entra no músculo como um feixe neurovascular único em sua superfície costal, a 6-12 cm da artéria subescapular e 1-4 cm medial à borda lateral do músculo. A artéria emite entre um a três grandes ramos para o músculo serrátil anterior antes de se dividir para suprir o músculo grande dorsal propriamente dito. O padrão básico da ramificação é uma bifurcação em ramos lateral e medial. O ramo lateral, maior segue um curso em paralelo e a 1-4 cm da borda superior do músculo; o ramo menor diverge em um ângulo de 45 graus e trafega medialmente. Em um pequeno número de casos, ela fornece um terceiro grande ramo que supre a parte distal do músculo. Ocasionalmente, o ramo lateral emite outra colateral para o músculo serrátil anterior. Os principais ramos emitem entre 5-9 ramos longitudinais que trafegam distalmente com as fibras musculares. As perfurantes musculocutâneas que se originam destes vasos suprem a pele sobre o músculo.

Além do pedículo vascular dominante, o músculo grande dorsal é suprido inferiormente por vários pedículos vasculares segmentares menores. Estes são artérias perfurantes dorsais derivadas da nona, décima e décima primeira artérias intercostais e primeira, segunda e terceira artérias lombares, todas elas entrando no músculo por sua superfície profunda. Elas se anastomosam dentro do músculo com ramos da artéria tóracodorsal.

O suprimento sanguíneo do músculo grande dorsal é particularmente importante devido às suas aplicações nas cirurgias plástica e reconstrutiva. A presença do pedículo vascular dominante fornece a base anatômica para a retirada de um retalho muscular isolado, ou juntamente com um pedaço de pele na forma de um retalho musculocutâneo baseado unicamente na artéria toracodorsal e suas veias comitantes acompanhantes. Estes retalhos podem ser utilizados na forma de um pedículo, isto é, na reconstrução de uma mama após uma mastectomia, ou utilizados como uma transferência livre de tecido para cobrir grandes áreas de perda tecidual em qualquer local do corpo.

Inervação O músculo grande dorsal é suprido pelo nervo toracodorsal, a partir do fascículo posterior do plexo braquial, C6, 7 e 8. Este nervo trafega no pedículo neurovascular e se divide a aproximadamente 1,3 cm da artéria proximal ao ponto de bifurcação ou trifurcação da artéria toracodorsal. O padrão de ramificação acompanha o padrão da artéria e os ramos neural e vascular trafegam em conjunto.

Ação O músculo grande dorsal é ativo na adução, extensão e especialmente na rotação medial do úmero. A adução umeral e a extensão são mais poderosas quando a posição inicial do braço é a de abdução parcial, flexão ou uma combinação destas duas posições. Com a parte esternocostal do músculo peitoral maior e músculo redondo maior, ele aduz o braço elevado contra a resistência. Ele auxilia no balanço para trás do braço, como na deambulação e em várias atividades atléticas. Quando os braços são elevados acima da cabeça, como na escalada, ele puxa o tronco para cima e para a frente. Ele faz parte em todos os esforços expiratórios violentos, como na tosse ou espirros: este fenômeno é facilmente conformado pela palpação. A eletromiografia sugere que ele auxilia na inspiração profunda, mas também é ativo no final da expiração forçada, isto é, ao manter uma nota musical em um instrumento de sopro. Quando o braço é elevado, as fibras distendidas do músculo grande dorsal pressionam o ângulo inferior da escápula, mantendo-o em contato com a parede torácica. A despeito desta variedade de ações, a transposição cirúrgica do músculo não produz nenhuma restrição séria da atividade normal.

Anatomia clínica: testes O músculo grande dorsal é palpado quando o braço abduzido é aduzido contra a resistência e pode ser sentido na contração durante a tosse.

Serrátil anterior

Fixações O músculo serrátil anterior é uma grande lâmina muscular que se curva ao redor do tórax. Ele se origina de uma extensa fixação costal e se insere na escápula (Fig. 46.19 e 46.20). Digitações musculares se estendem anteriormente a partir das superfícies externas e bordas superiores das oito, nove ou dez costelas superiores, e das fáscias que cobrem os músculos intercostais intervenientes. Elas se localizam em uma linha longa e levemente curva que passa inferolateralmente através do tórax. As primeiras digitações se estendem da primeira e segunda costelas e fáscia intercostal, as outras de uma única costela, e as quatro últimas fazem interdigitações com as cinco primeiras projeções de fibras do músculo oblíquo externo. O músculo segue o contorno da parede torácica. Ele passa ventralmente à escápula e chega até a borda medial da escápula. A primeira digitação envolve e se prende a uma área triangular das superfícies costal e dorsal do ângulo superior da escápula. As duas ou três próximas digitações formam uma lâmina triangular que se insere à superfície costal ao longo de quase todo sua borda medial. As quatro ou cinco digitações inferiores convergem para se fixar através de fibras musculotendinosas a uma impressão triangular na superfície costal do ângulo inferior: elas envolvem o ângulo inferior e também se inserem a uma parte triangular menor de sua superfície dorsal próximo a sua ponta.

Variações Algumas digitações podem estar ausentes, particularmente a primeira e a oitava, e algumas vezes também na parte intermediária. O músculo serrátil anterior pode estar parcialmente fundido com os músculos levantador da escápula, intercostais externos adjacentes ou oblíquo externo.

Suprimento vascular O músculo serrátil anterior é suprido pelas artérias torácicas superior e lateral e por ramos da artéria toracodorsal antes (ocasionalmente depois) de se dividir no músculo grande dorsal.

Inervação O músculo serrátil anterior é inervado pelo nervo torácico longo, C5, 6 e 7, que desce pela superfície externa do músculo.

Ação Com o músculo peitoral menor, o músculo serrátil anterior faz a protração (direciona para frente) da escápula, como agonista primário em todos os movimentos de alcançar e de empurrar. A parte superior, com o músculo levantador da escápula e fibras superiores do músculo trapézio, eleva a escápula, mas uma atividade fraca é suficiente para dar apoio ao braço não submetido a carga. A forte inserção inferior traciona o ângulo inferior da escápula para a frente ao redor do tórax, auxiliando o músculo trapézio na rotação para cima do osso, uma ação essencial para a elevação do braço acima da cabeça. Nos estágios iniciais da abdução, o músculo serrátil anterior ajuda outros músculos a fixar a escápula: a combinação permite que o braço seja elevado até a posição vertical. Para realizar esta rotação para cima da escápula, a tração para a frente sobre o ângulo inferior pelas digitações mais inferiores do músculo serrátil anterior é conjugada com uma tração para cima e medial sobre a extremidade lateral da clavícula e acrômio pelas fibras superiores do trapézio e uma tração para baixo sobre a base da espinha escapular pelas fibras inferiores do trapézio. Inversamente, a rotação escapular lenta para baixo auxiliada pela gravidade é obtida pelo alongamento controlado destes músculos. A rotação para baixo, mais poderosa, requer a contração equilibrada das fibras superiores dos músculos serrátil anterior, levantador da escápula, romboides, peitoral menor e parte média do trapézio. Quando pesos são carregados na frente do corpo, o músculo serrátil anterior previne contra a rotação para trás da escápula. A eletromiografia demonstra que o serrátil anterior não é ativo na respiração humana normal. Isto pode não se aplicar na respiração forçada, i.e., aquela observada quando asmáticos e atletas fixam a escápula ao segurar em uma grade ou outro suporte.

Anatomia clínica: testes As digitações musculares do serrátil anterior podem ser vistas e sentidas quando a mão hiperestendida empurra contra a resistência.

Quando o serrátil anterior fica paralisado, a borda medial da escápula, e especialmente seu ângulo inferior, ficam proeminentes. O braço não pode ser elevado completamente. O ato de empurrar é ineficiente, e as tentativas de realização deste movimento produzem uma maior projeção para trás da escápula, conhecida como 'escápula alada'.

Supraespinhoso

Fixações O músculo supraespinhoso se origina dos dois terços mediais da fossa supraespinhosa e da fáscia supraespinhosa (Fig. 46.22). As fibras convergem, sob o acrômio, em um tendão que cruza acima da articulação do ombro e se insere à faceta mais alta do tubérculo maior do úmero. O tendão se funde com a cápsula articular e pode emitir uma projeção para o tendão do músculo peitoral maior. Foi descrita fibrocartilagem na inserção tendinosa, assim como em outros tendões que se inserem a osso epifisário.

Suprimento vascular O músculo supraespinhoso é suprido pelas artérias supraescapular e escapular dorsal.

Inervação O músculo supraespinhoso é inervado pelo nervo supraescapular, C5 e 6.

Ação A visão convencional é que o músculo supraespinhoso inicia a abdução do ombro e auxilia o músculo deltoide na abdução a partir daí. Entretanto, existe evidência de que tanto o músculo supraespinhoso como o músculo deltoide estão envolvidos durante toda a amplitude do movimento, desde o seu início. Como parte do manguito rotador, o músculo supraespinhoso ajuda a estabilizar a cabeça do úmero na fossa glenoide durante os movimentos da articulação glenoumeral. Com o braço pendente, mesmo quando moderadamente sob carga, o músculo supraespinhoso e a tensão na cápsula superior atuam contra o deslocamento para baixo do úmero.

Anatomia clínica: testes O músculo supraespinhoso pode ser palpado profundamente ao trapézio quando o braço é abduzido na articulação do ombro contra resistência.

O tendão do músculo supraespinhoso é separado do ligamento coracoacromial, acrômio e músculo deltoide por uma grande bursa subacromial; quando inflamada, a abdução da articulação do ombro é dolorosa. O tendão é o elemento mais frequentemente rompido do manguito musculotendíneo ao redor da articulação do ombro.

Infraespinhoso

Fixações O músculo infraespinhoso é um músculo triangular espesso que ocupa a maior parte da fossa infraespinhoso (Fig. 46.22). Ele se origina através de fibras musculares dos dois terços mediais da fossa, por fibras tendinosas provenientes das cristas em sua superfície e da superfície profunda da fáscia infraespinhosa, que separa o músculo dos músculos redondos maior e menor. Suas fibras convergem para um tendão que desliza por sob a borda lateral da espinha da escápula e depois passa através da face posterior da cápsula da articulação do ombro para se inserir na faceta medial do tubérculo maior do úmero. O tendão algumas vezes está separado da cápsula por uma bursa, que pode se comunicar com a cavidade articular. O músculo infraespinhoso algumas vezes se funde ao músculo redondo menor.

Suprimento vascular O músculo infraespinhoso é suprido pelas artérias supraescapular e circunflexa escapular.

Inervação O músculo infraespinhoso é inervado pelo nervo supraescapular, C5 e 6.

Ação O músculo infraespinhoso é um rotador lateral do úmero. Juntamente com o músculos supraespinhoso, subescapular e redondo menor, ajuda a estabilizar a cabeça do úmero na cavidade glenoide durante os movimentos do ombro (pág. 806).

Subescapular

Fixações O músculo subescapular é um músculo triangular volumoso que preenche a fossa subescapular (Fig. 46.20). Nos seus dois terços mediais, as fibras se originam do periósteo da superfície costal da escápula. Outras fibras se originam do septo intramuscular tendinoso, que se fixa às cristas no osso, e da aponeurose que cobre o músculo e separa-o do músculo redondo maior e da cabeça longa do músculo tríceps braquial. As fibras convergem lateralmente em um amplo tendão que se insere no tubérculo menor do úmero e na frente da cápsula articular. O tendão é separado do colo da escápula por uma grande bursa subescapular, que se comunica com a articulação do ombro.

A variação é incomum. Fibras separadas podem passar da borda medial da escápula para a cápsula glenoumeral ou para o periósteo medial ao sulco intertubercular do úmero.

Relações O músculo subescapular forma grande parte da parede axilar posterior. Sua superfície anterior se apõe inferolateralmente ao músculo serrátil anterior e superolateralmente aos músculos coracobraquial e bíceps braquial, aos vasos axilares, plexo braquial e vasos e nervos subescapulares. Sua superfície posterior se fixa à escápula e cápsula glenoumeral. Seu bordo inferior entra em contato com os músculos redondo maior e músculo grande dorsal.

Suprimento vascular O músculo subescapular é suprido por pequenos ramos das artérias supraescapular, axilar e subescapular.

Inervação O músculo subescapular é inervado pelos nervos subescapulares superior e inferior, C5 e 6.

Ação O músculo subescapular é um rotador medial do úmero. Juntamente com os músculos supraespinhoso, infraespinhoso e redondo menor, ajuda a estabilizar a cabeça do úmero na cavidade glenoide durante os movimentos do ombro (pág. 806).

Redondo maior

Fixações O músculo redondo maior é um músculo plano e espesso que se origina da área oval na superfície dorsal do ângulo inferior da escápula e do septo fibroso interposto entre o músculo e os músculos redondo menor e infraespinhoso (Fig. 46.22). Suas fibras ascendem lateralmente e terminam em um tendão plano, de aproximadamente cinco cm de comprimento, que se insere no lábio medial do sulco intertubercular do úmero. O tendão se localiza atrás do tendão do músculo grande dorsal, do qual é separado por uma bursa; os tendões se unem ao longo de seus bordos inferiores por uma curta distância.

Variações O músculo redondo maior pode se fundir com a parte escapular do músculo grande dorsal e pode enviar fibras para se fundir com a cabeça longa do músculo tríceps braquial ou fáscia braquial.

Suprimento vascular O músculo redondo maior é suprido pelo ramo tóracodorsal da artéria subescapular em seu trajeto para o músculo grande dorsal e pela artéria circunflexa umeral posterior.

Inervação O músculo redondo maior é inervado pelo nervo subescapular inferior, C5, 6 e 7.

Ação A despeito de seu nome, o músculo redondo maior possui um suprimento nervoso e ação distintos dos do músculo redondo menor. O músculo redondo maior aduz e direciona o úmero para trás, rodando-o medialmente. Estudos eletromiográficos são equívocos sobre seu princi-

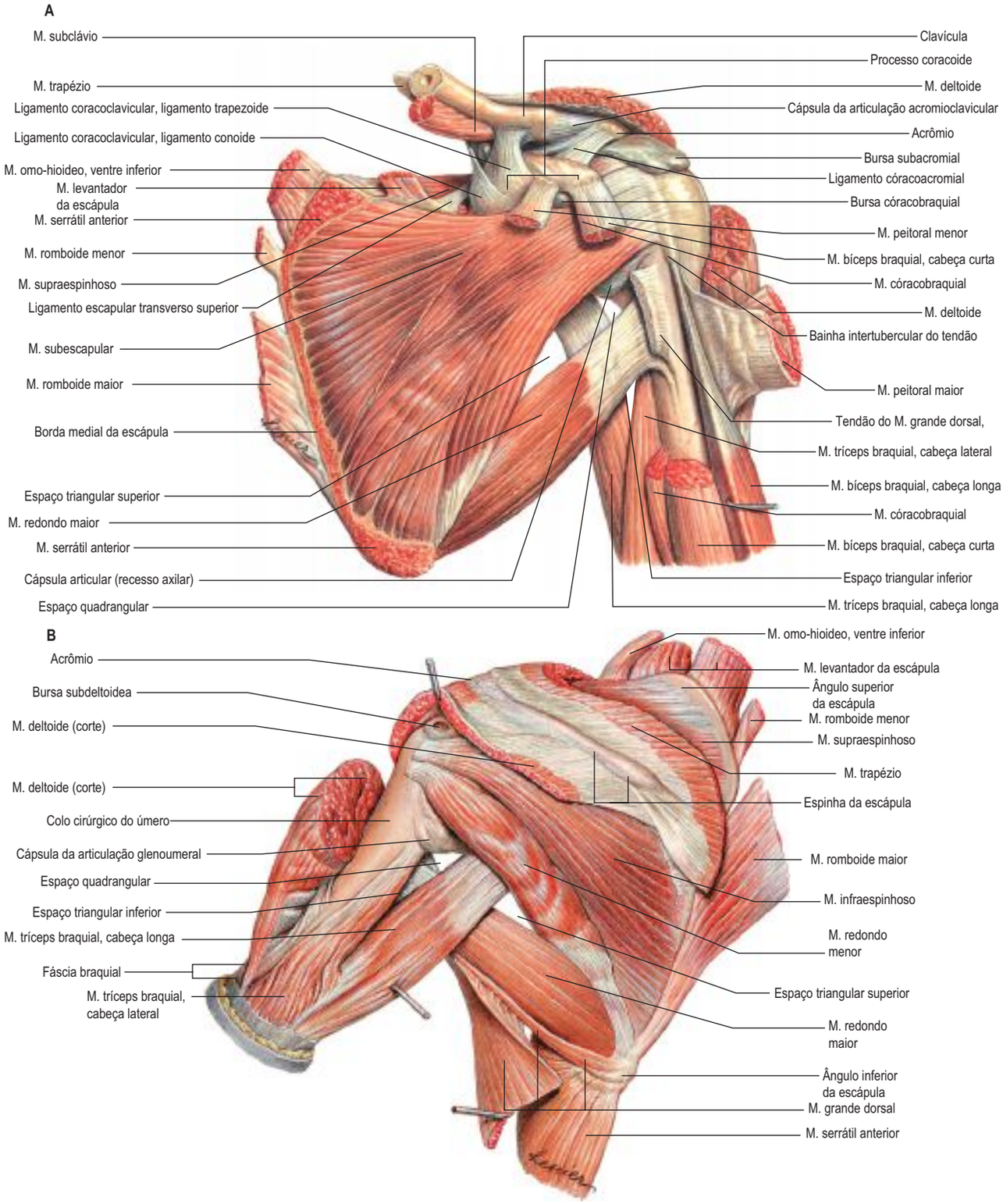


Fig. 46.22 Músculos profundos da cintura do ombro esquerdo. **A,** Vista anterior após a remoção de vários músculos superficiais. **B,** Vista posterior. (De Sobotta, 2006.)

pal papel nos movimentos, mas seu envolvimento como contribuinte para a postura estática e balanço do braço não são contestados.

Anatomia clínica: testes O músculo redondo maior pode ser palpado posteriormente à prega axilar posterior durante a adução do úmero contra a resistência.

Redondo menor

Fixações O músculo redondo menor é um músculo estreito e alongado que se origina dos dois terços superiores de uma faixa plana na superfície dorsal da escápula junto a sua borda lateral e de duas lâminas aponeuróticas que separam o músculo dos músculos infraespinhoso e redondo maior (Fig. 46.22). Ele se estende para cima e lateralmente. As fibras superiores terminam em um tendão inserido à faceta mais baixa no tubérculo maior do úmero. as fibras inferiores se inserem diretamente no úmero, distal a esta faceta e acima da origem da cabeça lateral do músculo tríceps braquial. O tendão passa sobre e se funde com a superfície posterior da cápsula da articulação do ombro. O músculo redondo menor pode se fundir ao músculo infraespinhoso.

Suprimento vascular O músculo redondo menor é suprido pela artéria circunflexa escapular, que perfura a origem do músculo em seu trajeto para cima na fossa infraespinhosa e pela artéria circunflexa umeral posterior.

Inervação O músculo redondo menor é inervado pelo nervo axilar, C5 e 6.

Ação O músculo redondo menor atua como um rotador lateral e adutor fraco do úmero. Juntamente com os músculos supraespinhoso, infraes-

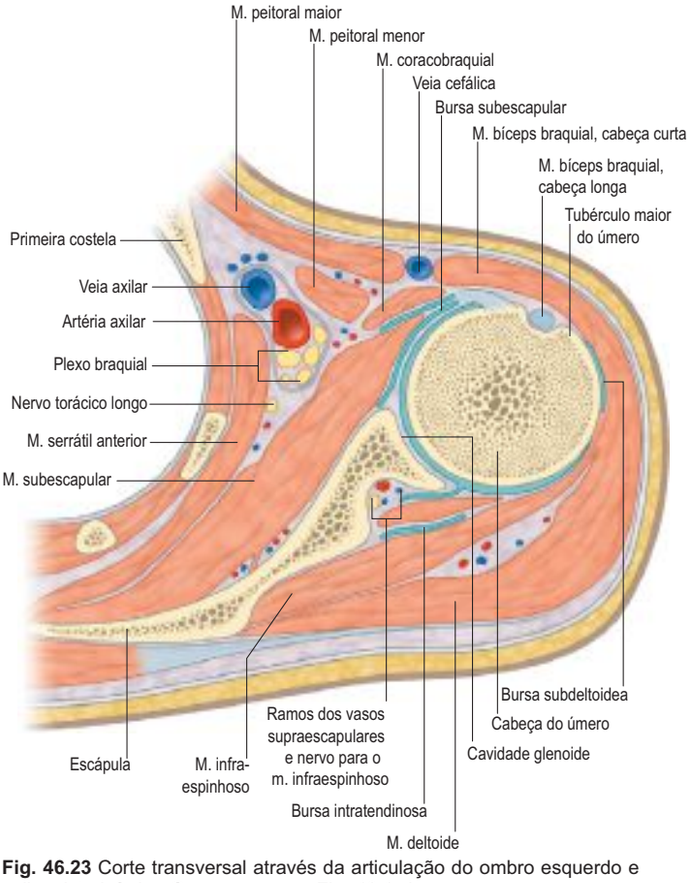


Fig. 46.23 Corte transversal através da articulação do ombro esquerdo e axila, vista inferior. Compare com a Fig. 46.17A.

pinhoso e subescapular, ajuda a estabilizar a cabeça do úmero na fossa glenoide durante os movimentos do ombro (pág. 803).

Os espaços quadrangular e triangular

Anteriormente, o espaço quadrangular é limitado pelo músculo subescapular, pela cápsula da articulação do ombro; e pelo músculo redondo menor acima, músculo redondo maior abaixo, pela cabeça longa do músculo tríceps braquial medialmente e pelo colo cirúrgico do úmero lateralmente. Posteriormente, o espaço quadrangular é limitado acima pelo músculo redondo menor. O nervo axilar e a artéria e veia circunflexa posterior do úmero passam através deste espaço (Fig. 46.22).

Existem dois espaços triangulares (Fig. 46.22). O espaço triangular superior é limitado acima pelo músculo subescapular anteriormente, músculo redondo menor posteriormente, músculo redondo maior abaixo e cabeça longa do músculo tríceps braquial, lateralmente. A artéria circunflexa escapular passa através deste espaço. O espaço triangular inferior (intervalo triangular) é limitado acima pelo músculo subescapular anteriormente e músculo redondo maior posteriormente; a cabeça longa do músculo tríceps medialmente e úmero lateralmente. O nervo radial e os vasos profundos do braço passam através deste espaço.

AXILA

LIMITES

A axila é uma região piramidal entre a parede torácica superior e o braço (Figs. 46.23, 46.24). Seu ápice rombo continua na direção da raiz do pescoço (canal cérvico-axilar) entre a borda externa da primeira costela, borda superior da escápula, superfície posterior da clavícula e face medial do processo coracoide. Sua base, que é virtual, pode ser imaginada voltada para baixo: ela é ampla no tórax e estreita no braço, e corresponde à pele e a uma espessa camada de fáscia axilar entre os bordos inferiores do músculo peitoral maior anteriormente e músculo grande dorsal posteriormente. Ela é convexa para cima, conformando-se com a concavidade da axila.

A parede anterior é formada pelos músculos peitorais maior e menor, o primeiro cobrindo toda a parede, o último sua parte intermediária. O intervalo entre a borda superior do músculo peitoral menor e a clavícula é ocupado pela fáscia clavipeitoral. A parede posterior é formada pelos músculos subescapular acima, e redondo menor e grande dorsal abaixo. A 'parede' medial é convexa lateralmente e é composta pelas quatro primeiras costelas e seus músculos intercostais associados, juntamente com a parte superior do músculo serrátil anterior. As paredes anterior e posterior convergem lateralmente: a 'parede' é estreita e consiste do sulco intertubercular umeral. O ângulo lateral aloja os músculos coracobraquial e o bíceps braquial.

CONTEÚDOS

A axila contém os vasos axilares, a parte infraclavicular do plexo braquial e seus ramos, os ramos laterais de alguns nervos intercostais, muitos linfonodos e vasos linfáticos, tecido adiposo areolar frouxo e, em muitos casos, a 'cauda axilar' da mama. Os vasos axilares e o plexo braquial trafegam do ápice para a base ao longo da parede lateral, mais próximo da parede anterior: a veia axilar é anteromedial à artéria. A obliquidade das costelas superiores significa que o tronco neurovascular, depois de emergir por trás da escápula, cruza o primeiro espaço intercostal: suas relações, portanto, são diferentes nos níveis superior e inferior. Os ramos torácicos da artéria axilar estão em contato com os músculos peitorais; a artéria torácica lateral chega à parede torácica ao longo da margem lateral do músculo peitoral menor. Os vasos subescapulares descem pela parede posterior na margem inferior do músculo subescapular. Os nervos subescapular e tóracodorsal cruzam a superfície anterior do músculo grande dorsal em inclinações diferentes. Os vasos circunflexos da escápula cruzam a borda lateral da escápula; os vasos circunflexos umerais posteriores e o nervo axilar se curvam para trás e lateralmente ao redor do colo cirúrgico do úmero.

Nenhum grande vaso se localiza na 'parede' medial, que é cruzada proximalmente somente por pequenos ramos da artéria torácica superior. O nervo torácico longo desce sobre o serrátil anterior e o nervo intercostobraquial perfura a parte anterior desta parede, cruzando a axila até sua 'parede' lateral.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Artéria supraescapular

A artéria supraescapular geralmente se origina do tronco tirocervical da artéria subclávia, apesar de poder se originar da terceira parte da artéria subclávia (Fig. 28.7). Inicialmente ela desce lateralmente através do músculo escaleno anterior e nervo frênico, posterior à veia jugular interna e ao músculo esternocleidomastóideo, a seguir cruza anteriormente à artéria subclávia e plexo braquial, posterior e paralelamente com a clavícula e músculo subclávio e ventre inferior do músculo omo-hioide, para chegar à borda superior da escápula. Aqui, passa acima (algumas vezes sob) o ligamento transverso superior, separando-o do nervo supraescapular e entra na fossa supraespinhosa (Fig. 46.25), onde se localiza sobre o osso, suprindo o músculo supraespinhoso. Ela desce por trás do colo escapular e passa através da incisura espinoglenoide profundamente ao ligamento transverso inferior para chegar à superfície profunda do músculo infraespinhoso, onde faz anastomose com a artéria circunflexa escapular e com o ramo profundo da artéria cervical profunda. Seus ramos musculares suprem os músculos esternocleidomastóideo, subclávio e infraespinhoso. Ela também emite um ramo supraesternal que cruza a extremidade esternal da clavícula para suprir a pele superior do tórax, e um ramo acromial que perfura o músculo trapézio para suprir a pele sobre o ombro. Este último ramo faz anastomose com as artérias toracoacromial e circunflexa umeral posterior.

Conforme a artéria supraescapular passa sobre o ligamento transverso superior, ela emite um ramo que entra na fossa subescapular abaixo do músculo subescapular e faz anastomoses com a artéria subescapular e o ramo profundo da artéria cervical transversa. Ela também supre as articulações acromioclavicular e glenoumeral, a clavícula e a escápula.

Artéria escapular dorsal

Na maioria dos casos, a artéria escapular dorsal se origina da terceira ou com menor frequência da segunda parte da artéria subclávia. Ela passa lateralmente através dos troncos do plexo braquial na frente do músculo escaleno médio e profundamente ao músculo levantador da escápula para atingir o ângulo superior da escápula. Aqui, ela desce com o nervo escapular dorsal por sob os músculos romboides ao longo da borda medial da escápula até seu ângulo inferior (Fig. 46.25). Ela supre os músculos romboides, grande dorsal e porção inferior do trapézio. Ela supre a pele sobre a face inferomedial do músculo trapézio, via perfurantes musculocutâneas. Faz anastomoses com as artérias supra e subesca-

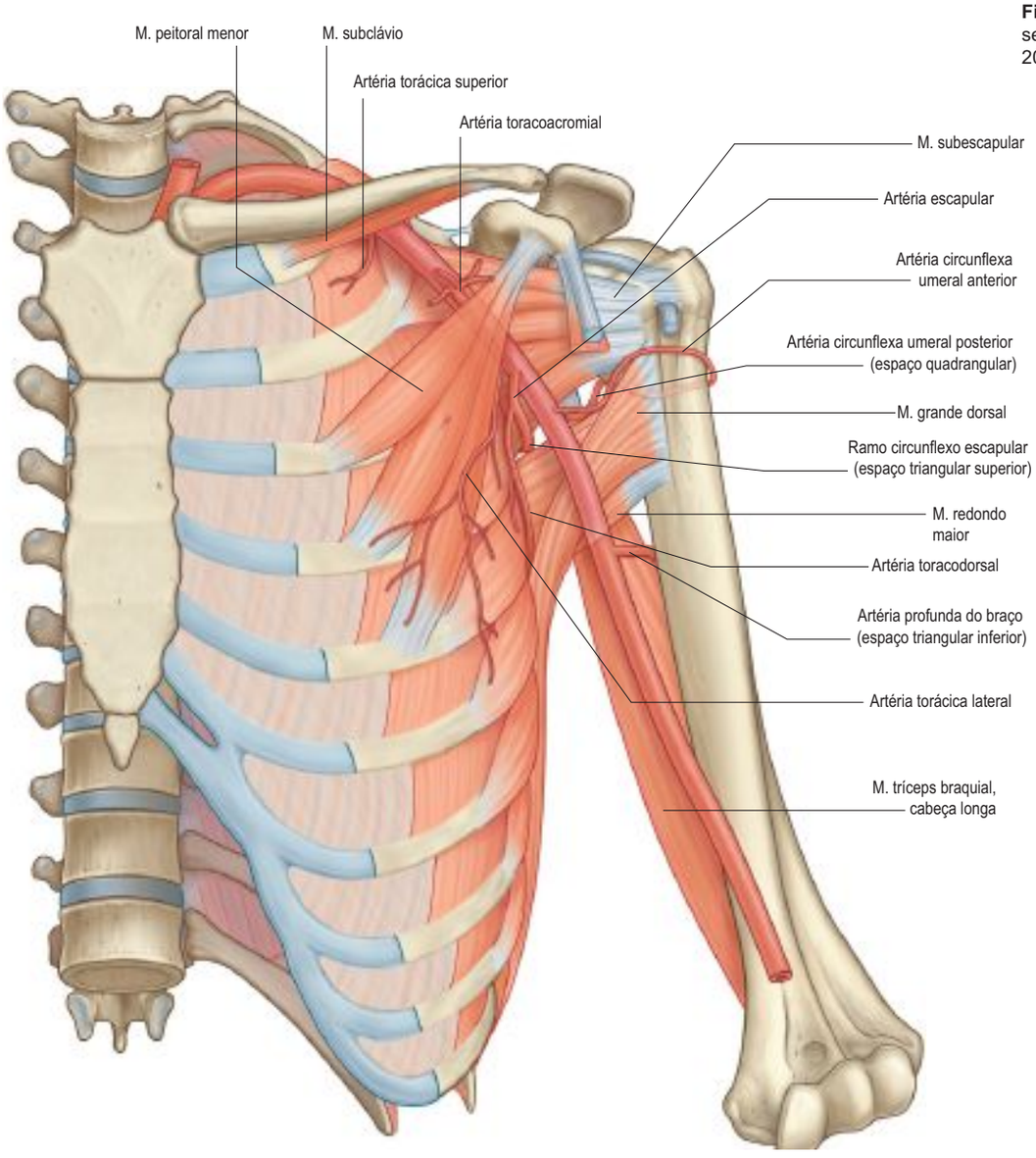


Fig. 46.24 A artéria axilar esquerda e seus ramos. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

pular e com ramos posteriores de algumas artérias intercostais posteriores. Ela envia um pequeno ramo para o músculo escaleno anterior: algumas vezes esta artéria se origina diretamente da artéria subclávia.

Variações Aproximadamente um terço das artérias cervical superficial e escapular dorsal se originam em comum do tronco tirocervical como uma artéria cervical transversa, juntamente com ramos superficial e profundo (artérias cervical superficial e escapular dorsal, respectivamente). Neste caso, a artéria escapular dorsal se origina próximo à borda superior da escápula: ela passa lateralmente, anterior ao plexo braquial e depois posterior ao músculo levantador da escápula (Fig. 46.26).

Artéria supraclavicular

Este pequeno vaso se origina das artérias cervical transversa ou cervical superficial. Ela perfura a fáscia profunda superiormente à clavícula e anterior ao músculo trapézio, suprindo uma área sobre a extremidade lateral da clavícula.

Artéria axilar

A artéria axilar, uma continuação da artéria subclávia, começa na borda externa da primeira costela e termina nominalmente na borda inferior do músculo redondo maior, aonde se torna artéria braquial. Sua direção varia com a posição do membro: ela é quase reta quando o braço é elevado em ângulos retos, côncava para cima quando o braço é elevado acima desta posição, e convexa para cima e lateralmente quando o braço está pendente. Inicialmente profunda, posteriormente se torna superficial, quando é coberta somente pela pele e pela fáscia. O músculo peitoral menor cruza o vaso, dividindo-o em três partes que são: proximal, posterior e distal ao músculo.

Relações da primeira parte A pele, fáscia superficial, o músculo platisma, os nervos supraclaviculares, fáscia profunda, fibras claviculares do músculo peitoral maior e fáscia clavipeitoral, nervo peitoral lateral e a alça da comunicação entre os nervos peitoral lateral e medial e as veias toracoacromial e cefálica são todas anteriores. O primeiro espaço intercostal e o músculo intercostal externo, primeira e segundas digitações do músculo serrátil anterior, nervos torácico longo e peitoral medial e fascículo medial do plexo braquial são todos posteriores. O fascículo posterior do plexo braquial é lateral e a veia axilar é anteromedial. A primeira parte fica envolta, com a veia axilar e plexo braquial por uma bainha axilar fibrosa, que é contínua com a camada pré-vertebral da fáscia cervical profunda.

Relações da segunda parte

A pele, fáscia superficial e profunda, e os músculos peitorais maior e menor são todos anteriores. O fascículo posterior do plexo braquial e o tecido areolar entre ela e o músculo subescapular são posteriores. A veia axilar é medial, separada da artéria pelo fascículo medial do plexo braquial e pelo nervo peitoral medial. O fascículo lateral do plexo braquial é lateral, separando a artéria do músculo coracobraquial. Estes fascículos do plexo braquial circundam a segunda parte nos três lados, com as disposições implicadas em seus nomes, e separam-na da veia e músculos adjacentes.

Relações da terceira parte

O músculo peitoral maior e, distal ao músculo, a pele e fáscia, são anteriores. A parte inferior do músculo subescapular e os tendões dos músculos grande dorsal e redondo maior são posteriores. O músculo coracobraquial é lateral e a veia axilar é medial. Os ramos do plexo braquial são dispostos da seguinte forma: lateralmente, a raiz lateral e depois o tronco do nervo mediano e, por uma pequena distância, o nervo musculocutâneo; medialmente, o nervo cutâneo medial do antebraço entre a

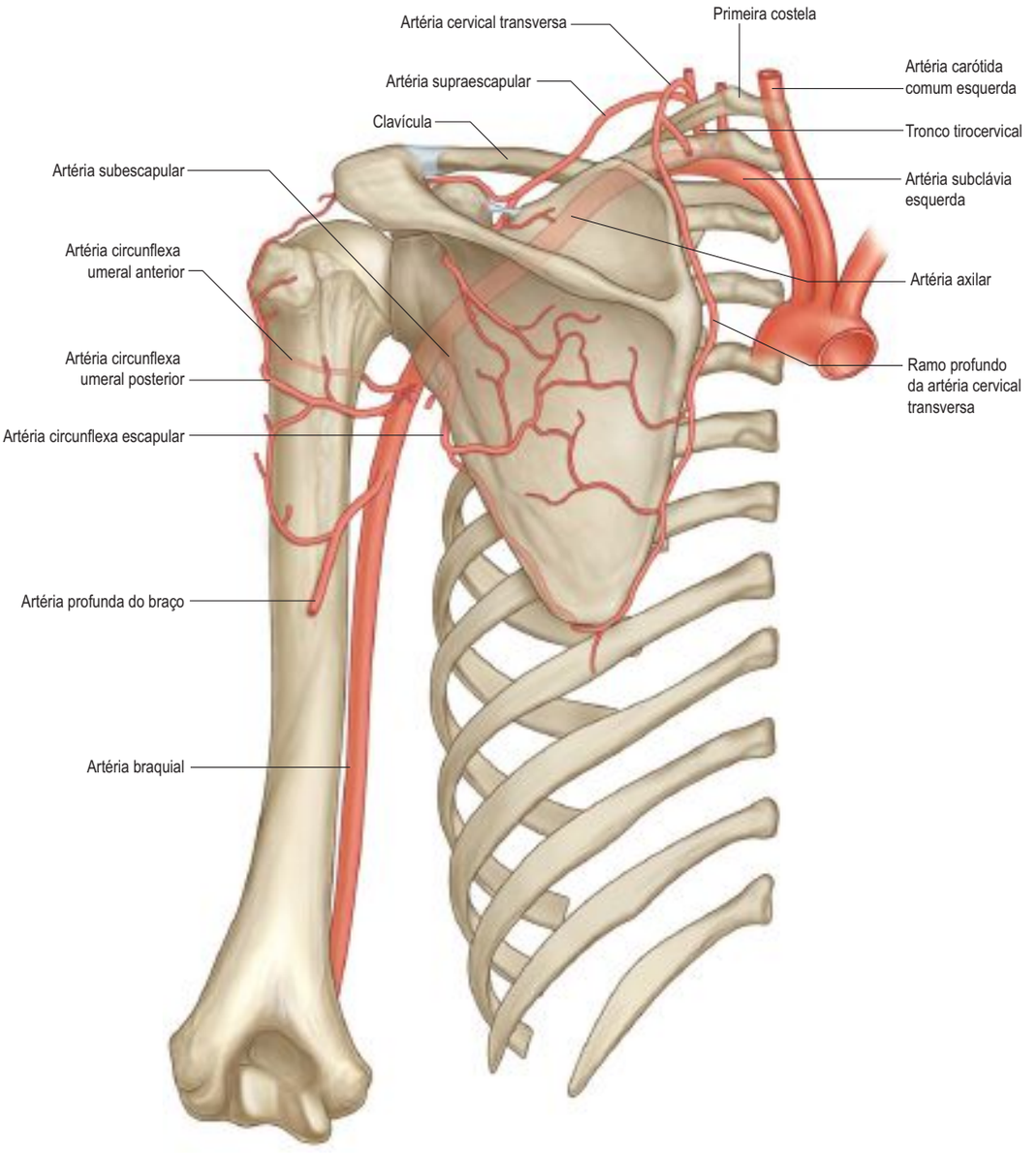


Fig. 46.25 As anastomoses escapulares do lado esquerdo. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

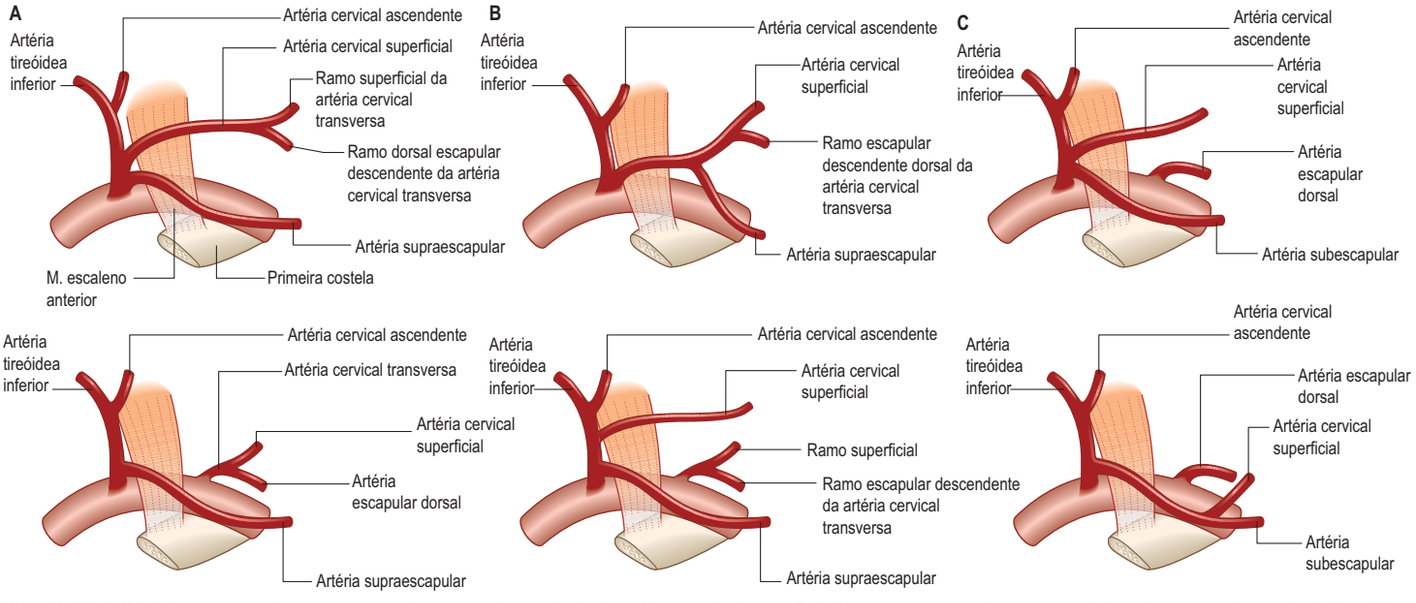


Fig. 46.26 A-F, Variações na origem e ramos do tronco tirocervical. A artéria cervical superficial é o vaso reparado que se origina do tronco tirocervical (**C** e **E**) ou da artéria supraescapular (**D**), que supre o território do ramo superficial da artéria cervical transversa (ausente). (Com permissão de Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

artéria e veia axilar anteriormente e o nervo ulnar entre estes vasos posteriormente; anteriormente, a raiz medial do nervo mediano; posteriormente, os nervos radial e axilar, sendo o último somente em relação à borda distal do músculo subescapular.

Ramos

Os ramos da artéria axilar são as artérias torácica superior, toracoacromial, torácica lateral, subescapular, circunflexas umerais anterior e posterior.

Artéria torácica superior

A artéria torácica superior é um pequeno vaso que se origina da primeira parte da artéria axilar, próximo à borda inferior do músculo subclávio; algumas vezes ela se origina da artéria tóraco-acromial (Fig. 46.24). Ela trafega anteromedialmente acima da borda medial do músculo peitoral menor, a seguir passa por entre este músculo e o músculo peitoral maior para chegar até a parede torácica. Ela supre estes músculos e a parede torácica, e faz anastomoses com as artérias torácica interna e intercostal superior.

Artéria toracoacromial (acromiotorácica)

A artéria tóraco-acromial é um ramo curto que se origina da segunda parte da artéria axilar (Figs. 28.7, 46.19). Inicialmente ela é coberta pelo músculo peitoral menor, cruzando sua borda medial; a seguir, perfura a fáscia clavipeitoral e se divide em ramos peitoral, acromial, clavicular e deltoide, que suprem os músculos peitoral maior e menor, uma área de pele sobre a fáscia clavipeitoral e a porção anterior do músculo deltoide.

Ramo peitoral O ramo peitoral é o maior ramo. Ele desce entre os músculos peitorais, emite um ramo para o músculo peitoral menor e continua na superfície profunda do peitoral maior. Ele penetra no músculo e faz anastomose com os ramos intercostais da artéria torácica interna e com a artéria torácica lateral. Ele emite ramos perfurantes para a mama e perfurantes musculocutâneos para a pele sobre o músculo peitoral maior.

Ramo acromial O ramo acromial cruza o processo coracoide sob o músculo deltoide, suprindo-o, perfura o músculo e termina no acrômio. Faz anastomose com ramos da artéria supraescapular, com o ramo deltoide da artéria tóraco-acromial e artérias circunflexas umerais posteriores.

Ramo clavicular O ramo clavicular ascende medialmente entre a parte clavicular do músculo peitoral maior e fáscia clavipeitoral. Ela supre a articulação esternoclavicular e o músculo subclávio.

Ramo deltóideo O ramo deltóideo geralmente se origina com o ramo acromial. Ele cruza o músculo peitoral menor para acompanhar a veia cefálica por entre os músculos peitoral maior e deltoide, suprindo ambos os músculos.

Artéria torácica lateral

A artéria torácica lateral se origina da segunda parte da artéria axilar. Acompanhando a borda lateral do músculo peitoral menor, ela passa para a superfície profunda do músculo peitoral maior o mais distalmente no nível do quinto espaço intercostal. Ela supre os músculos serrátil anterior e peitorais, os linfonodos axilares e o músculo subescapular. Ela faz anastomoses com as artérias torácica interna, subescapular, e intercostal e com o ramo peitoral da artéria toracoacromial. Em mulheres, ela é grande e possui ramos mamários laterais, que se curvam ao redor da borda lateral do músculo peitoral maior na direção da mama. Tanto em homens como em mulheres, dá origem a ramos cutâneos que passam ao redor da borda lateral do músculo peitoral maior para suprir a pele desta região.

Artéria subescapular

A artéria subescapular é o maior ramo da artéria axilar (Figs. 46.24, 46.25). Ela geralmente se origina da terceira parte da artéria axilar na borda distal (inferior) do músculo subescapular, a qual acompanha até o ângulo inferior da escápula, aonde faz anastomoses com as artérias torácica lateral e intercostal e cm o ramo profundo da artéria cervical transversa. Ela supre os músculos adjacentes e a parede torácica. Ela é acompanhada distalmente pelo nervo para o músculo grande dorsal. A aproximadamente 4 cm de sua origem, a artéria subescapular se divide em artérias circunflexa escapular e toracodorsal.

Artéria circunflexa escapular

A artéria circunflexa escapular, a maior entre os dois ramos terminais da artéria subescapular, se curva para trás ao redor da borda lateral da escápula, atravessando um espaço triangular entre os músculos subescapular acima e redondo maior abaixo e cabeça longa do tríceps braquial lateralmente. Ela entra na fossa infraespinhosa sob o músculo redondo menor e a seguir, se divide. Um ramo (infraescapular) entra na fossa subescapular profundo ao músculo subescapular e faz anastomoses com as artérias supraescapular e escapular dorsal (ou ramo profundo da artéria cervical transversa). O outro ramo continua ao longo da borda lateral da escápula entre os músculos redondo maior e menor e posteriormente ao ângulo inferior, faz anastomose com a artéria escapular dorsal. Pequenos ramos suprem a parte posterior do músculo deltoide e cabeça longa do músculo tríceps braquial e anastoma-se com um ramo ascendente da artéria profunda do braço.

Dois ramos cutâneos significantes se originam da artéria circunflexa escapular em sua emergência através do espaço triangular superior. O ramo superior ou horizontal é uma artéria cutânea direta que passa medialmente no nível da fáscia profunda em paralelo com a espinha da escápula: ela supre uma faixa de pele sobre a espinha da escápula. O ramo inferior (ramo paraescapular) também é um vaso cutâneo direto que passa em uma direção inferomedial, novamente no nível da fáscia profunda, e supre uma área de pele sobre a borda lateral da escápula. Estes dois vasos cutâneos fornecem a base anatômica para retalhos de pele que podem ser retirados cirurgicamente nesta região (retalho escapular baseado no ramo horizontal e retalho para-escapular baseado no ramo para-escapular inferior) para reconstruir áreas de ausência de tecido em qualquer local do corpo.

Artéria toracodorsal

O outro ramo terminal da artéria subescapular, a artéria tóracodorsal, acompanha a borda lateral da escápula, posterior à artéria torácica lateral, entre o músculo grande dorsal e o músculo serrátil anterior. Antes de penetrar na superfície profunda do músculo grande dorsal, ela supre o músculo redondo maior e os músculos intercostais e envia um ou dois ramos para o músculo serrátil anterior. Ela penetra no músculo grande dorsal juntamente com o nervo toracodorsal: este constitui o principal pedículo neurovascular para o músculo. A porção intramuscular da artéria faz anastomose com as artérias intercostais e artérias perfurantes lombares.

Artéria circunflexa anterior do úmero

A artéria circunflexa anterior do úmero se origina na face lateral da artéria axilar na borda distal do músculo subescapular. Ela passa horizontalmente por trás do músculo coracobraquial e da cabeça curta do músculo bíceps braquial, anteriormente ao colo cirúrgico do úmero. Chegando ao sulco intertubercular, ela envia um ramo ascendente para suprir a cabeça umeral e a articulação do ombro. Ela continua lateralmente por sob a cabeça longa dos músculos bíceps braquial e deltoide, fazendo anastomose com a artéria circunflexa posterior do úmero.

Artéria circunflexa posterior do úmero

A artéria circunflexa posterior do úmero é mais calibrosa do que sua circunflexa anterior (Figs. 46.25, 46.27). Ela se origina a partir da terceira parte da artéria axilar na borda distal do músculo subescapular e passa para trás juntamente com o nervo axilar através do espaço quadrangular, que é limitado pelo músculo subescapular, pela cápsula da articulação do ombro e músculo redondo menor acima, músculo redondo maior abaixo, cabeça longa do músculo tríceps braquial medialmente e pelo colo cirúrgico do úmero lateralmente. Ela se curva ao redor do colo umeral para suprir a articulação do ombro, músculos deltoide, redondo maior e menor, e cabeças longa e lateral do tríceps braquial. Ela emite um ramo descendente que faz anastomose com o ramo deltóideo da artéria braquial profunda e com a artéria circunflexa anterior do úmero e com ramos acromiais das artérias supraescapular e toracoacromial.

Variações

Os ramos exibem considerável variação. Uma artéria alar torácica, geralmente originada da segunda parte da artéria axilar, pode suprir o tecido adiposo e linfonodos na axila. A artéria torácica lateral pode estar ausente, caso no qual é substituída pelos ramos perfurantes laterais das artérias intercostais, alternativamente, pode se tornar, ou emitir, um vaso cutâneo direto (denominado artéria torácica superficial por alguns autores) que supre a pele sobre a borda lateral do músculo peitoral maior. Em até 30% dos casos, a artéria subescapular pode se originar de um tronco comum com a artéria circunflexa posterior do úmero. Ocasionalmente, as artérias subescapular, circunflexas do úmero e braquial profunda se originam de um tronco comum; neste caso, ramos do plexo braquial envolvem este vaso comum ao invés da artéria axilar. A artéria circunflexa posterior do úmero pode se originar da artéria braquial profunda e passar para trás por trás do músculo redondo maior, ao invés de atravessar o espaço quadrangular. Algumas vezes a artéria axilar se divide em artéria radial e ulnar ('alta divisão' anômala), e ocasionalmente é a origem da artéria interóssea anterior.

VEIAS

Veia axilar

A veia axilar é a continuação da veia basílica. Ela começa na borda inferior do m. redondo maior e sobe em direção à borda externa da primeira costela, onde se torna a veia subclávia. Ela se une com a veia braquial próximo ao m. subescapular e com a veia cefálica próximo da extremi-

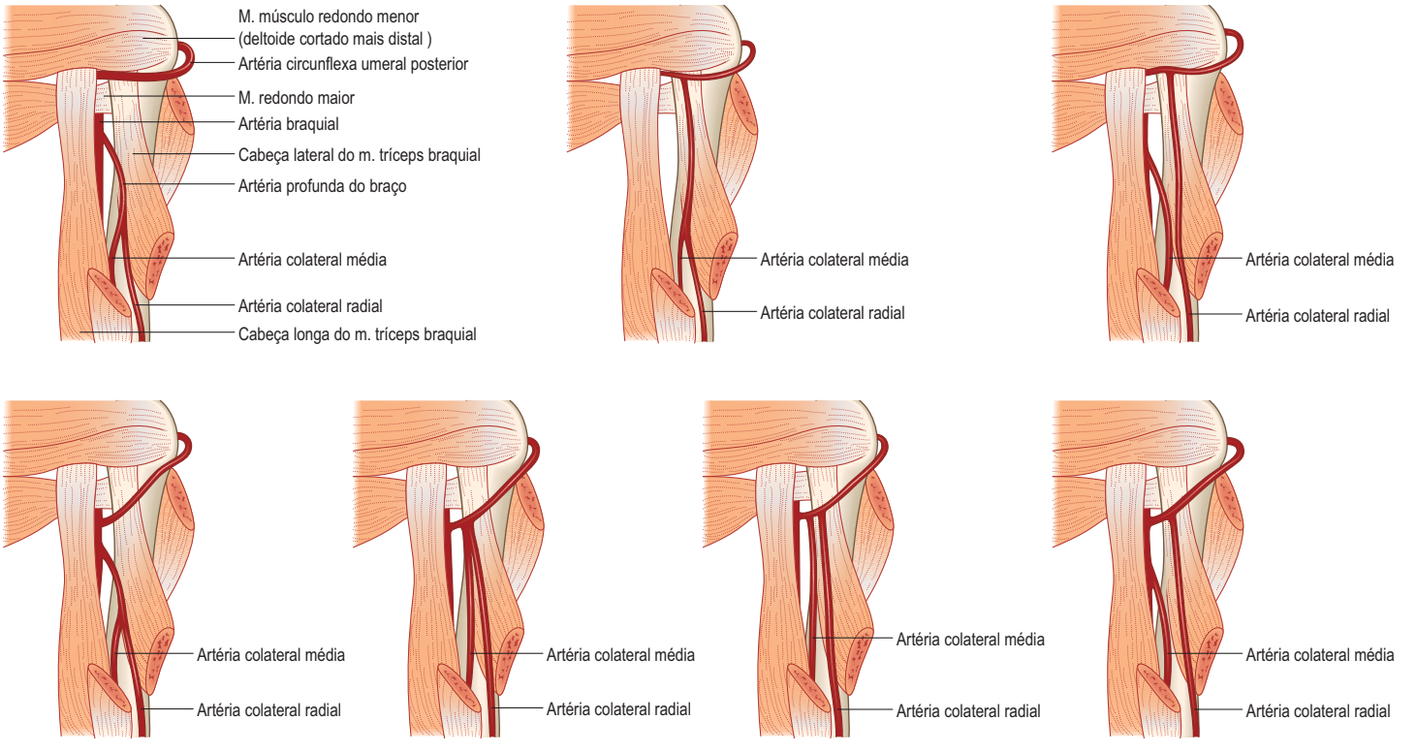


Fig. 46.27 Variação na origem e no trajeto da artéria circunflexa posterior do úmero. A artéria axilar, mostrada em vermelho, trafega anteriormente ao nervo radial. (Com permissão de Cormack CG, Lambert BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

dade costal; outras tributárias são as veias satélites dos ramos arteriais da artéria axilar. Ela se localiza medialmente à artéria axilar, superpondo-a parcialmente. O nervo peitoral medial, o fascículo medial do plexo braquial, o nervo ulnar e o nervo cutâneo medial do antebraço se localizam entre a artéria e a veia; o grupo lateral dos linfonodos axilares é posteromedial. Há um par de válvulas próximo à sua extremidade distal, e válvulas também ocorrem próximo às extremidades das veias cefálica e subescapular.

Veia subclávia

A veia subclávia é uma continuação da veia axilar. Ela se estende da borda externa da primeira costela até a borda medial do músculo escaleno anterior, onde se une à veia jugular interna para formar a veia braquiocefálica. A clavícula e o músculo subclávio são anteriores, a artéria subclávia é posterossuperior, separada pelo músculo escaleno superior e pelo nervo frênico; a primeira costela e a pleura são inferiores. A veia geralmente possui um par de válvulas a aproximadamente 2 cm de seu término. Suas tributárias são as veias jugular externa, dorsal da escápula e (algumas vezes) as veias jugulares anteriores e, ocasionalmente, uma pequena divisão da veia cefálica que sobe anteriormente à clavícula. Em sua junção com a veia jugular interna, a veia subclávia esquerda recebe o ducto torácico: a veia subclávia direita recebe nesta mesma situação, o ducto linfático direito.

LINFONODOS AXILARES

Existem entre 20 a 30 linfonodos axilares, que podem ser divididos em cinco grupos não totalmente distintos, a saber: lateral, anterior (peitoral), posterior (subescapular), central e apical (Figs. 45.6, 46.28, 54.21). Quatro dos grupos são intermediários e somente o grupo apical é terminal. Coletivamente, eles drenam a linfa de todo o membro superior, mama e tronco acima do umbigo.

O grupo lateral de quatro a seis linfonodos é posterolateral à veia axilar, seus vasos aferentes drenam todo o membro, exceto os vasos que acompanham a veia cefálica (Figs. 45.6, 46.28, 54.21). Seus vasos eferentes passam parcialmente para os grupos axilares central e apical, e parcialmente para os linfonodos cervicais profundos. O grupo anterior de quatro ou cinco linfonodos se espalha ao longo da borda inferior do músculo peitoral menor, próximo aos vasos torácicos laterais. Seus vasos aferentes drenam a pele e músculos da parede corporal supraumbilical anterior e mama, e seus eferentes passam parcialmente para os linfonodos centrais e parcialmente para os linfonodos apicais axilares. O grupo posterior de seis ou sete linfonodos se localiza na margem inferior da parede axilar posterior, ao longo dos vasos subescapulares. Seus vasos aferentes drenam a pele e os músculos superficiais da região posterior inferior do pescoço e a face dorsal do tronco até a crista ilíaca, e seus eferentes passam para os linfonodos axilares apicais e centrais. Um grupo central de três ou quatro grandes linfonodos envoltos pelo tecido adiposo axilar recebe vasos aferentes de todos os grupos anteriores e seus eferentes drenam para os linfonodos apicais. Um grupo apical de seis a doze linfonodos localiza-se parcialmente posterior à parte superior do músculo peitoral menor e parcialmente acima de sua borda superior, se estendendo até o ápice da axila medialmente à veia axilar. Os únicos aferentes territoriais diretos são aqueles que acompanham a veia cefálica ou alguns dos quais drenam a região periférica superior da mama: o grupo drena todos os outros linfonodos axilares. Seus vasos eferentes se unem como o tronco subclávio e drenam diretamente para a junção venosa jugulo-subclávia, ou na veia subclávia, ou no tronco linfático jugular ou (ocasionalmente) para o ducto linfático direito; o tronco esquerdo geralmente termina no ducto torácico. Alguns eferentes dos linfonodos apicais geralmente chegam aos linfonodos cervicais profundos inferiores.

Um ou dois linfonodos infraclaviculares aparecem ao lado da veia cefálica, no sulco entre os músculos peitoral maior e deltoide, inferiormente à clavícula. Seus eferentes passam através da fáscia clavipeitoral para os linfonodos axilares. Ocasionalmente, alguns passam anteriormente à clavícula, na direção dos linfonodos cervicais inferiores profundos (supraclaviculares)

INERVAÇÃO

PLEXO BRAQUIAL

Para uma revisão do plexo braquial veja página 779 e Figura 45.7.

Na axila, os fascículos lateral e posterior do plexo braquial são laterais à primeira parte da artéria axilar e o fascículo medial fica atrás da artéria. Os fascículos circundam a segunda parte da artéria, com seus nomes indicando seus relacionamentos. Na região inferior da axila, os fascículos se dividem em nervos que suprem a extremidade livre do membro superior (Fig. 46.29). Com exceção da raiz medial do nervo mediano, estes nervos estão relacionados com a terceira parte da artéria axilar da mesma forma que os outros fascículos se relacionam com sua segunda parte, isto é, ramos do fascículo lateral são laterais à artéria, ramos do fascículo medial são mediais à artéria e ramos do fascículo posterior são posteriores a ela.

Os ramos do plexo braquial podem ser descritos como supraclaviculares e infraclaviculares.

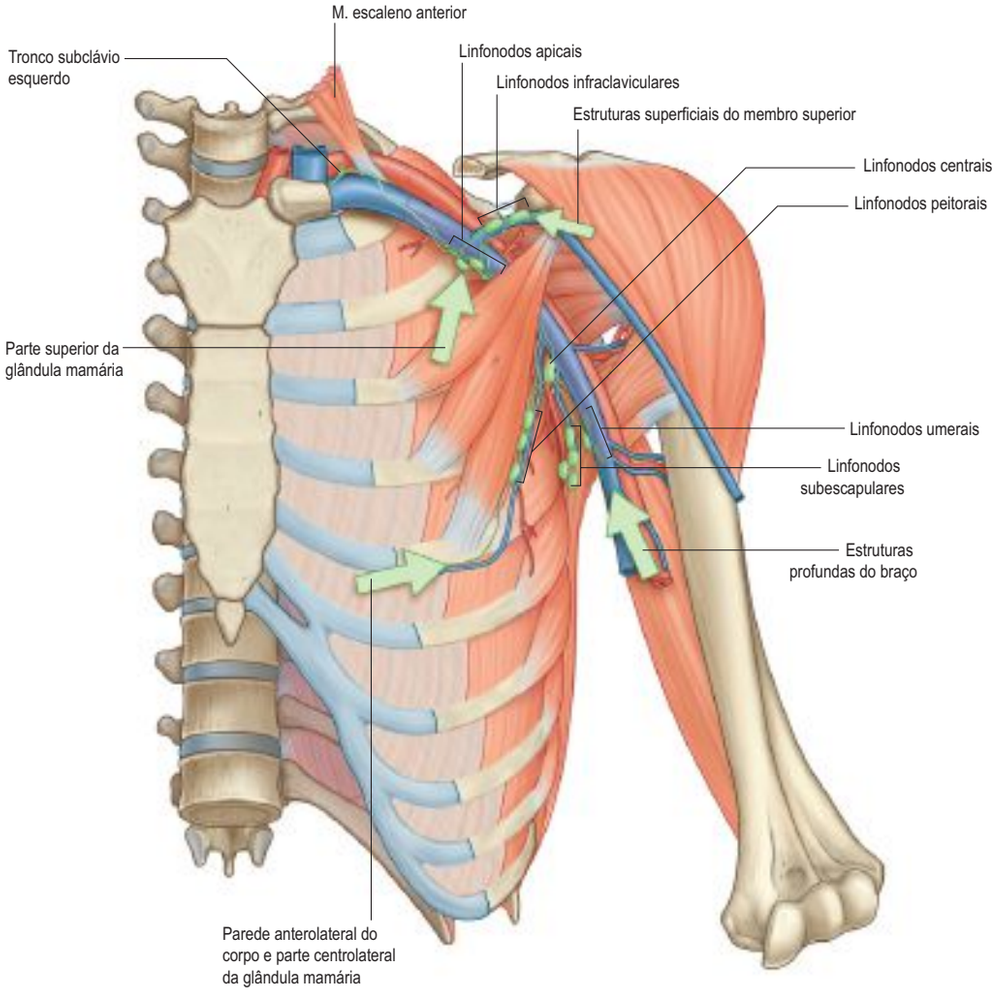


Fig. 46.28 Linfonodos e vasos na axila esquerda (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

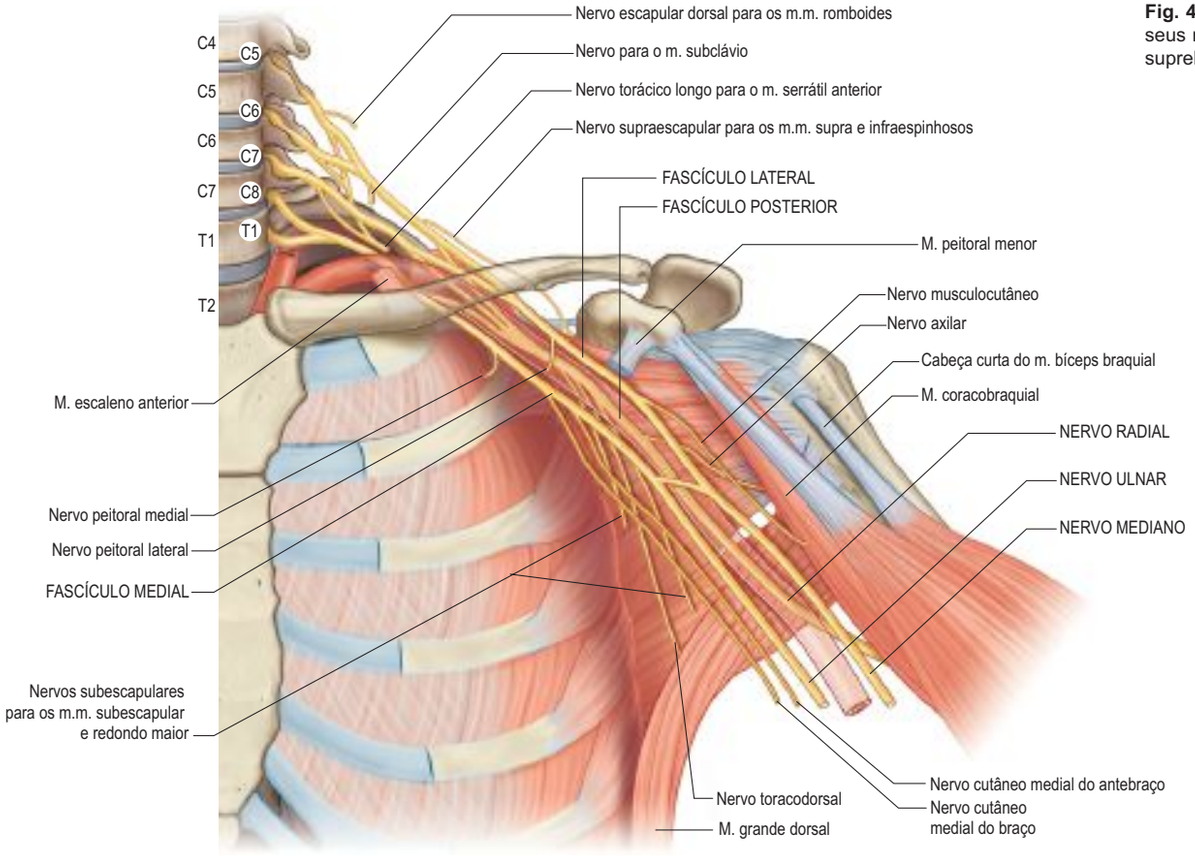


Fig. 46.29 O plexo braquial, seus ramos e músculos que supreMúsculo A artéria

Ramos supraclaviculares

Os ramos supraclaviculares se originam das raízes ou dos troncos da seguinte maneira:

Das raízes	1. Nervos para os m.m. escalenos e longo do pescoço	C5, 6, 7, 8
	2. Ramo para o nervo frênico	C5
	3. Nervo dorsal escapular	C5
	4. Nervo torácico longo	C5, 6 (7)
Dos troncos	1. Nervo para o m. subclávio	C5, 6
	2. Nervo supraescapular	C5, 6

O nervo dorsal da escápula é origina-se do quinto ramo cervical ventral, perfura o músculo escaleno médio, passa por trás do músculo levantador da escápula, ocasionalmente suprindo-o e juntamente com o ramo profundo da artéria escapular dorsal se dirige para os músculos romboides, os quais supre.

Nervo torácico longo

O nervo torácico longo geralmente é formado pelas raízes ventrais do quinto ao sétimo ramos cervicais, apesar do último ramo poder estar ausente (Fig. 46.30). As duas raízes superiores perfuram o músculo escaleno médio obliquamente, unindo-se no músculo ou lateralmente a ele. O nervo desce dorsalmente ao plexo braquial e à primeira parte da artéria axilar, cruzando a borda superior do músculo serrátil anterior para atingir sua superfície lateral. Pode se unir a uma raiz de C7, que emerge entre o músculo escaleno anterior e o m.escaleno médio, descendo na superfície lateral do médio. O nervo continua para baixo até a borda inferior do músculo serrátil anterior e emite ramos para cada uma de suas digitações.

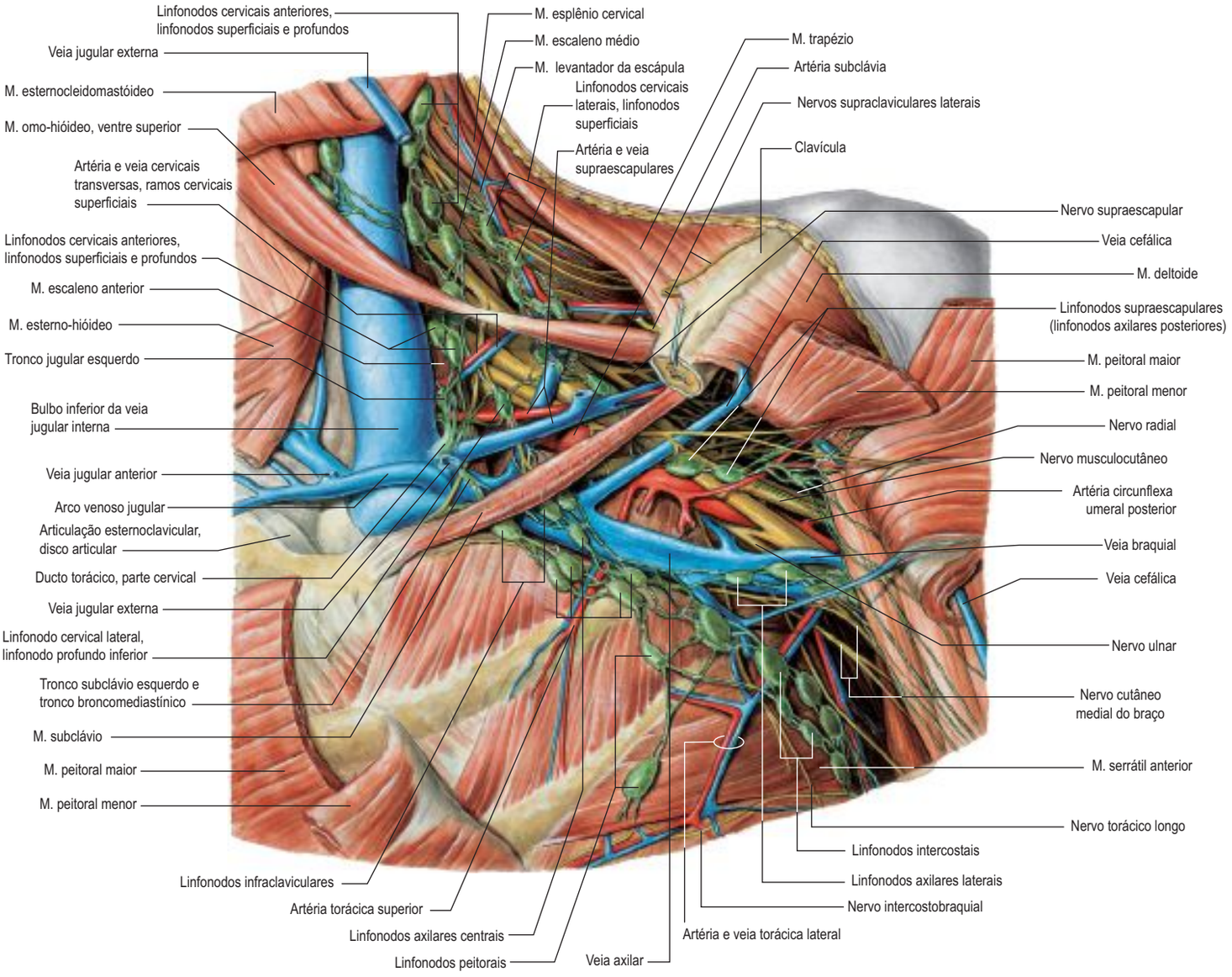
O nervo torácico longo é o nervo mais comumente afetado pela amiotrofia neurálgica. A escápula alada pode ser a única manifestação clínica: ela é mais bem demonstrada solicitando-se ao paciente para empurrar contra resistência com o braço estendido no cotovelo e fletido em 90 graus no ombro.

Nervo para o subclávio

O nervo para o músculo subclávio é pequeno e se origina próximo à junção do quinto e sexto ramos ventrais cervicais. Ele desce anteriormente ao plexo e terceira parte da artéria subclávia e geralmente está conectado ao nervo frênico. Ele passa acima da veia subclávia para suprir o músculo subclávio.

Nervo supraescapular

O nervo supraescapular é um grande ramo do tronco superior (Fig. 28.17). Ele dirige-se lateralmente, profundamente aos músculos trapézio e omo-hioide, e entra na fossa supraespinhosa através da incisura supraescapular, inferiormente ao ligamento escapular transverso superior. Ele passa profundamente ao músculo supraespinhoso, suprindo-o, curvando-se ao redor da borda lateral da espinha da escápula juntamente com a artéria supraescapular para chegar até a fossa infraespinhosa, onde emite dois ramos para o músculo infraespinhoso e ramos articulares para as articulações do ombro e acromioclavicular. O nervo supraescapular raramente



axilar, mostrada em vermelho, trafega anteriormente ao nervo radial. Os níveis vertebrais são denominados C4-T2. As raízes nervosas são denominadas C5-T1 (círculos brancos).

possui um ramo cutâneo. Quando presente, perfura o músculo deltoide próximo à ponta do acrômio e supre a pele do terço proximal do braço dentro do território do nervo axilar.

Lesões do nervo supraescapular A causa mais comum envolvendo o nervo supraescapular é a amiotrofia neurálgica. Uma neuropatia por encarceramento pode ocorrer na incisura escapular, geralmente relacionada com um cisto degenerativo que se origina no lábio inferior da cavidade glenoide, ou o nervo pode ser danificado por trauma sobre a escápula e ombro. Observa-se dor no ombro, com atrofia e fraqueza dos músculos supra e infraespinhosos.

Ramos infraclaviculares

Os ramos infraclaviculares se originam dos fascículos, mas seus axônios podem ser acompanhados até os nervos espinais, detalhados no quadro abaixo:

Fascículo lateral	N. peitoral lateral	C5, 6, 7
	N. musculocutâneo	C5, 6 7
	Raiz lateral do n. mediano	C(5), 6, 7
Fascículo medial	N. peitoral medial	C8, T1
	N. cutâneo medial do antebraço	C8, T1
	N. cutâneo medial do braço	C8, T1
	N. Ulnar	C(7), 8, T1
	Raiz medial do n. mediano	C8, T1
Fascículo posterior	N. subescapular superior	C5, 6
	N. toracodorsal	C6, 7,8
	N. subescapular inferior	C5, 6
	N. axilar	C5, 6
	N. radial	C5, 6, 7, 8, (T1)

Nervo peitoral lateral

O nervo peitoral lateral é maior do que o medial, e pode se originar das divisões anteriores dos troncos superior e médio, ou através de uma raiz única do fascículo lateral. Seus axônios derivam do quinto ao sétimo ramos cervicais. Ele cruza anteriormente a artéria e veia axilar, perfura a fáscia clavipeitoral e supre a superfície profunda do músculo peitoral maior. Envia um ramo para o nervo peitoral medial, formando uma alça na frente da primeira parte da artéria axilar (Fig. 46.30), para suprir algumas fibras para o músculo peitoral menor.

Nervo peitoral medial

O nervo peitoral medial é derivado do oitavo ramo cervical e dos primeiros ramos ventrais torácicos e ramos do fascículo medial, enquanto o último localiza-se posteriormente à artéria axilar. Ele se curva para a frente entre a artéria axilar e a veia. Anteriormente à artéria, se une a um ramo do nervo peitoral lateral e penetra na face profunda do músculo peitoral menor, suprindo-o. Dois ou três ramos perfuram o músculo peitoral menor, e outros podem passar ao redor de sua borda inferior e terminar no músculo peitoral maior.

Nervo subescapular superior

O nervo subescapular superior é menor do que o inferior. Ele se origina do fascículo posterior (C5 e 6), penetra no músculo subescapular em um nível alto e frequentemente se duplica.

Nervo subescapular inferior

O nervo subescapular inferior se origina do fascículo posterior (C5 e 6). Ele supre a parte inferior do músculo subescapular e termina no músculo redondo maior, que algumas vezes é suprido por um ramo separado.

Nervo toracodorsal

O nervo tóracodorsal se origina do fascículo posterior (C6 a 8) entre os nervos subescapulares. Ele acompanha a artéria subescapular ao longo da parede axilar posterior e supre o músculo grande dorsal, chegando à sua borda distal.

Nervo axilar

O nervo axilar se origina do fascículo posterior (C5,6) (Fig. 46.22). Inicialmente, ele é lateral ao nervo radial, posterior à artéria axilar e anterior ao músculo subescapular. Na borda inferior do músculo subescapular ele se curva para trás inferiormente à cápsula articular da articulação escápulo-umeral e, com os vasos circunflexos posteriores do úmero , atravessa o espaço quadrangular limitado acima pelos músculos subescapular (anterior) e redondo menor (posterior), abaixo pelo músculo redondo maior, medialmente pela cabeça longa do músculo tríceps braquial e lateralmente pelo colo cirúrgico do úmero. Ele se divide no espaço em ramos anterior e posterior. O ramo anterior se curva ao redor do colo do úmero juntamente com os vasos circunflexos posteriores, profundamente ao músculo deltoide. Ele chega à borda anterior do músculo, suprindo-o e emite alguns ramos cutâneos que perfuram o músculo deltoide e se ramificam na pele sobre sua parte inferior. O ramo posterior passa medial e posteriormente ao longo da origem da cabeça lateral do músculo tríceps braquial, inferiormente à borda da cavidade glenoide. Ele geralmente se localiza medialmente ao ramo anterior no espaço quadrangular. Ele emite o nervo para o músculo redondo menor e o nervo cutâneo superior lateral do braço na borda lateral da origem da cabeça longa do músculo tríceps braquial. O nervo para o músculo redondo menor penetra no músculo em sua superfície inferior. O ramo posterior frequentemente supre a face posterior do músculo deltoide, geralmente através de um ramo separado originado do tronco principal, ocasionalmente do nervo cutâneo lateral superior do braço. Entretanto, a parte posterior do músculo deltoide possui um suprimento mais consistente do ramo anterior do nervo axilar, que deve ser lembrado ao se realizar uma abordagem posterior através do músculo deltoide para o ombro. O nervo cutâneo lateral superior do braço perfura a fáscia profunda na borda medial da face posterior do músculo deltoide e supre a pele sobre a parte inferior do músculo deltoide e a parte superior da cabeça longa do músculo tríceps braquial. O ramo posterior está intimamente relacionado com a margem inferior da cavidade glenoide e a cápsula da articulação do ombro, o que pode colocar o nervo em risco durante a plicatura capsular ou procedimentos de encolhimento térmico da cápsula articular (Ball *et al.*, 2003). Geralmente há dilatação ou pseudogânglio no ramo para o redondo menor. O tronco axilar emite um ramo para a articulação do ombro abaixo do músculo subescapular.

Lesões do nervo axilar As causas mais comuns das lesões do nervo axilar são trauma (luxação do ombro, fratura do colo cirúrgico do úmero) e amiotrofia neurálgica. Observa-se atrofia e fraqueza do músculo deltoide, que geralmente é evidente clinicamente, e uma região de perda sensitiva na face externa do braço. Isto pode ser diferenciado de uma lesão da raiz C5 ao encontrarmos função normal na distribuição do nervo supraescapular.

Nervo musculocutâneo

O nervo musculocutâneo se origina do fascículo lateral (C5-7), oposto à borda inferior do músculo peitoral menor (Fig. 46.30). Ele perfura o músculo coracobraquial e desce lateralmente entre os músculos bíceps braquial e braquial para a face lateral do braço. Logo abaixo do cotovelo, ele perfura a fáscia profunda lateralmente ao tendão do músculo bíceps braquial, e continua como nervo cutâneo lateral do antebraço. Uma linha traçada da face lateral da terceira parte da artéria axilar através do músculo coracobraquial e bíceps braquial para a face lateral do tendão do bíceps é uma projeção superficial para o nervo (mas isto varia de acordo com o seu ponto de entrada no músculo coracobraquial). Ele supre o músculo coracobraquial, ambas as cabeças do bíceps e grande parte do músculo braquial. O ramo para o músculo coracobraquial é emitido antes do nervo musculocutâneo entrar no músculo: suas fibras se originam do sétimo ramo cervical e podem se originar diretamente do fascículo lateral. Ramos para os m.músculo bíceps braquial e braquial se originam depois que o nervo musculocutâneo perfura o músculo coracobraquial: o ramo para o músculo braquial também supre a articulação do cotovelo. O nervo musculocutâneo emite um pequeno ramo para o úmero, que entra na diáfise juntamente com a artéria nutrícia.

Lesões do nervo musculocutâneo A lesão isolada do nervo musculocutâneo é rara, mas pode ocorrer nas lesões sobre o braço e ombro, isto é, fraturas do úmero, e em pacientes com amiotrofia neurálgica. Observa-se uma fraqueza acentuada da flexão do cotovelo, porque o músculo bíceps braquial e grande parte do músculo braquial estão paralisados, e dano sensitivo na face extensora do antebraço na distribuição do nervo cutâneo lateral do antebraço. Dor e parestesia podem ser agravadas pela extensão do cotovelo.

Nervo cutâneo medial do braço

O nervo cutâneo medial do braço é o menor e o ramo mais medial do plexo braquial e se origina do fascículo medial (C8, T1). Ele cruza a axila, anterior ou posterior à veia axilar, depois passa medialmente em relação a esta veia, fazendo comunicação com o nervo intercostobraquial e desce medialmente à artéria braquial e veia basílica. Ele perfura a fáscia profunda no ponto médio do braço para suprir a pele sobre a face medial do terço distal do braço.

Nervo cutâneo medial do antebraço

O nervo cutâneo medial do antebraço se origina do fascículo medial (C8, T1). Ele é descrito com maiores detalhes nas páginas XXX e XXX.

Nervo mediano

O nervo mediano possui duas raízes originadas dos fascículos lateral (C5, 6, 7) e medial (C8, T1), que envolvem a terceira parte da artéria axilar e

se unem anterior ou lateralmente a ela (Fig. 46.30). Algumas fibras de C7 geralmente deixam a raiz lateral na parte inferior da axila e passam distomedialmente posterior à raiz medial, e geralmente anterior à artéria axilar, para se unir ao nervo ulnar. Pode haver um ramo de origem no sétimo ramo ventral cervical. Clinicamente, acredita-se que ele seja principalmente motor e para o suprimento do músculo flexor ulnar do carpo. Se a raiz lateral é pequena, o nervo musculocutâneo (C5, 6, 7) se conecta com o nervo mediano no braço.

Nervo ulnar

O nervo ulnar se origina do fascículo medial (C8, T1), mas geralmente recebe fibras do ramo ventral de C7 (Fig. 46.30). Ele passa distalmente através da axila, medial à artéria axilar, entre a artéria e a veia. Ele é descrito em maiores detalhes na página 827.

Nervo radial

O nervo radial é o ramo mais calibroso do plexo braquial. Ele se origina do fascículo posterior (C5, 6, 7, 8 (T1)) (Fig. 46.22) e desce por trás da terceira parte da artéria axilar e parte superior da artéria braquial, anteriormente ao m. subescapular e tendões dos músculos grande dorsal e redondo maior. Juntamente com a artéria profunda do braço, ele se inclina dorsalmente e passa através do espaço triangular abaixo da borda inferior do m. redondo maior, entre a cabeça longa do m. tríceps braquial e o úmero. Ele é descrito em maiores detalhes na página 827.

Lesões do plexo braquial

As lesões do plexo braquial comumente afetam a parte superior do plexo, i.e., raízes C5 e C6 e tronco superior, ou parte inferior do plexo, isto é, raízes C8 e T1 e tronco inferior. As lesões que afetam a parte superior geralmente são atraumáticas, enquanto aquelas que afetam a parte inferior podem ser causadas por trauma, mas também podem ser produzidas por uma infiltração maligna ou síndrome do desfiladeiro torácico. O trauma severo pode afetar todo o plexo.

Paralisias do plexo superior

A tração para baixo do braço de um bebê durante o nascimento, ou, em adultos, uma queda severa com impacto sobre a face lateral da cabeça e ombro, afastando as duas estruturas, como frequentemente ocorre nas lesões em quedas de motocicletas, podem romper as raízes de C5 e C6. Isto resulta em paralisia do m. deltoide, dos músculos curtos do ombro e dos mm. braquial e bíceps braquial. Os dois últimos são flexores do cotovelo e o bíceps também é um poderoso supinador da articulação rádio-ulnar proximal. Portanto, o braço fica pendente, com o antebraço pronado e a palma voltada para trás, como um garçom esperando pela gorjeta (paralisia de Erb-Duchenne). Há perda sensitiva sobre a face lateral do braço.

Paralisias do plexo inferior

A tração para cima do braço, isto é, como em um parto pélvico forçado, pode romper a raiz mais inferior, T1, que fornece o suprimento segmentar para os músculos intrínsecos da mão. A mão assume uma aparência em garra refletindo a ação sem oposição dos flexores longos e extensores dos dedos (paralisia de Klumpke). Há perda sensitiva ao longo da face medial do antebraço e geralmente se observa uma síndrome de Horner associada (ptose e constrição da pupila) que ocorre como resultado da tração sobre a cadeia cervical simpática.

A infiltração maligna do plexo braquial pode resultar da extensão de um carcinoma apical de pulmão (tumor de Pancoast) ou de uma disseminação metastática, geralmente carcinoma da mama. Há uma fraqueza lenta e progressiva que geralmente se inicia nos pequenos músculos da mão (T1) e se espalha para envolver os flexores dos dedos (C8). Em geral, esta é uma condição dolorosa e a dor pode ser severa. Há perda sensitiva na face medial do antebraço (T1), estendendo-se para a face medial da mão e para o dedo mínimo (C8). Pode ocorrer síndrome de Horner no envolvimento dos gânglios simpáticos cervicais. Uma síndrome similar pode ocorrer após sessões de radioterapia para o tratamento do carcinoma de mama, mas esta geralmente é indolor. A cirurgia torácica envolvendo uma abertura do esterno pode causar tração sobre o plexo braquial e geralmente afeta a parte inferior do plexo.

O tronco inferior do plexo braquial (C8, T1), juntamente com a artéria subclávia, pode estar angulado sobre uma costela cervical (síndrome do desfiladeiro torácico). Os pacientes podem se apresentar com sintomas vasculares como resultado da compressão da artéria subclávia (mais provável na presença de grandes costelas ósseas), ou podem apresentar déficit neurológico (mais provável em pacientes com costelas rudimentares que se estendem em uma banda fibrosa que se une à primeira costela anteriormente). As costelas cervicais são bastante comuns e raramente associadas com sintomas. Há um início lento e insidioso de atrofia dos pequenos músculos da mão, que geralmente se inicia na face lateral com o envolvimento da eminência tênar e primeiro m. interósseo dorsal. Observa-se dor e parestesia na face medial do antebraço que se estende para o dedo mínimo, geralmente agravadas quando o paciente carrega bolsas de compras ou maletas. Um sopro pode ser ouvido sobre a artéria subclávia, e o pulso radial pode ser facilmente obliterado pelos movimentos do braço, particularmente com o braço estendido e abduzido na altura do ombro.

REFERÊNCIAS

Ball CM, Steger T, Galatz LM, Yamaguchi K 2003 The posterior branch of the axillary nerve: an anatomic study. J Bone Joint Surg 85: 1497–501.

Burkart AC, Debski RE 2002 Anatomy and function of the glenohumeral ligaments in anterior shoulder instability. Clin Orthopaed Related Res 400: 32–9.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michael Salmon: Anatomic Studies. Book 1, Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. Book 2, Arterial anastomotic pathways of the extremities. St Louis: Quality Medical Publishing.
Contains the translated work of Dr Michel Salmon and describes the blood supply to muscle as well as the anastomotic pathways in the limbs.

Braço

CAPÍTULO 47

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento sanguíneo cutâneo

O suprimento sanguíneo para a pele do braço pode ser dividido em três regiões com suprimentos separados: a região do músculo deltoidea, suprida pelas perfurantes musculocutâneas e as regiões medial e lateral, supridas por perfurantes fasciocutânas (Gormack & Lamberty 1994; Salmon 1994) (Figs. 47.1, 47.2).

A região do músculo deltoidea é suprida pela artéria circunflexa posterior do úmero (pág. 817) via perfurantes musculocutâneas. Depois que a artéria circunflexa posterior do úmero passa através do espaço quadrangular (pág. 814) ela emite um ramo descendente, que segue até a inserção do músculo deltoide e a pele sobrejacente, e até um ramo ascendente que passa superiormente na direção do acrômio, perfura a margem do músculo deltoide e a fáscia profunda para se abrir em leque e suprir a pele sobrejacente.

A face medial do braço é suprida por cinco ou seis perfurantes fasciocutâneas que se originam da artéria braquial, a artéria colateral ulnar superior e, se presente, uma artéria única para o músculo bíceps braquial. Estas perfurantes passam ao longo do septo intermuscular medial e se estendem até a fáscia profunda e fazem anastomoses com vasos perfurantes superior e inferiormente e a partir da face lateral. Virtualmente, não existem perfurantes musculocutâneas através do músculo bíceps braquial ou do músculo tríceps braquial.

A face lateral do braço abaixo do músculo deltoide é suprida por vasos perfurantes das artérias colateral média e colateral radial (a bifurcação terminal da artéria braquial profunda). A artéria colateral média envia perfurantes para a pele através do septo intermuscular lateral entre o músculo braquiorradial e o músculo tríceps braquial, enquanto a artéria colateral radial envia perfurantes cutâneas via septo intermuscular lateral entre o músculo braquial e o músculo braquiorradial. Estes vasos cutâneos fazem anastomoses com os vasos da face medial.

Inervação cutânea

A pele da região do ombro é suprida pelos nervos supraclaviculares do plexo braquial. O assoalho da axila e superfície medial superior do braço são supridos pelo ramo lateral do segundo nervo intercostal (o nervo intercostobraquial). O aspecto inferior da face medial do braço é suprido pelo nervo cutâneo medial do braço. O aspecto lateral do braço é suprido pelo nervo cutâneo lateral superior do braço (um ramo do nervo axilar) e o nervo cutâneo lateral inferior do braço (um ramo do nervo radial). O aspecto posterior é suprido pelo nervo cutâneo posterior do braço, um ramo do nervo radial (Figs. 45.15, 45.14).

TECIDOS MOLES

Fáscia do braço

A fáscia do braço é contínua com a fáscia que cobre o músculo deltoide e o músculo peitoral maior: ela forma uma bainha fina e frouxa para os

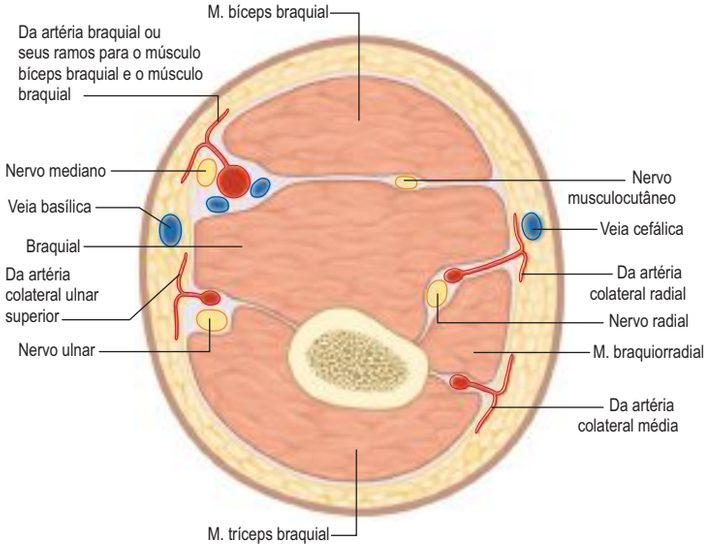


Fig. 47.1 Corte transversal do braço para demonstrar a localização das perfurantes fasciocutâneas localizadas no aspecto superficial da fáscia profunda.

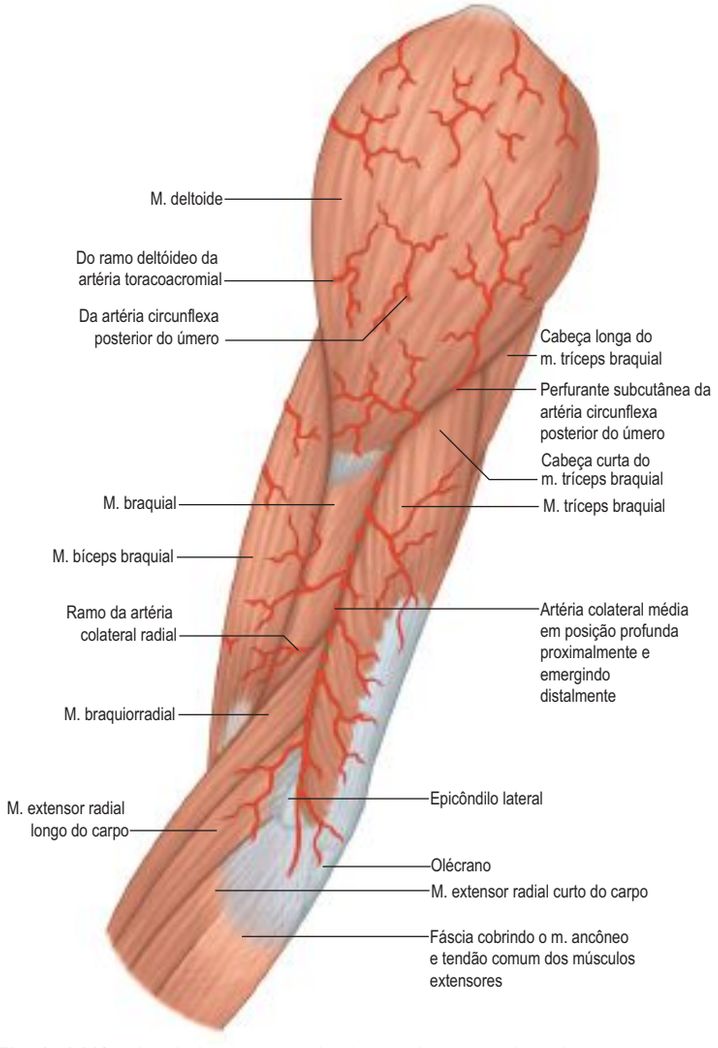


Fig. 47.2 Músculos do braço esquerdo vistos pelo aspecto lateral demonstrando os vasos perfurantes fasciocutâneos e musculocutâneos.

músculos do braço e envia septos por entre eles. Ela é fina sobre o músculo bíceps braquial, mas é espessa sobre o músculo tríceps braquial e os epicôndilos do úmero, sendo fortalecida por aponeuroses fibrosas do músculo peitoral maior e do músculo latíssimo do dorso medialmente e do músculo deltoide lateralmente. Fortes septos intermusculares mediais e laterais se estendem deste local para ambos os lados.

O septo intermuscular lateral se estende distalmente do lábio lateral do sulco intertubercular do úmero ao longo da crista supraepicondilar lateral e se funde com o tendão do músculo deltoide. Ele fornece fixação para o músculo tríceps braquial atrás, e para os músculos braquial, braquiorradial e extensor radial longo do carpo na frente. Ele é perfurado no terço médio pelo nervo radial e pela artéria colateral radial ramo da artéria braquial profunda. O septo intermuscular medial mais espesso se estende do lábio medial do sulco intertubercular, distal ao músculo redondo maior, juntamente com a crista supraepicondilar medial, e se funde com o tendão do músculo coracobraquial. Fornece fixação para o músculo tríceps braquial atrás, e o músculo braquial na frente. É perfurado pelo nervo ulnar, artéria colateral ulnar superior e ramo posterior da artéria colateral ulnar inferior. No cotovelo, a fáscia do braço se fixa aos epicôndilos do úmero e ao olécrano da ulna, sendo contínua com a fáscia do antebraço. Medialmente, logo abaixo do meio do braço, ele é atravessado pela veia basílica e vasos linfáticos e, em vários níveis, por ramos dos nervos cutâneos do braço.

Juntos, os septos intermusculares lateral e medial do braço dividem o braço em compartimentos anterior e posterior.

MÚSCULOS

Os músculos do braço são o músculo coracobraquial, que atua somente na articulação do ombro; músculo bíceps braquial e músculo tríceps braquial, que cruzam as articulações do ombro e cotovelo (Figs. 47.2, 47.3).

COMPARTIMENTO ANTERIOR

Músculo coracobraquial

Fixações O músculo coracobraquial se origina do ápice do processo coracoide, juntamente com o tendão da cabeça curta do músculo bíceps braquial e também por fibras musculares dos 10 cm proximais deste tendão; ele termina em uma impressão, de 3-5 cm de comprimento, a meio caminho ao longo da margem medial da diáfise do úmero entre as fixações do músculo tríceps braquial e do músculo braquial (Figs. 46.20, 47.4). Projeções acessórias podem se fixar ao tubérculo menor, epicôndilo medial ou septo intermuscular.

Relações O músculo coracobraquial forma uma crista arredondada inconspícua na face medial superior do braço; a pulsação da artéria braquial pode ser sentida e geralmente observada na depressão atrás desta região. O músculo é perfurado pelo nervo musculocutâneo. Anteriormente está relacionado com o músculo peitoral maior acima e, em sua inserção umeral, com os vasos braquiais e nervo mediano, que cruzam o músculo. Tendões do músculo subescapular, do músculo latíssimo do dorso e do músculo redondo maior, a cabeça medial do músculo tríceps braquial, o úmero e os vasos circunflexos anteriores do úmero localizam-se posteriormente. A artéria axilar (terceira parte) e as partes proximais dos nervos mediano e musculocutâneo são mediais. O músculo bíceps braquial e o músculo braquial são laterais.

Suprimento sanguíneo Um ou mais ramos da artéria axilar passam profundamente em relação à raiz lateral do nervo mediano e ao nervo musculocutâneo, e chegam à superfície profunda do músculo. Ramos da artéria circunflexa anterior do úmero também suprem a superfície profunda do músculo. A artéria acompanhante do nervo musculocutâneo envia um ramo recorrente para a fixação coracoide e emite uma série de

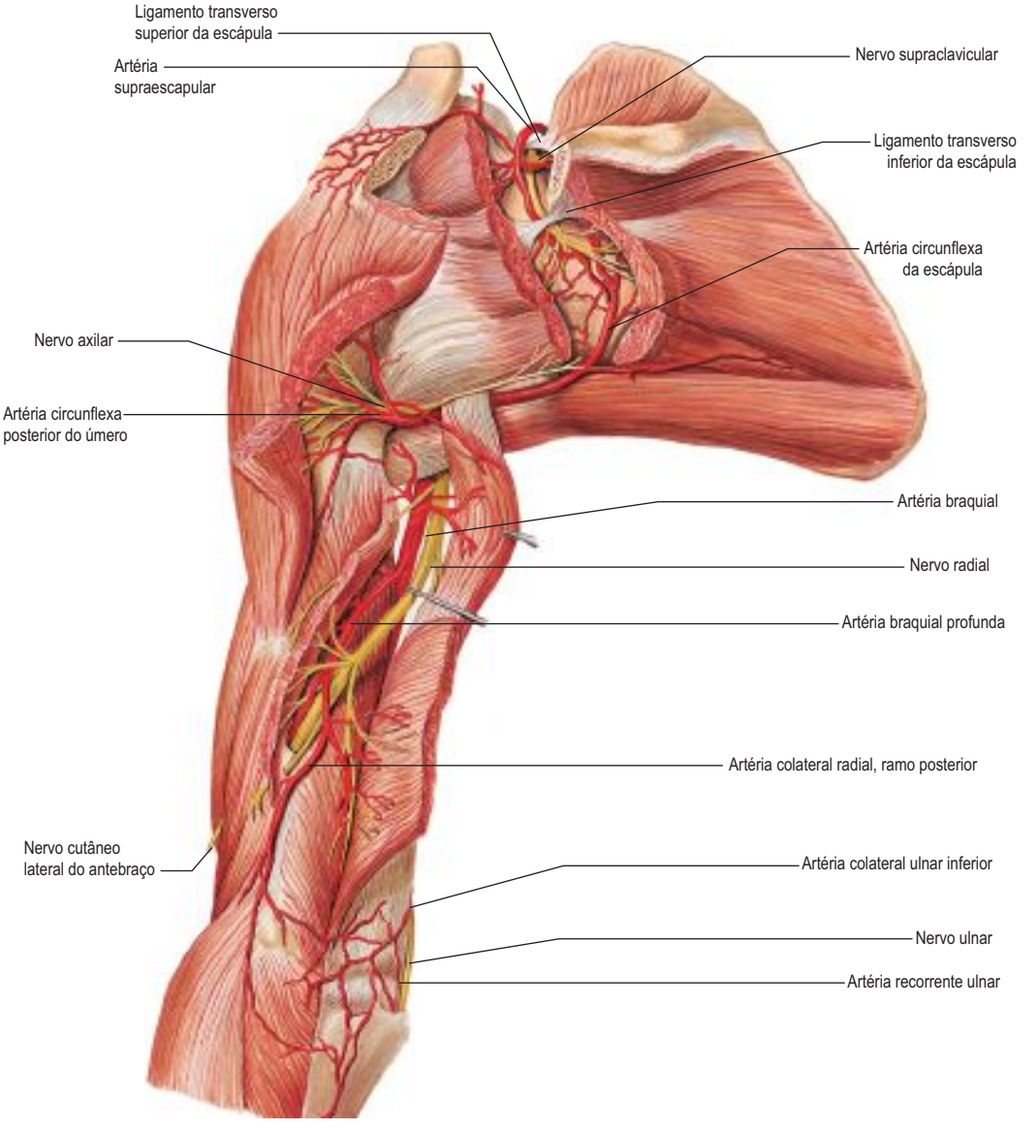


Fig. 47.3 Músculos, vasos e nervos do braço esquerdo, vistos pelo aspecto posterior. (De Sobotta, 2006).

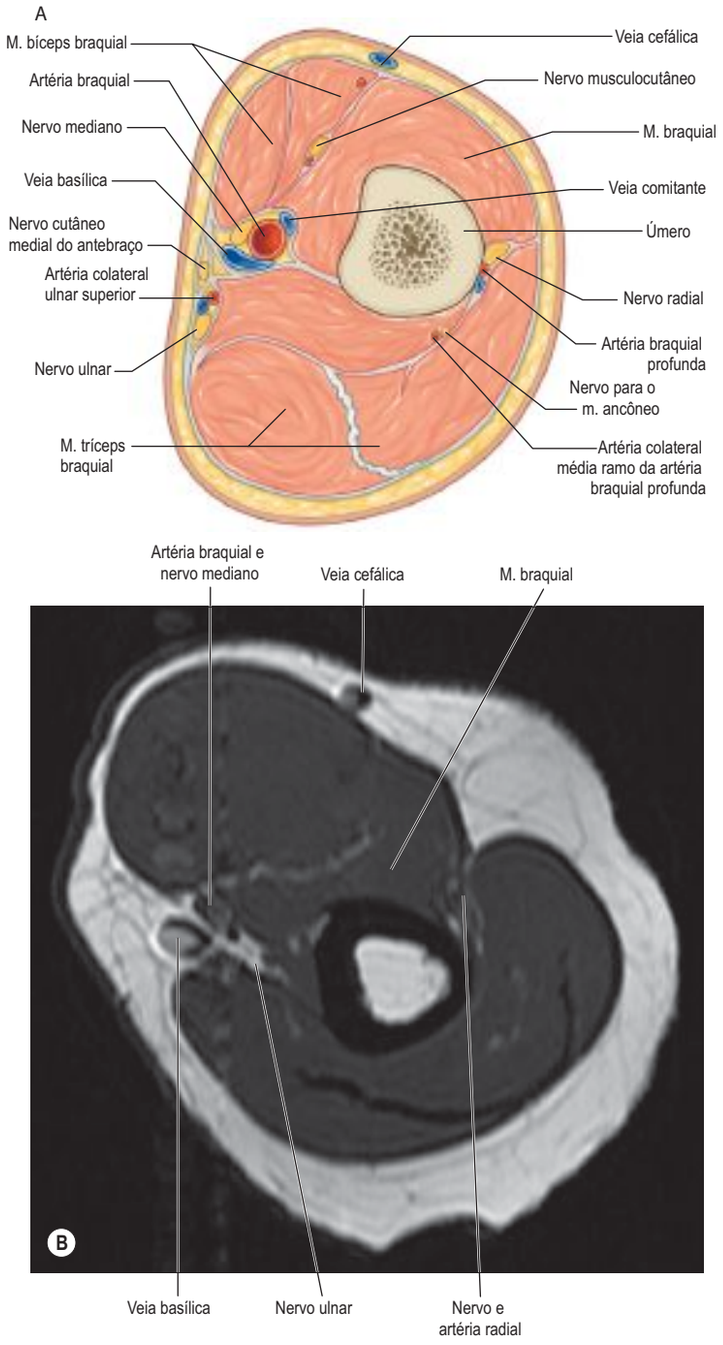


Fig. 47.4 A, Corte transversal do braço esquerdo pouco abaixo do meio da diáfise do úmero. **B,** Imagem de RM em um nível similar.

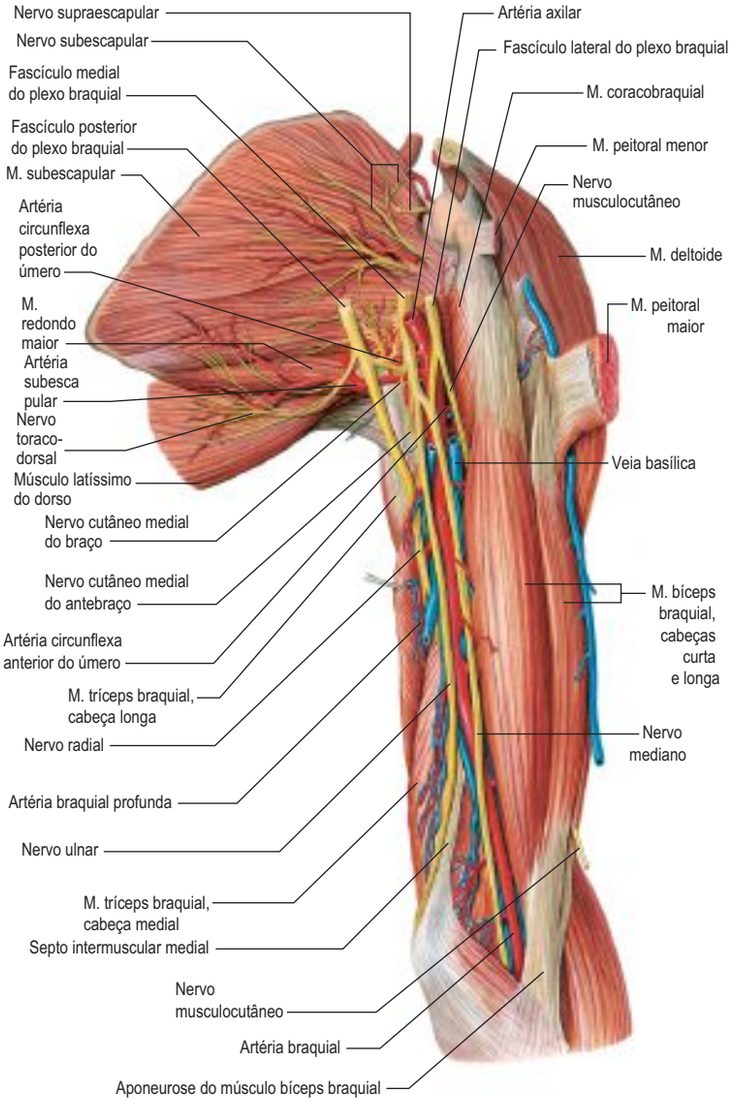


Fig. 47.5 Face anterior do braço esquerdo demonstrando as artérias e nervos. (De Sobotta, 2006.)

ramos para o músculo durante seu curso intramuscular. Ramos acessórios da artéria toracoacromial fornecem suprimento acessório para a parte superficial do músculo coracobraquial.

Inervação O músculo coracobraquial é inervado pelo nervo musculocutâneo, C5, 6 e 7.

Ações O músculo coracobraquial flexiona o braço para a frente e medialmente, especialmente a partir de uma posição de extensão braquial. Na abdução atua com as fibras anteriores do músculo deltoide para resistir à partida do plano de movimento.

Anatomia clínica: testes O músculo coracobraquial pode ser testado pela palpação de suas fibras durante a flexão do ombro contra a resistência.

Músculo bíceps braquial

Fixações O músculo bíceps braquial deriva seu nome de suas partes fixadas proximalmente ou 'cabeças' (Fig. 46.20). A cabeça curta se origina de um tendão espesso e achatado que se fixa no ápice do processo coracoide, juntamente com o músculo coracobraquial. A cabeça longa se inicia dentro da cápsula da articulação do ombro como um tendão estreito, seguindo do tubérculo supraglenoidal da escápula ao ápice da cavidade glenoidal, onde é contínuo com o lábio glenoidal (pág. 805). O tendão da cabeça longa, envolto em uma dupla bainha tubular (uma extensão da membrana sinovial da cápsula articular), se arqueia sobre a cabeça do úmero, emerge da articulação por trás do ligamento transverso do úmero e desce no sulco intertubercular, onde fica retido pelo ligamento transverso do úmero e uma expansão fibrosa do tendão do músculo peitoral maior. Os dois tendões levam a ventres alongados que, apesar de intimamente relacionados, podem ser separados a 7 cm da articulação do cotovelo. Nesta articulação, eles terminam em um tendão achatado, que se fixa à área áspera posterior da tuberosidade do rádio; uma bolsa sinovial separa o tendão da área anterior lisa da tuberosidade. Conforme se aproxima do rádio, o tendão forma espirais, sua superfície anterior se tornando lateral antes de se fixar na tuberosidade. O tendão possui uma ampla expansão medial, a aponeurose do músculo bíceps braquial, que desce medialmente através da artéria braquial para se fundir com a fáscia profunda sobre as origens dos músculos flexores do antebraço (Fig. 47.5). O tendão pode ser dividido sem dificuldade até a tuberosidade, onde pode ser confirmado que suas camadas anterior e posterior recebem fibras das cabeças curta e longa, respectivamente.

Em 10% dos casos, uma terceira cabeça se origina na parte superomedial do músculo braquial e se fixa à aponeurose do músculo bíceps braquial e à face medial do tendão de inserção. Ela geralmente se localiza atrás da artéria braquial, mas pode consistir de duas projeções, que descem na frente e atrás da artéria. Menos frequentemente, outras projeções podem estender-se da face lateral do úmero ou sulco intertubercular.

Relações O músculo bíceps braquial é superposto proximalmente pelo músculo peitoral maior e pelo músculo deltoide; distalmente ele é coberto somente pela fáscia e pele e forma uma elevação conspícua na frente do braço. Sua cabeça longa passa através da articulação do ombro; sua cabeça

curta é anterior à articulação. Distalmente localiza-se anteriormente ao músculo braquial, nervo musculocutâneo e músculo supinador. Sua margem medial toca o músculo coracobraquial e superpõe os vasos braquiais e nervo mediano; sua margem lateral está relacionada com o músculo deltoide e com o músculo braquiorradial.

Suprimento sanguíneo O músculo bíceps braquial tipicamente é suprido por até oito vasos que se originam da artéria braquial no terço médio do braço. Estes vasos passam lateralmente, posteriores ao nervo mediano, e se dividem em ramos ascendentes e descendentes antes de chegar à superfície profunda do músculo. Ramos menores se originam da artéria circunflexa posterior do úmero e ramo deltóideo da artéria toracoacromial.

Há uma grande variação no suprimento arterial para este músculo. O principal suprimento pode originar-se da artéria colateral ulnar superior ou inferior, artéria subescapular, artéria axilar, artérias ulnar ou radial nos casos de bifurcação proximal da artéria braquial da artéria braquial profunda.

Inervação O músculo bíceps braquial é inervado pelo nervo musculocutâneo, C5 e 6, com ramos separados passando em cada ventre.

Ações O músculo bíceps braquial braquial é um poderoso supinador, especialmente nos movimentos rápidos ou de resistência. Ele flexiona o cotovelo, mais efetivamente com o antebraço supinado, e atua em pequeno grau como um flexor na articulação do ombro. Ele se fixa, via aponeurose do músculo bíceps braquial, à margem posterior da ulna, cuja extremidade distal é medialmente direcionada na supinação. A cabeça longa ajuda a controlar a translação superior da cabeça do úmero durante a contração do músculo deltoide. Quando o cotovelo é flexionado contra uma resistência, o tendão de inserção e a aponeurose do músculo bíceps braquial se tornam conspícuos.

O abaixamento da mão sob a influência da gravidade pela extensão no cotovelo necessita do alongamento controlado do músculo bíceps braquial. Este é um exemplo de um movimento habitual no qual o tendão do músculo aumenta a despeito do aumento do comprimento. Conforme a mão desce e o cotovelo se estende, a vertical através do centro de gravidade do antebraço é levada para longe do fulcro de movimento; o momento de esforço exercido pela carga, portanto, aumenta e deve ser igualado por um aumento no momento de esforço pelo músculo.

Anatomia clínica: testes Com o antebraço supinado, o músculo bíceps braquial pode ser testado pela palpação de suas fibras durante a flexão do cotovelo contra a resistência.

Braquial

Fixações O músculo braquial se origina da metade inferior da região anterior do úmero, começando em ambos os lados da inserção do músculo deltoide e se estendendo distalmente a até 2,5 cm da face articular da ulna (Figs. 46.20, 47.4). Ele também se origina dos septos intermusculares, mais do medial do que o lateral, já que é separado distalmente do septo intermuscular lateral pelo músculo braquiorradial e pelo músculo extensor radial longo do carpo. Suas fibras convergem para um tendão espesso e amplo que se fixa à tuberosidade da ulna e a uma impressão áspera na face anterior do processo coronoide.

O músculo braquial pode ser dividido em duas ou mais partes. Pode estar fundido com o músculo braquiorradial, com o músculo pronador redondo ou com o músculo bíceps braquial. Em alguns casos ele envia uma lâmina tendínea para o rádio ou para a aponeurose do músculo bíceps braquial.

Relações Anteriormente estão o músculo bíceps braquial, os vasos braquiais e os nervos musculocutâneo e mediano. Posteriormente encontramos o úmero e cápsula da articulação do cotovelo. Medialmente temos o músculo pronador redondo e o septo intermuscular medial, que o separa do músculo tríceps braquial e do nervo ulnar. Lateralmente estão o nervo radial, as artérias recorrentes radial e colateral radial, o músculo braquiorradial e o músculo extensor radial longo do carpo.

Suprimento sanguíneo O suprimento sanguíneo para o músculo braquial tipicamente consiste de duas artérias principais (superior e inferior) suplementadas por um sistema de artérias acessórias. A artéria principal superior se origina da artéria braquial distal ao sítio de origem da artéria colateral ulnar superior e segue lateralmente para entrar na superfície anterior do terço superior do músculo. A artéria principal inferior se origina da artéria colateral ulnar superior ou diretamente da artéria braquial e entra na porção média do músculo. As artérias acessórias são pequenas, variáveis em número, origem e curso. Elas podem originar-se da artéria braquial, artérias colaterais ulnares superior e inferior ou da artéria braquial profunda.

Inervação O braquial é inervado pelo nervo musculocutâneo (C5 e 6) e nervo radial (C7) para uma pequena parte lateral do músculo.

Ação O braquial é um flexor da articulação do cotovelo com o antebraço em pronação ou supinação, contra resistência ou sem resistência.

Anatomia clínica: testes O braquial pode ser testado pela palpação de suas fibras durante a flexão do cotovelo contra resistência.

COMPARTIMENTO POSTERIOR

Músculo tríceps braquial

Fixações O músculo tríceps braquial preenche a maior parte do compartimento extensor do braço (Figs. 46.22, 47.2-47.4). Ele se origina por três cabeças (longa, curta e medial), sendo este o motivo de seu nome.

A cabeça longa se origina de um tendão achatado a partir do tubérculo infraglenoidal da escápula, fundindo-se acima com a cápsula da articulação do ombro. Suas fibras musculares descem medialmente para a cabeça curta e superficial à cabeça medial, unindo-se a elas para formar um tendão comum.

A cabeça curta se origina de um tendão achatado a partir de uma crista estreita, linear e oblíqua na superfície posterior da diáfise do úmero e do septo intermuscular lateral. A origem no úmero ascende com obliquidade variável de sua margem lateral acima do sulco radial e atrás da tuberosidade para o músculo deltoide até o colo cirúrgico medial à inserção do músculo redondo menor. Estas fibras também convergem para o tendão comum.

A cabeça medial, que é superposta posteriormente pelas cabeças curta e longa, possui uma origem particularmente extensa, a partir da face posterior da diáfise do úmero, abaixo do sulco radial a partir da inserção do músculo redondo maior até dentro de 2,5 cm da tróclea, a partir da margem medial do úmero; o septo intermuscular medial e parte inferior do septo intermuscular lateral. Algumas fibras musculares chegam diretamente ao olécrano, o resto converge para o tendão comum.

O tendão do músculo tríceps braquial começa próximo ao meio do músculo. Ele possui duas lâminas, uma superficial na metade inferior do músculo, a outra em sua substância. Depois de receber as fibras musculares, as duas camadas se unem acima do cotovelo e se fixam, na maior parte, na face superior do olécrano. Na face lateral, uma banda de fibras continua para baixo sobre o músculo ancôneo para se fundir com a fáscia do antebraço .

Relações A cabeça longa desce entre o músculo redondo menor e o músculo redondo maior, dividindo o intervalo em formato de cunha entre eles e o úmero em partes triangular e quadrangular (Fig. 46.22). O espaço triangular contém os vasos circunflexos da escápula e é limitado acima pelo músculo redondo menor, abaixo pelo músculo redondo maior e lateralmente pela cabeça longa do músculo tríceps braquial. O espaço quadrangular transmite os vasos circunflexos posteriores do úmero e o nervo axilar; ele é limitado acima pelo músculo subescapular, pelo músculo redondo menor e pela cápsula articular, abaixo pelo músculo redondo maior, medialmente pela cabeça longa do músculo tríceps braquial e lateralmente pelo úmero.

A cabeça curta do músculo tríceps braquial forma uma elevação, paralela e medial à margem posterior do músculo deltoide; ela se destaca proeminentemente quando o cotovelo é estendido de modo ativo. A massa que se localiza medialmente a ele, e desaparece por sob o músculo deltoide, é a cabeça longa.

Suprimento sanguíneo O suprimento sanguíneo para o músculo tríceps braquial é feito principalmente pela artéria braquial profunda e artéria colateral ulnar superior, com um suprimento acessório da artéria circunflexa posterior do úmero. A cabeça medial do músculo tríceps braquial é suprida em sua face anterior por dois ou três ramos da artéria colateral ulnar superior. A face posterior é suprida por um grande ramo proximal da artéria braquial profunda que passa medialmente na frente do nervo radial. A cabeça longa do músculo tríceps braquial é suprida em sua face anterior por duas artérias, uma se originando da artéria axilar na frente do tendão do músculo latíssimo do dorso e outra se originando da artéria braquial ou da artéria colateral ulnar superior. A superfície posterior recebe inúmeros pequenos ramos da artéria braquial profunda em sua porção distal. A cabeça curta do músculo tríceps braquial é principalmente suprida pelos ramos da artéria braquial profunda, com um suprimento adicional de um ramo da artéria circunflexa posterior do úmero.

Inervação O músculo tríceps braquial é inervado pelo nervo radial, C6, C7 e C8, com ramos separados para cada cabeça.

Ação O músculo tríceps braquial é o principal extensor do antebraço na articulação do cotovelo. A cabeça medial é ativa em todas as formas de extensão. A cabeça curta e a cabeça longa são pouco ativas exceto na extensão contra resistência, como nos movimentos de arremessar ou de empurrar, ou no suporte do peso corporal sobre as mãos com os cotovelos semiflexionados. Quando o braço flexionado é estendido na articulação do ombro,

a cabeça longa pode auxiliar no direcionamento para trás e adução do úmero em relação ao tórax. A cabeça longa suporta a parte inferior da cápsula da articulação do ombro, especialmente quando o braço é elevado. O músculo articular do cotovelo provavelmente direciona para cima a parte posterior da cápsula da articulação do cotovelo durante a extensão do antebraço. Na supinação forçada do antebraço semiflexionado, envolvendo a contração do músculo supinador e do músculo bíceps braquial braquial, o músculo tríceps braquial contrai de modo sinérgico para manter a posição de semiflexão.

Anatomia clínica: testes O músculo pode ser testado pela palpação de suas fibras durante a extensão do cotovelo contra resistência.

Músculo ancôneo

O músculo ancôneo é descrito na página 850.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Artéria braquial

A artéria braquial, uma continuação da artéria axilar, se inicia na margem distal (inferior) do tendão do músculo redondo maior e termina a aproximadamente um centímetro distal à articulação do cotovelo (no nível do colo do rádio), dividindo-se em artérias radial e ulnar (Figs. 47.5, 47.6). Inicialmente ela é medial ao úmero, mas gradualmente faz uma espiral anteriormente a ele até se localizar a meio caminho entre os epicôndilos. Sua pulsação pode ser sentida durante este curso.

Relações

A artéria radial é completamente superficial, coberta anteriormente somente pela pele e fáscias superficial e profunda. A aponeurose do músculo bíceps braquial cruza a artéria anteriormente no cotovelo, separando-a da veia intermédia do cotovelo; o nervo mediano cruza a artéria lateromedialmente, próximo à fixação distal do músculo coracobraquial. Posteriormente estão a cabeça longa do músculo tríceps braquial, separada pelo nervo radial e artéria braquial profunda e depois sucessivamente pela cabeça medial do músculo tríceps braquial, pela inserção do músculo coracobraquial e do músculo braquial. Proximalmente, o nervo mediano e o músculo coracobraquial se localizam lateralmente, enquanto distalmente o músculo bíceps braquial e os músculos se superpõem à artéria. Proximalmente o nervo mediano e o músculo coracobraquial se localizam lateralmente, enquanto distalmente o músculo bíceps braquial e os músculos se superpõem à artéria. Proximalmente, o nervo cutâneo medial do antebraço e o nervo ulnar se localizam medialmente, enquanto na região distal o nervo mediano e a veia basílica são mediais. Com a artéria encontramos duas veias comitantes, conectadas pelos ramos transverso e oblíquo.

No cotovelo, a artéria braquial se aprofunda na triangular fossa cubital intermuscular (pág. 831).

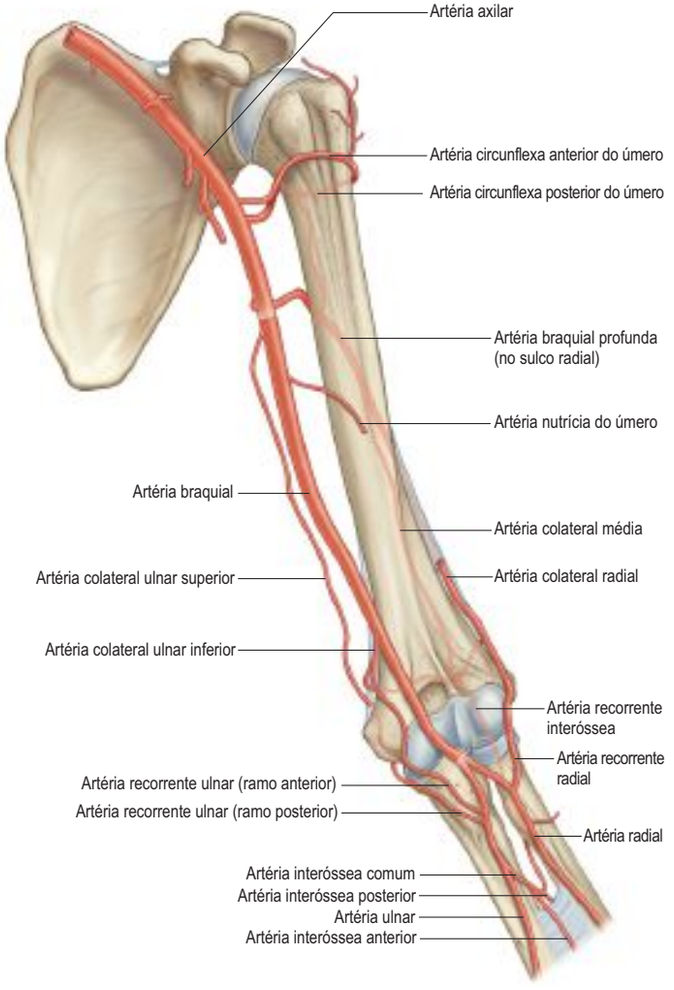


Fig. 47.6 As anastomoses arteriais da articulação do cotovelo esquerdo vistas pela face anterior. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

Variantes

A artéria braquial, com o nervo mediano, pode divergir a partir da margem medial do músculo bíceps braquial, descendo na direção do epicôndilo medial do úmero, geralmente atrás de um processo supracondilar a partir do qual um arco fibroso cruza a artéria, e que a seguir faz o percurso por trás ou através do músculo pronador redondo até o cotovelo. Ocasionalmente, a artéria se divide proximalmente em dois troncos que se reúnem. Com frequência ela se divide mais proximalmente do que o usual em artérias radial, ulnar e interóssea comum. Na maioria das vezes, os ramos radiais se originam proximalmente, deixando um tronco comum para as artérias ulnar e interóssea comum; algumas vezes a artéria ulnar se origina proximalmente, com a radial e a interóssea comum formando a outra divisão; a artéria interóssea comum também pode originar-se proximalmente. Algumas vezes, um vaso aberrante delgado conecta a artéria braquial à artéria axilar ou a uma das artérias do antebraço, geralmente a radial. A artéria braquial pode ser cruzada por projeções musculares ou tendíneas do músculo coracobraquial, do músculo bíceps braquial, do músculo braquial ou do músculo pronador redondo. Raramente o nervo mediano cruza por trás, e não pela frente, da artéria braquial, próximo à inserção do músculo coracobraquial.

Ramos

Estes são a artéria braquial profunda, as artérias nutrícias do úmero , as artérias colaterais ulnares superior e inferior, a artéria colateral média, o ramo deltóideo, os ramos musculares e as artérias radial e ulnar.

Artéria braquial profunda A artéria braquial profunda (Figs. 47.2, 47.3, 47.5, 47.6) é um grande ramo da face posteromedial da artéria braquial, distal ao músculo redondo maior. Ela acompanha intimamente o nervo radial, inicialmente posterior entre as cabeças longa e medial do músculo tríceps braquial, depois no sulco espiral coberto pela cabeça curta do músculo tríceps braquial. Ela supre ramos musculares, a artéria nutrícia do úmero e, finalmente, se divide em artérias colaterais radial e média (Fig. 47.6). A artéria colateral radial perfura o septo intermuscular lateral para chegar até a face anterior do epicôndilo do úmero no sulco entre o músculo braquiorradial e o músculo braquial, e faz parte da anastomose ao redor do cotovelo. A artéria colateral média segue posterior ao septo e ao epicôndilo.

A artéria braquial profunda pode surgir a partir de uma origem comum com a artéria circunflexa posterior do úmero, a partir da artéria axilar proximal ao tendão do músculo latíssimo do dorso ou da porção distal da artéria axilar.

Artéria colateral média A artéria colateral média é o maior vaso terminal. Ela se origina posteriormente ao úmero e desce pela face posterior do septo intermuscular lateral até o cotovelo (Figs. 47.4, 47.6). Proximalmente, a artéria se localiza entre o músculo braquial (anterior) e a cabeça curta do músculo tríceps braquial (posterior), enquanto distalmente se localiza entre o músculo braquiorradial (anteriormente) e a cabeça curta do músculo tríceps braquial (posteriormente). Ela pode perfurar a fáscia profunda e se tornar cutânea ou permanecer em nível profundo com relação à fáscia até fazer anastomoses com a artéria recorrente interóssea atrás do epicôndilo lateral; emite aproximadamente cinco pequenas perfurantes fasciocutâneas e geralmente possui um pequeno ramo que acompanha o nervo para o músculo ancôneo.

Esta artéria e suas perfurantes fasciocutâneas fornecem a base anatômica para permitir que um retalho de pele (o retalho lateral do braço) seja cirurgicamente levantado (seja pediculado ou em uma transferência livre de tecido) para a reconstrução de áreas de perda de tecido em outras regiões do corpo.

Artéria colateral radial A artéria colateral radial é a continuação da artéria braquial profunda (Fig. 47.6). Ela acompanha o nervo radial através do septo intermuscular lateral, descendo entre o músculo braquial e o músculo braquiorradial anterior ao epicôndilo lateral, fazendo

anastomose com a artéria recorrente radial. Ela supre o músculo braquial, o músculo braquiorradial, o nervo radial e algumas perfurantes fasciocutâneas.

Artéria nutrícia do úmero A artéria nutrícia do úmero se origina próximo ao nível médio do braço, e entra no forame nutrício próximo à fixação do músculo coracobraquial, posterior à tuberosidade para o músculo deltoide; ela é direcionada distalmente.

Artéria colateral ulnar superior A artéria colateral ulnar superior se origina um pouco distal ao nível médio do braço, geralmente da artéria braquial, mas podendo ser ramo da artéria braquial profunda (Figs. 47.4-47.6). Ela acompanha o nervo ulnar, perfurando o septo intermuscular medial para descer no compartimento posterior para suprir a cabeça medial do músculo tríceps braquial. Ela passa entre o epicôndilo medial e o olécrano, terminando profundamente ao músculo flexor ulnar do carpo por anastomoses com o ramo posterior da artéria recorrente ulnar e ramo colateral inferior. Um ramo algumas vezes passa anteriormente ao epicôndilo medial e faz anastomose com o ramo anterior da artéria recorrente ulnar.

Artéria colateral média Se presente, a artéria colateral média se origina da artéria braquial entre as artérias colaterais ulnares superior e inferior. Ela passa anteriormente ao epicôndilo medial e faz anastomose com o ramo anterior da artéria recorrente ulnar anterior. Ela supre o músculo tríceps braquial e envia pequenas perfurantes fasciocutâneas para a pele.

Artéria colateral ulnar inferior A artéria colateral ulnar inferior começa aproximadamente 5 cm proximal ao cotovelo, passa medialmente entre o nervo mediano e o músculo braquial e, perfurando o septo intermuscular medial, se enrola ao redor do úmero entre o músculo tríceps braquial e o osso (Figs. 47.5, 47.6). Ela forma, por sua junção com o ramo colateral médio da artéria braquial profunda, um arco proximal à fossa do olécrano. Ao se posicionar sobre o músculo braquial, emite ramos que descem anteriormente ao epicôndilo medial para fazer anastomose com o ramo anterior da artéria recorrente ulnar. Atrás do epicôndilo um ramo faz anastomose com as artérias colateral ulnar superior e ramo posterior da artéria recorrente ulnar.

Ramos musculares Os ramos musculares são distribuídos para o músculo coracobraquial, para o músculo bíceps braquial e para o músculo braquial.

Ramo deltóideo O ramo deltóideo ascende entre as cabeças longa e curta do músculo tríceps braquial, e faz anastomose com um ramo descendente da artéria circunflexa posterior do úmero.

Artérias radial e ulnar As artérias radial e ulnar são descritas em detalhes na página 835.

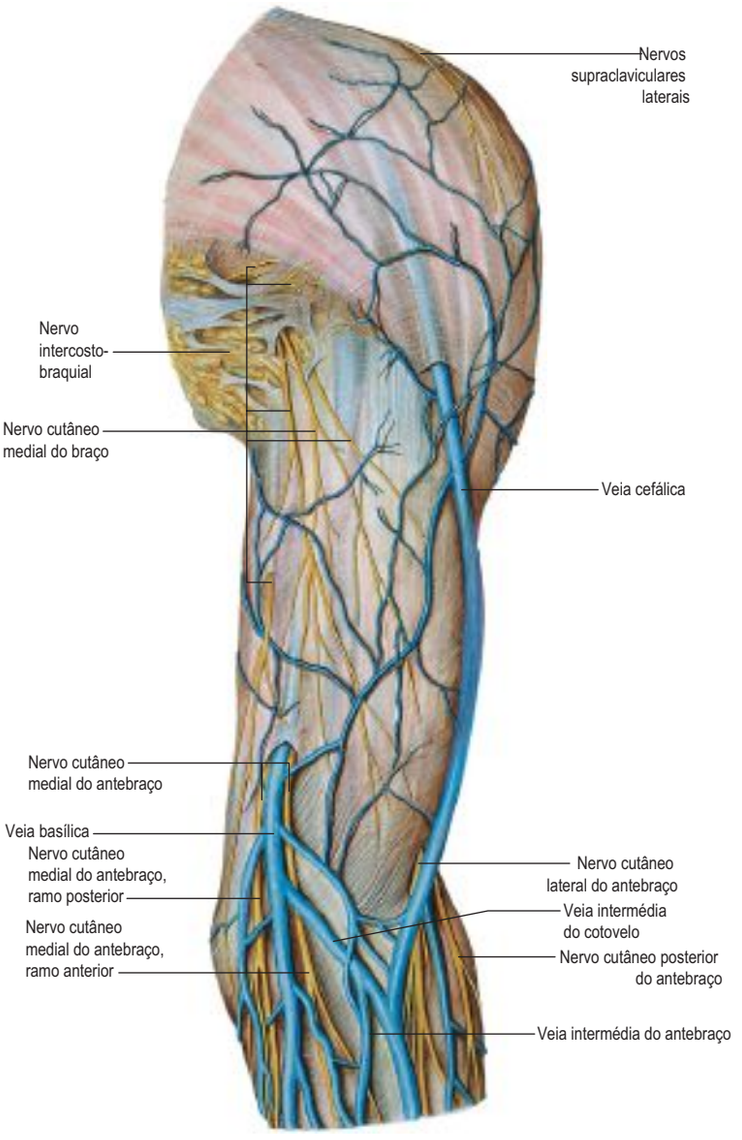


Fig. 47.7 Veias e nervos superficiais do braço esquerdo. (De Sobotta, 2006.)

VEIAS

Veias braquiais

As veias braquiais flanqueiam a artéria braquial, as veias comitantes com tributárias similares aos ramos arteriais; próximo à margem inferior do músculo subescapular; elas se unem à veia axilar. O ramo medial, entretanto, geralmente se une com a veia basílica antes de se tornar axilar.

Estas veias profundas possuem diversas anastomoses entre si e com as veias superficiais.

Veias superficiais

A veia cefálica ascende na frente do cotovelo, superficialmente a um sulco entre o músculo braquiorradial e o músculo bíceps braquial, cruza superficialmente o nervo cutâneo lateral do antebraço, ascende lateralmente ao músculo bíceps braquial e entre o músculo peitoral maior e o músculo deltoide, onde se une ao ramo deltóideo da artéria toracoacromial (Figs. 45.5, 47.7). Entrando na fossa infraclavicular para passar atrás da parte clavicular do músculo peitoral maior, ela perfura a fáscia clavipeitoral, cruza a artéria axilar e se une à veia axilar logo abaixo do nível clavicular. Pode fazer conexão com a veia jugular externa por um ramo anterior à clavícula. Algumas vezes, a veia intermédia do cotovelo é grande, transferindo a maior parte do sangue da veia cefálica para a veia basílica; neste caso, a veia cefálica proximal é ausente ou muito diminuída.

DRENAGEM LINFÁTICA

Os linfáticos seguem o padrão usual, ou seja, os superficiais seguindo as veias: os linfáticos profundos seguindo as artérias.

Para obter detalhes sobre os linfonodos supratrocleares, consulte a página 836.

Para obter detalhes sobre os linfonodos infraclaviculares, consulte a página 818.

INERVAÇÃO

Nervo mediano

O nervo mediano (Figs. 45.7, 47.5, 47.8) entra no braço lateralmente à artéria braquial. Próximo à inserção do músculo coracobraquial ele cruza na frente (raramente atrás) da artéria, descendo medialmente a ela até a fossa cubital, onde se encontra posterior à aponeurose do músculo bíceps braquial e anterior ao músculo braquial, separado pelo último da articulação do cotovelo.

Emite ramos vasculares para a artéria braquial e geralmente um ramo para o músculo pronador redondo, a uma distância variável proximal à articulação do cotovelo.

Nervo musculocutâneo

O nervo musculocutâneo é o nervo do compartimento anterior do braço (Figs. 47.5, 47.8). Ele emite um ramo para a articulação do ombro e passa através do músculo coracobraquial, suprindo-o, emergindo para passar por entre o músculo bíceps braquial e o músculo braquial. Envia ramos para estes dois músculos. Na fossa cubital, ele se localiza na margem

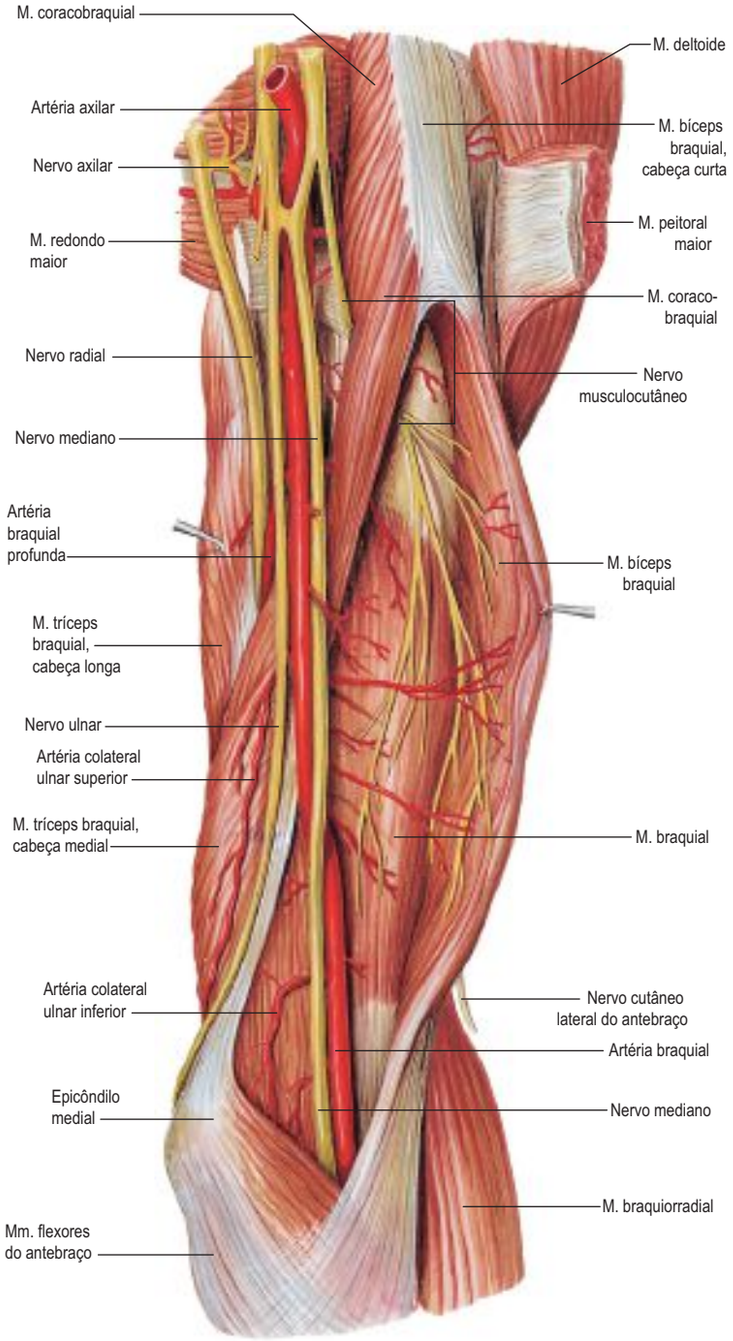


Fig. 47.8 Face anterior do braço esquerdo dissecado para demonstrar o nervo musculocutâneo. (De Sobotta, 2006.)

lateral do tendão do músculo bíceps braquial, onde continua como nervo cutâneo lateral do antebraço.

O nervo musculocutâneo possui variações frequentes. Pode seguir por trás do músculo coracobraquial ou aderir por alguma distância ao nervo mediano e passar por trás do músculo tríceps braquial. Algumas fibras do nervo mediano podem seguir no nervo musculocutâneo, deixando-o para se unir ao seu tronco próprio; menos frequentemente ocorre o inverso, e o nervo mediano envia um ramo para o musculocutâneo. Ocasionalmente, ele supre o músculo pronador redondo e pode repor ramos radiais para a superfície dorsal do polegar.

Nervo ulnar

O nervo ulnar não emite ramos no braço (Figs. 47.5, 47.8). Ele segue distalmente através da região medial da axila à artéria axilar e entre ela e a veia, continuando distalmente medial à artéria braquial até o meio do braço. Aqui, ele perfura o septo intermuscular medial, inclinando-se medialmente enquanto desce anterior à cabeça medial do músculo tríceps braquial até o intervalo entre o epicôndilo medial e o olécrano, com a artéria colateral ulnar superior.

Nervo radial

O nervo radial desce atrás da terceira parte da artéria axilar e da parte superior da artéria braquial, anterior ao músculo subescapular e aos tendões do músculo latíssimo do dorso e do músculo redondo maior (Figs. 47.2-47.4, 47.8). Com a artéria braquial profunda, se inclina dorsalmente, passando através do espaço triangular (pág. 814), abaixo da margem inferior do músculo redondo maior, entre a cabeça longa do músculo tríceps braquial e o úmero. Aqui, supre a cabeça longa do músculo tríceps braquial e dá origem ao nervo cutâneo posterior do braço, que supre a pele ao longo da face posterior do braço. A seguir, faz uma espiral oblíqua através da parte posterior do úmero, localizando-se posteriormente às fibras mais superiores da cabeça medial do músculo tríceps braquial, que separa o nervo do osso na primeira parte do sulco espiral. Aqui, ele emite um ramo muscular para a cabeça curta do músculo tríceps braquial e um ramo que passa através da cabeça curta do músculo tríceps braquial para o músculo ancôneo. Ao chegar à face lateral do úmero, perfura o septo intermuscular lateral para entrar no compartimento anterior; a seguir, desce profundamente em uma depressão entre o músculo braquial e mais proximalmente o músculo braquiorradial, depois mais distalmente o músculo extensor radial longo do carpo. Anteriormente ao epicôndilo lateral se divide em ramos terminais superficial e profundo.

Os ramos do nervo radial no braço são: ramos cutâneos, ramos musculares, ramos articulares, terminal superior e nervo interósseo posterior.

Ramos musculares

Os ramos musculares suprem o músculo tríceps braquial, o músculo ancôneo, o músculo braquiorradial, o músculo extensor longo do carpo e o músculo braquial nos grupos medial, posterior e lateral. Ramos musculares mediais se originam do nervo radial na face medial do braço. Eles suprem as cabeças medial e longa do músculo tríceps braquial; o ramo para a cabeça medial é um filamento longo e delgado que se localiza próximo ao nervo ulnar e chega até o terço distal no braço, sendo chamado de nervo colateral ulnar. Um grande ramo muscular posterior se origina do nervo ulnar durante seu curso pelo sulco do nervo ulnar. Ele se divide para suprir as cabeças medial e lateral do músculo tríceps braquial e músculo ancôneo, sendo para este último um nervo longo que desce na cabeça medial do músculo tríceps braquial suprindo-a parcialmente. Ele é acompanhado pelo ramo colateral médio da artéria braquial profunda e passa atrás da articulação do cotovelo para terminar no músculo ancôneo. Ramos musculares laterais se originam na frente do septo intermuscular. Eles suprem a parte lateral do músculo braquial, do músculo braquiorradial e do músculo extensor radial longo do carpo.

Ramos cutâneos

Os ramos cutâneos são os nervos cutâneo posterior do braço, cutâneo lateral inferior do braço e o nervo cutâneo posterior do antebraço.

Nervo cutâneo lateral inferior do braço

O nervo cutâneo lateral inferior do braço perfura a cabeça curta do músculo tríceps braquial distal à tuberosidade para o músculo deltoide, passa na frente do cotovelo próximo à veia cefálica e supre a pele da parte lateral da metade inferior do braço.

Nervo cutâneo posterior do braço

O pequeno nervo cutâneo posterior do braço se origina na axila e passa medialmente para suprir a pele na face posterior do braço quase até o olécrano. Ele cruza posteriormente e faz comunicação com o nervo intercostobraquial.

Nervo cutâneo posterior do antebraço

O nervo cutâneo posterior do antebraço se origina com o nervo cutâneo lateral inferior do braço. Perfurando a cabeça curta do músculo tríceps braquial, ele desce primeiro lateralmente no braço, depois ao longo do dorso do antebraço até o punho, suprindo a pele em seu curso e se juntando, próximo a sua extremidade, com ramos posteriores do nervo cutâneo lateral do antebraço.

Ramos articulares para a articulação do cotovelo

Ver página 836.

Lesões do nervo radial no braço

As lesões do nervo radial em sua origem no fascículo posterior na axila podem ser causadas por pressão exercida por uma muleta longa (paralisia da muleta). O músculo tríceps braquial é o único envolvido quando as lesões ocorrem neste nível e geralmente é preservado nas lesões mais comuns do nervo radial no braço, já que se localiza ao lado do sulco do nervo radial, onde o nervo é comumente afetado pelas fraturas do úmero. A compressão do nervo contra o úmero ocorre se o braço é apoiado em um bordo pontiagudo como o encosto de uma cadeira ('paralisia do sábado à noite'). Estas duas lesões causam fraqueza do músculo braquiorradial com atrofia e perda de reflexo. Observa-se queda do punho e dos dedos devido

à fraqueza dos músculos extensores do punho e dos dedos, bem como a fraqueza do músculo extensor longo do polegar e do músculo abdutor longo do polegar. Pode haver um dano sensitivo ou parestesia na distribuição do ramo superficial do nervo radial. Entretanto, a superposição do nervo significa que somente uma pequena área de anestesia geralmente ocorre no dorso da mão entre o primeiro e segundo ossos metacarpais.

Nervo cutâneo medial do braço

O nervo cutâneo medial do braço supre a pele da face medial do braço (Fig. 47.7). É o menor ramo do plexo braquial e se origina do fascículo medial, contendo fibras do oitavo ramo cervical e primeiro ramo anterior torácico. Ele atravessa a axila, cruzando anterior ou posteriormente à veia axilar, a seguir posicionando-se medialmente, comunicando-se com o nervo intercostobraquial; desce medialmente à artéria braquial e veia basílica (Fig. 47.7) até um ponto no meio do braço, onde perfura a fáscia profunda para suprir uma área medial no terço medial do braço, estendendo-se para as faces anterior e posterior. Ramos chegam à pele anteriormente ao epicôndilo medial e sobre o olécrano. Eles fazem conexão com o ramo posterior do nervo cutâneo medial do antebraço. Algumas vezes, o nervo cutâneo medial do braço e o nervo intercostobraquial se conectam de modo plexiforme na axila. O nervo intercostobraquial pode ser grande e reforçado por parte do nervo cutâneo lateral do terceiro nervo intercostal. A seguir, ele substitui o nervo cutâneo medial do braço e recebe uma conexão que representa o último no plexo braquial (ocasionalmente esta conexão pode estar ausente).

Nervo cutâneo medial do antebraço

O nervo cutâneo medial do antebraço é oriundo do fascículo medial (Fig. 47.7). Ele é derivado do oitavo ramo cervical e do primeiro torácico. Inicialmente ele se localiza entre a artéria e a veia axilar e emite um ramo que perfura a fáscia profunda para suprir a pele sobre o músculo bíceps braquial, quase até a região do cotovelo. O nervo desce medialmente à artéria braquial, perfura a fáscia profunda com a veia basílica a meio caminho no braço e se divide em ramos anterior e posterior. O maior, o ramo anterior, geralmente passa na frente ou, ocasionalmente, atrás da veia intermédia do cotovelo, descendo anteromedialmente no antebraço para suprir a pele até o punho e fazer conexões com o ramo palmar do nervo ulnar. O ramo posterior desce obliquamente medial à veia basílica, anterior ao epicôndilo medial e se curva para a região posterior do antebraço, descendo em sua margem medial até o punho, suprindo a pele. Faz conexão com o nervo cutâneo medial do braço, nervo cutâneo posterior do antebraço e ramo dorsal do nervo ulnar.

REFERÊNCIAS

Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Salmon M 1994 Anatomic studies. In: Taylor GI, Razaboni RM (eds) Book 1: Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. Book 2: Arterial Anastomotic Pathways of the Extremities. New York: Quality Medical Publishing.

CAPÍTULO
48

Cotovelo

PELE E TECIDO MOLE

PELE

Suprimento sanguíneo cutâneo

A pele sobrejacente à fossa cubital recebe seu suprimento sanguíneo no seu lado anterolateral por pequenos vasos perfurantes a partir da artéria colateral radial, juntamente com alguns pequenos ramos perfurantes musculocutâneos a partir da artéria recorrente radial que atravessam o músculo braquiorradial (Fig. 45.4). No lado anteromedial, a pele é suprida por pequenos ramos a partir da anastomose entre a artéria colateral ulnar inferior e o ramo anterior da artéria recorrente ulnar e por pequenos ramos a partir da artéria braquial.

Um plexo de vasos que se anastomosam cobre a face posterior da região do cotovelo. No lado medial, o plexo é composto por pequenos ramos a partir das artérias colaterais ulnares superior e inferior e pelo ramo posterior da artéria recorrente ulnar, e no lado lateral a partir da artéria colateral média e a artéria recorrente interóssea.

Inervação cutânea

A pele da fossa cubital e das regiões epicondilares é inervada pelos nervos cutâneos medial e lateral do antebraço (Fig. 45.15). Uma pequena área proximal na face lateral é suprida pela parte distal do nervo cutâneo lateral inferior do braço. A pele sobre a região do olécrano é inervada pelos ramos distais do nervo cutâneo posterior do braço, juntamente com ramos proximais do nervo cutâneo posterior do antebraço.

TECIDO MOLE: FOSSA CUBITAL

A fossa cubital forma uma depressão triangular no meio da parte superior da face anterior do antebraço (Fig. 48.1). O limite superior da fossa é uma linha imaginária que une os dois epicôndilos do úmero. A elevação muscular que constitui seu limite medial é formada pela margem lateral do músculo pronador redondo e a elevação que forma o limite lateral é a margem medial do músculo braquiorradial. O teto da fossa é formado pela fáscia profunda do antebraço, reforçada pela aponeurose do músculo bíceps braquial na face medial. A veia intermédia do cotovelo se situa sobre esta fáscia profunda que é cruzada superficialmente (ou às vezes profundamente) pelo nervo cutâneo medial do antebraço. Os músculos braquial e supinador formam o assoalho da fossa.

De medial para lateral, a fossa contém o nervo mediano, a parte terminal da artéria braquial junto com o começo das artérias radial e ulnar e veias acompanhantes, o tendão do músculo bíceps braquial e o nervo radial imediatamente embaixo do músculo braquiorradial.

ARTICULAÇÕES

O úmero se articula com o rádio e a ulna na articulação do cotovelo. O rádio e a ulna se articulam pelas articulações sinoviais radioulnares proximal (superior) e distal (inferior), por uma membrana interóssea e ligamentos intermediários, os quais constituem uma união radioulnar média fibrosa.

ARTICULAÇÃO DO COTOVELO

A articulação do cotovelo é uma articulação sinovial. Sua complexidade é aumentada pela continuidade com a articulação radioulnar proximal. Ela inclui duas articulações (Fig. 48.2). São elas a articulação umeroulnar, entre a tróclea do úmero e a incisura troclear da ulna, e a articulação umerorradial, entre o capítulo do úmero e a cabeça do rádio.

Superfícies articulares As superfícies articulares são a tróclea e o capítulo do úmero, e a incisura troclear da ulna e a cabeça do rádio. A tróclea do úmero não é uma simples polia porque o seu flange medial excede o lateral, se projetando, assim, até um nível inferior. Isto significa que o plano da articulação, aproximadamente 2 cm distal à linha interepicondilar, é inclinado inferomedialmente; a tróclea do úmero também é mais larga posteriormente onde sua margem lateral é aguda. A incisura troclear não é completamente congruente a ela: em extensão total, a parte medial da sua metade superior não está em contato com a tróclea do úmero, e uma faixa lateral correspondente perde contato durante flexão. A tróclea tem uma superfície selar assimétrica, em grande parte côncava transversalmente e convexa anteroposteriormente: cortes mostram que estes perfis são espirais compostas. Por essa razão, a oscilação é acompanhada (como em todas as articulações do tipo gínglimo) por torção e rotação conjunta. As partes olecraniana e coronóidea da incisura troclear são geralmente separadas por uma faixa rugosa, desprovida de cartilagem articular e coberta por tecido fibroadiposo e membrana sinovial. O capítulo do úmero e a cabeça do rádio são curvados reciprocamente; o contato mais íntimo ocorre com o rádio semipronado e semifletido. A margem da cabeça do rádio, que é mais proeminente medialmente, encaixa-se no sulco entre o capítulo e a tróclea do úmero.

As articulações umeroulnar e umerorradial formam uma articulação predominantemente uniaxial que é uma das articulações mais congruentes e, por essa razão, mais estáveis no corpo. A estabilidade estática de tecidos moles da articulação é derivada da parte anterior da cápsula articular e dos ligamentos colaterais ulnar e radial.

Membrana fibrosa da cápsula articular A membrana fibrosa da cápsula articular (Figs. 48.2, 48.3, 48.4) é larga e fina anteriormente. Ela

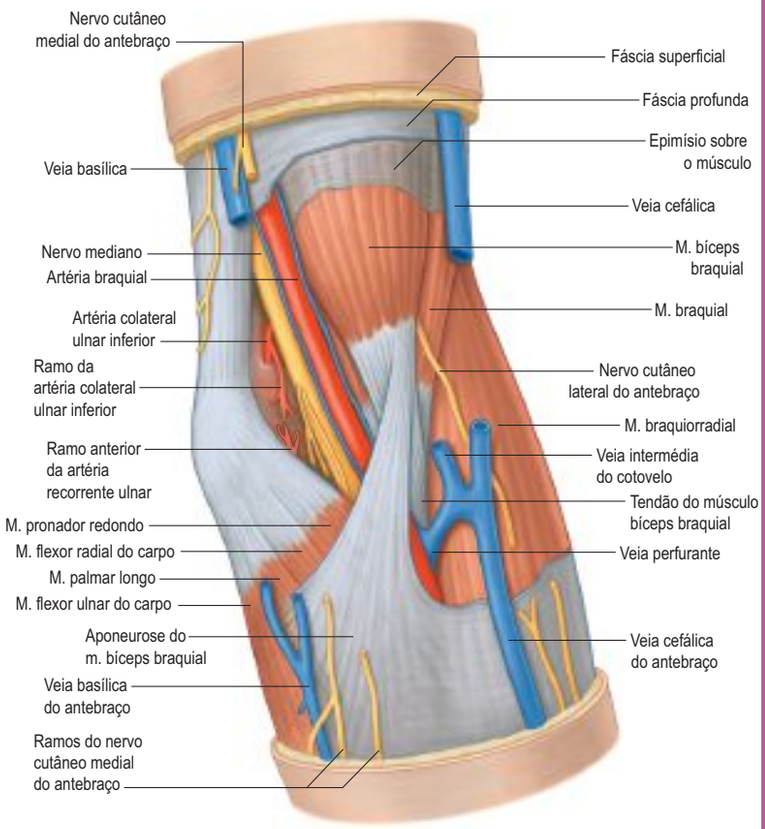


Fig. 48.1 Face anterior do cotovelo esquerdo, estruturas superficiais. As veias subcutâneas foram cortadas para revelar as estruturas subfasciais. Comparar com a **Figura 48.6.**

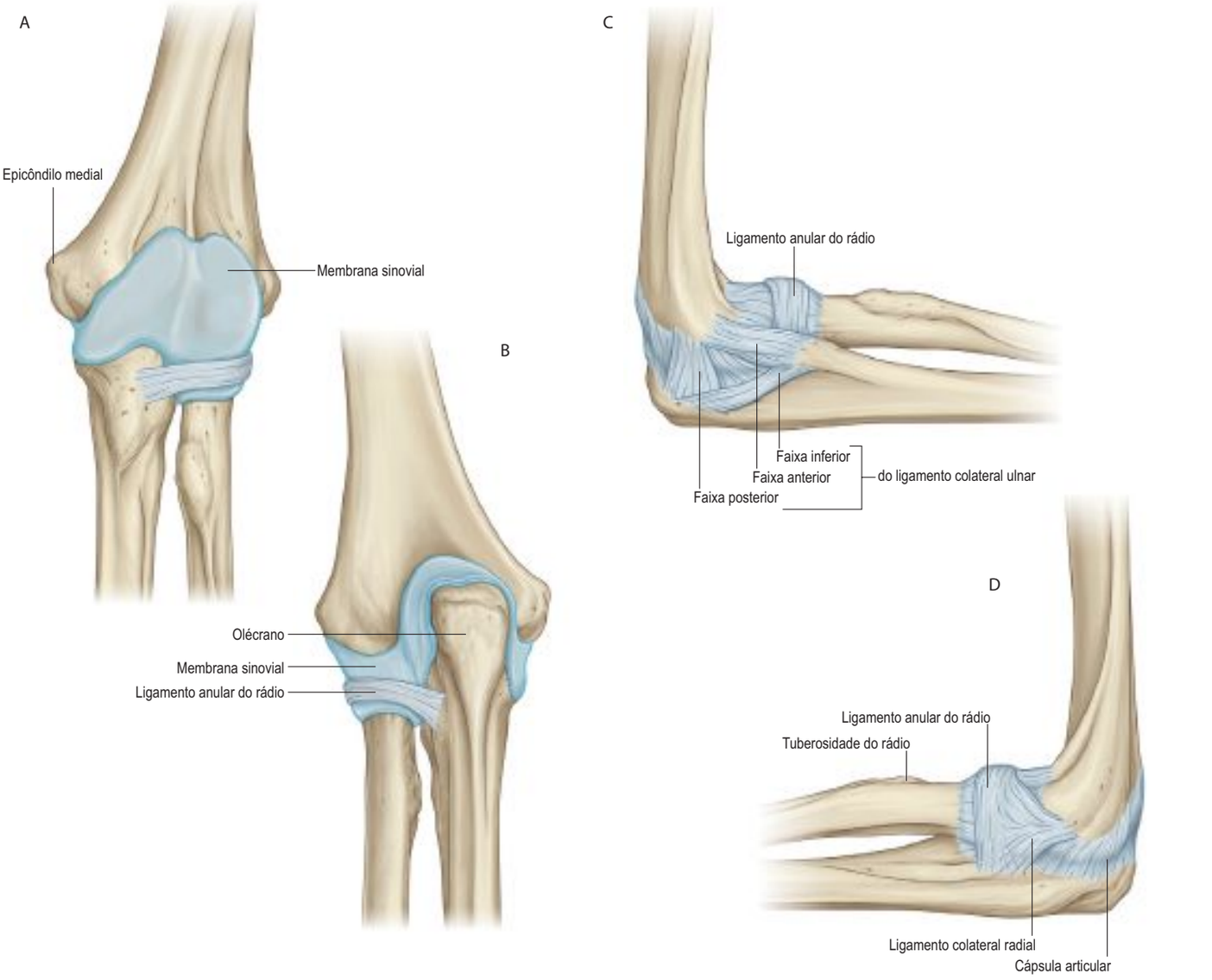


Fig. 48.2 A-D, Articulação do cotovelo esquerdo. **A,** Cavidade sinovial parcialmente distendida: face anterior. A membrana fibrosa da cápsula articular da articulação do cotovelo foi removida, mas a parte espessa do ligamento anular do rádio foi deixada *in situ*. Observar que a membrana sinovial (azul) desce abaixo da margem inferior do ligamento anular do rádio. **B,** Cavidade sinovial parcialmente distendida: face posterior da peça representada em A. Em A e B uma pequena parte do ligamento colateral ulnar (medial) pode ser vista. **C,** Face medial. **D,** Face lateral.

é fixada proximalmente à frente do epicôndilo medial e acima das fossas coronóidea e radial do úmero, e distalmente à margem do processo coronoide da ulna e no ligamento anular do rádio, e é contínua nos seus lados com os ligamentos colaterais ulnar e radial. Anteriormente ela recebe numerosas fibras do músculo braquial. Posteriormente a cápsula articular é fina e fixada ao úmero atrás do seu capítulo e próximo da margem lateral da tróclea, em toda margem da fossa do olécrano, menos em sua parte inferior, e ao dorso do epicôndilo medial do úmero. Inferomedialmente ela alcança as margens superior e lateral do olécrano e é contínua lateralmente com a cápsula da articulação radioulnar proximal profunda ao ligamento anular do rádio. Ela está relacionada posteriormente ao tendão do músculo tríceps braquial e ao músculo ancôneo.

Ligamentos As articulações umeroulnar e umerorradial possuem ligamentos colaterais ulnar e radial.

Ligamento colateral ulnar É uma faixa triangular, consistindo em partes anterior espessa, posterior e inferior unidas por uma região fina (Fig. 48.2C). A parte anterior, mais forte e mais rígida, está fixada pelo seu ápice na frente do epicôndilo medial e pela sua larga base distal em um tubérculo proximal na margem medial do processo coronoide. A parte posterior, também triangular, está fixada abaixo, no dorso do epicôndilo medial e na margem medial do olécrano. Entre estas duas faixas, fibras intermediárias descem do epicôndilo medial para uma faixa inferior oblíqua, frequentemente fraca, entre o olécrano e o processo coronoide. Isto converte uma depressão, na margem medial da incisura troclear, em um forame, através do qual o coxim adiposo intracapsular é contínuo com gordura extracapsular, medial à articulação. A faixa anterior é retesada durante a maior parte da amplitude de flexão, enquanto a faixa posterior se torna retesada entre a metade e o final da flexão.

O ligamento colateral ulnar está relacionado ao músculo tríceps braquial, ao músculo flexor ulnar do carpo e ao nervo ulnar. Ao longo dele, anteriormente, a fixação do músculo flexor superficial dos dedos se estende desde o epicôndilo medial até a margem medial do processo coronoide.

Ligamento colateral radial Está fixado abaixo, no epicôndilo lateral e no ligamento anular do rádio (Fig. 48.2D). Algumas das suas fibras posteriores cruzam o ligamento para a extremidade proximal da crista do músculo supinador da ulna. Ele se funde intimamente com as inserções dos músculos supinador e extensor radial curto do carpo. Ele é retesado durante a maior parte da amplitude de flexão.

Membrana sinovial da cápsula articular A membrana sinovial da cápsula articular (Figs. 48.2–48.4) se estende a partir das margens articulares do úmero, reveste as fossas coronóidea, radial e do olécrano, a face medial plana da tróclea, a face profunda da cápsula articular e a parte inferior do ligamento anular do rádio. Projetando-se entre o rádio e a ulna, a partir de trás, há uma prega em forma de crescente, a qual divide parcialmente a articulação em partes umerorradial e umeroulnar. Irregularmente triangular, ela contém gordura extrassinovial (Fig. 48.5). Entre a membrana fibrosa e a membrana sinovial da cápsula articular, há três outros coxins adiposos: o maior, na fossa do olécrano, é pressionado para dentro da fossa pelo músculo tríceps braquial durante a flexão; os outros dois, nas fossas coronóidea e radial, são pressionados para dentro pelo músculo braquial

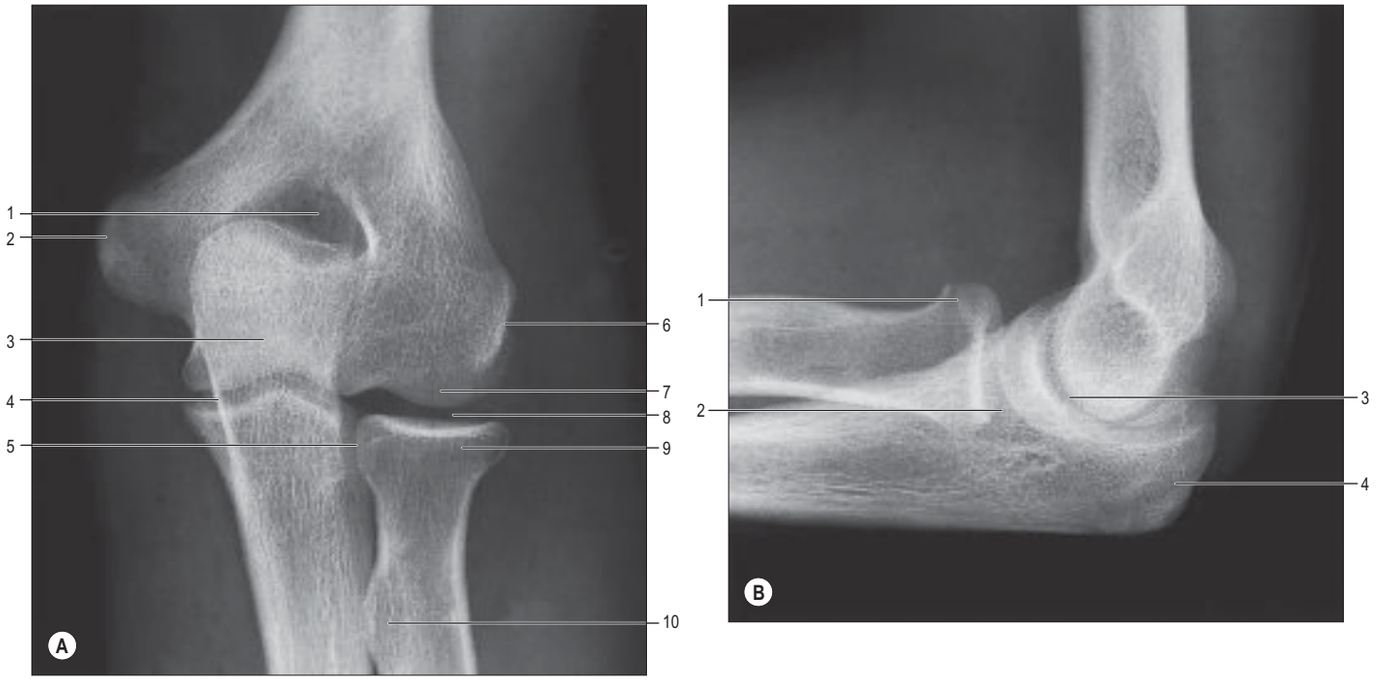


Fig. 48.3 Radiografias do cotovelo esquerdo de um adulto. **A,** Vista anteroposterior: **1.** Fossa do olécrano. **2.** Epicôndilo medial do úmero. **3.** Sombra do olécrano superposta à tróclea. **4.** Articulação umeroulnar. **5.** Cabeça do rádio articulando-se com incisura radial da ulna. **6.** Epicôndilo lateral do úmero. **7.** Capítulo. **8.** Articulação umerorradial. **9.** Cabeça do rádio. **10.** Tuberosidade do rádio. **B,** Vista lateral: **1.** Cabeça do rádio. **2.** Silhueta do capítulo. **3.** Silhueta da tróclea. **4.** Olécrano.

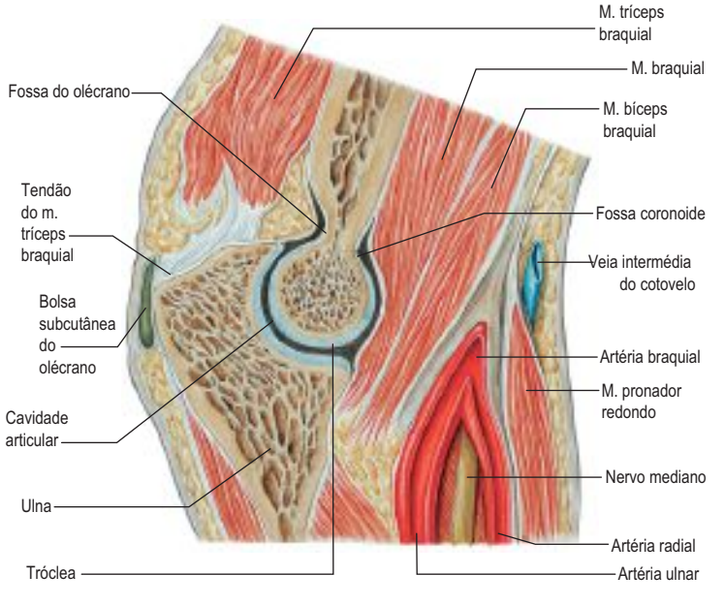


Fig. 48.4 Corte sagital através da articulação do joelho esquerdo: face medial. A membrana sinovial está mostrada em azul. (De Sobotta 2006.)

durante a extensão. Todos eles são ligeiramente desviados nos movimentos contrários. Apêndices menores de gordura revestidos pela membrana sinovial se projetam para dentro da articulação perto de constrições que flanqueiam a incisura troclear e cobrem pequenas áreas não articulares do osso.

Uma bolsa pequena, a bolsa do olécrano, reside entre a cápsula da articulação do cotovelo e a inserção do tendão do músculo tríceps braquial. A pressão e o atrito podem levar à inflamação e ao aumento de volume desta bolsa.

Suprimento sanguíneo e drenagem linfática As artérias articulares são derivadas das numerosas anastomoses periarticulares (Fig. 47.6).

Inervação Os nervos articulares são provenientes principalmente de ramos dos nervos musculocutâneo e radial, mas os nervos ulnar, mediano e às vezes o interósseo anterior do antebraço também contribuem. O nervo musculocutâneo emite um ramo muscular que inerva o músculo braquial e uma parte anterior da cápsula; as regiões posterior e anterolateral da cápsula articular são inervadas pelo ramo para o músculo ancôneo e pelos ramos mediais para a cabeça medial do músculo tríceps provenientes do nervo radial. O nervo ulnar inerva o ligamento colateral ulnar atrás do epicôndilo medial. Estes nervos articulares acompanham vasos sanguíneos que suprem a membrana sinovial, os coxins adiposos e as epífises; eles presumivelmente contêm fibras vasomotoras bem como fibras aferentes que servem à dor e à propriocepção.

Movimentos Sendo uma articulação uniaxial, o cotovelo permite flexão e extensão, com a ulna se movendo sobre a tróclea do úmero, e a cabeça do rádio sobre o capítulo do úmero. Entretanto, a flexão-extensão da ulna não é uma oscilação pura, mas é acompanhada por uma ligeira rotação conjunta, com a ulna sendo ligeiramente pronada em extensão e supinada em flexão. Uma vez que o capítulo do úmero é menor que a fóvea articular, a cabeça do rádio pode ser palpada no dorso da articulação em extensão completa, a qual é limitada pela tensão na cápsula articular e músculos anteriores à articulação (com a extensão sendo a posição de contato máximo) e pela entrada da extremidade do olécrano dentro da fossa do olécrano. A flexão é limitada principalmente pela aposição das partes moles: em flexão completa a margem da cabeça do rádio e a extremidade do processo coronoide da ulna entram nas fossas radial e coronóidea do úmero respectivamente.

Quando o antebraço é completamente estendido e supinado, ele diverge lateralmente formando com o braço um "ângulo de carregar" de aproximadamente 163°; sua margem ulnar não pode fazer contato com a face lateral da coxa. O "ângulo de carregar" é causado parcialmente pela projeção da margem medial da tróclea cerca de 6 mm além da sua margem lateral e parcialmente pela obliquidade da face articular superior do processo coronoide, que não é ortogonal ao corpo da ulna. A inclinação das faces articulares do úmero e da ulna é aproximadamente igual, por isso o ângulo de carregar desaparece em flexão completa, com os dois ossos alcançando o mesmo plano. Quando o braço aduzido é flexionado, o dedo mínimo encontra a clavícula por causa da posição do úmero em repouso; quando o úmero é rotado lateralmente, a mão alcança a frente do ombro. O ângulo de carregar é também mascarado pela pronação do antebraço estendido, o que traz o braço, o antebraço semipronado e a mão em alinhamento, aumentando a precisão manual em extensão completa do cotovelo ou durante extensão.

Movimentos acessórios Estes são limitados a uma ligeira torção da ulna, com abdução e adução, e translação anteroposterior da cabeça do rádio sobre o capítulo do úmero. Na translação, a cabeça do rádio se move na incisura radial da ulna e o ligamento anular do rádio e girado para trás e para a frente, ainda mais quando o cotovelo está semiflexionado.

Músculos que produzem movimento Flexão: músculos braquial, bíceps braquial e braquiorradial. Em flexão lenta ou em sua manutenção contra a gravidade, os músculos braquial e bíceps braquial estão crucialmente envolvidos, mesmo para cargas leves. Com aumento da velocidade, a atividade no músculo braquiorradial é cada vez mais proeminente; suas fixações determinam que ele atue mais eficazmente na pronação intermediária. Contra resistência, os músculos pronador redondo e flexor radial do carpo também podem atuar.

Extensão: músculos tríceps braquial, ancôneo e a gravidade. Na extensão rápida, o músculo braquiorradial pode atuar.

Relações Os músculos relacionados à articulação são: o braquial (anteriormente), o tríceps braquial e o ancôneo (posteriormente), o supinador e o tendão extensor comum (lateralmente) e o tendão flexor comum e o músculo flexor ulnar do carpo (medialmente).

ARTICULAÇÃO RADIOULNAR PROXIMAL (SUPERIOR)

A articulação radioulnar proximal é uma articulação uniaxial do tipo trocóidea.

Superfícies articulares As superfícies articulares ocorrem entre a circunferência articular da cabeça do rádio e o anel ósseofibroso constituído pela incisura radial da ulna e o ligamento anular do rádio.

Membrana fibrosa da cápsula articular A membrana fibrosa da cápsula articular é contínua com a da articulação do cotovelo e é fixada ao ligamento anular do rádio.

Ligamentos A articulação radioulnar proximal tem os ligamentos anular do rádio e o quadrado.

Ligamento anular do rádio É uma faixa forte, que circunda a cabeça do rádio, retendo-a contra a incisura radial da ulna. Formando cerca de quatro quintos do anel, está fixado à margem anterior da incisura, alarga-se posteriormente e pode dividir-se em várias faixas. Está fixado em uma crista rugosa ao nível ou atrás da margem posterior da incisura; faixas divergentes também podem alcançar a margem lateral da incisura troclear acima e a extremidade proximal da crista do músculo supinador abaixo. A margem proximal do ligamento anular do rádio se funde com a cápsula da articulação do cotovelo, exceto posteriormente, onde a cápsula passa profundamente ao ligamento para atingir as margens posterior e inferior da incisura radial. A partir da margem distal do ligamento do rádio, algumas fibras passam sobre membrana sinovial refletida para se inserirem frouxamente no colo do rádio. A face externa do ligamento anular do rádio se funde com o ligamento colateral do rádio e fornece uma inserção para parte do músculo supinador. Posterior a ele estão o músculo ancôneo e a artéria recorrente interóssea. Internamente o ligamento é finamente recoberto por cartilagem onde ele está em contato constante com a cabeça do rádio; distalmente, é coberto por membrana sinovial, refletida para cima sobre o colo do rádio.

Ligamento quadrado Este ligamento é fino fibroso, estende-se entre o colo do rádio e a parte superior da fossa supinadora da ulna e cobre a membrana sinovial na face distal da articulação. Ele mantém tensão constante durante toda a pronação e supinação.

Membrana sinovial da cápsula articular A membrana sinovial é contínua com a da articulação do cotovelo, de tal modo que a articulação

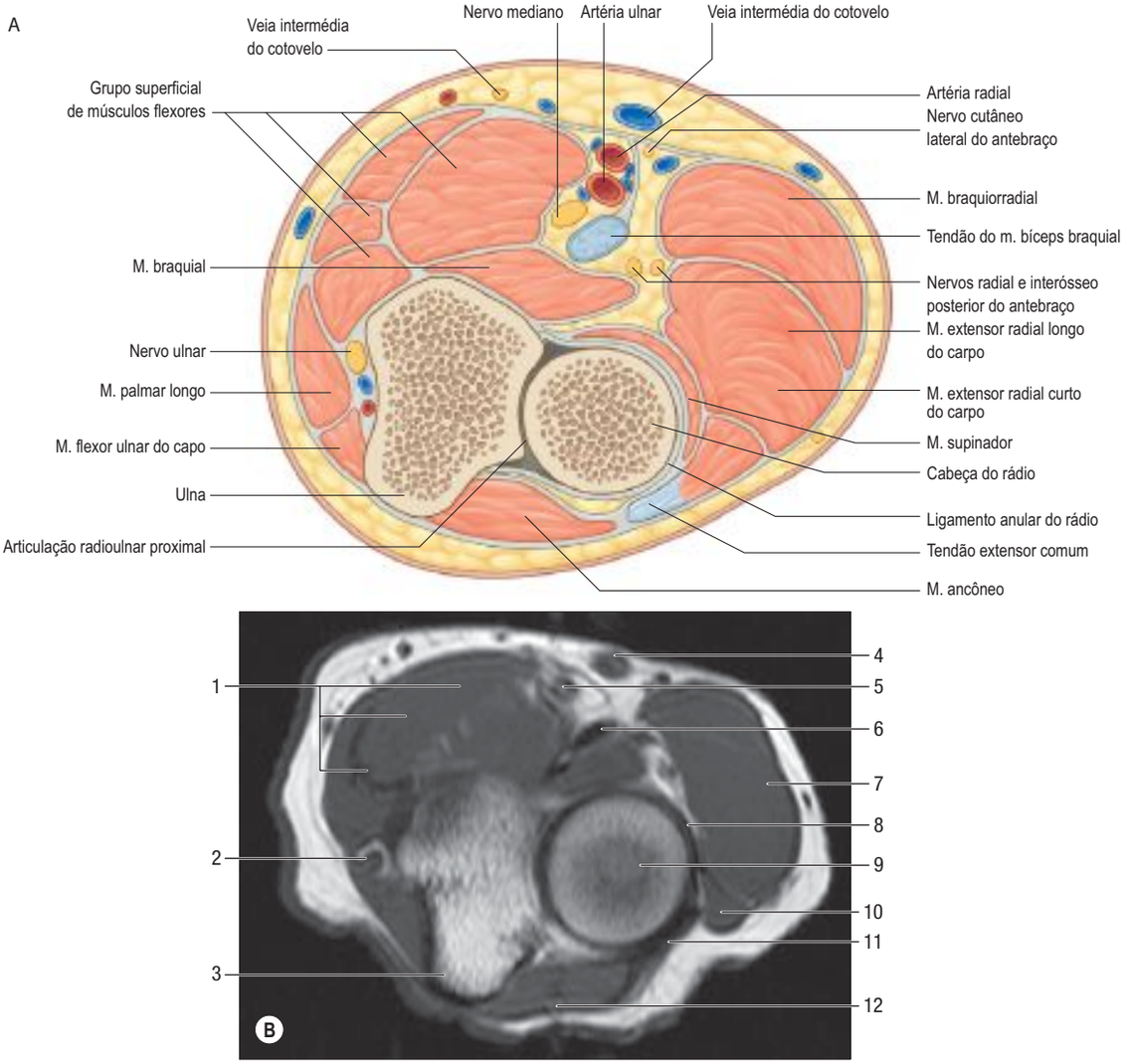


Fig. 48.5 Articulação radioulnar proximal esquerda. **A,** Corte transversal. **B,** Imagem de RM, plano transversal (axial): **1.** Grupo superficial de músculos flexores. **2.** Nervo ulnar. **3.** Ulna. **4.** Veia intermédia do cotovelo. **5.** Artéria braquial e nervo mediano. **6.** Tendão do músculo bíceps braquial. **7.** Músculo braquiorradial. **8.** Ligamento anular do rádio. **9.** Cabeça do rádio. **10.** Músculo extensor radial curto do carpo. **11.** Tendão extensor comum. **12.** Músculo ancôneo.

radioulnar proximal e a articulação do cotovelo formam uma cavidade sinovial contínua. Ela está inserida nas margens articulares e linhas da cápsula articular e do ligamento anular do rádio. É impedida de se herniar entre as margens livres anterior e posterior do ligamento anular do rádio pelo ligamento quadrado.

Suprimento sanguíneo Artérias articulares são derivadas das numerosas anastomoses periarticulares (Fig. 47.6).

Inervação A inervação acontece através de pequenos ramos provenientes dos nervos musculocutâneo, mediano, radial e ulnar.

Fatores que mantêm a estabilidade O fator primordial de estabilização (Figs. 48.2, 48.3) é o ligamento anular do rádio que circunda a cabeça do rádio e a retém de encontro à incisura radial da ulna.

Movimentos e músculos que produzem movimento Ver a descrição da articulação radioulnar distal (pág. 468).

Traumatismos em torno do cotovelo

A luxação posterior da articulação do cotovelo com abdução da ulna pode ser agravada pela fratura do processo coronoide quando ele colide contra a tróclea do úmero. A relação triangular normal entre o olécrano e os dois epicôndilos do úmero é rompida. A artéria braquial e/ou os nervos mediano e ulnar podem, ocasionalmente, ser lesados nestes traumatismos. A resistência dos ligamentos colaterais é tanta, que o epicôndilo medial frequentemente é avulsionado nas luxações laterais.

A subluxação da cabeça do rádio através do ligamento anular causado por um puxão súbito do braço constitui uma lesão relativamente comum em crianças pequenas (conhecida como "síndrome do cotovelo distendido ou da pronação dolorosa"). Isto acontece porque o ligamento anular do rádio possui lados verticais, nas crianças, em comparação com os lados mais afunilados em adultos. A redução envolve supinação forçada e flexão do cotovelo que, ocorrendo um estalido quando o ligamento e a cabeça do rádio, retornam para o seu lugar.

Fraturas umerais distais supracondilares são frequentemente vistas em crianças após uma queda sobre a mão estendida à frente. O fragmento distal frequentemente é desviado posteriormente. A extremidade denteada do fragmento proximal pode às vezes lesar a artéria braquial ou o nervo mediano.

ARTICULAÇÃO RADIOULNAR DISTAL (INFERIOR)

Os movimentos no complexo articular radioulnar pronam e supinam a mão. A articulação radioulnar distal e os movimentos que ocorrem durante supinação e pronação encontram-se descritos na página 468.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Artéria braquial

A artéria braquial é central e se divide próximo do colo do rádio nos seus ramos terminais, a saber, as artérias radial e ulnar (Figs. 48.1, 48.6). A pele, a fáscia superficial e a veia intermédia do cotovelo são anteriores, separadas pela aponeurose do músculo bíceps braquial. Posteriormente, o músculo braquial a separa da articulação do cotovelo. O nervo mediano é medial proximalmente, mas é separado da artéria ulnar pela cabeça ulnar do músculo pronador redondo. Lateralmente estão o tendão do músculo bíceps braquial e o nervo radial, o último oculto entre os músculos supinador e braquiorradial.

Artéria radial

A artéria radial passa profundamente ao músculo braquiorradial e emite a artéria recorrente radial antes de continuar para o antebraço (Figs. 48.1, 48.6).

Artéria recorrente radial A artéria recorrente radial (Figs. 47.6, 48.6) origina-se imediatamente distal ao cotovelo, passando entre ramos superficial e profundo do nervo radial para ascender atrás do músculo braquiorradial e anterior aos músculos supinador e braquial. Ela supre estes músculos e a articulação do cotovelo, anastomosando-se com o ramo colateral radial da artéria braquial profunda.

Artéria ulnar

A artéria recorrente ulnar emite o ramo anterior e depois o ramo posterior antes de passar profundamente ao músculo pronador redondo para continuar seu trajeto no antebraço (Figs. 48.1, 48.6). No antebraço, a artéria interóssea posterior (um ramo da artéria ulnar por meio da artéria interóssea comum) dá origem à artéria recorrente interóssea que passa proximalmente para suprir a região do cotovelo.

As artérias interóssea comum, interóssea anterior, interóssea posterior e ramos musculares da artéria ulnar encontram-se descritas na página 852.

Ramo anterior da artéria recorrente ulnar O ramo anterior da artéria recorrente ulnar (Fig. 47.6) origina-se imediatamente distal ao cotovelo, ascende entre os músculos braquial e pronador redondo, irriga-os e se anastomosa com a artéria colateral ulnar inferior, anteriormente ao epicôndilo medial.

Ramo posterior da artéria recorrente ulnar O ramo posterior da artéria recorrente ulnar (Fig. 47.6) origina-se distal ao ramo anterior da artéria recorrente ulnar, passa dorsomedialmente entre os músculos flexores profundo e superficial dos dedos e ascendente atrás do epicôndilo medial; entre este e o olécrano, ele é profundo ao músculo flexor ulnar do carpo, ascendendo entre suas cabeças com o nervo ulnar. Ele irriga os músculos adjacentes, o nervo, o osso e a articulação do cotovelo, e se anastomosa com as artérias colateral ulnar e recorrente interóssea (Fig. 47.6).

Artéria recorrente interóssea A artéria recorrente interóssea é um ramo da artéria interóssea posterior. Ela passa proximalmente através do músculo supinador para se situar profundamente ao músculo ancôneo, posteriormente ao epicôndilo lateral. Emite ramos que tomam parte no plexo cutâneo anastomótico em torno do olécrano.

VEIAS

As veias profundas e superficiais que drenam o cotovelo e estruturas correlatas encontram-se descritas na página 853. A Figura 48.7 mostra as variações comuns das veias superficiais da fossa cubital: seu fácil acesso significa que as veias do cotovelo são locais comuns para punção sanguínea venosa e administração intravenosa de líquidos e drogas.

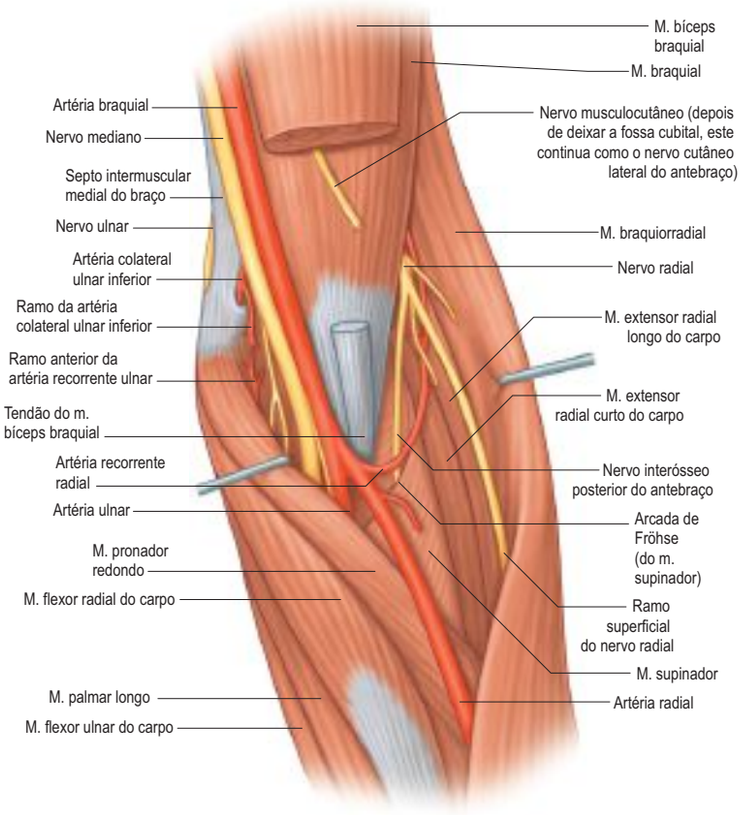


Fig. 48.6 Face anterior do cotovelo esquerdo, estruturas profundas. Comparar com a **Figura 48.1.**

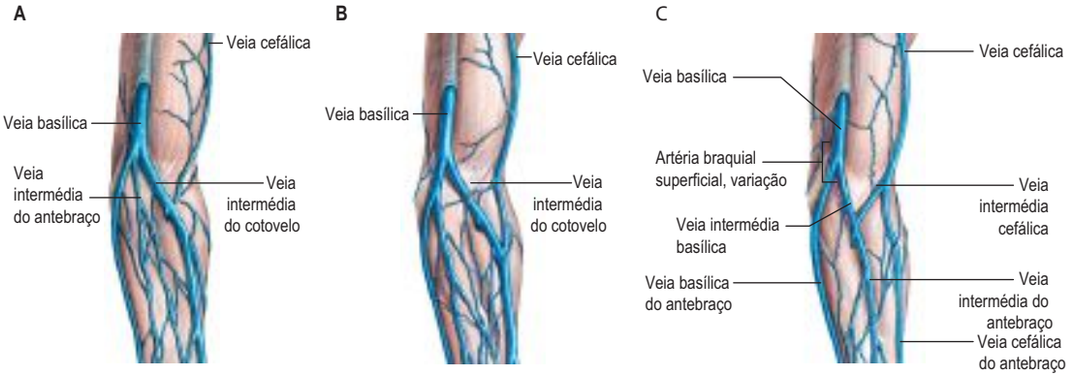


Fig. 48.7 A–C, Variações das veias superficiais da fossa cubital esquerda. (De Sobotta 2006.)

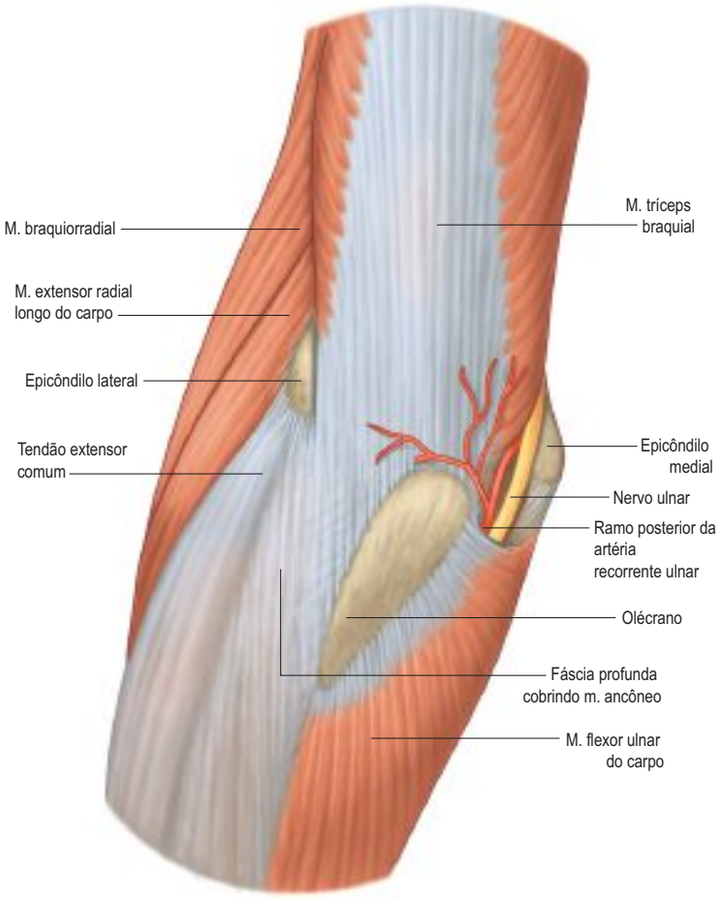


Fig. 48.8 Face posterior do cotovelo esquerdo, estruturas superficiais.

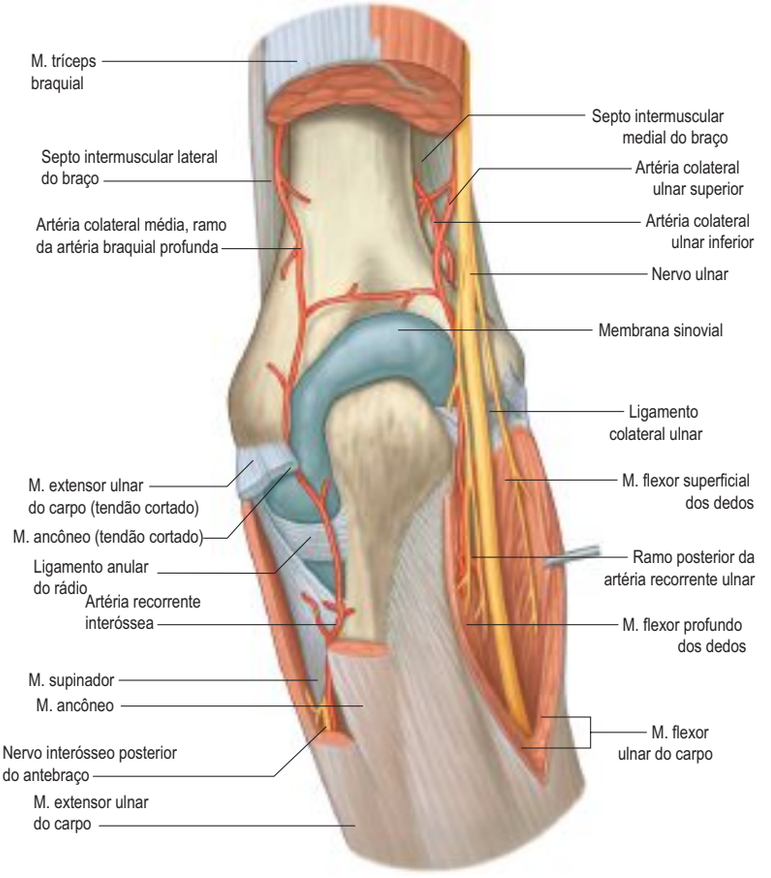


Fig. 48.9 Face posterior da região do cotovelo esquerdo, estruturas profundas.

DRENAGEM LINFÁTICA: LINFONODOS SUPRATROCLEARES

Um ou dois linfonodos supratrocleares (Fig. 45.6) são superficiais à fáscia profunda, proximais ao epicôndilo medial e mediais à veia basílica; seus eferentes acompanham a veia para se juntar aos vasos linfáticos profundos.

Pequenos linfonodos isolados às vezes ocorrem ao longo dos vasos radiais, ulnares e interósseos, na fossa cubital próximo à bifurcação da artéria braquial ou no braço, medialmente aos vasos braquiais.

INERVAÇÃO

Nervo mediano

Na fossa cubital o nervo mediano está situado medialmente à artéria braquial, profundamente à aponeurose do músculo bíceps braquial e anteriormente ao músculo braquial (Figs. 48.1, 48.6).

Síndrome do pronador Esta é uma neuropatia incomum de compressão do nervo mediano que ocorre na região do cotovelo. A compressão pode ocorrer tipicamente em quatro locais. O primeiro ocorre no local do ligamento de Struthers. Este ligamento representa uma variação anatômica e quando presente conecta um pequeno esporão ósseo supracondilar a uma origem acessória do músculo pronador redondo. O nervo mediano pode ser comprimido ao passar embaixo deste ligamento. O nervo também pode ser comprimido ao passar profundamente à aponeurose do músculo bíceps braquial; à margem aponeurótica da cabeça profunda do músculo pronador redondo; ou ao arco aponeurótico tendíneo que forma a margem livre proximal da fixação radial do músculo flexor superficial dos dedos.

A síndrome ocasiona dor na face anterior distal do braço e proximal do antebraço. Os sintomas podem ser agravados pela flexão do cotovelo contra resistência, pronação do antebraço contra resistência, ou flexão do dedo médio contra resistência, dependendo da causa precisa da compressão. Se o nervo interósseo anterior do antebraço também for comprimido, haverá fraqueza de todos os músculos inervados pelo nervo mediano, incluindo o abdutor curto do polegar e os longos flexores dos dedos (mús-

culos flexores longo do polegar e profundo dos dedos), e prejuízo sensitivo na palma da mão. O tratamento envolve a exploração do nervo e descompressão cirúrgica.

Nervo musculocutâneo

Na fossa cubital, o nervo musculocutâneo está situado na margem lateral do tendão do músculo bíceps braquial, onde continua sob a forma do nervo cutâneo lateral do antebraço.

Nervo ulnar

No cotovelo, o nervo ulnar está em um sulco no dorso do epicôndilo medial. Ele entra no antebraço entre as duas cabeças do músculo flexor ulnar do carpo, superficial às partes posterior e oblíqua do ligamento colateral ulnar (Figs. 48.6, 48.8, 48.9).

Ramos articulares Os ramos articulares para a articulação do cotovelo originam-se do nervo ulnar entre o epicôndilo medial e o olécrano.

Síndrome do túnel cubital Tipicamente, o nervo ulnar pode ser comprimido no túnel formado pelo arco tendíneo que conecta as duas cabeças do músculo flexor ulnar do carpo nas suas fixações umeral e ulnar. Outras causas locais de compressão e neurite neste local incluem trauma, artrite inflamatória, compressão pela cabeça medial do músculo tríceps braquial, osteófitos, subluxação recorrente do nervo cruzando o epicôndilo medial do úmero e variações musculares anormais como o músculo ancôneo epitroclear.

Os sintomas são dor na face medial proximal do antebraço juntamente com parestesia e, entorpecimento do dedo mínimo e da metade ulnar do dedo anular e do lado ulnar do dorso da mão. Estes sintomas são tipicamente piores durante a flexão forçada do cotovelo. Pode haver também fraqueza associada dos músculos do antebraço e dos músculos intrínsecos da mão inervados pelo nervo ulnar. Curiosamente, os músculos flexor ulnar do carpo e o profundo para os dedos anular e mínimo frequentemente são poupados, presumivelmente porque os fascículos que suprem estes músculos estão localizados na face profunda do nervo. A mão em garra é, portanto, incomum nesta síndrome.

Um tratamento cirúrgico implicaria descompressão do túnel pela divisão da aponeurose do músculo flexor ulnar do carpo com ou sem transposição anterior subsequente do nervo ulnar.

Lesão do nervo ulnar no cotovelo O nervo ulnar está em uma posição vulnerável, uma vez que se localiza entre o epicôndilo medial e o olécrano: ele se situa sobre osso coberto apenas por uma fina camada de pele. É facilmente lesionado se o sulco ulnar for raso, e o nervo pode tornar-se mais proeminente que o epicôndilo medial ou que o olécrano quando o cotovelo está completamente flexionado.

A lesão do nervo ulnar no cotovelo paralisa os músculos flexor ulnar do carpo, flexor profundo dos dedos para os dedos anular e mínimo e todos os músculos intrínsecos da mão (com exceção do 1º e 2º músculos lumbricais). A deformidade da mão em garra é menos intensa do que a que ocorre após lesão do nervo ulnar no punho, refletindo o desequilíbrio da ação entre os longos flexores e extensores para os dedos anular e mínimo quando a flexão dos dedos é produzida somente pelo ramo superficial. Além disso, há perda sensitiva sobre o dedo mínimo e a metade medial do dedo anular.

Nervo radial

O nervo radial no cotovelo situa-se profundamente em um sulco entre os músculos braquial e braquiorradial, proximalmente, e o extensor radial do carpo, distalmente. Ele se divide no ramo superficial terminal e o nervo interósseo posterior do antebraço, imediatamente anterior ao epicôndilo lateral (Fig. 48.6).

Os ramos articulares são distribuídos à articulação do cotovelo.

Nervos cutâneos medial e posterior do antebraço

O nervo cutâneo medial encontra-se descrito nas páginas 830 e 856, e o nervo cutâneo posterior está descrito nas páginas 829 e 856.

REFERÊNCIA

Green DP (ed) 1982 Operative Hand Surgery. New York/London: Churchill Livingstone.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO
49

Antebraço

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento sanguíneo cutâneo

Perfurantes fasciocutâneas a partir da artéria radial suprem os dois terços laterais da face anterior do antebraço, a margem lateral e o quarto posterior do antebraço (exceto no terço distal) (Fig. 45.4). Estas perfurantes passam na fáscia intermuscular entre o músculo braquiorradial e o músculo flexor radial do carpo e entre o músculo flexor radial do carpo e o músculo flexor superficial dos dedos (Fig. 49.17). Dentro do território da artéria radial fica a área da maior perfurante fasciocutânea, que recentemente foi denominada artéria cubital inferior. Ela se estende desde o ápice distal da fossa cubital até meio caminho abaixo pelo antebraço. Perfurantes fasciocutâneas a partir da artéria ulnar suprem uma área anatômica que se estende da fossa cubital ao punho, e do terço medial da região anterior do antebraço em torno da margem medial até o quarto medial da face posterior do antebraço (Figs. 45.4, 49.17).

Perfurantes musculocutâneas muito pequenas passam através do músculo braquiorradial e do músculo flexor ulnar do carpo. A contribuição destas é muito menor que a das perfurantes fasciocutâneas.

O terço distal da região lateral do antebraço é suprido pelos ramos perfurantes terminais da artéria interóssea anterior (Fig. 45.4).

A metade central da face posterior do antebraço, a partir da margem lateral do músculo extensor dos dedos, imediatamente abaixo do epicôndilo lateral do úmero, até o punho, é suprida por perfurantes fasciocutâneas que se originam da artéria interóssea posterior. Elas atingem a pele passando ao longo da fáscia intermuscular entre o músculo extensor ulnar do carpo e o músculo extensor do dedo mínimo (Figs. 45.4, 49.17).

Para uma descrição detalhada do suprimento cutâneo para o antebraço, ver Cormack e Lamberty (1994) e os trabalhos traduzidos de Salmon (1994).

Inervação cutânea

A região anterior do antebraço é suprido pelos ramos anteriores dos nervos cutâneos medial e lateral do antebraço (Fig. 45.15). As regiões medial e lateral da região posterior do antebraço são supridas pelos ramos posteriores dos nervos cutâneos medial e lateral do antebraço respectivamente. A parte central da região posterior do antebraço é suprida pelo nervo cutâneo posterior do antebraço.

TECIDOS MOLES

Membrana interóssea

As diáfises do rádio e ulna são conectadas por sindesmoses – uma corda oblíqua e uma membrana interóssea.

Corda oblíqua

A corda oblíqua é uma pequena banda fascial plana inconstante sobre a cabeça do músculo supinador (Fig. 49.1). Ele se estende desde a região lateral da tuberosidade da ulna ao rádio um pouco distal à sua tuberosidade. Suas fibras são perpendiculares àquelas na membrana interóssea. Seu significado funcional está em dúvida.

Membrana interóssea

A membrana interóssea é uma folha colágena larga, delgada (Fig. 49.1). Suas fibras inclinam-se distomedialmente entre as margens interósseas radial e ulnar, e sua parte distal é fixada à divisão posterior da margem radial. Duas ou três bandas posteriores ocasionalmente descem distolateralmente cruzando as outras fibras. A membrana é deficiente proximalmente, começando 2 ou 3 cm distais à tuberosidade do rádio, e mais larga ao nível médio. Uma abertura oval perto da sua margem distal conduz os vasos interósseos anteriores para o dorso do antebraço, e os vasos interósseos posteriores passam através de um espaço entre a sua margem proximal e a corda oblíqua.

A membrana proporciona inserção para os músculos profundos do antebraço e conecta o rádio e a ulna. Suas fibras parecem transmitir forças que atuam proximalmente a partir da mão para o rádio, daqui para a ulna e úmero. Entretanto, a mão geralmente está pronada quando submetida a estas forças, e a membrana está relaxada em pronação e supinação completas: a membrana interóssea só está tensa quando a mão está a meio caminho entre as posições prona e supina. Além disso, o rádio é capaz de transmitir forças substanciais diretamente ao úmero. Anteriormente, nos seus três quartos proximais, a membrana é relacionada lateralmente ao músculo

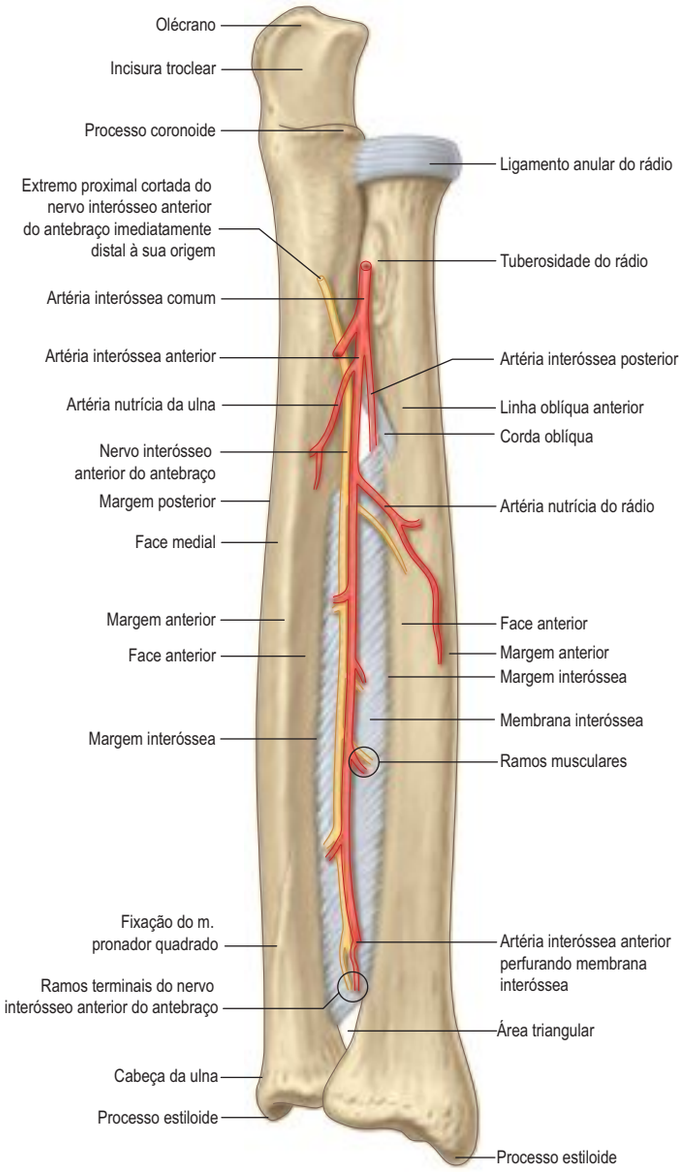


Fig. 49.1 Membrana interóssea e corda oblíqua do antebraço: aspecto anterior. Membrana e corda são sindesmoses.

flexor longo do polegar e medialmente ao flexor profundo dos dedos, e entre eles aos vasos e nervo interósseos anteriores. No seu quarto distal ela é relacionada com o músculo pronador quadrado. Suas relações posteriores são os músculos supinador, abdutor longo do polegar, extensores curto e longo do polegar e extensor do indicador e, próximo do carpo, a artéria interóssea anterior e o nervo interósseo posterior.

Compartimentos do antebraço

A fáscia do antebraço, que é contínua acima com a fáscia do braço, é uma bainha geral densa para os músculos, coletiva e individualmente, nesta região. Ela é fixada ao olécrano e margem posterior da ulna. Da sua face profunda passam septos entre os músculos, fornecendo-lhe fixação parcial, e alguns destes septos atingem o osso. Músculos também se originam de sua face interna, especialmente na parte superior do antebraço. Esta fáscia profunda, junto com a membrana interóssea e septos intermusculares fibrosos, dividem o antebraço em vários compartimentos. Estes são os compartimentos anterior, o compartimento posterior e um compartimento conhecido como parte posterior do compartimento lateral (abrangendo os músculos braquiorradial e extensores radiais longo e curto do carpo) (Fig. 49.2). A fáscia é muito mais espessa posteriormente e no antebraço inferior. Ela é reforçada acima por fibras tendíneas a partir dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial. Perto do punho, dois espessamentos localizados, os retináculos dos músculos flexores e dos músculos extensores, retêm os tendões dos dedos em posição (pág. 879). Vasos e nervos passam através de aberturas na fáscia. Uma abertura grande anterior ao cotovelo transmite uma comunicação venosa entre veias superficiais e profundas.

Síndrome de compartimento

A fáscia do antebraço tem elasticidade limitada, e consequentemente qualquer acumulo de líquido dentro deste espaço (p. ex., por hemorragia, edema por trauma, queimadura) pode levar à tensão aumentada no compartimento. Se esta pressão for suficientemente alta (35 mmHg), a pressão de perfusão tecidual será comprometida e isto levará a uma síndrome de compartimento na qual se segue isquemia e necrose dos tecidos. Uma vez que o músculo se torne infartado, o dano é irreversível: as fibras musculares se tornam contraídas e substituídas por tecido fibroso inelástico (a chamada contratura isquêmica de Volkmann). Os sintomas e sinais associados com síndrome de compartimento são dor (particularmente ao alongamento passivo dos músculos do compartimento), fraqueza dos músculos do compartimento, tensão do compartimento, parestesia e hiperestesia. O pulso pode, ainda, ser normal na síndrome de compartimento, porque a pressão arterial sistólica é bem acima da pressão crítica de fechamento dos vasos que suprem os tecidos dentro do compartimento.

Síndromes de compartimento podem ocorrer em vários locais do corpo, porém mais comumente afetam o compartimento anterior do antebraço, os músculos intrínsecos da mão e a perna. A identificação de uma síndrome de compartimento exige descompressão cirúrgica urgente. Nesta, a pele e a fáscia profunda são incisadas em todo o comprimento do compartimento para aliviar a pressão.

OSSOS

RÁDIO

O rádio é o osso lateral do antebraço (Figs. 49.3, 49.4, 49.5). Ele tem epífises proximal e distal expandidas; a distal é muito mais larga. A diáfise se alarga rapidamente na direção da epífise distal, é convexa lateralmente e côncava anteriormente na sua parte distal.

Epífise proximal

A epífise proximal inclui uma cabeça, colo e tuberosidade. A cabeça é discoide, e sua face proximal possui uma depressão rasa para o capítulo do úmero. Sua face articular lisa é verticalmente mais profunda medialmente, onde ele faz contato com a incisura radial da ulna. Sua face posterior é palpável em uma pequena depressão na região lateral do dorso do cotovelo estendido. O colo é a constrição distal à cabeça, que se projeta acima dele, especialmente na região lateral. A tuberosidade é distal à parte medial do pescoço; posteriormente ela é rugosa, mas, anteriormente, em geral, é lisa.

Diáfise

A diáfise possui uma convexidade lateral, e é triangular em corte (Fig. 49.1). A margem interóssea é aguda, exceto em duas áreas: proximalmente, perto da tuberosidade; e distalmente, onde a margem interóssea é a margem posterior de uma pequena área alongada triangular, proximal à incisura ulnar. Estas duas áreas formam a chamada face medial. A membrana interóssea é fixada aos seus três quartos distais, e conecta o rádio à ulna. A margem anterior é óbvia em ambas as extremidades, mas arredondada e indefinida entre elas. Ela desce lateralmente desde a parte anterolateral da tuberosidade sob a forma da linha oblíqua anterior, que distalmente se torna uma crista afiada, palpável ao longo da margem lateral da face anterior. A margem posterior é bem definida apenas no seu terço médio: proximalmente ela ascende medialmente na direção da parte posteroinferior da tuberosidade, e distalmente é meramente uma crista arredondada. A face anterior, entre as margens anterior e interóssea, é côncava transversalmente e mostra uma curvatura distal para a frente. Próximo do seu ponto médio há um forame e canal nutrício dirigido proximalmente. A face posterior, entre as margens interóssea e posterior, é em grande parte plana mas pode ser ligeiramente oca na área proximal. A face lateral é delicadamente convexa. Proximalmente, devido à obliquidade das margens anterior e posterior, ela invade os aspectos anterior e posterior e é ali ligeiramente rugosa. Uma área oval finamente irregular ocorre próximo ao meio da diáfise, e além dela a superfície é lisa.

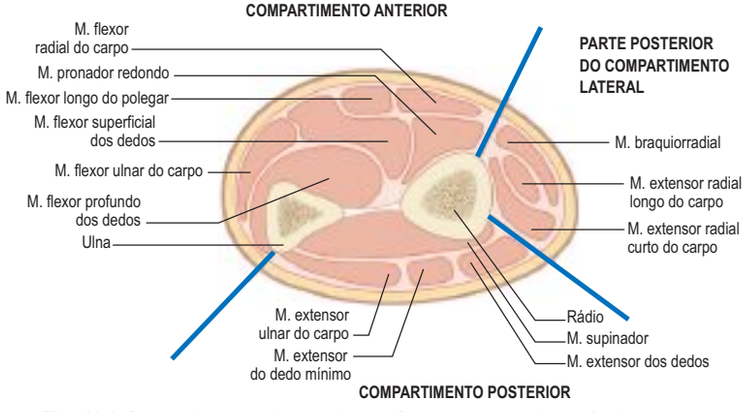


Fig. 49.2 Compartimentos do antebraço. Corte transversal através do terço superior do antebraço esquerdo.

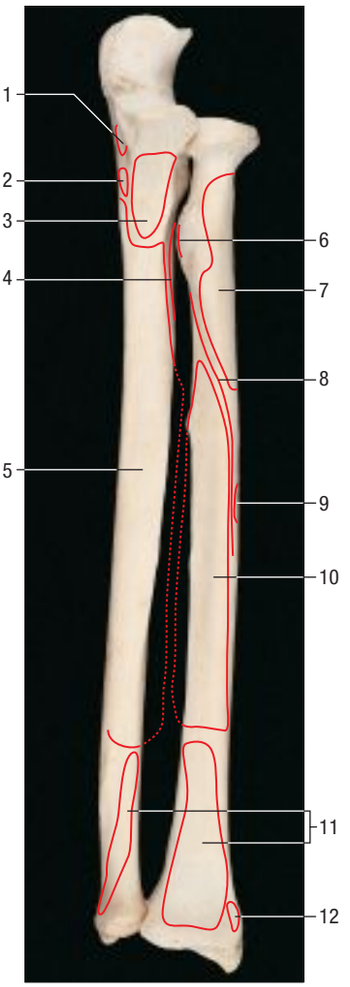


Fig. 49.3 Rádio e ulna articulados: vista anterior mostrando inserções musculares. Observar que as linhas hachuradas denotam extensão das inserções musculares na membrana interóssea. **1.** Músculo flexor superficial dos dedos. **2.** Músculo pronador redondo(cabeça ulnar). **3.** Músculo braquial. **4.** Músculo. supinador. **5.** Músculo flexor profundo dos dedos. **6.** Músculo bíceps braquial. **7.** Músculo supinador. **8.** Músculo flexor superficial dos dedos (linha oblíqua). **9.** Músculo pronador redondo. **10.** Músculo flexor longo do polegar. **11.** Músculo pronador quadrado. **12.** Músculo braquiorradial.

Epífise distal

A epífise distal do rádio (Fig. 49.6) é a parte mais larga. Ela tem quatro lados em corte. A face lateral é levemente rugosa, projetando-se distalmente como um processo estiloide que é palpável quando os tendões em torno dela estão frouxos. A face articular carpal lisa é dividida por uma crista em áreas medial e lateral. A medial é quadrangular, enquanto a lateral é triangular e se curva para o processo estiloide. A face anterior é uma crista grossa, proeminente, palpável mesmo através dos tendões sobrejacentes, 2 cm proximal à eminência tenar. A face medial é a incisura ulnar, que é lisa e côncava anteroposteriormente para articulação com a cabeça da ulna. A face posterior exibe um tubérculo palpável (tubérculo dorsal do rádio), que é limitado medialmente por um sulco oblíquo e está em linha com a fenda entre os dedos indicador e médio. Lateral ao tubérculo há um sulco largo, raso, dividido por uma fraca crista vertical.

Fixações musculares, ligamentares e articulares

A fóvea articular proximal da cabeça do rádio e sua circunferência são cobertas por cartilagem hialina. A margem superior se encaixa no sulco entre o capítulo e a tróclea e entra na fossa radial em flexão. A circunferência articular se articula com a incisura radial da ulna e o ligamento anular do rádio, dentro do qual ela roda em pronação e supinação. O colo do rádio está encerrado pela parte distal mais estreita do ligamento, do qual ele é separado por uma protrusão sinovial da articular radiulnar proximal . A área posterior da tuberosidade é marcada pelo tendão do músculo bíceps braquial, que é separado e uma área lisa anterior por uma bolsa. A corda oblíqua é inserida imediatamente distal à bolsa.

A cabeça do rádio fina, larga, do músculo flexor superficial dos dedos é fixada proximalmente na margem anterior. A margem lateral do retináculo dos músculos extensores é fixada na sua parte distal conspícua. Uma pequena área triangular proximal à incisura ulnar dá inserção à parte mais profunda do músculo pronador quadrado.

Os dois terços proximais da face anterior fornecem uma área extensa para inserção do músculo flexor longo do polegar, que oculta o forame nutrício. O músculo pronador quadrado é fixado no quarto distal, e o músculo pronador redondo é fixado em uma área áspera perto do ponto médio da sua face lateral, na sua curvatura máxima. Proximalmente, a face lateral se alarga para uma área em forma de V para o músculo supinador (Figs. 49.3, 49.4). Distal ao músculo pronador redondo, a face lateral é coberta pelos tendões dos músculos extensores radiais. Na face posterior, o músculo abdutor longo do polegar é fixado proximalmente e, mais distalmente, o extensor curto do polegar. A superfície restante é desprovida de fixações e coberta pelos extensores longo e curto do polegar.

O processo estiloide do rádio projeta-se além do processo estiloide da ulna; seu ápice está oculto pelos tendões do músculo abdutor longo do polegar e do músculo extensor curto do polegar. O ligamento colateral radial do carpo é fixado na sua extremidade. A face lateral, próxima do processo estiloide, recebe a inserção do músculo braquiorradial e é cruzada obliquamente, para baixo e para a frente, pelos tendões dos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar. A crista terminal na face anterior da extremidade inferior é uma fixação para o ligamento radiocarpal palmar. A base do disco articular triangular da articulação radiulnar distal é fixada em uma crista lisa distal à incisura ulnar. A partir desta última, uma estreita protrusão de membrana sinovial se estende proximalmente anterior ao extremo inferior da membrana interóssea (pág. 839). A parte lateral da face articular carpal se articula com o escafoide, e a parte medial com a parte lateral do semilunar. Em adução completa, a face proximal do semilunar está inteiramente em contato com o rádio.

O tubérculo dorsal do rádio recebe uma faixa do retináculo dos músculos extensores e é sulcado medialmente pelo tendão do músculo extensor longo do polegar. O sulco largo lateral ao tubérculo contém os tendões do músculo extensor radial longo do carpo lateralmente, e músculo extensor

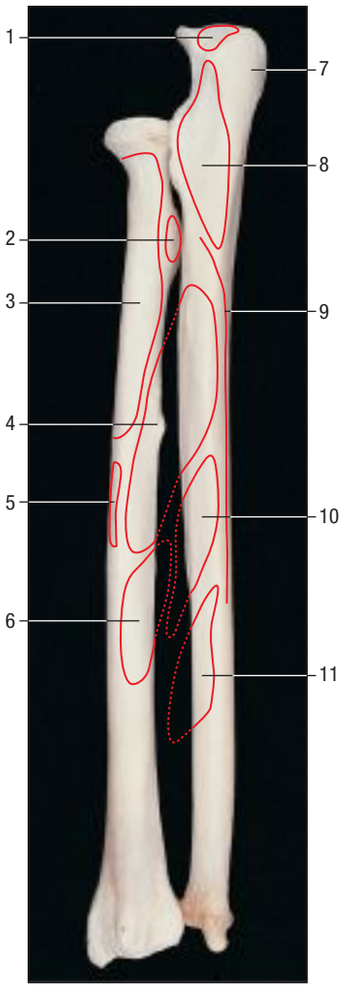


Fig. 49.4 Rádio e ulna articulados: vista posterior mostrando fixações musculares. **1.** Músculo tríceps braquial. **2.** Músculo bíceps braquial. **3.** Músculo supinador. **4.** Músculo abdutor longo do polegar. **5.** Músculo pronador redondo. **6.** Músculo extensor curto do polegar. **7.** Área subcutânea. **8.** Músculo ancôneo. **9.** Margem posterior: fixação da aponeurose comum do músculo extensor ulnar do carpo, músculo flexor ulnar do carpo, músculo flexor profundo dos dedos. **10.** Músculo extensor longo do polegar. **11.** Músculo extensor do indicador.

Fig. 49.5 Epífise proximal do rádio esquerdo: vista anterior. **1.** Cabeça. **2.** Tuberosidade do rádio. **3.** Diáfise. **4.** Colo.

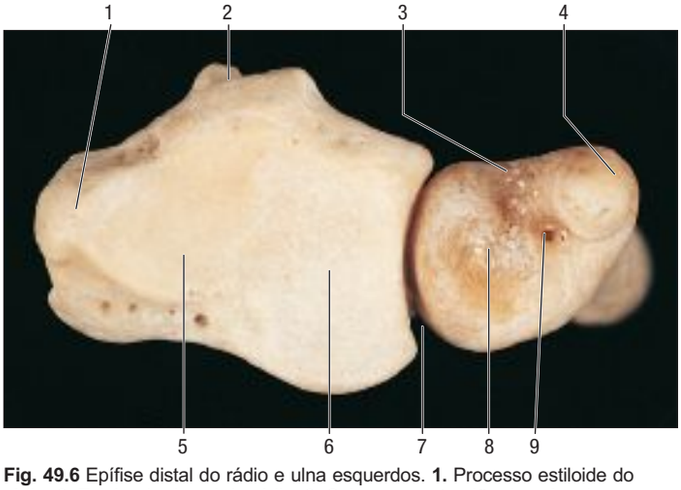


Fig. 49.6 Epífise distal do rádio e ulna esquerdos. **1.** Processo estiloide do rádio. **2.** Tubérculo dorsal do rádio. **3.** Sulco para o tendão do músculo extensor ulnar do carpo. **4.** Processo estiloide da ulna. **5.** Face articular para o escafoide. **6.** Face articular para o semilunar. **7.** Articulação radiulnar inferior. **18** Área de contato com o disco articular. **9.** Área de inserção do disco articular.

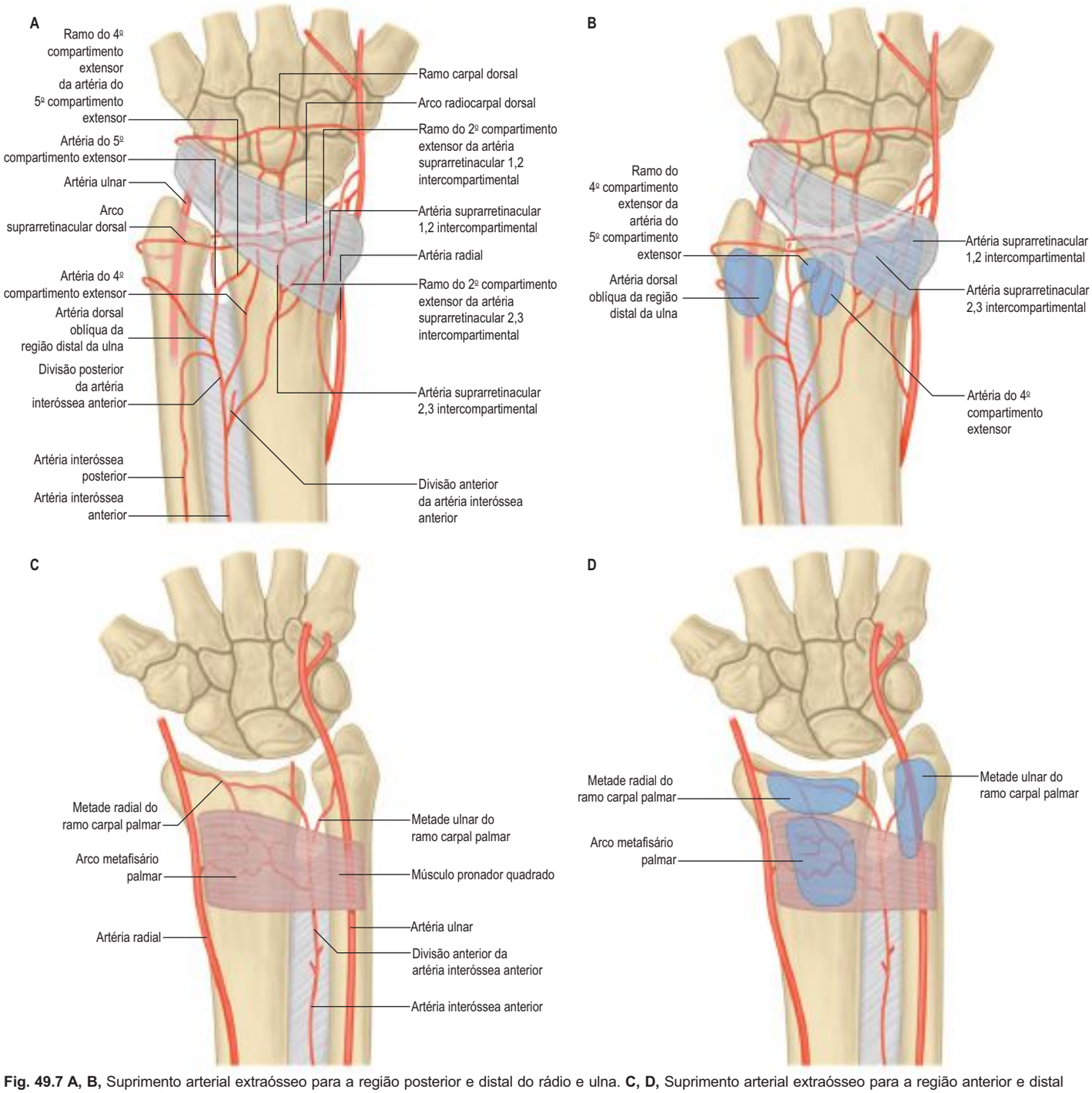


Fig. 49.7 A, B, Suprimento arterial extraósseo para a região posterior e distal do rádio e ulna. **C, D,** Suprimento arterial extraósseo para a região anterior e distal do rádio e ulna. As regiões sombreadas demonstram onde os vasos nutrícios a partir das artérias rotuladas penetram no osso.

radial curto do carpo medialmente, junto com suas bainhas sinoviais. Medialmente, a face posterior é sulcada pelos tendões do músculo extensor dos dedos, os quais são separados do osso pelos tendões do extensor do indicador e o nervo interósseo posterior. O ligamento radiocarpal dorsal é fixado na margem distal desta superfície.

Suprimento sanguíneo

Existem múltiplos forames nutrícios metafisários que transmitem ramos das artérias radial, ulnar, interósseas anterior e posterior. Tipicamente, há um forame nutrício diafisário na face anterior do osso e dirigido proximalmente para o cotovelo. Há também uma rede de pequenos vasos fasciopeiósticos e musculoperiósticos que se originam dos vasos compartimentais e alcançam o osso por meio das inserções septais e musculares.

O suprimento metafisário posterior da região distal do rádio é de particular importância para os cirurgiões reconstrutores de mão em virtude do seu uso potencial para levantar enxertos ósseos pediculados vascularizados (Fig. 49.7). Ramos constantes conectando a artéria interóssea anterior proximalmente à rede carpal dorsal distalmente passam através do quarto e quinto compartimentos extensores do punho e proporcionam artérias nutrícias metafisárias. Vasos intercompartimentais enviam artérias nutrícias ao rádio através do retináculo entre o primeiro e segundo compartimentos posteriores, e o segundo e terceiro compartimentos posteriores. Estes vasos se originam da artéria radial e artérias interósseas anterior respectivamente, e se anastomosam com a rede carpal dorsal. Para uma descrição anatômica detalhando a aplicação prática desses enxertos ósseos pediculados, ver Sheetz *et al.* (1995).

Ossificação

O rádio se ossifica a partir de três centros. Um aparece centralmente na diáfise na oitava semana de vida fetal, e os outros aparecem em cada extremidade (Figs. 49.8, 49.9). A ossificação começa na epífise distal em torno do fim do primeiro ano pós-natal, e na epífise proximal durante o quarto ano em mulheres, e quinto em homens. A epífise proximal se funde no 14º ano em mulheres, 17º em homens, e a distal no 17º e 19º anos respectivamente. Um quarto centro às vezes aparece na tuberosidade por volta do 14º ou 15º ano.

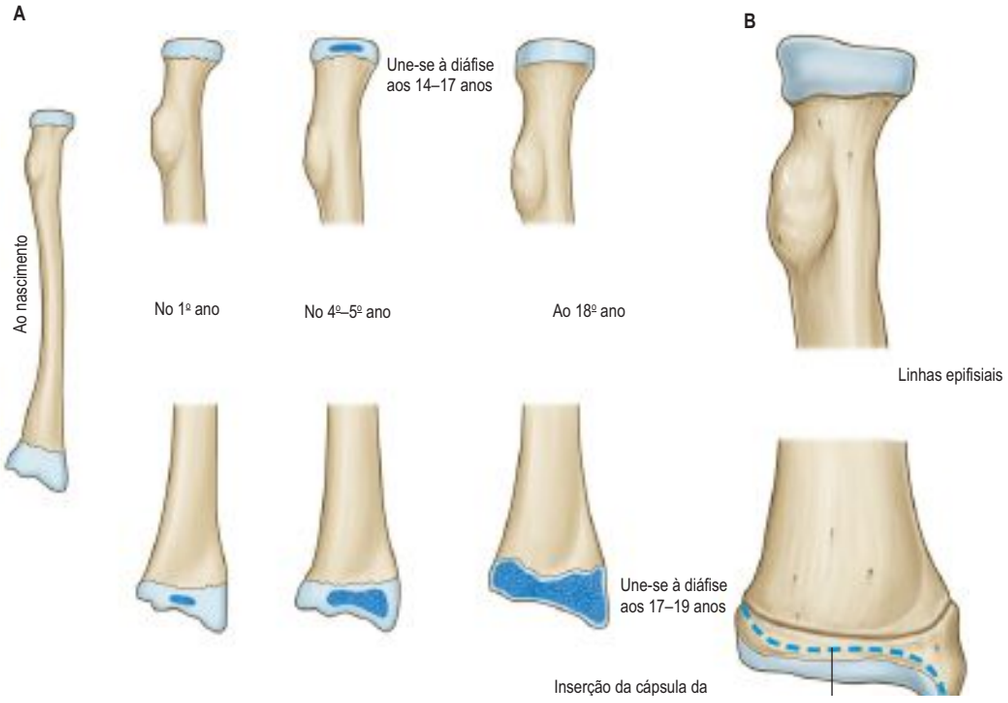


Fig. 49.8 A, Estágios na ossificação do rádio (não em escala). **B,** As linhas epifisiais do radio esquerdo adolescente, vista anterior. A inserção da cápsula articular do carpo está em azul.

ULNA

A ulna é medial ao rádio no antebraço supinado (Figs. 49.3, 49.4). Sua epífise proximal é um gancho maciço que é côncavo para a frente (Fig. 49.10). A margem lateral da diáfise é uma crista interóssea aguçada. O osso diminui progressivamente da sua massa proximal durante quase todo seu comprimento, mas na sua epífise distal se expande em uma pequena cabeça arredondada e processo estiloide. A diáfise é triangular em seção porém não tem uma curvatura dupla apreciável. Na sua extensão inteira ela é ligeiramente convexa posteriormente. Mediolateralmente, seu perfil é sinuoso. A metade proximal tem lateralmente uma leve curvatura côncava, e a metade distal uma curvatura côncava medialmente.

Epífise proximal

A epífise proximal tem um grande olécrano e o processo coronoide e incisuras troclear e radial que se articulam com o úmero e o rádio (Fig. 49.10). O olécrano é mais proximal e é curvado para a frente no seu ápice como um bico, que entra na fossa do olécrano do úmero em extensão. Sua face posterior é lisa, triangular e subcutânea, e sua margem proximal é subjacente à "ponta" do cotovelo. Em extensão ela pode ser palpada próximo de uma linha unindo os epicôndilos do úmero, mas em flexão ela desce, de modo que os três pontos ósseos formam um triângulo isóscele. Sua face articular anterior, forma a área proximal da incisura troclear. Sua base é ligeiramente constringida onde ela se une à diáfise e é a parte mais estreita da região proximal da ulna . O processo coronoide se projeta anteriormente distal ao olécrano. Seu aspecto proximal forma a parte distal da incisura troclear. Na face lateral, distal à incisura troclear, há uma incisura radial rasa, lisa, oval que se articula com a cabeça do rádio. Distal à incisura radial a superfície é escavada para acomodar a tuberosidade do rádio durante a pronação e supinação. A face anterior do processo coronoide é triangular. Sua parte distal é a tuberosidade da ulna. Sua margem medial é aguda e apresenta um pequeno tubérculo proximalmente.

A incisura troclear se articula com a tróclea do úmero. Ela é constringida na junção do olécrano e do processo coronoide, onde suas faces articulares podem ser separadas por uma estreita faixa não articular áspera. Uma crista lisa, adaptada ao sulco na tróclea do úmero, divide a incisura em partes medial e lateral. A medial encaixa na borda da tróclea. A incisura radial, uma depressão proximal oval ou oblonga na região lateral do processo coronoide, se articula com a periferia da cabeça do rádio, e é separada da incisura troclear por uma crista lisa (Fig. 49.10).

Diáfise

A diáfise tem seção triangular nos seus três quartos proximais, mas distalmente é quase cilíndrica (Figs. 49.3, 49.4). Ela possui faces anterior, posterior e medial e margens interósseas, posterior e anterior. A margem interóssea é uma crista lateral conspícua nos seus dois quartos médios. Proximalmente, ela se torna a crista do músculo supinador, que é contínua com a margem posterior de uma depressão distal à incisura radial. Distalmente, ela desaparece. A margem anterior arredondada começa medial à tuberosidade da ulna, desce para trás, e geralmente pode ser acompanhada até a base do

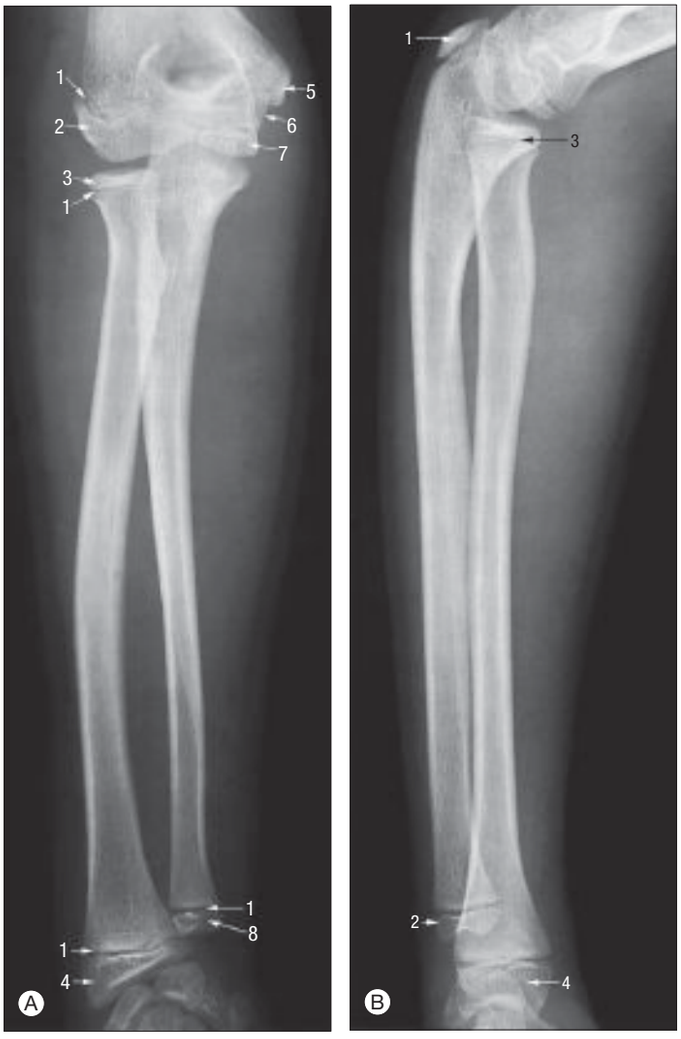


Fig. 49.9 Radiografias do antebraço de uma menina de 11 anos. **A,** Vista anteroposterior. **B,** Vista lateral, semiflexionada no cotovelo. Observar as epífises e cartilagens de crescimento radiotransparentes adjacentes.
A: 1. Lâminas de crescimento cartilagíneas. **2.** Epífises unidas do capítulo e epicôndilo lateral. **3.** Epífise proximal do rádio. **4.** Epífise distal do rádio. **5.** Epífise do epicôndilo medial. **6.** Diáfise do osso. **7.** Epífise da tróclea. **8.** Epífise distal da ulna. **B: 1.** Olécrano. **2.** Região distal da ulna. **3.** Região proximal do rádio. **4.** Região distal do rádio.

Fig. 49.10 Epífise proximal da ulna esquerda: vista lateral. **1.** Olécrano. **2.** Segmento não articular na incisura troclear. **3.** Processo coronoide. **4.** Tuberosidade. **5.** Incisura troclear. **6.** Incisura radial. **7.** Crista do músculo supinador. **8.** Diáfise.

processo estiloide. A margem posterior, também arredondada, desce do ápice da região posterior do olécrano, e se curva lateralmente para alcançar o processo estiloide. Ela é palpável em toda sua extensão em um sulco longitudinal que é mais óbvio quando o cotovelo é completamente flexionado.

A face anterior, entre as margens interóssea e anterior, é sulcada longitudinalmente, às vezes profundamente (Fig. 49.3). Proximal ao seu ponto médio há um forame nutrício, que é dirigido proximalmente e contém um ramo da artéria interóssea anterior. Distalmente, é cruzado obliquamente por uma proeminência rugosa variável, descendo da margem interóssea para a anterior. A face medial, entre as margens anterior e posterior, é transversalmente convexa e lisa. A face posterior, entre as margens posterior e interóssea, é dividida em três áreas (Fig. 49.4). A mais proximal é limitada por uma às vezes tênue linha oblíqua ascendendo lateralmente a partir da junção dos terços médio e superior da margem posterior para a extremidade posterior da incisura radial. A região distal a esta linha é dividida em uma faixa medial maior e uma lateral mais estreita por uma crista vertical, geralmente distinta apenas nos seus três quartos proximais.

Epífise distal

A epífise distal é ligeiramente expandida e possui uma cabeça e o processo estiloide. A cabeça é visível em pronação na região carpal posteromedial, e pode ser apreendida quando a mão supinada é flexionada. Sua face articular convexa lateral se encaixa na incisura ulnar do rádio. Sua superfície distal lisa (Fig. 49.6) é separada do carpo por um disco articular, cujo ápice está fixado em uma área rugosa entre a face articular e o processo estiloide. Este último, uma curta projeção posterolateral redonda da epífise distal da ulna, é palpável (mais facilmente em supinação) cerca de 1 cm proximal ao plano do processo estiloide do rádio. Um sulco vertical posterior está presente entre a cabeça e o processo estiloide.

Fixações musculares, ligamentares e articulares

Anteriormente, a cápsula da articulação do cotovelo é fixada na superfície proximal do olécrano. O tendão do músculo tríceps braquial é fixado nos seus dois terços posteriores rugosos: a cápsula e o tendão podem ser separados por uma bolsa. A face medial do olécrano é marcada proximalmente pela fixação das faixas posterior e oblíqua do ligamento colateral ulnar e a parte ulnar do músculo flexor ulnar do carpo. A área lisa distal a isto é a fixação mais proximal do músculo flexor profundo dos dedos. O músculo ancôneo é fixado à face lateral do olécrano e à superfície adjacente da diáfise da ulna até sua linha oblíqua. A face posterior da ulna é separada da pele por uma bolsa subcutânea.

O músculo braquial é fixado à face anterior do processo coronoide, incluindo a tuberosidade da ulna. As faixas oblíqua e anterior do ligamento colateral ulnar e a parte distal da cabeça umeroulnar do músculo flexor superficial dos dedos são fixadas a um pequeno tubérculo na da margem medial da epífise proximal. Distal a isto, a margem fornece fixação para a parte ulnar do músculo pronador redondo. Uma parte ulnar do músculo flexor longo do polegar pode ser fixada na margem lateral ou, mais raramente, na margem medial do processo coronoide. Fibras do músculo flexor profundo dos dedos estão inseridas na sua face medial. O ligamento anular do rádio é fixado no rebordo anterior da incisura radial e posteriormente em uma crista na ou imediatamente atrás da margem posterior da incisura. A área deprimida distal à incisura é limitada atrás pela crista do músculo supinador, e ambas fornecem inserção para o músculo supinador.

A área do olécrano da incisura troclear é geralmente dividida em três áreas. A mais medial se volta anteromedialmente, e é sulcada para encaixar na borda medial da tróclea do úmero, com a qual ela faz contato crescente durante a flexão. Uma área intermediária plana encaixa na flange lateral, e a área mais lateral, uma faixa estreita, faz contato com a tróclea em extensão. A face articular é mais estreita que a base do olécrano: partes não articulares são relacionadas com os processos sinoviais. A área coronóidea da incisura troclear é também dividida, e suas áreas medial e lateral correspondem a áreas medial e intermédia do olécrano. A medial é mais oca, e obedece à borda medial da tróclea convexa. As partes medial e anterior do ligamento capsular são inseridos nas suas margens medial e anterior.

A fáscia do antebraço é fixada na margem posterior subcutânea. Esta margem também fornece uma fixação para a aponeurose do músculo flexor profundo dos dedos nos seus três quartos proximais, para o músculo flexor ulnar do carpo na sua metade proximal, e para o músculo extensor ulnar do carpo no seu terço médio. Estes três músculos se conectam com a margem posterior através de uma aponeurose fundida comum. A membrana interóssea é fixada na margem interóssea, exceto proximalmente.

O flexor profundo dos dedos é fixado aos três quartos proximais da margem anterior e à face medial, inserindo-se medial ao processo coronoide e ao olécrano. A faixa rugosa através do quarto distal da face anterior fornece parte da fixação óssea para o músculo pronador quadrado. O músculo ancôneo é fixado à face posterior proximal à linha oblíqua e lateral ao olécrano. A faixa estreita entre a margem interóssea e a crista vertical dá origem à inserção de três músculos profundos: o músculo abdutor longo do polegar origina-se do quarto proximal, o músculo extensor longo do polegar origina-se do quarto sucessivo (às vezes uma crista existe interposta entre eles), e o músculo extensor do indicador é fixado no terceiro quarto. A faixa larga medial à crista vertical é coberta pelo músculo extensor ulnar do carpo, cujo tendão sulca a região posterior da epífise distal da ulna. O ligamento colateral ulnar é fixado ao ápice do processo estiloide.

Suprimento sanguíneo

Múltiplos forames nutrícios metafisários transmitem ramos das artérias radial, ulnar, interósseas anterior e posterior (Fig. 49.7). Estes vasos emitem vários ramos segmentares menores. Usualmente um, mas ocasionalmente dois importantes forames nutrícios diafisários são localizados na face anterior do osso, dirigidos proximalmente para o cotovelo. Uma rede de pequenos ramos fascioperiósticos e musculoperiósticos emitidos dos vasos compartimentais alcança o osso por meio das inserções septais e musculares.

Ossificação

A ulna se ossifica a partir de quatro centros principais, um na diáfise e na epífise distal e dois no olécrano (Fig. 49.11). A ossificação começa no meio da diáfise por volta da oitava semana fetal, e se estende rapidamente. No quinto (mulheres) e sexto (homens) ano, um centro aparece na epífise distal e se estende para o processo estiloide. O olécrano distal é ossificado como uma extensão da diáfise, o resto a partir de dois centros, um para a superfície troclear proximal, e o outro para uma fina epífise proximal semelhante a uma escama no seu ápice. Este último aparece no nono ano nas mulheres, 11.º em homens. A epífise proximal inteira une-se à diáfise pelo 14.º ano em mulheres, 16.º em homens. A epífise distal se une à diáfise no 17.º ano nas mulheres, 18.º nos homens.

MÚSCULOS

COMPARTIMENTO ANTERIOR

O compartimento anterior contém os músculos flexores do antebraço que estão dispostos em grupos superficial e profundo. Tendinite crônica do tendão comum dos músculos flexores produz epicondilite do cotovelo, levando à dor espontânea e à palpação. Ela é uma queixa frequente em jogadores de golfe. Uma descrição detalhada das propriedades arquiteturais dos músculos do braço e antebraço encontra-se apresentada por Leiber *et al.* (1992).

Compartimento flexor superficial

Os músculos do compartimento flexor superficial originam-se do epicôndilo medial do úmero por um tendão comum. Eles são o músculo pronador redondo, o músculo flexor radial do carpo, o músculo músculo palmar longo, o músculo flexor superficial dos dedos e o músculo flexor ulnar do carpo (Fig. 49.12). Eles possuem fixações adicionais na fáscia do antebraço próximo do cotovelo e aos septos que passam a partir desta fáscia entre os músculos individuais.

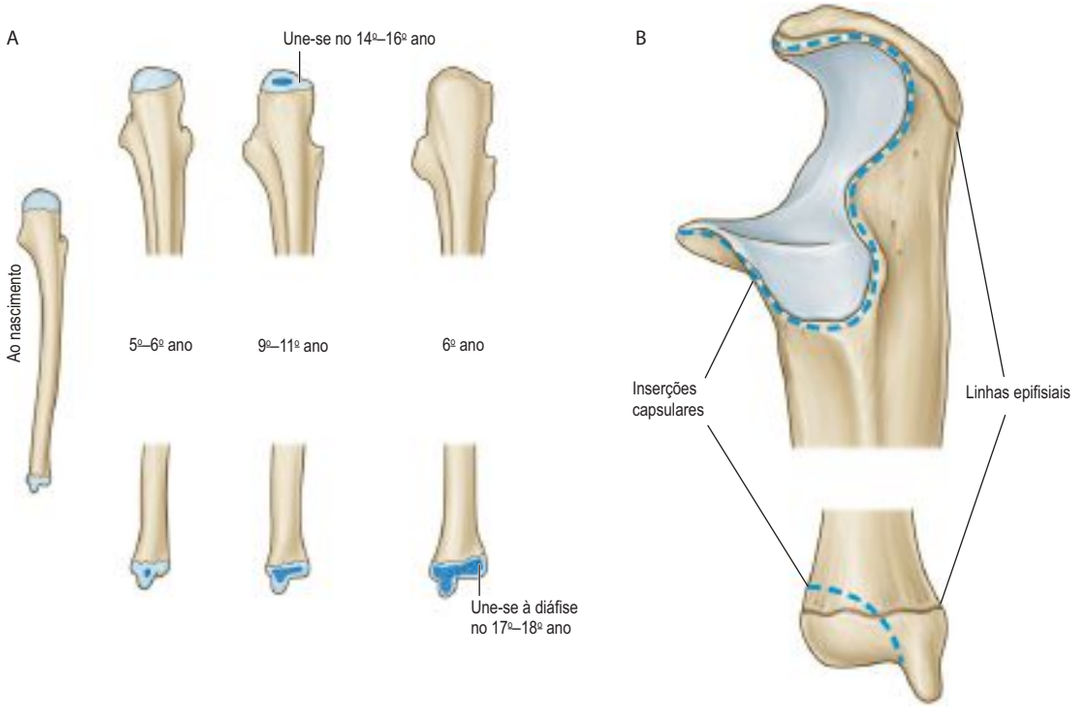


Fig. 49.11 A, Estágios na ossificação da ulna. O diagrama é simplificado em relação à ossificação da epífise do olécrano, que é descrita como tendo dois centros. **B,** As linhas epifisiais da ulna esquerda adolescente, aspecto lateral. A inserção das cápsulas articulares está em azul.

Músculo pronador redondo

Fixações O músculo pronador redondo possui fixações umerais e ulnares (Figs. 49.3, 49.12, 49.13). A cabeça umeral, a maior e mais superficial das duas, origina-se imediatamente proximal ao epicôndilo medial, do tendão comum dos músculos flexores, do septo intermuscular entre ele e o músculo flexor radial do carpo e da fáscia do antebraço. A cabeça ulnar, menor, origina-se do lado medial do processo coronoide da ulna, distal à fixação do músculo flexor superficial dos dedos, e se junta à cabeça umeral em ângulo agudo. O músculo passa obliquamente cruzando o antebraço para terminar em um tendão achatado que é inserido em uma área áspera a meio caminho ao longo da face lateral da diáfise do rádio no "apice" da sua curva lateral. A fixação coronoidea pode estar ausente. Faixas acessórias podem originar-se de um processo supracondilar do úmero, se ele estiver presente, ou do músculo bíceps braquial, do músculo braquial ou do septo intermuscular medial.

Relações O nervo mediano geralmente entra no antebraço entre as duas cabeças do músculo pronador redondo, e é separado da artéria ulnar pela cabeça ulnar. A margem lateral do músculo pronador redondo é o limite medial da fossa cubital, a escavação triangular anterior à articulação do cotovelo.

Suprimento sanguíneo A cabeça umeral do músculo pronador redondo é suprida pela artéria colateral ulnar inferior e o ramo anterior da artéria recorrente ulnar. A cabeça ulnar é suprida pela artéria interóssea comum. A porção média do ventre do músculo é suprida por ramos diretos da artéria ulnar, enquanto a inserção no rádio é suprida pela artéria radial.

Inervação O músculo pronador redondo é inervado pelo nervo mediano, C6 e 7.

Ação O músculo pronador redondo roda o rádio sobre a ulna (pronação do antebraço), virando a palma medialmente de tal modo que ela olha para trás. Ele atua com o músculo pronador quadrado (que é sempre ativo na pronação) apenas na pronação rápida ou com força. Como todos os músculos que se originam do epicôndilo medial, o músculo pronador redondo atua como um flexor fraco da articulação do cotovelo.

Anatomia clínica: teste O músculo pronador redondo é testado palpando-se suas fibras se contraindo durante pronação contra resistência.

Músculo flexor radial do carpo

Fixações O músculo flexor radial do carpo está situado medial ao músculo pronador redondo e se origina do epicôndilo medial pelo tendão comum dos músculos flexores, da fáscia do antebraço e de septos intermusculares adjacentes (Fig. 49.12). Seu ventre fusiforme termina, bem mais que a meio caminho do punho, em um tendão longo que passa dentro de uma bainha sinovial através de um canal lateral, formado pelo retináculo dos músculos flexores acima e um sulco no trapézio embaixo. Ele se insere na face palmar da base do segundo metacarpal, enviando um feixe ao terceiro metacarpal. Estas inserções distais são ocultadas pela cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar. É raro que o músculo esteja ausente. Ele pode ter feixes acessórios a partir do tendão do músculo bíceps braquial, aponeurose do músculo bíceps braquial, processo coronoide ou rádio. Distalmente, também pode ser inserido no retináculo dos músculos flexores, trapézio ou quarto metacarpal.

Relações Na parte inferior do antebraço a artéria radial reside entre o tendão do músculo flexor radial do carpo e o do músculo braquiorradial. O sulco na superfície para o pulso radial é bem conhecido de todos os médicos.

Suprimento sanguíneo O músculo flexor radial do carpo é suprido por um único pedículo proximal dominante e diversos pedículos secundários distais. O pedículo dominante é formado por um ramo que se origina do ramo anterior ou posterior da artéria recorrente ulnar. O último passa profundamente ao músculo pronador redondo para entrar na face profunda do músculo flexor radial do carpo, em seguida ao que ela se divide em um pequeno ramo ascendente e um ramo maior descendente. Os pedículos menores distais contam-se por seis a oito ramos da artéria radial que entram no músculo na região anterolateral.

Inervação O músculo flexor radial do carpo é inervado pelo nervo mediano, C6 e 7.

Ação Atuando com o músculo flexor ulnar do carpo, e às vezes com o flexor superficial dos dedos, o músculo flexor radial do carpo flexiona o punho e ajuda os extensores radiais do carpo a abduzir a mão.

Anatomia clínica: teste O músculo flexor radial do carpo é testado palpando-se suas fibras se contraindo durante flexão do punho contra resistência.

Músculo flexor superficial dos dedos

Fixações O músculo flexor superficial dos dedos (*sublimis*) situa-se profundo aos músculos precedentes (Fig. 49.12). Ele é o maior dos flexores superficiais, e se origina por duas cabeças. A cabeça umeroulnar se origina do epicôndilo medial do úmero pelo tendão comum; a faixa anterior do ligamento colateral ulnar; septos intermusculares adjacentes, e do lado medial do processo coronoide proximal à origem ulnar do músculo pronador redondo. A cabeça radial, uma fina lâmina de músculo, origina-se da margem radial anterior estendendo-se desde a tuberosidade do rádio à inserção do músculo pronador redondo. O nervo mediano e a artéria ulnar

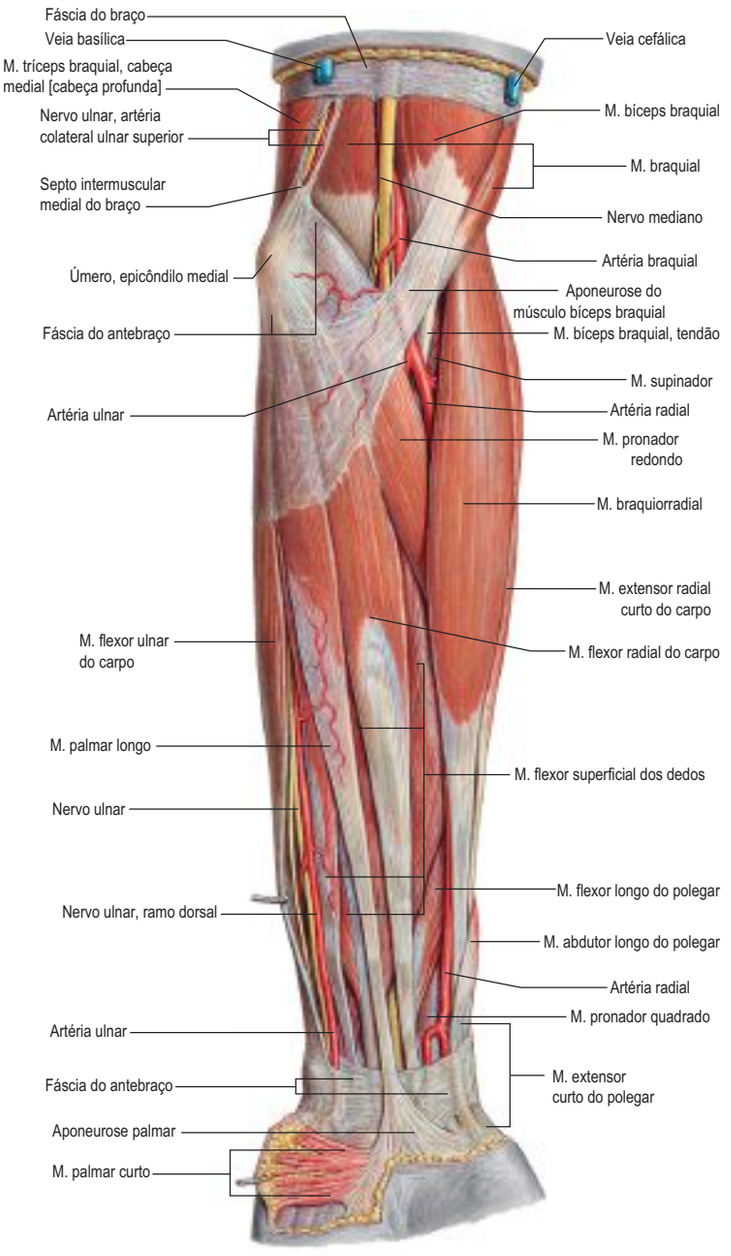


Fig. 49.12 Músculos flexores superficiais do antebraço esquerdo. (De Sobotta 2006.)

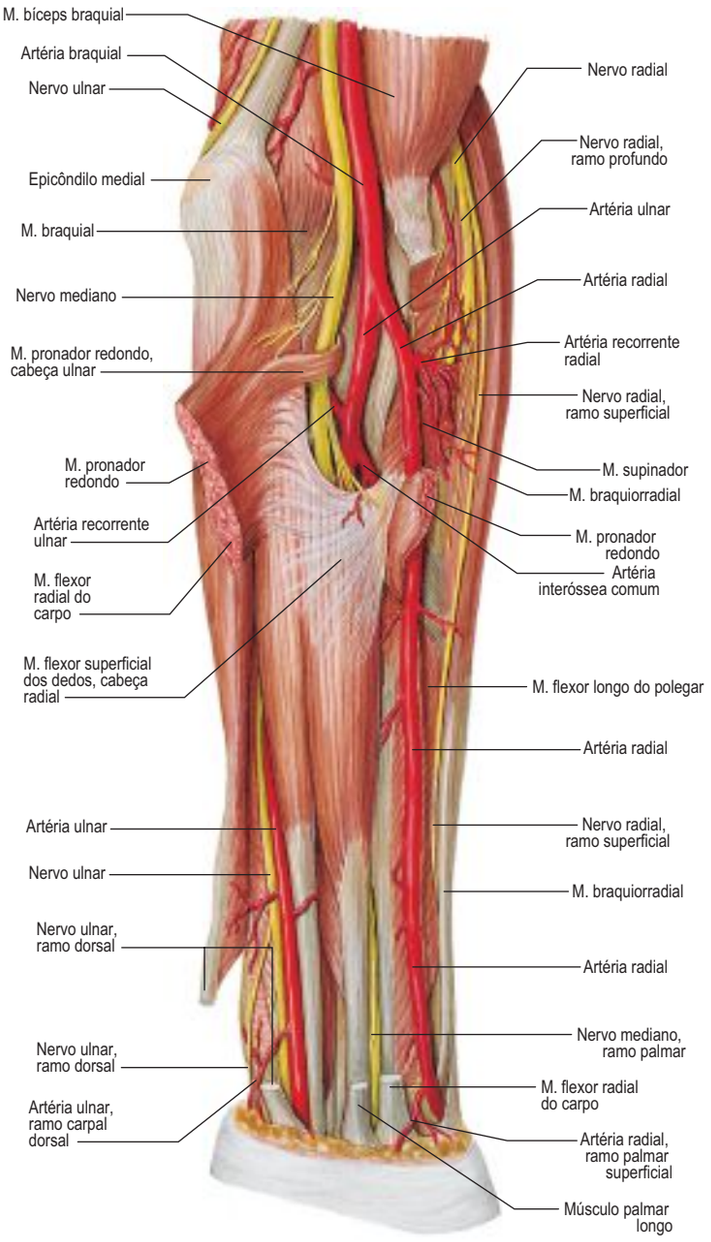


Fig. 49.13 Músculos flexores profundos do antebraço esquerdo. (De Sobotta 2006.)

descem entre as cabeças. O músculo geralmente se separa em dois estratos, dirigidos para os dedos 2–5. O estrato superficial, com a união lateralmente pela cabeça radial, divide-se em dois tendões para os dedos médio e anular. O estrato profundo dá um feixe muscular para se unir às fibras superficiais dirigidas para o dedo anular, e a seguir termina em dois tendões para os dedos indicador e mínimo. Quando os tendões passam atrás do retináculo dos músculos flexores eles estão dispostos em pares: o par superficial passa para os dedos médio e anular, o profundo para o indicador e o mínimo. Distalmente ao túnel do carpo, os quatro tendões divergem. Cada um passa na direção de um dedo superficialmente ao tendão correspondente do músculo flexor profundo dos dedos. Os dois tendões para cada dedo entram na bainha flexora digital (que começa sobre a articulação metacarpofalângica) nesta relação. O tendão superficial então se divide em dois feixes que passam em torno do profundo para se situar posteriormente. Eles subsequentemente se unem de novo e se inserem na face anterior da falange média. Algumas fibras trocam de um feixe para outro.

Um tendão intermediário é sempre encontrado na área central de ramificação do ventre muscular e constitui um marco importante na dissecção profunda: ele pode inicialmente ser confundido com o nervo mediano. A cabeça radial do músculo flexor superficial dos dedos pode ser ausente e o feixe muscular a partir do estrato profundo pode fornecer a maioria ou todas as fibras que atuam sobre o dedo indicador. As fibras associadas com o dedo mínimo podem ser ausentes, quando são substituídas por um feixe separada a partir da ulna, o retináculo dos músculos flexores ou fáscia palmar. Variações ocorrem na disposição dos tendões.

Relações O nervo mediano e a artéria ulnar descem entre as cabeças do músculo flexor superficial dos dedos.

Suprimento sanguíneo A cabeça umeral do músculo flexor superficial dos dedos é suprida pelo ramo anterior da artéria recorrente ulnar . A parte principal do músculo é suprida na sua face anterior por três ou quatro ramos de ambas as artérias ulnar e radial. A face posterior é suprida pela artéria ulnar e artéria acompanhante do nervo mediano, e a face lateral por ramos adicionais a partir da artéria radial.

Inervação O músculo flexor superficial dos dedos é inervado pelo nervo mediano, C8 e T1.

Ação O músculo flexor superficial dos dedos é potencialmente um flexor de todas as articulações sobre as quais ele passa, isto é, articulações interfalângicas proximais, metacarpofalângicas e do punho. Sua ação precisa depende de que outros músculos estão atuando. Ele tem feixes musculares independentes para todos os quatro dedos, diferentemente do músculo flexor profundo dos dedos, que tem um grupo muscular comum para os dedos médio, anular e mínimo. Ele é portanto capaz de flexionar as articulações interfalângicas proximais individualmente.

Anatomia clínica: teste A ação independendo do músculo flexor superficial dos dedos para um dedo particular é testada flexionando esse dedo enquanto são retidos os outros três dedos em extensão completa. Isto elimina qualquer contração simultânea do músculo flexor profundo dos dedos que poderia flexionar o dedo.

Músculo palmar longo

Fixações O músculo palmar longo é um músculo delgado, fusiforme, medial ao músculo flexor radial do carpo (Fig. 49.12). Ele se origina do epicôndilo medial pelo tendão comum, e de septos intermusculares adjacentes e fáscia profunda. Ele converge em um tendão longo, que passa anterior (superficial) ao retináculo dos músculos flexores. Algumas fibras deixam o tendão e se entremeiam com as fibras transversas do retináculo, mas a maior parte do tendão passa distalmente. Quando o tendão cruza o retináculo ele se alarga para se tornar uma folha plana que se torna incorporada na aponeurose palmar. O músculo palmar longo muitas vezes é ausente em um ou ambos os lados.

Relações O nervo mediano no punho jaz parcialmente sob a cobertura do tendão do músculo palmar longo, e parcialmente entre os tendões do músculo palmar longo e o músculo flexor radial do carpo.

Suprimento sanguíneo O ventre muscular do músculo palmar longo é suprido por um pequeno ramo do ramo anterior da artéria recorrente ulnar. Uma pequena contribuição é feita às vezes pela artéria acompanhante do nervo mediano, se esta for bem desenvolvida.

Inervação O músculo palmar longo é inervado pelo nervo mediano, C7 e 8.

Ação Foi sugerido que o músculo palmar longo seria um flexor filogeneticamente degenerado da articulação metacarpofalângica. Embora a consideração da linha de ação sugira que ele desempenha um papel na flexão do carpo, sua função principal parece ser como uma âncora para a pele e fáscia da mão, ao resistir a forças tangenciais horizontais em uma direção distal (p. ex., como ao segurar um taco de golfe), as quais tenderiam a desenluvar a pele da mão.

Anatomia clínica: teste Se o punho for flexionado contra resistência, o tendão retesado do músculo palmar longo será visto na linha mediana do sulco flexor do punho quando o tendão passa superficial ao retináculo dos músculos flexores. Ao testar o músculo palmar longo, é útil opor o polegar à ponta do dedo médio ao mesmo em tempo em que o punho é flexionado, a fim de fazer o palmar se salientar.

Músculo flexor ulnar do carpo

Fixações O músculo flexor ulnar do carpo é o mais medial dos flexores superficiais do antebraço (Fig. 49.12). Ele se origina por duas cabeças, umeral e ulnar, conectadas por um arco tendíneo. A pequena cabeça umeral origina-se do epicôndilo medial por meio do tendão comum. A cabeça ulnar possui uma origem extensa a partir da margem medial do olécrano e dois terços proximais da margem posterior da ulna, uma aponeurose (que ele compartilha com o músculo extensor ulnar do carpo e o músculo flexor profundo dos dedos), e do septo intermuscular entre ele e o músculo flexor superficial dos dedos. Ocasionalmente, há uma tira a partir do processo coronoide. Um tendão espesso se forma ao longo da sua margem anterolateral na sua metade distal. O tendão está fixado no osso pisiforme, e daí prolongado ao osso hamato e ao quinto metacarpal pelos ligamentos pisohamato e pisometacarpal. A fixação ao retináculo dos músculos flexores e ao quarto ou quinto ossos metacarpais às vezes é substancial.

Relações O nervo ulnar e o ramo posterior da artéria recorrente ulnar passam sob o arco tendíneo entre as cabeças umeral e ulnar do músculo flexor ulnar do carpo. Vasos e nervo ulnares situam-se laterais ao tendão de inserção.

Suprimento sanguíneo O principal suprimento arterial do músculo flexor ulnar do carpo é derivado de três pedículos. O pedículo proximal origina-se de um ramo do ramo posterior da artéria recorrente ulnar quando ela passa entre as cabeças umeral e ulnar. Os pedículos médio e distal originam-se da artéria ulnar e entram no músculo na junção dos terços superior e médio, e junções musculotendíneas, respectivamente. O músculo flexor ulnar do carpo também recebe um pequeno suprimento próximo da sua origem que se origina da artéria colateral ulnar inferior.

Inervação O músculo flexor ulnar do carpo é inervado pelo nervo ulnar, C7 e 8 e T1.

Ação Atuando com o músculo flexor radial do carpo, o músculo flexor ulnar do carpo flexiona o punho. Atuando com o músculo extensor ulnar do carpo, ele aduz a mão.

Anatomia clínica: teste O músculo flexor ulnar do carpo é testado palpando-se suas fibras enquanto o punho é flexionado contra resistência. Um teste mais positivo é palpar o tendão enquanto o paciente abduz o dedo mínimo contra resistência. O músculo flexor ulnar do carpo se contrai sinergisticamente para estabilizar o osso pisiforme, dando ao dedo mínimo abduzido uma origem estável.

Compartimento flexor profundo

Os músculos do compartimento flexor profundo são o músculo flexor profundo dos dedos, o músculo flexor longo do polegar e o músculo pronador quadrado.

Músculo flexor profundo dos dedos

Fixações O músculo flexor profundo dos dedos origina-se profundo aos flexores superficiais de cerca dos três quartos superiores das faces anterior e medial da ulna (Figs. 49.13; 49.19). Ele abraça a fixação do músculo braquial acima e se estende distalmente quase até o músculo pronador quadrado. Origina-se, também, de uma depressão no lado medial do processo coronoide, os três quartos superiores da margem ulnar posterior (por uma aponeurose que ele compartilha com os músculos flexor e extensor ulnares do carpo) e a face anterior da metade ulnar da membrana interóssea. O músculo termina em quatro tendões, os quais seguem inicialmente posteriores (profundos) aos tendões do músculo flexor superficial dos dedos e ao retináculo dos músculos flexores. A parte do músculo flexor profundo dos dedos que atua sobre o dedo indicador usualmente é distinta em toda a extensão. Os tendões para os outros dedos são interconectados por tecido areolar e tiras tendíneas até a palma. Anteriormente às suas falanges proximais, os tendões passam através dos tendões do músculo flexor superficial dos dedos para se inserirem nas superfícies palmares das bases das falanges distais. Os tendões do músculo flexor profundo sofrem rearranjo fascicular quando passam através dos tendões do músculo flexor superficial.

O músculo flexor profundo dos dedos pode ter a junção de feixes acessórios a partir do rádio (que atuam sobre o dedo indicador), do músculo flexor superficial, do músculo flexor longo do polegar, do epicôndilo medial ou do processo coronoide.

Relações O músculo flexor profundo dos dedos forma a maior parte da elevação da face medial à margem posterior palpável da ulna. Na palma, os músculos lumbricais são fixados aos seus tendões.

Suprimento sanguíneo A origem do músculo flexor profundo dos dedos é suprida pelas artérias colateral ulnar inferior e recorrente ulnar. A parte proximal é suprida por um ou dois ramos das artérias ulnar ou interóssea comum. A parte distal é suprida por uma série de ramos da artéria ulnar, da artéria interóssea anterior e da artéria acompanhante do nervo mediano.

Inervação A parte medial do músculo flexor profundo dos dedos, isto é, os ventres musculares para os dedos mínimo e anular, é inervada pelo nervo ulnar. A parte lateral, isto é, os ventres musculares para os dedos médio e indicador, é inervada pelo ramo interósseo anterior do nervo mediano, C8 e T1.

Ação O músculo flexor profundo dos dedos é capaz de flexionar qualquer uma ou todas as articulações sobre as quais ele passa. Portanto, ele tem um papel na flexão coordenada dos dedos, mas é o único músculo capaz de flexionar as articulações interfalângicas distais. O tendão do dedo indicador é geralmente capaz de função independente, enquanto os outros três operam juntos. Eletromiograficamente, o músculo flexor profundo dos dedos atua sozinho na flexão digital delicada e é reforçado pelo superficial para maior força e/ou velocidade.

Anatomia clínica: teste O flexor profundo dos dedos é testado flexionando-se a articulação interfalângica distal enquanto a articulação interfalângica proximal é mantida em extensão.

Músculo flexor longo do polegar

Fixações O músculo flexor longo do polegar é lateral ao músculo flexor profundo dos dedos (Fig. 49.13). Ele se origina da face anterior sulcada do rádio e se estende desde abaixo da sua tuberosidade até a inserção superior do músculo pronador quadrado. Ele também se origina da membrana interóssea adjacente e frequentemente por uma tira variável da margem lateral, ou mais raramente medial, do processo coronoide, ou do epicôndilo medial do úmero. O músculo termina em um tendão achatado, que passa atrás do retináculo, entre o músculo oponente do polegar e a cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar, para entrar em uma bainha sinovial. Ele se insere na face palmar da falange distal do polegar.

O músculo flexor longo do polegar é às vezes conectado ao músculo flexor superficial dos dedos, ou ao profundo, ou ao músculo pronador redondo. A fixação interóssea, e de fato o músculo inteiro, pode estar ausente. Faixas tendíneas anômalas do músculo flexor longo do polegar ao músculo flexor profundo dos dedos são comuns.

Relações O nervo e vasos interósseos anteriores descem sobre a membrana interóssea entre o músculo flexor longo do polegar e o músculo flexor profundo dos dedos.

Suprimento sanguíneo A metade medial do músculo flexor longo do polegar é suprida pela artéria interóssea anterior, enquanto a metade lateral é suprida por ramos da artéria radial. A artéria acompanhante do nervo mediano pode contribuir se for bem desenvolvida.

Inervação O músculo flexor longo do polegar é inervado pelo ramo interósseo do nervo mediano, C7 e 8.

Ação O músculo flexor longo do polegar flexiona as falanges do polegar e a articulação carpometacarpica do polegar, especialmente se as articulações mais distais estiverem rígidas ou artrodesadas.

Anatomia clínica: teste O músculo flexor longo do polegar é testado flexionando-se a articulação interfalângica do polegar contra resistência.

Músculo pronador quadrado

Fixações O músculo pronador quadrado é um músculo plano, quadrilátero, que se estende cruzando a frente das partes distais do rádio e ulna (Figs. 49.13; 49.19). Ele se origina da crista oblíqua na face anterior da diáfise da ulna, da parte medial desta superfície e de uma forte aponeurose que cobre o terço medial do músculo. As fibras passam lateralmente e ligeiramente para baixo para o quarto distal da margem e face anteriores da diáfise do rádio. Fibras mais profundas se inserem na área triangular acima da incisura ulnar do rádio.

Suprimento sanguíneo O músculo pronador quadrado recebe seu suprimento arterial principal da artéria interóssea anterior quando ela passa através da membrana interóssea.

Inervação O músculo pronador quadrado é inervado pelo ramo interósseo anterior do nervo mediano, C7 e 8.

Ação O músculo pronador quadrado é o principal pronador do antebraço, e é assistido pelo músculo pronador redondo apenas na pronação rápida ou com força. As fibras mais profundas se opõem à separação das extremidades distais do rádio e ulna quando empuxos para cima são transmitidos através do carpo.

Anatomia clínica: teste O músculo pronador quadrado é testado pela pronação do antebraço contra resistência enquanto os flexores dos dedos e do punho estão relaxados. A contração simultânea do músculo pronador redondo torna difícil testar a ação independente do músculo pronador quadrado.

COMPARTIMENTO POSTERIOR

O compartimento posterior contém os músculos extensores do antebraço e o músculo braquiorradial e o músculo supinador. Tendinite crônica da origem do tendão comum dos músculos extensores produz epicondilite lateral do cotovelo levando à dor espontânea e à palpação. Ela é uma queixa frequente em tenistas.

Compartimento extensor superficial

Músculo braquiorradial

Fixações O músculo braquiorradial é o músculo mais superficial ao longo da região lateral do antebraço e forma a margem lateral da fossa cubital (Fig. 49.14). Ele se origina dos dois terços proximais da crista supracondilar lateral do úmero e da face anterior do septo intermuscular lateral. As fibras musculares terminam acima do nível do meio do antebraço em um tendão achatado que se insere na região lateral da epífise distal do rádio, usualmente imediatamente proximal ao seu processo estiloide. Ocasionalmente, esta inserção pode ser muito mais proximal.

O músculo é muitas vezes fundido proximalmente com o músculo braquial. Seu tendão pode se dividir em duas ou três faixas fixadas separadamente. Em casos raros ele é duplo ou ausente.

Relações O nervo radial e a anastomose entre a artéria braquial profunda e a artéria recorrente radial situam-se entre o septo intermuscular lateral e o músculo braquial. O tendão é cruzado próximo da sua terminação distal pelos tendões dos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar. A artéria radial está na sua região medial.

Suprimento sanguíneo O músculo braquiorradial é suprido por ramos da artéria recorrente radial que perfuram a face posteromedial do músculo. Ele também recebe ramos da artéria colateral radial da artéria braquial profunda e diretamente da artéria radial na parte distal do músculo.

Inervação O músculo braquiorradial é inervado pelo nervo radial, C5 e 6.

Ação O músculo braquiorradial é um flexor do cotovelo (apesar de ser suprido por um nervo "extensor"). Ele atua mais efetivamente com o antebraço em meia pronação. Ele é minimamente ativo em flexões lentas, fáceis, ou com o antebraço supino, mas gera uma poderosa explosão de atividade em flexão e extensão quando o movimento é rápido. Nestas condições ele desenvolve um pronunciado componente de força transarticular que ajuda a estabilizar a articulação do cotovelo equilibrando a força centrífuga das oscilações rápidas em qualquer das direções.

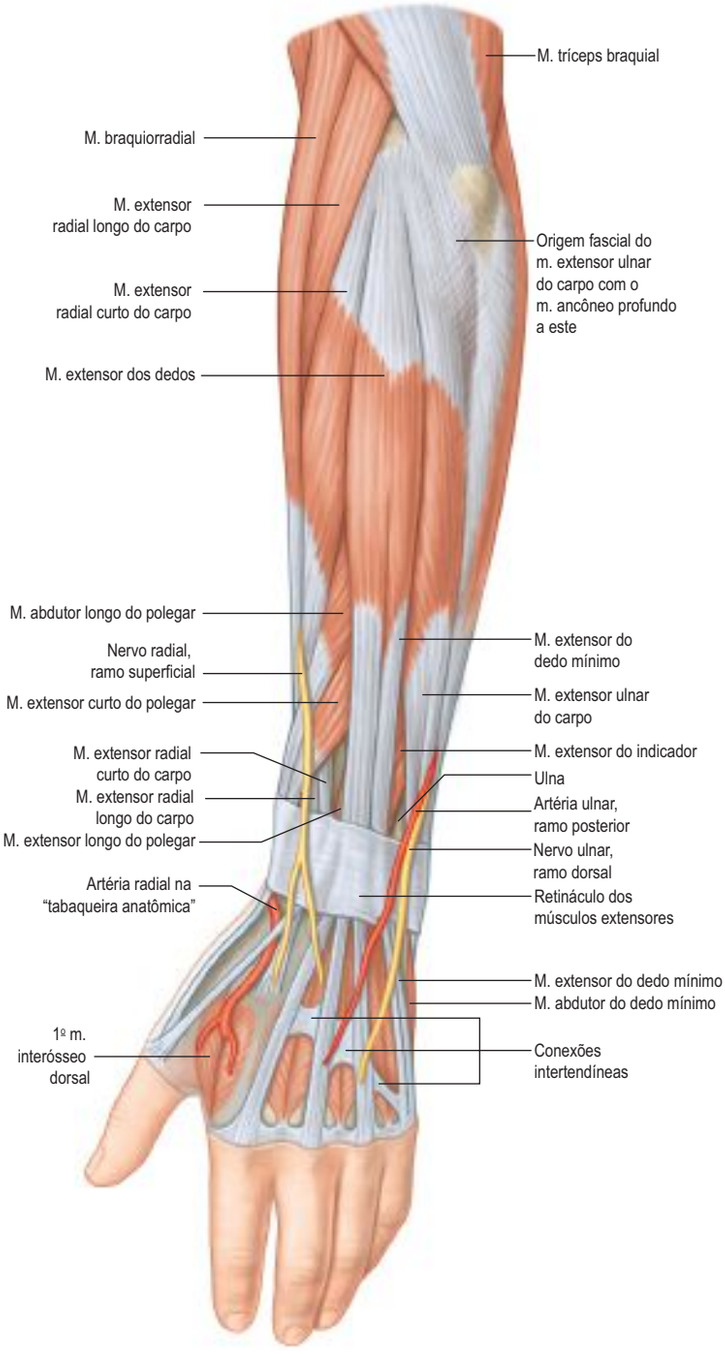


Fig. 49.14 Músculos extensores superficiais do antebraço esquerdo.

Anatomia clínica: teste O músculo braquiorradial pode ser visto e palpado quando o antebraço semipronado é flexionado contra resistência.

Músculo extensor radial longo do carpo

Fixações O músculo extensor radial longo do carpo origina-se principalmente do terço distal da crista supraepicondilar lateral do úmero e da frente do septo intermuscular lateral. Algumas fibras partem do tendão comum de origem dos extensores do antebraço. O ventre termina na junção dos terços proximal e médio do antebraço em um tendão achatado que segue ao longo da face lateral do rádio, profundo aos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar. O tendão então passa embaixo do retináculo dos músculos extensores, onde está situado em um sulco no dorso do rádio imediatamente atrás do processo estilóide. Ele se insere no lado radial da face dorsal da base do segundo metacarpal e pode enviar feixes ao primeiro ou terceiro ossos metacarpais. Ele contribui para os ligamentos intermetacarpais.

Relações O músculo extensor radial longo do carpo é em parte sobreposto pelo braquiorradial (Fig. 49.14).

Suprimento sanguíneo O músculo extensor radial longo do carpo recebe seu principal suprimento arterial de um único ramo da artéria recorrente radial. Suprimento sanguíneo adicional vem de ramos da artéria colateral radial ramo da artéria braquial profunda e diretamente da artéria radial na parte distal do músculo.

Inervação O músculo extensor radial longo do carpo é inervado pelo nervo radial, C6 e 7.

Ação O músculo extensor radial longo do carpo atua como um extensor e abdutor das articulações do carpo e mediocarpal. Ele atua em sinergismo com os músculos flexores dos dedos ao cerrar um punho.

Anatomia clínica: teste O ventre muscular e o tendão do músculo extensor radial longo do carpo podem ser palpados quando o punho é estendido e abduzido contra resistência com o antebraço pronado.

Músculo extensor radial curto do carpo

Fixações O músculo extensor radial curto do carpo origina-se do epicôndilo lateral do úmero por um tendão de origem que ele compartilha com outros extensores do antebraço, do ligamento colateral radial da articulação do cotovelo, de uma forte aponeurose que cobre sua superfície, e de septos intermusculares adjacentes. Seu ventre termina cerca do meio do músculo antebraço em tendão chato que acompanha estreitamente aquele do extensor longo do carpo até o punho. O tendão passa sob o retináculo dos músculos extensores e é fixado à face dorsal da base do terceiro osso metacarpal no seu lado radial, distal ao seu processo estiloide, e em partes adjacentes do segundo osso metacarpal.

Os tendões dos músculos extensores radiais longo e curto do carpo podem dividir-se em tiras, as quais são variavelmente fixadas ao segundo e terceiro ossos metacarpais. Os próprios músculos podem ser unidos ou podem trocar feixes musculares.

Relações O músculo extensor radial curto do carpo é mais curto que o músculo extensor radial longo do carpo e é coberto por ele (Fig. 49.14). O tendão passa profundo aos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar, em seguida embaixo do retináculo dos músculos extensores, onde se situa em um sulco raso no dorso do rádio, medial ao tendão do músculo extensor radial longo do carpo e separado dele por uma crista baixa. Estes dois tendões compartilham uma bainha sinovial comum.

Suprimento sanguíneo O músculo extensor radial curto do carpo recebe seu suprimento arterial principalmente de dois pedículos. Um é um ramo único da artéria recorrente radial, e o outro é um ramo da artéria radial que se origina cerca de um terço do caminho abaixo pelo antebraço. Há um suprimento sanguíneo adicional proximalmente a partir de ramos da artéria colateral radial ramo da artéria braquial profunda.

Inervação O músculo extensor radial curto do carpo é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo extensor radial curto do carpo atua com o músculo extensor radial longo do carpo como um extensor e abdutor das articulações do carpo e mediocarpal. Ele atua em sinergismo com os músculos flexores dos dedos ao cerrar um punho.

Anatomia clínica: teste O ventre muscular e o tendão do músculo extensor radial curto do carpo podem ser palpados quando o punho é estendido e abduzido contra resistência com o antebraço pronado.

Músculo extensor dos dedos

Fixações O músculo extensor dos dedos origina-se do epicôndilo lateral do úmero por meio do tendão comum, os septos intermusculares adjacentes e a fáscia do antebraço (Fig. 49.14). Ele se divide distalmente em quatro tendões, os quais passam, em uma bainha sinovial comum com o tendão do músculo extensor do indicador, através de um túnel sob o retináculo dos músculos extensores. Os tendões divergem no dorso da mão, um para cada dedo. O tendão para o dedo indicador é acompanhado pelo músculo extensor do indicador, que se situa medial a ele. No dorso da mão, os tendões adjacentes são ligados por três conexões intertendíneas variáveis (conexões intertendíneas), as quais são inclinadas distal e radialmente. As fixações digitais entram em uma expansão fibrosa no dorso das falanges proximais para a qual os tendões dos músculos lumbricais, interósseos e extensores dos dedos todos contribuem.

Os tendões do músculo extensor dos dedos podem ser variavelmente deficientes. Mais comumente, eles são duplicados ou mesmo triplicados em um ou mais dedos, mais frequentemente o dedo indicador ou o dedo médio. Ocasionalmente, uma faixa de tendão passa para o polegar. O arranjo das conexões intertendíneas no dorso da mão é altamente variável. A conexão medial é forte e puxa o tendão do dedo mínimo na direção daquele do dedo anular, enquanto a conexão entre os dois tendões do meio é fraca e pode ser ausente.

Relações O tendão extensor para o dedo indicador situa-se lateral ao tendão do músculo extensor do indicador. O tendão do músculo extensor do dedo mínimo situa-se lateral ao tendão do músculo extensor do dedo mínimo.

Suprimento sanguíneo O terço proximal do músculo extensor dos dedos é suprido por ramos da artéria recorrente radial, e os dois terços distais são supridos por ramos da artéria interóssea posterior. A porção bem distal é suprida por um ramo perfurante da artéria interóssea anterior que passa através da membrana interóssea.

Inervação O músculo extensor dos dedos é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo extensor dos dedos pode estender qualquer uma ou todas as articulações sobre as quais passa, isto é, articulações radiocarpais, metacarpofalângicas, interfalângicas proximais e distais (as duas últimas por meio da expansão extensora dos dedos). Quando atuando sobre as articulações metacarpofalângicas, o músculo extensor dos dedos tende a separar os dedos, uma ação que é devida principalmente aos diferentes eixos das articulações individuais impostos pelo arco transverso da mão. Este é um movimento "truque" usado pelos pacientes com paralisia de músculos interósseos. A função das faixas intertendíneas não está clara, mas elas podem afetar a extensão independente dos dedos. Alternativamente, uma conexão pode manter alguma extensão ativa mesmo quando um tendão foi dividido na seção metacarpal da mão, embora a extensão em que isto ocorrerá vá depender da orientação da conexão. Por exemplo, alguma extensão do dedo anular pode ser possível na ausência do seu próprio tendão, por meio da conexão do dedo médio, mas o inverso não ocorre.

Teste Os tendões do músculo extensor dos dedos podem ser facilmente palpados, e geralmente vistos, quando os dedos são estendidos contra resistência e o antebraço é pronado.

Músculo extensor do dedo mínimo

Fixações O músculo extensor do dedo mínimo é um músculo delgado, medial ao músculo extensor dos dedos, e usualmente conectado com ele (Fig. 49.14). Ele se origina do tendão comum dos músculos extensores por uma fina faixa tendínea e dos septos intermusculares adjacentes. Frequentemente, tem uma origem adicional a partir da fáscia do antebraço. Seu longo tendão desliza em um compartimento separado do retináculo imediatamente atrás da articulação radiulnar distal. Distal ao retináculo, o tendão tipicamente se divide em dois, e a faixa lateral é unida por um tendão do músculo extensor dos dedos. Todos os três tendões são fixados à expansão digital dorsal do quinto dedo, e pode haver uma faixa para o quarto dedo.

O músculo extensor do dedo mínimo raramente está ausente, mas às vezes está fundido com o músculo extensor dos dedos.

Relações O tendão do músculo extensor do dedo mínimo localiza-se medial ao tendão extensor comum para o dedo mínimo.

Suprimento sanguíneo O músculo extensor do dedo mínimo é suprido por ramos das artérias recorrente radial e interóssea posterior e por ramos terminais a partir da artéria interóssea anterior depois que ela perfurou a membrana interóssea.

Inervação O músculo extensor do dedo mínimo é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo extensor do dedo mínimo pode estender qualquer uma das articulações do dedo mínimo, ou contribuir para a extensão do punho. Ele permite extensão do dedo mínimo independentemente dos outros dedos mesmo em extremos de adução ou abdução do punho.

Anatomia clínica: teste O músculo extensor do dedo mínimo é testado estendendo-se o dedo mínimo enquanto são retidos os dedos restantes flexionados nas articulações metacarpofalângicas. Isto elimina qualquer contração simultânea do músculo extensor dos dedos.

Músculo extensor ulnar do carpo

Fixações O músculo extensor ulnar do carpo se origina do epicôndilo lateral por meio do tendão comum dos músculos extensores, da margem posterior da ulna (por uma aponeurose compartilhada com os músculos flexor ulnar do carpo e flexor profundo dos dedos) e fáscia sobrejacente (Fig. 49.14). Ele termina em um tendão que desliza em um sulco entre a cabeça e o processo estiloide da ulna, em um compartimento separado do retináculo dos músculos extensores, e é em última análise fixado a um tubérculo no lado medial da base do quinto metacarpal.

Suprimento sanguíneo Proximalmente, o músculo extensor ulnar do carpo recebe ramos da artéria recorrente radial. Distalmente, é suprido por vários ramos da artéria interóssea posterior.

Inervação O músculo extensor ulnar do carpo é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação Junto com os músculos extensores radiais longo e curto do carpo, o músculo extensor ulnar do carpo atua sinergisticamente com os músculos flexores dos dedos para estender e fixar o punho quando objetos estão sendo agarrados ou quando o punho é cerrado. Observações mostram que é impossível agarrar com força a menos que o punho esteja estendido. Atuando com o músculo flexor ulnar do carpo, o músculo extensor ulnar do carpo aduz a mão.

Anatomia clínica: teste Se o punho for estendido e aduzido contra resistência, e o antebraço for pronado e os dedos forem estendidos, o músculo extensor ulnar do carpo pode ser palpado lateral ao sulco que é sobrejacente à margem subcutânea da ulna.

Músculo ancôneo

Fixações O músculo ancôneo é um pequeno músculo triangular posterior à articulação do cotovelo e é parcialmente fundido com o músculo tríceps braquial (Fig. 49.14). O músculo ancôneo se origina por um tendão separado da face posterior do epicôndilo lateral do úmero. Suas fibras divergem medialmente na direção da ulna, cobrindo a região posterior do ligamento anular do rádio, e são fixadas à região lateral do olécrano e quarto proximal da face posterior da diáfise da ulna.

A extensão na qual o músculo ancôneo se funde com o músculo tríceps braquial ou o músculo extensor ulnar do carpo é variável.

Suprimento sanguíneo O músculo ancôneo é suprido por ramos a partir da artéria recorrente interóssea posterior. Um pequeno número de perfurantes musculocutâneas alcança a pele sobrejacente ao músculo.

Inervação O músculo ancôneo é inervado pelo nervo radial, C6, 7 e 8.

Ação O músculo ancôneo ajuda o músculo tríceps braquial na extensão da articulação do cotovelo. Sua função principal não está clara, mas ela pode ser o controle da abdução ulnar em pronação, a qual é necessária se o antebraço for virar a mão sem fazer sua translação medialmente. Desta maneira uma ferramenta pode ser rotada "no lugar" ou pode ser lançada através de um arco.

Compartimento extensor profundo

Os cinco músculos extensores profundos do antebraço são o músculo abdutor longo do polegar, o músculo extensor longo do polegar e o músculo extensor curto do polegar (os quais atuam todos sobre o polegar), o músculo extensor do indicador e o músculo supinador (Fig. 49.15). À parte o músculo supinador, todos são fixados proximalmente apenas nos ossos do antebraço.

Músculo abdutor longo do polegar

Fixações O músculo abdutor longo do polegar se origina da face posterior da diáfise da ulna distal ao músculo ancôneo, da membrana interóssea adjacente e do terço médio da face posterior do rádio distal à fixação do músculo supinador (Fig. 49.15). Ele desce lateralmente, tornando-se superficial na região dista do antebraço, onde é visível como uma elevação oblíqua (Fig. 49.14). As fibras musculares terminam em um tendão imediatamente proximal ao punho. O tendão segue em um sulco no lado lateral da epífise distal do rádio acompanhado pelo tendão do músculo extensor curto do polegar. Ele geralmente se divide em dois feixes, um dos quais é fixado no lado radial da base do primeiro metacarpal, e a outra é fixada ao trapézio. Faixas do tendão podem continuar para o músculo oponente do polegar ou para o músculo abdutor curto do polegar. Ocasionalmente, o próprio músculo pode ser total ou parcialmente dividido.

Suprimento sanguíneo O músculo abdutor longo do polegar é suprido proximalmente por um ramo lateral da artéria interóssea posterior. Distalmente ele é suprido no lado medial por um ramo perfurante da artéria interóssea anterior.

Inervação O músculo abdutor longo do polegar é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo abdutor longo do polegar abduz a articulação radiocarpal. Atuando com o músculo abdutor curto do polegar, ele ajuda na abdução do polegar radialmente (*i. e.*, no plano da palma). Atuando com os músculos extensores do polegar, ele estende o polegar na sua articulação carpometacarpal. O tendão também pode estabilizar o trapézio sobre o qual o primeiro metacarpal pode se mover.

Anatomia clínica: teste O tendão do músculo abdutor longo do polegar pode ser visto e palpado na região radial da tabaqueira anatômica quando o polegar e o punho são abduzidos contra resistência na articulação carpometacarpal.

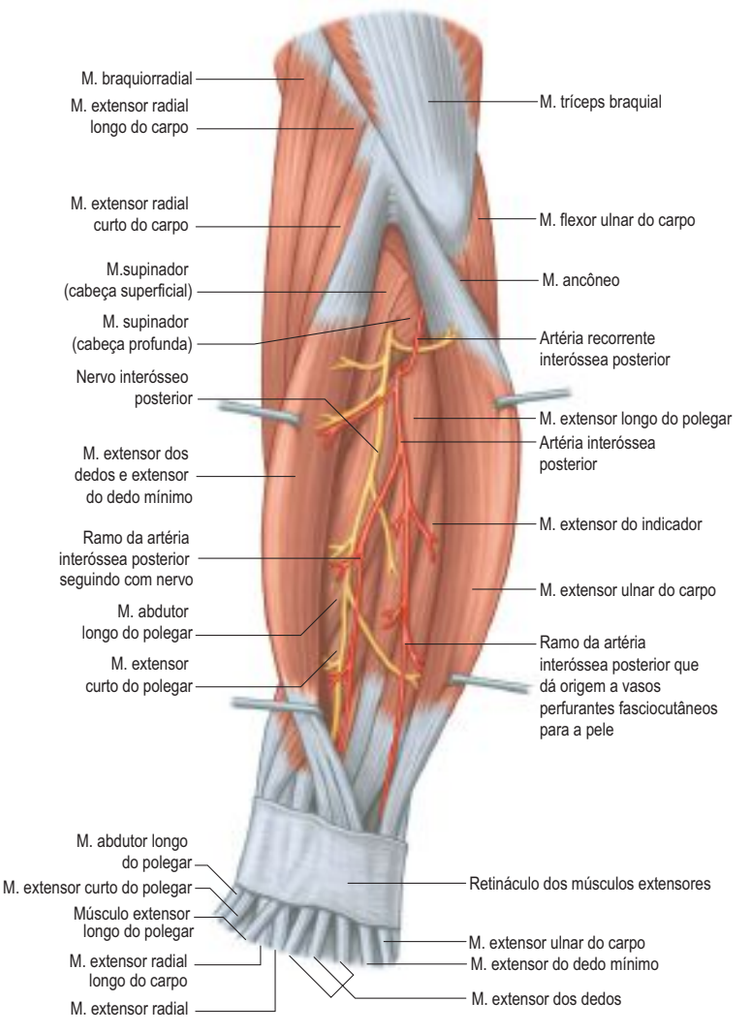


Fig. 49.15 Músculos extensores profundos do antebraço esquerdo. Observar que a artéria interóssea posterior se divide em dois ramos principais logo depois de emergir de sob o músculo supinador. Um ramo acompanha o nervo interósseo, enquanto o outro segue mais lateralmente e emite vasos perfurantes fasciocutâneos que suprem o retalho da artéria interóssea posterior.

Músculo extensor longo do polegar

Fixações O músculo extensor longo do polegar é maior que o músculo extensor curto do polegar, cuja fixação proximal ele cobre parcialmente (Figs. 49.14, 49.15). Ele se origina da parte lateral do terço médio da face posterior da diáfise da ulna abaixo do músculo abdutor longo do polegar, e a membrana interóssea adjacente. O tendão passa através de um compartimento separado do retináculo dos músculos extensores em um estreito sulco oblíquo no dorso da epífise distal do rádio. Ele gira em torno de um fulcro ósseo, o tubérculo dorsal do rádio, o qual muda sua linha de tração daquela do antebraço para a do polegar, e é inserido na base da falange distal do polegar. Os lados do tendão recebem a junção, no dorso da falange proximal, de expansões do tendão do músculo abdutor curto do polegar lateralmente, do primeiro músculo interósseo palmar e do músculo adutor do polegar medialmente.

Relações Depois de passar em torno do tubérculo dorsal do rádio, o tendão do músculo extensor longo do polegar cruza os tendões dos músculos extensores radiais curto e longo do carpo obliquamente (Fig. 49.14). Quando o polegar é completamente estendido, o tendão é separado do músculo extensor curto do polegar por uma depressão ou fossa triangular, a chamada "tabaqueira anatômica". Estruturas ósseas podem ser sentidas no assoalho desta fossa por palpação profunda. Em ordem de proximal a distal elas são o processo estilóide do rádio, a face articular convexa lisa do escafóide, o trapézio e a base do osso metacarpal. Os últimos são mais facilmente palpados durante movimento do osso metacarpal, enquanto o escafoide é palpado mais facilmente durante a adução e abdução da mão.

Suprimento sanguíneo O músculo extensor longo do polegar é suprido na sua face superficial por ramos da artéria interóssea posterior, e na sua face profunda por ramos perfurantes a partir da artéria interóssea anterior.

Inervação O músculo extensor longo do polegar é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo extensor longo do polegar estende a falange distal do polegar. Atuando em associação com o músculo extensor curto do polegar e o músculo abdutor longo do polegar, ele estende a falange proximal e o osso metacarpal. Em ação continuada, como consequência da obliquidade do seu tendão, o músculo extensor longo do polegar aduz o polegar estendido e o roda lateralmente.

Anatomia clínica: teste O tendão do músculo extensor longo do polegar pode ser palpado na margem ulnar da tabaqueira anatômica quando o polegar é estendido na articulação interfalângica contra resistência. Quando o polegar é oposto e aduzido, o músculo abdutor curto do polegar pode estender a articulação interfalângica do polegar, imitando a ação do músculo extensor longo do polegar.

Músculo extensor curto do polegar

Fixações O músculo extensor curto do polegar origina-se da face posterior do rádio distal ao músculo abdutor longo do polegar, e da membrana interóssea adjacente (Figs. 49.14, 49.15). O tendão é inserido na base da falange proximal do polegar e comumente tem uma fixação adicional à base da falange distal, usualmente através de um fascículo que se une ao tendão do músculo extensor longo do polegar. O músculo extensor curto do polegar pode ser ausente ou fundido completamente com o músculo abdutor longo do polegar.

Relações O músculo extensor curto do polegar é medial e estreitamente conectado com o músculo abdutor longo do polegar (Figs. 49.14, 49.15). Na região distal do antebraço, os dois músculos emergem entre o músculo extensor radial curto do carpo e o músculo extensor dos dedos e passam obliquamente cruzando os tendões dos músculos extensores radiais do carpo. Eles cobrem a parte distal do músculo braquiorradial e passam através do compartimento mais lateral do retináculo dos músculos extensores em uma bainha sinovial única, compartilhando um sulco na região distal da ulna. Finalmente, eles cruzam, superficiais ao processo estiloide do rádio e artéria radial, para alcançar a base dorsolateral da falange proximal do polegar.

Suprimento sanguíneo O músculo extensor curto do polegar é suprido por ramos a partir da artéria interóssea posterior juntamente com ramos perfurantes a partir da artéria interóssea anterior.

Inervação O músculo extensor curto do polegar é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O músculo extensor curto do polegar estende a falange proximal e o metacarpal do polegar.

Anatomia clínica: teste O tendão do músculo extensor curto do polegar pode ser sentido na margem radial da tabaqueira anatômica, situado medial ao tendão do músculo abdutor longo do polegar, quando a articulação metacarpofalângica do polegar é estendida contra resistência.

Músculo extensor do indicador

Fixações O músculo extensor do indicador é um músculo estreito, alongado que jaz medial e paralelo ao músculo extensor longo do polegar (Fig. 49.15). Ele se origina da face posterior da ulna distal ao músculo extensor longo do polegar e da membrana interóssea adjacente. Seu tendão passa embaixo do retináculo dos músculos extensores em um compartimento comum com os tendões do músculo extensor dos dedos. Defronte à cabeça do segundo osso metacarpal ele se une ao lado ulnar do tendão do músculo extensor dos dedos que serve ao dedo indicador.

O músculo extensor do indicador ocasionalmente envia tiras acessórias aos tendões dos músculos extensores dos outros dedos. Raramente, seu tendão pode ser interrompido no dorso da mão por um ventre muscular acessório (músculo extensor curto do indicador da mão).

Relações O tendão do músculo extensor do indicador situa-se na região ulnar do tendão do músculo extensor dos dedos para o dedo indicador no dorso da mão.

Suprimento sanguíneo O músculo extensor do indicador é suprido na sua face superficial por ramos a partir da artéria interóssea posterior e na sua face profunda por ramos perfurantes a partir da artéria interóssea anterior.

Inervação O extensor do indicador é inervado pelo nervo interósseo posterior, C7 e 8.

Ação O extensor do indicador ajuda a estender o dedo indicador e o punho. Ele permite extensão do dedo indicador independentemente dos outros dedos, mesmo em extremos de adução e abdução da articulação radiocarpal.

Anatomia clínica: teste O músculo extensor do indicador é testado estendendo-se o dedo indicador enquanto são retidos os dedos restantes flexionados nas articulações metacarpofalângicas. Isto elimina os efeitos de qualquer contração simultânea do músculo extensor dos dedos.

Músculo supinador

Fixações O músculo supinador rodeia o terço proximal do rádio e possui camadas superficial e profunda (Fig. 49.15). As duas partes se originam juntas, a superficial por fibras tendíneas e a profunda por fibras musculares, do epicôndilo lateral do úmero; o ligamento colateral radial da articulação do cotovelo e o ligamento anular do rádio da articulação radiulnar proximal; a crista do músculo supinador da ulna e a parte posterior da depressão triangular na frente dela; e uma aponeurose que cobre o músculo. O músculo supinador é fixado distalmente à face lateral do terço proximal do rádio, abaixo até a inserção do músculo pronador redondo. A fixação radial se estende às faces anterior e posterior entre a linha oblíqua anterior e a mais apagada "crista" oblíqua posterior (Fig. 49.4).

O músculo supinador é sujeito a frequente variação, e pequenas partes do músculo adquiriram nomes individuais, por exemplo, tensores lateral e medial do ligamento anular.

Relações O nervo interósseo posterior entra no antebraço passando entre as cabeças superficial e profunda do músculo supinador.

Suprimento sanguíneo A parte superficial do músculo supinador é suprida por ramos da artéria recorrente radial. A parte profunda do músculo supinador é suprida por ramos da artéria interóssea posterior e da artéria recorrente interóssea posterior.

Inervação O músculo supinador é inervado pelo nervo interósseo posterior, C6 e 7 quando ele atravessa o músculo.

Ação O músculo supinador roda o rádio de modo a trazer a palma para voltar-se anteriormente. Ele atua sozinho em supinação lenta, sem oposição, e junto com o bíceps braquial na supinação rápida ou com força. Um objeto que pode, potencialmente, ser pesado muitas vezes é apanhando com o antebraço inicialmente pronado. Os supinadores mais potentes levantam o objeto contra gravidade, e a rotação muitas vezes é combinada com flexão crescente do cotovelo para trazer o objeto na direção dos olhos.

Anatomia clínica: teste O músculo supinador é situado demasiado profundo para ser palpado, e um teste independente é difícil. O músculo bíceps braquial é inativo na supinação com o cotovelo completamente estendido, portanto isto tem que ser produzido por supinação unicamente, e pode ser usado para testar sua função.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Artéria radial

A artéria radial é menor que a artéria ulnar, todavia parece uma continuação mais direta da artéria braquial (Figs. 49.12, 49.13, 49.19). Ela normalmente começa 1 cm distal ao sulco de flexão do cotovelo. Desce ao longo da região lateral do antebraço, acompanhada por veias acompanhantes pareadas, desde a região medial do colo do rádio até o punho, onde é palpável entre o músculo flexor radial do carpo medialmente e a margem anterior saliente do rádio. A artéria é medial à diáfise do rádio proximalmente, e anterior a ela distalmente. Na região proximal, ela tem a superposição anteriormente do ventre do músculo braquiorradial, mas em outros locais no seu curso é coberta apenas pela pele, e fáscias superficial e profunda. Suas relações posteriores no antebraço são sucessivamente o tendão dos músculos bíceps braquial, supinador, a fixação distal do músculo pronador redondo, a cabeça radial do músculo flexor superficial dos dedos, o músculo flexor longo do polegar, o músculo pronador quadrado e a extremidade inferior do rádio (onde sua pulsação é mais acessível). O músculo braquiorradial é lateral à artéria em todo o seu comprimento. O músculo pronador redondo é medial com relação à porção proximal da artéria e o tendão do músculo flexor radial é medial à porção distal. O nervo superficial radial localiza-se lateralmente ao terço médio da artéria radial: vários ramos da artéria abastecem o nervo por todo o seu comprimento.

A artéria radial pode ocasionalmente originar-se da continuação de uma artéria braquial superficial, ou como uma divisão proximal alta de uma artéria braquial normal sob todos os demais aspectos. Ela pode dar origem à artéria interóssea comum.

O trajeto e distribuição da artéria radial no punho e mão encontram-se descritos na página 890.

Ramos no antebraço

Artéria recorrente radial A artéria recorrente radial encontra-se discutida na página 835.

Ramos cutâneos Os ramos cutâneos emergem entre o músculo braquiorradial e o músculo pronador redondo no terço proximal do antebraço. A maior perfurante, que é também a maior no antebraço, foi chamada artéria cubital inferior. Ela alcança a fáscia profunda passando superficialmente entre o músculo braquiorradial e o músculo pronador redondo no ápice da fossa cubital. Ela se situa lateral ao tendão do músculo bíceps braquial, emergindo entre a veia intermédia do cotovelo e seu ramo comunicante para as veias acompanhantes da artéria radial. Nos dois terços distais do antebraço, as perfurantes cutâneas emergem através da fáscia entre o músculo braquiorradial e o músculo flexor radial do carpo e entre o músculo flexor radial do carpo e o músculo flexor superficial dos dedos e se abrem em leque ao nível da fáscia profunda. Estes vasos anastomosam-se com suas contrapartes da artéria ulnar e da artéria interóssea posterior.

Os ramos fasciocutâneos fornecem a base anatômica para o levantamento de um retalho de pele contendo a largura inteira da pele do antebraço, seja pediculado seja como um retalho livre, baseado na artéria radial e suas veias acompanhantes. Conhecido como retalho fasciocutâneo de antebraço radial, ele é usado para reconstruir áreas de tecido faltando em outros locais no corpo. É possível incorporar a região lateral do rádio com o retalho porque alguns ramos fascioperiósticos suprem esta parte do osso.

Ramos musculares Ramos musculares são distribuídos aos músculos na região lateral do antebraço.

Artéria ulnar

A artéria ulnar é o maior ramo terminal da artéria braquial (Figs. 49.12, 49.13, 49.19). Ela começa 1 cm distal ao sulco de flexão do cotovelo e atinge a região medial do antebraço a meio caminho entre o cotovelo e o punho. No antebraço, a artéria inicialmente reside sobre o músculo braquial e está profunda aos músculos pronador redondo, flexor radial do carpo, palmar longo e flexor superficial dos dedos. Ela subsequentemente se situa sobre o músculo flexor profundo dos dedos, entre o músculo flexor ulnar do carpo e o músculo flexor superficial dos dedos, e é coberta pela pele, fáscia superficial e profunda. O nervo mediano é uma relação medial por aproximadamente 2,5 cm distais ao cotovelo, e a seguir cruza a artéria, da qual ele é separado pela cabeça ulnar do músculo pronador redondo. O nervo ulnar situa-se medial aos dois terços distais da artéria, a qual supre o nervo em toda sua extensão. O ramo cutâneo palmar do nervo ulnar desce ao longo da artéria ulnar para alcançar a mão. A artéria ulnar cruza o retináculo dos músculos flexores lateral ao nervo ulnar e osso pisiforme para entrar na mão.

A artéria ulnar é acompanhada em toda sua extensão por veias acompanhantes.

A artéria ulnar pode originar-se próxima ao cotovelo, geralmente a partir da artéria braquial, quando ela usualmente jaz superficial aos músculos flexores do antebraço embaixo da fáscia profunda: só raramente ela é subcutânea. Quando isto ocorre, a artéria braquial supre as artérias interóssea comum e recorrente ulnar.

O trajeto e distribuição da artéria ulnar no punho e mão encontram-se descritos na página 893.

Ramos no antebraço

Artéria recorrente ulnar: ramo anterior e ramo posterior Os ramos anterior e posterior da artéria recorrente ulnar encontram-se descritos na página 835.

Artéria interóssea comum A artéria interóssea comum é um ramo curto da artéria ulnar (Figs. 49.13, 49.19). Ela se origina imediatamente distal à tuberosidade do rádio e passa de volta para a margem proximal da membrana interóssea, onde ela se divide nas artérias interósseas anterior e posterior. Ocasionalmente, a artéria interóssea comum é um ramo da artéria radial.

Artéria interóssea anterior A artéria interóssea anterior desce sobre a face anterior da membrana interóssea com o nervo interósseo anterior do antebraço, ramo do nervo mediano (Fig. 49.19). Ela tem a superposição dos lados contíguos do músculo flexor profundo dos dedos e o músculo flexor longo do polegar. Logo depois da sua origem, ela usualmente emite uma artéria acompanhante do nervo mediano delgada. Esta acompanha e supre o nervo mediano até a palma, onde ela pode unir-se ao arco palmar superficial ou terminar como uma ou duas artérias digitais palmares. (A artéria acompanhante do nervo mediano também pode se originar da artéria ulnar ou da interóssea comum.)

Ramos musculares e nutrientes a partir da artéria interóssea anterior perfuram a membrana interóssea para suprir músculos extensores profundos e o rádio e ulna respectivamente. Um ramo desce profundo ao músculo pronador quadrado antes de perfurar a membrana interóssea para se juntar à rede "carpal" anterior.

A artéria interóssea anterior propriamente dita deixa o compartimento anterior perfurando a membrana interóssea proximal ao músculo pronador quadrado. Ela se anastomosa com a artéria interóssea posterior no compartimento posterior do antebraço e viaja através de um túnel embaixo do retináculo dos músculos extensores com os tendões dos músculos extensores dos dedos antes de se unir à rede carpal dorsal. Três pequenos ramos perfurantes cutâneos suprem a pele sobre a margem lateral inferior do antebraço.

Artéria interóssea posterior A artéria interóssea posterior é geralmente menos que a anterior (Figs. 49.15, 49.17, 49.18). Ela passa dorsalmente entre a corda oblíqua e a margem proximal da membrana interóssea e a seguir entre o músculo supinador e o músculo abdutor longo do polegar. Desce profundamente no sulco entre o músculo extensor ulnar do carpo e a parte extensora do dedo mínimo do músculo extensor dos dedos. Enquanto no sulco ela dá origem a múltiplos ramos musculares que suprem estes músculos e perfurantes fasciocutâneas que viajam no septo intermuscular entre o músculo extensor ulnar do carpo e o extensor do dedo mínimo. Estes vasos fasciocutâneos fornecem a base anatômica para o levantamento de um retalho de pele de antebraço dorsal, o qual geralmente é pediculado, baseado na artéria interóssea posterior e suas veias acompanhantes. Conhecido como retalho de artéria interóssea posterior, ele é usado para reconstruir áreas de falta de tecido no antebraço e parte proximal da mão.

A artéria interóssea posterior acompanha o ramo profundo do nervo radial (nervo interósseo posterior do antebraço) sobre o músculo abdutor longo do polegar. Distalmente ela se anastomosa com a parte terminal da artéria interóssea anterior e a rede carpal dorsal.

Às vezes, a artéria interóssea posterior desaparece a meio caminho pelo antebraço abaixo, caso no qual a artéria interóssea anterior perfura a membrana interóssea mais proximalmente para se anastomosar com ela. É raro que nenhuma anastomose ocorra entre as artérias interósseas anterior e posterior.

Artéria recorrente interóssea posterior A artéria recorrente interóssea posterior deixa a artéria interóssea posterior próximo da sua origem e ascende entre o epicôndilo lateral e o olécrano, seja sobre ou através do músculo supinador, e profunda ao músculo ancôneo. Ela se anastomosa com a artéria colateral média ramo da artéria braquial profunda, artérias recorrente ulnar (ramo posterior) e colateral ulnar. Ocasionalmente, a artéria está ausente.

Ramos cutâneos As perfurantes cutâneas da artéria ulnar alcançam a pele passando ao longo do septo fascial entre o músculo flexor ulnar do carpo e o músculo flexor superficial dos dedos em toda a extensão do antebraço. Um vaso perfurante dorsoulnar constante é emitido distalmente 2–5 cm proximal ao pisiforme e acompanha o ramo dorsal do nervo ulnar. O vaso emerge entre o músculo flexor ulnar do carpo e o músculo extensor ulnar do carpo. Algumas pequenas perfurantes musculocutâneas atingem a pele via músculo flexor ulnar do carpo e se anastomosam com suas contrapartes derivadas das artérias radial e interóssea e posterior.

Ramos musculares Ramos musculares se originam diretamente dos vasos principais e são distribuídos para os músculos na região medial do antebraço.

VEIAS

Veias profundas

As veias acompanhantes que seguem com as artérias radial e ulnar drenam os arcos venosos palmares profundo e superficial respectivamente. Elas se unem próximo do cotovelo sob a forma de veias braquiais pareadas. As veias radiais são menores e recebem as veias dorsais profundas da mão. As veias ulnares drenam o arco venoso palmar profundo e se conectam com veias superficiais próximo do punho. Próximo do cotovelo elas recebem as veias acompanhantes das artérias interósseas anterior e posterior, e um grande ramo as conecta à veia intermédia do cotovelo.

Veias superficiais

Veia cefálica

A veia cefálica (Fig. 45.5) usualmente se forma sobre a "tabaqueira anatômica" a partir da extremidade radial do plexo venoso dorsal. Ela se curva proximalmente em torno da região lateral do antebraço para ganhar seu aspecto anterior, e recebe veias a partir de ambos os aspectos do antebraço. Distalmente ao cotovelo um ramo, a veia intermédia do cotovelo, diverge proximomedialmente para alcançar a veia basílica. A veia intermédia do cotovelo recebe a junção de um ramo a partir das veias profundas.

O curso mais detalhado da veia cefálica está descrito no braço na página 828.

Veia cefálica acessória A veia cefálica acessória pode se originar de um plexo na região posterior do antebraço ou a partir da região medial da rede venosa dorsal na mão. Ela se une à veia cefálica distal ao cotovelo. Uma grande veia oblíqua muitas vezes conecta as veias basílica e cefálica dorsalmente no antebraço.

Veia basílica

A veia basílica começa medialmente na rede venosa da mão (Fig. 45.5). Ela ascende posteromedialmente no antebraço, inclinando-se para a frente para a face anterior distal ao cotovelo, onde ela recebe a união da veia intermédia do cotovelo . Ela então ascende superficial em direção a e entre o músculo bíceps braquial e o músculo pronador redondo, e é cruzada por filamentos do nervo cutâneo medial do antebraço que passam superficiais e profundos à veia.

O curso da veia basílica no braço encontra-se descrito na página 828.

Veia intermédia do antebraço

A veia intermédia (Fig. 45.5) do antebraço drena o plexo venoso palmar superficial e ascende através da parte anterior do antebraço para se juntar à veia basílica ou cubital mediana. Ela pode se dividir distal ao cotovelo para se juntar a ambas as veias.

INERVAÇÃO

Nervo mediano

O nervo mediano geralmente entra no antebraço entre as cabeças do músculo pronador redondo (Figs. 49.12, 49.13, 49.16, 49.17, 49.18). (Ocasionalmente, o nervo passa posterior a ambas as cabeças do músculo pronador redondo, ou ele pode passar através da cabeça umeral.). Ele cruza para o lado lateral da artéria ulnar, da qual é separado pela cabeça profunda do pronador redondo. Passa atrás de uma ponte tendínea entre as cabeças umeroulnar e radial do músculo flexor superficial dos dedos, e desce através do antebraço posterior e aderente ao músculo flexor superficial dos dedos e anterior ao músculo flexor profundo dos dedos. Cerca de 5 cm proximal ao retináculo dos músculos flexores ele emerge de trás da margem lateral do músculo flexor superficial dos dedos e se torna superficial imediatamente proximal ao punho. Aqui ele se situa entre os tendões do músculo flexor superficial dos dedos e do músculo flexor radial do carpo, projetando-se lateralmente a partir de baixo do tendão do músculo palmar longo (Figs. 49.13, 49.19). Ele a seguir passa profundo ao retináculo dos músculos flexores para dentro da palma. No antebraço o nervo mediano é acompanhado pela artéria acompanhante do nervo mediano ramo da artéria interóssea anterior.

O trajeto e distribuição do nervo mediano no punho e mão encontram-se descritos na página 895.

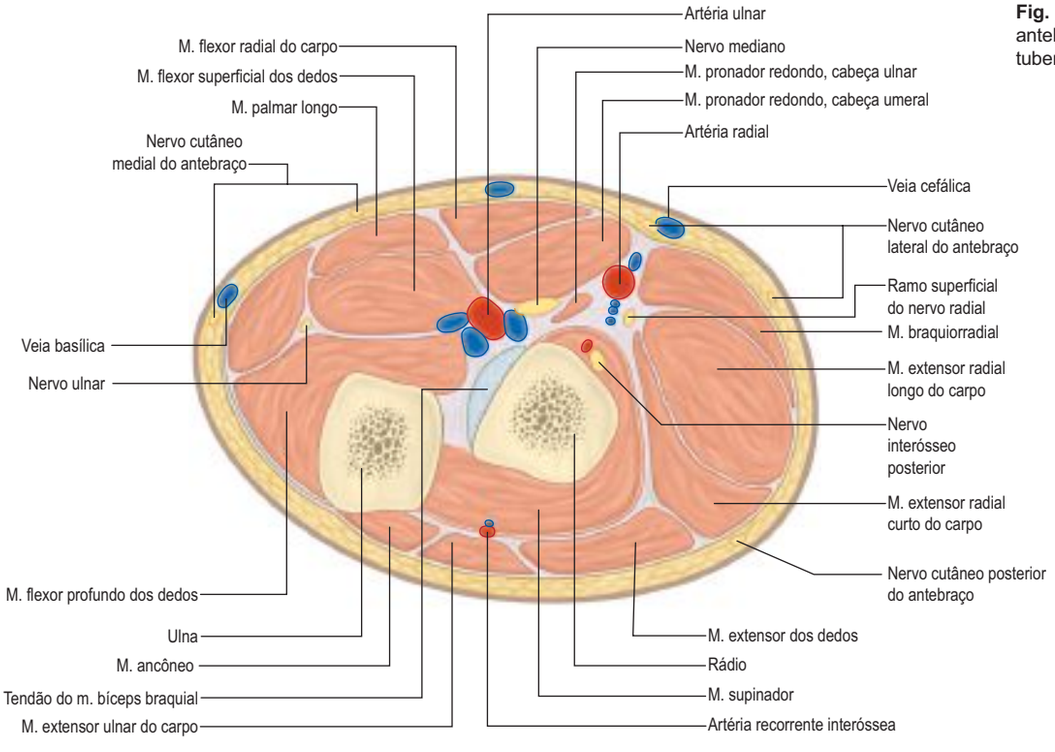


Fig. 49.16 Corte transversal através do antebraço esquerdo ao nível da tuberosidade do rádio: vista proximal.

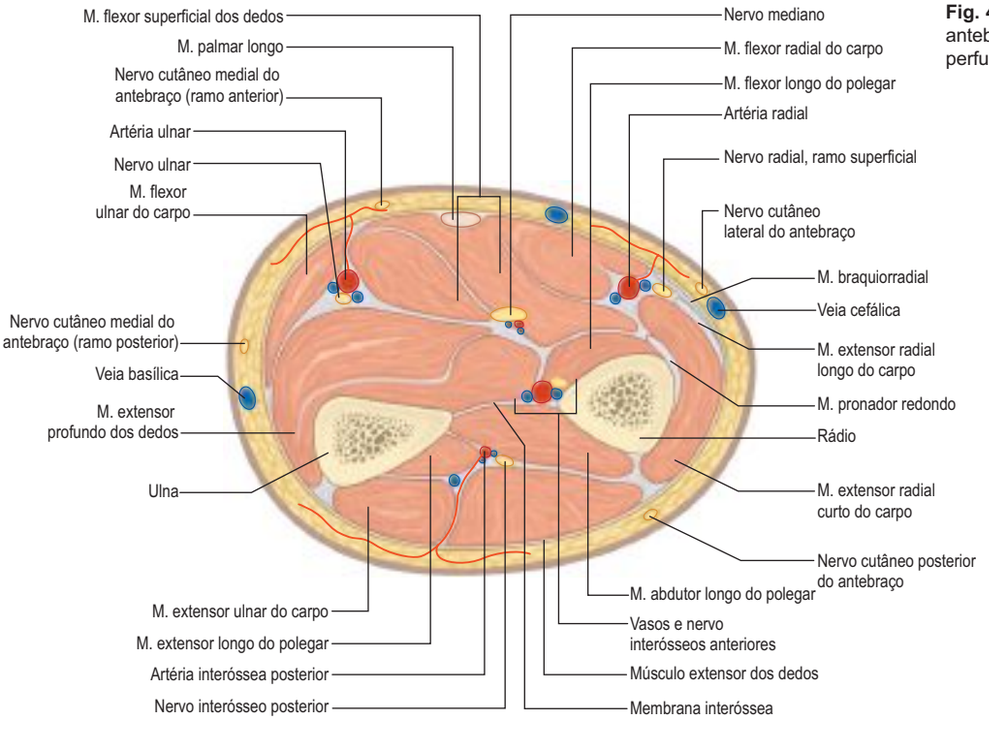


Fig. 49.17 Corte transversal através do meio do antebraço esquerdo, mostrando os vasos perfurantes fasciocutâneos.

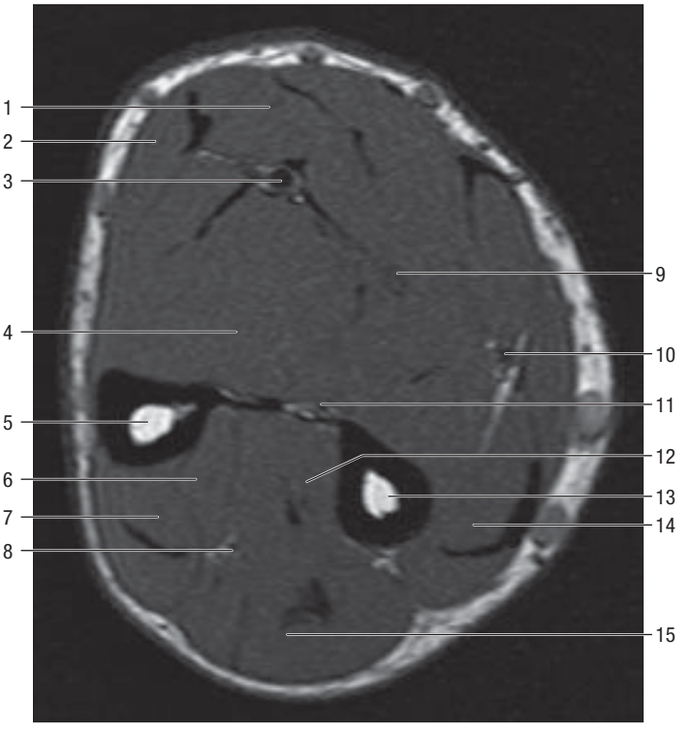


Fig. 49.18 RM axial através do meio do antebraço esquerdo. **1.** Músculo flexor superficial dos dedos. **2.** Músculo flexor ulnar do carpo. **3.** Artéria ulnar. **4.** Músculo flexor profundo dos dedos. **5.** Ulna. **6.** Músculo extensor longo do polegar. **7.** Músculo extensor ulnar do carpo. **8.** Feixe neurovascular interósseo posterior. **9.** Nervo mediano. **10.** Artéria radial. **11.** Feixe neurovascular interósseo anterior. **12.** Músculo abdutor longo do polegar. **13.** Rádio. **14.** Músculo extensor radial curto do carpo. **15**. Músculo extensor dos dedos.

Conexão de Martin-Gruber

Múltiplos ramos comunicantes entre o nervo mediano (e às vezes o nervo interósseo anterior do antebraço) originam-se proximalmente e passam medialmente entre os músculos flexores superficial e profundo dos dedos, profundos à artéria ulnar, e se juntam ao nervo ulnar. Esta comunicação de fibras motoras (comumente chamada conexão de Martin–Gruber) é estimada presente em 17% dos indivíduos. Ela resulta em uma inervação pelo mediano de um número variável de músculos intrínsecos da mão (Leibovic e Hastings 1992), e presumivelmente explica por que lesões isoladas do nervo ulnar e mediano podem às vezes ser imprevisíveis em termos do padrão de paralisia dos músculos intrínsecos.

Ramos no antebraço

Nervo interósseo anterior do antebraço

O nervo interósseo anterior do antebraço se ramifica posteriormente a partir do nervo mediano entre as duas cabeças do músculo pronador redondo, imediatamente distal à origem dos seus ramos para os músculos flexores superficiais do antebraço e proximais ao ponto no qual o nervo mediano passa embaixo do arco tendíneo do músculo flexor superficial dos dedos. Com a artéria interóssea anterior ele desce anterior à membrana interóssea, entre e profundo ao músculo flexor longo do polegar e flexor profundo dos dedos. Ele supre o músculo flexor longo do polegar e a parte lateral do músculo flexor profundo dos dedos (que envia tendões para os dedos indicador e médio). Terminalmente, o nervo interósseo anterior do antebraço situa-se posterior ao músculo pronador quadrado, que ele supre pela sua face profunda. Ele também fornece ramos articulares para as articulações radiulnar distal, radiocarpal e carpais.

Síndrome do nervo interósseo anterior do antebraço O nervo interósseo anterior do antebraço pode ser afetado com o nervo mediano ou si próprio em qualquer uma das causas da síndrome pronadora (pág. 836). Compressão do nervo mediano é tipicamente causada por pressão por bandas fasciais sobre a cabeça profunda do músculo pronador redondo ou a fixação radial tendínea do músculo flexor superficial dos dedos. Paralisia do nervo interósseo anterior do antebraço pode ser devida à pressão externa, uma forma de "paralisia de sábado à noite", e às vezes por agarrar com força em associação com pronação sem causa óbvia. Pode ser uma manifestação de amiotrofia neurálgica e tende a se resolver espontaneamente ao longo de vários meses. Uma variedade de músculos aberrantes, por exemplo, uma cabeça acessória dos músculos flexor longo do polegar, palmar profundo ou flexor radial curto do carpo foram todos descritos como causando neuropatia de compressão do nervo interósseo anterior do antebraço.

Uma paralisia do nervo interósseo anterior do antebraço causa fraqueza da preensão do tipo pinça devido ao comprometimento do músculo flexor longo do polegar e flexor profundo dos dedos para o dedo indicador. A inervação do músculo flexor profundo dos dedos para o dedo médio é bastante variável, e portanto este músculo pode ou não estar fraco. Os ramos para estes três músculos podem originar-se separadamente do nervo mediano, de modo que fraqueza isolada da falange terminal do polegar ou do dedo indicador pode ocorrer. O músculo pronador quadrado também é comprometido mas não é clinicamente importante. Paralisia do nervo interósseo anterior do antebraço pode ser distinguida de síndrome pronadora porque não há sintomas sensitivos. O tratamento é exploração do nervo e descompressão cirúrgica.

Ramos musculares

Ramos musculares são emitidos próximo do cotovelo para todos os músculos flexores superficiais exceto o músculo flexor ulnar do carpo, isto é,

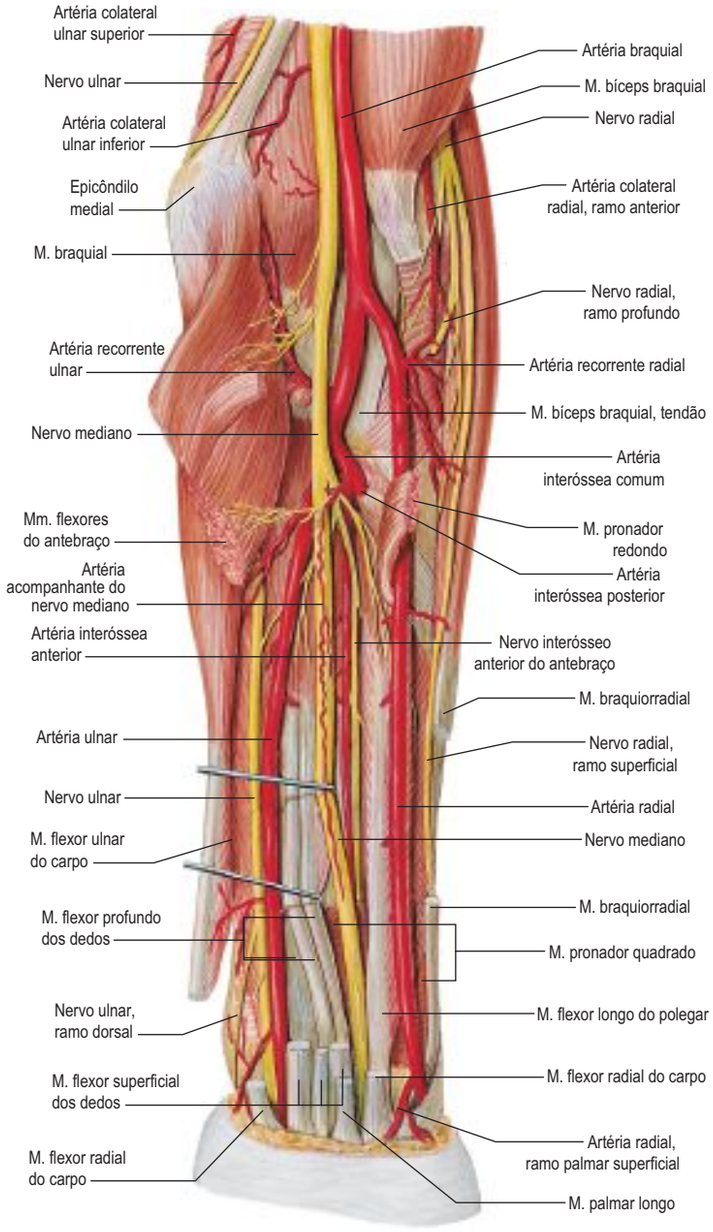


Fig. 49.19 Aspecto flexor profundo do antebraço esquerdo. (De: Sobotta 2006.)

para os músculos pronador redondo, flexor radial do carpo, palmar longo e flexor superficial dos dedos. O ramo para a parte do músculo flexor superficial dos dedos que serve ao dedo indicador é dado perto do meio do antebraço e pode ser derivado do nervo interósseo anterior do antebraço.

Outros ramos

Ramos articulares, originados ao nível ou imediatamente distais à articulação do cotovelo, suprem a articulação e a articulação radiulnar proximal. O ramo cutâneo palmar encontra-se descrito na página 895.

Nervo ulnar

O nervo ulnar desce sobre a região medial do antebraço, jazendo sobre o músculo flexor profundo dos dedos (Figs. 49.13, 49.16–49.19). Proximalmente ele é coberto pelo músculo flexor ulnar do carpo: sua metade distal situa-se lateral ao músculo e é coberta apenas por pele e fáscias. No terço superior do antebraço, o nervo é distante da artéria ulnar, porém mais distalmente ele vem a jazer junto do lado medial da artéria. Cerca de 5 cm proximalmente ao punho ele dá um ramo dorsal que continua distalmente para dentro da mão, anterior ao retináculo dos músculos flexores na região lateral do pisiforme e posteromedial à artéria ulnar. Ele passa profundo à parte superficial do retináculo (no túnel ulnar) com a artéria e se divide em ramos terminais superficial e profundo.

O trajeto e distribuição do nervo ulnar na mão encontram-se descritos na página 897.

Ramos musculares

Usualmente há dois ramos musculares. Eles começam próximo ao cotovelo e suprem o músculo flexor ulnar do carpo e a metade medial do músculo flexor profundo dos dedos.

Ramo cutâneo palmar

O ramo cutâneo palmar se origina cerca do meio do antebraço. Ele desce sobre a artéria ulnar, que ele supre, e a seguir perfura a fáscia profunda para terminar na pele palmar, depois de se comunicar com o ramo palmar do nervo mediano. Às vezes, ele supre o músculo palmar curto.

Ramo dorsal

O ramo dorsal do nervo ulnar encontra-se descrito na página 897.

Nervo radial

Há alguma variação no nível em que os ramos do nervo radial se originam do tronco principal em diferentes indivíduos (Figs. 49.12, 49.13, 49.17, 49.18). Ramos para o músculo extensor radial curto do carpo e o músculo supinador podem se originar do tronco principal do nervo radial ou da parte proximal do nervo interósseo posterior, mas quase invariavelmente acima da arcada de Frohse*.

Síndrome do túnel radial A síndrome do túnel radial é uma neuropatia de compressão do nervo radial junto do cotovelo, onde quatro estruturas podem, potencialmente, causar compressão do nervo. Estas são faixas fibrosas (que podem prender o nervo radial à articulação umerorradial); a margem medial tendínea aguda do músculo extensor radial curto do carpo; um "cordão" de vasos a partir da artéria recorrente radial quando ela passa para suprir o músculo braquiorradial e o músculo extensor radial longo do carpo; a arcada de Frohse, que é a margem proximal aponeurótica livre da parte superficial do músculo supinador (Fig. 48.6).

Usualmente o único sintoma de apresentação é dor sobre a massa extensora imediatamente distal ao cotovelo. Não há perturbação sensitiva ou perda motora, mas frequentemente há dor à palpação ao longo do trajeto do nervo radial sobre a cabeça do rádio. A dor é exacerbada quando o cotovelo é estendido e o punho é passivamente flexionado e pronado, ou estendido e supinado contra resistência. Extensão do dedo médio contra resistência quando o cotovelo está completamente estendido pode levar à dor aumentada. Estas manobras retesam as estruturas anatômicas que causam compressão.

Ramo terminal superficial

O ramo terminal superficial desce do epicôndilo lateral anterolateralmente nos dois terços proximais do antebraço, inicialmente jazendo sobre o músculo supinador, lateral à artéria radial e atrás do músculo braquiorradial. No terço médio do antebraço ele está situado atrás do músculo braquiorradial, junto do lado lateral da artéria, e é sucessivamente anterior ao músculo pronador redondo, à cabeça radial do músculo flexor superficial dos dedos e do músculo flexor longo do polegar. Ele geralmente deixa a artéria 7 cm proximalmente ao punho e passa profundo ao tendão do músculo braquiorradial. Ele se curva em torno da região lateral do rádio ao descer, perfura a fáscia profunda e se divide em cinco, às vezes quatro, nervos digitais dorsais. No dorso da mão ele usualmente se comunica com os nervos cutâneos posterior e lateral do antebraço.

Quando o nervo cruza a região lateral do rádio, ele é superficial e relativamente desprotegido: ele é facilmente comprimido, nesse local, por pulseiras apertadas, correias de relógio e algemas.

Compressão do nervo sensitivo radial (doença de Wartenberg) Compressão do ramo superficial do nervo radial pode ocorrer quando o nervo emerge de baixo da margem do tendão músculo braquiorradial cerca de 6 cm proximal ao processo estiloide do rádio; ele provavelmente é pinçado pelo efeito de tesoura dos tendões do músculo braquiorradial e do músculo extensor radial curto do carpo. A condição frequentemente é associada com trauma prévio nesta região. Os sintomas são dor e parestesia sobre a região lateral do dorso do punho e mão.

Nervo interósseo posterior

O nervo interósseo posterior é o ramo terminal profundo do nervo radial (Figs. 49.15, 49.16). Ele alcança o dorso do antebraço passando em torno da região lateral do rádio entre as duas cabeças do músculo supinador. Ele supre o músculo extensor radial curto do carpo e o músculo supinador antes de entrar no músculo supinador: quando ele passa através do músculo, supre-o com ramos adicionais. O ramo para o músculo extensor radial curto do carpo pode se originar do início do ramo superficial do nervo radial. Ao emergir do músculo supinador posteriormente, o nervo interósseo posterior dá três ramos curtos para o músculo extensor dos dedos, músculo extensor

*Nota da Tradução: A arcada de Frohse é um arco fibroso localizado na parte mais superior da camada superficial do músculo supinador e não consta da terminologia anatômica.

do dedo mínimo e músculo extensor ulnar do carpo, e dois ramos mais longos, um medial para os músculos extensor longo do polegar e extensor do indicador, e um lateral que supre o músculo abdutor longo do polegar e o músculo extensor curto do polegar. O nervo inicialmente situa-se entre os músculos extensores superficial e profundo, mas na margem distal do músculo extensor curto do polegar ele passa profundo ao músculo extensor longo do polegar e, diminuído para um fio fino, desce sobre a membrana interóssea para a região posterior do carpo. Aqui ele apresenta uma terminação achatada e um pouco expandida ou "pseudogânglio", a partir do qual filamentos suprem os ligamentos e articulações carpais. Ramos articulares a partir do nervo interósseo posterior suprem as articulações do carpo, radiulnar distal e algumas articulações intercarpais e intermetacarpais. Ramos digitais suprem as articulações metacarpofalângicas e interfalângicas proximais.

A porção distal do nervo reside em uma bainha fascial separada na região radial profunda do quarto compartimento dorsal do retináculo dos músculos extensores do punho, onde ela está localizada profunda ao músculo extensor dos dedos e extensor do indicador. Esta porção do nervo pode ser usada como nervo doador para enxerto em defeitos de nervos digitais, uma vez que não ocorre nenhum déficit clinicamente discernível no local doador.

Paralisia do nervo interósseo posterior Há muitas causas de paralisia de nervo interósseo posterior. Estas incluem trauma e tumorações inflamatórias, bem como compressão nos mesmo locais anatômicos que podem causar síndrome do túnel radial. A dor é semelhante em natureza à da síndrome do túnel radial e é mais tarde acompanhada por fraqueza e paralisia. Quando completamente desenvolvida, há incapacidade de estender os dedos nas articulações metacarpofalângicas, fraqueza da extensão e abdução do punho. Há fraqueza e abdução da extensão do punho porque o músculo extensor ulnar do carpo é afetado usualmente, enquanto os extensores do punho e o músculo braquiorradial estão normais (porque o seu suprimento sanguíneo é emitido proximal à origem do nervo interósseo posterior). Não há perturbações sensitivas, uma vez que o nervo radial superficial se origina acima deste nível.

Nervo cutâneo medial do antebraço

O nervo cutâneo medial do antebraço já se dividiu em ramos anterior e posterior antes de entrar no antebraço (Fig. 45.15). O ramo anterior, maior, usualmente passa na frente, ocasionalmente atrás, da veia intermédia do cotovelo, e desce anteromedialmente no antebraço para suprir a pele até o punho. Ele se curva em torno do dorso do antebraço, descendo sobre a sua margem medial até o punho, suprindo a pele. Ele se conecta com o nervo cutâneo medial do braço, o nervo cutâneo posterior do antebraço e o ramo dorsal do nervo ulnar.

Nervo cutâneo lateral do antebraço

O nervo cutâneo lateral do antebraço é uma continuação direta do nervo musculocutâneo quando ele jaz lateral ao tendão do músculo bíceps braquial na fossa cubital (Figs. 45.10, 45.15). Ele passa profundo à veia cefálica, descendo ao longo da margem radial do antebraço para o punho. Ele supre a pele da face anterolateral do antebraço e se conecta com o nervo cutâneo posterior do antebraço e o ramo terminal do nervo radial por ramos que passam em torno da sua margem radial. Seu tronco dá origem a um ramo recorrente delgado que se estende ao longo da veia cefálica até o terço médio do braço, distribuindo filamentos à pele sobre o terço distal da face anterolateral do braço próximo à veia. Na articulação do punho o nervo cutâneo lateral do antebraço é anterior à artéria radial. Alguns filamentos perfuram a fáscia profunda e acompanham a artéria até a região posterior do carpo. O nervo então passa para a base da eminência tenar, onde termina em ramos cutâneos. Ele possui ramos que se conectam com o ramo terminal do nervo radial e o ramo cutâneo palmar do nervo mediano.

Nervo cutâneo posterior do antebraço

O nervo cutâneo posterior do antebraço passa ao longo da região posterior do antebraço para o punho. Ele supre a pele ao longo do seu trajeto, e perto do seu término se une aos ramos dorsais do nervo cutâneo lateral do antebraço (Fig. 45.15).

REFERÊNCIAS

Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Leiber RL, Jacobson MD, Fazeli BM, Abrams RA, Botte MJ. Architecture of selected muscles of the arm and forearm: anatomy and implications for tendon transfer. J Hand Surg 1992; 17A: 787–98.

Leibovic SJ, Hastings II H. Martin–Gruber revisited. J Hand Surg 1992; 17A: 47–53.

Examina a literatura sobre conexões descritas entre os nervos mediano e ulnar no antebraço e classifica estas conexões.

Salmon M 1994 Anatomic studies. In: Taylor GI, Razaboni RM (eds) Book *Contém o trabalho traduzido do Dr. Michel Salmon concernente ao suprimento sanguíneo ao músculo. bem como as vias anastomóticas nos membros.*

Sheetz KK, Bishop AT, Berger RA 1995 The arterial blood supply of the distal radius and ulna and its potential use in vascularized pedicled bone grafts. J Hand Surg 20A: 902–914.

Tan ST, Smith PJ. Anomalous extensor muscles of the hand: a review. J Hand Surg 1999; 24A: 449–55.

Punho e mão

CAPÍTULO 50

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Pele dorsal em comparação com pele palmar

A pele sobre o dorso da mão é fina e móvel, e isto permite a flexão nas articulações metacarpofalângicas e interfalângicas. A pele dorsal frequentemente é hirsuta no aspecto dorsal das falanges proximais e no aspecto medial do dorso da mão. Em comparação, a palma é adaptada para acolchoamento e firmeza. A pele palmar e a pele sobre a face volar dos dedos é espessa e glabra, e possui um estrato lúcido bem definido, uma densidade mais alta de terminações nervosas, e glândulas sudoríferas exócrinas, mas não glândulas sebáceas.

Sulcos da pele e impressões digitais

Linhas flexurais comumente sulcam a pele nas faces flexoras do punho e mão (Fig. 50.1). Embora nem todas estejam diretamente sobre suas articulações esqueléticas subjacentes funcionalmente relacionadas, elas são produzidas pela adesão da pele à fáscia subjacente e são locais de pregueamento da pele durante movimento. Estas flexuras são marcos úteis. Complexos de sulcos-linhas menos regulares, mas bastante proeminentes, são centrados sobre as faces posteriores (extensoras) das articulações radiocarpal, do carpo, metacarpofalângicas e interfalângicas. Eles são principalmente transversos mas exibem curvaturas variadas. Durante a flexão a pele dorsal é esticada e as linhas se tornam menos proeminentes (mas ainda podem ser identificadas). Durante a extensão a pele agora redundante se torna cada vez mais pregueada e as linhas são, finalmente, maximamente proeminentes. (Para uma revisão geral das "linhas da pele", ver pág. 160.)

Próximo da junção do carpo e antebraço há usualmente três linhas transversais anteriores. A proximal marca o limite proximal das bainhas sinoviais flexoras, uma linha intermediária é sobrejacente à articulação do punho, e uma linha distal é situada na margem proximal do retináculo dos músculos flexores.

Na palma uma linha longitudinal lateral curva circunda a eminência tenar, terminando na margem lateral da palma. Diversas linhas longitudinais menos constantes são situadas mediais e aproximadamente paralelas a ela. Linhas transversais proximal e distal ascendem medialmente cruzando a palma. A linha proximal começa na extremidade distal da linha longitudinal lateral e segue obliquamente para o meio da eminência hipotenar cruzando as diáfises dos ossos metacarpais. A linha distal começa na ou próximo à fenda, entre os dedos indicador e médio, e cruza a palma com uma convexidade proximal sobre as cabeças do segundo ao quarto ossos metacarpais, próximo das extremidades proximais das bainhas dos tendões flexores.

O segundo ao quinto dedos mostram conjuntos proximal, médio e distal de linhas transversais. As proximais, muitas vezes duplas, estão nas raízes digitais, aproximadamente 2 cm distais às articulações metacarpofalângicas. As linhas médias são tipicamente duplas, a linha proximal jazendo diretamente em cima da articulação interfalângica proximal. As linhas distais geralmente são únicas, e situadas proximalmente às articulações interfalângicas distais: seus níveis são às vezes marcados por uma linha mais apagada e mais distal. A base livre do polegar é parcialmente circundada por uma linha que começa no lado lateral e cruza distalmente sobre a articulação metacarpofalângica para terminar entre o polegar e o dedo indicador à altura da base da falange proximal do polegar. Existe um segundo sulco, mais curto, usualmente 1 cm distal a esta linha. Há duas linhas comparáveis às linhas digitais médias nos outros dedos opostas à articulação interfalângica do polegar (pág. 160).

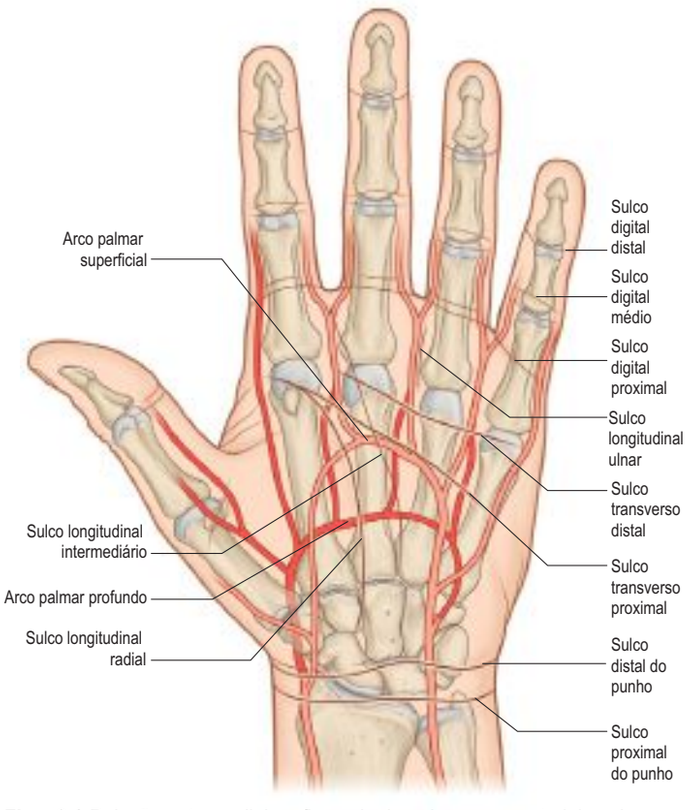


Fig. 50.1 Relação entre as linhas flexurais da pele e arcos arteriais palmares e os ossos da mão esquerda. (Adaptado de Drake, Vogt e Mitchell 2005.)

Suprimento sanguíneo cutâneo

A pele da face volar do punho é suprida diretamente por ramos cutâneos do ramo palmar superficial da artéria radial, da artéria ulnar e ocasionalmente da artéria acompanhante do nervo mediano se ela for suficientemente grande (Fig. 50.2). A pele sobre a eminência tenar é suprida por pequenos ramos perfurantes a partir do ramo palmar superficial da artéria radial e da artéria principal do polegar. A pele sobre a eminência hipotenar é suprida por ramos perfurantes a partir da artéria ulnar, alguns dos quais passam através do músculo palmar curto. O resto da palma é suprido por pequenos ramos perfurantes a partir das artérias digitais palmares comuns que perfuram a aponeurose palmar, e pequenos ramos da artéria radial do indicador. O suprimento sanguíneo para o aspecto volar da pele dos dedos vem de pequenos ramos de cada artéria digital. Ao nível da falange distal as duas artérias digitais tipicamente formam uma anastomose em forma de H a partir da qual perfurantes cutâneas se abrem em leque dentro da polpa. Veias digitais profundas acompanhando as artérias digitais são usualmente muito pequenas e frequentemente ausentes. Mais comumente, veias palmares superficiais tendem a passar dorsalmente e drenar para o maior sistema venoso dorsal superficial.

A pele do aspecto dorsal do punho é suprida por ramos de um plexo sobrejacente ao retináculo dos músculos extensores. Ramos da artéria radial, incluindo seu ramo carpal dorsal, o ramo carpal dorsal da artéria ulnar e artérias interósseas anteriores e posteriores todas contribuem para este plexo. O suprimento sanguíneo para o dorso da mão se origina de fileiras longitudinais de quatro ou cinco ramos diminutos de cada uma das artérias metacarpais dorsais, as quais geralmente se originam da artéria radial diretamente ou do arco carpal dorsal. No nível do colo dos ossos metacarpais, onde a segunda, terceira e quarta artérias metacarpais dorsais se comunicam com ramos das artérias digitais palmares comuns correspon-

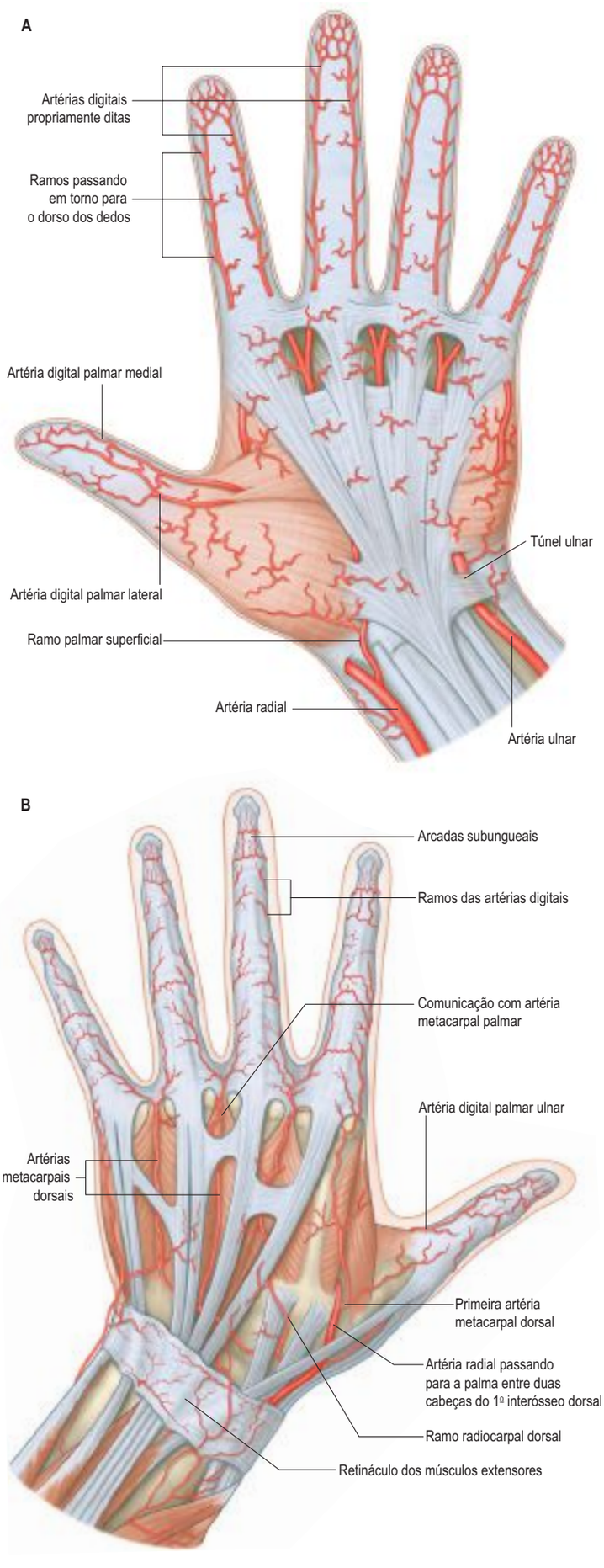


Fig. 50.2 Suprimento sanguíneo cutâneo da mão. **A,** Vista volar. **B,** Vista dorsal.

dentes, um grande ramo perfurante cutâneo passa proximalmente para suprir uma área de pele até o aspecto dorsal do punho.

O suprimento sanguíneo ao dorso dos dedos se origina proximalmente dos ramos terminais das artérias metacarpais dorsais – suprindo uma região tão longe distalmente quanto a articulação interfalângica proximal – bem como de ramos dorsais das artérias digitais palmares que são emitidos em cada nível falângico. No nível da falange distal o suprimento cutâneo se origina de três arcadas dorsais: uma arcada superficial sobre a base da falange distal, e duas arcadas subungueais distais. A pele do dorso do polegar é suprida por ramos axiais longitudinais da artéria principal do polegar e ramos dorsais das artérias digitais palmares.

Inervação cutânea

A pele do aspecto volar do punho é inervada pelos ramos terminais dos nervos cutâneos lateral e medial do antebraço. A pele da palma é inervada pelos ramos palmares do nervo ulnar e o ramo palmar do nervo mediano (Figs. 50.3, 50.45). A pele do aspecto volar do polegar, dedos indicador, médio e aspecto lateral do anular é suprida por ramos cutâneos do nervo mediano, enquanto a do dedo mínimo e lado medial do dedo anular é suprida pelo nervo ulnar.

A inervação cutânea do aspecto lateral do dorso do punho e mão, bem como o aspecto dorsal dos três e meio dedos radiais até, distalmente, o leito ungueal, origina-se dos ramos terminais do nervo radial, os nervos digitais dorsais. Entre dois e cinco nervos digitais dorsais suprem cada dedo. A inervação cutânea do aspecto medial do dorso do punho e da mão, e do aspecto dorsal do um e meio dedos mediais até, distalmente, o leito ungueal, origina-se do ramo dorsal do nervo ulnar, novamente terminando como nervos digitais dorsais. A pele do dorso das falanges média e distal também é suprida por ramos dorsais dos nervos digitais palmares.

APARELHO UNGUEAL

O aparelho ungueal consiste na placa ungueal, pregas ungueais proximal e laterais, matriz ungueal, leito ungueal e hiponíquio. Ele se encontra descrito na página 154.

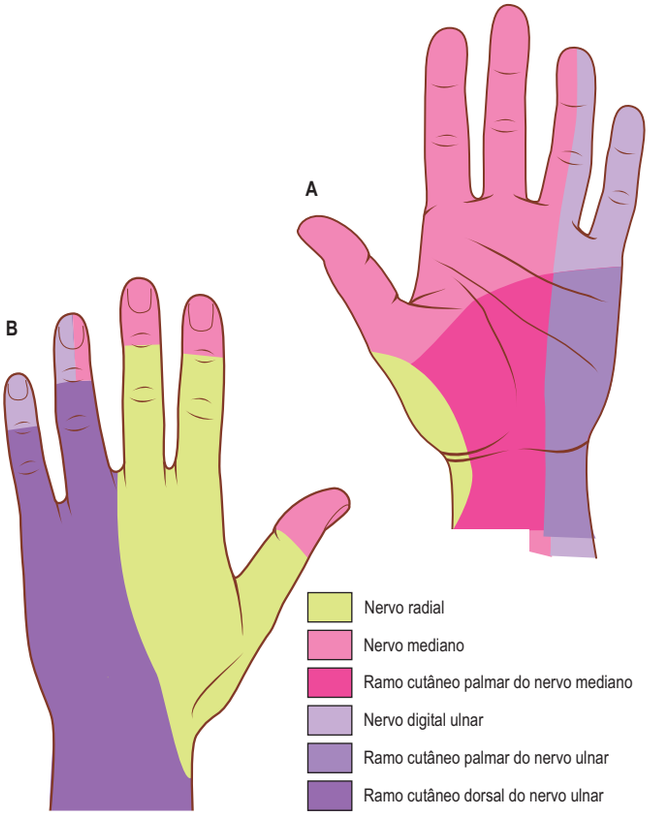


Fig. 50.3 Suprimento nervoso cutâneo da mão. **A,** Aspecto volar. **B,** Aspecto dorsal.

TECIDOS MOLES

Complexo fascial palmar

A fáscia palmar é um sistema ligamentar tridimensional composto de fibras longitudinais, transversas e verticais (Fig. 50.4).

Sistema de fibras longitudinais

As fibras longitudinais representam o flexor da articulação metacarpofalângica filogeneticamente degenerado. Elas seguem distalmente a partir do tendão do músculo palmar longo ou do retináculo dos músculos flexores do punho através da largura total do terço central da palma, produzindo quatro feixes longitudinais bem definidos para os dedos indicador, médio, anular e mínimo. Um feixe menos bem definido passa para o polegar. Distalmente às fibras transversais da aponeurose palmar, as fibras longitudinais passam em três camadas (McGrouther, 1982). As fibras longitudinais mais superficiais (camada 1) são inseridas superficialmente na pele da palma distal entre o sulco palmar distal e o sulco digital proximal. Algumas fibras superficiais passam distalmente para a linha mediana palmar do dedo. Fibras longitudinais mais profundas (camada 2) passam profundas ao ligamento metacarpal transverso superficial e feixes neurovasculares para o ápice da pele do espaço membranáceo e para os próprios dedos, onde elas são contínuas com os ligamentos de Cleland e a lâmina digital lateral. Estas são conhecidas como bandas espirais de Gosset. Ainda mais profundamente, as fibras longitudinais na camada 3 perfuram o ligamento metacarpal transverso profundo para passar em torno dos lados da articulação metacarpofalângica e se fixar no osso metacarpal e falange proximal, e tendão dos músculos extensores.

Sistema de fibras transversais

O sistema de fibras transversais consiste no ligamento metacarpal transverso superficial), as fibras transversas da aponeurose palmar (também conhecidas como fibras de Skoog), e o ligamento metacarpal transverso profundo.

Ligamento metacarpal transverso superficial

As fibras do ligamento metacarpal transverso superficial cruzam o ápice da pele da membrana e se estendem para o dedo para se fundir com a lâmina digital lateral, assim limitando o espalhamento da pele da palma distal e a separação dos dedos adjacentes. O ligamento metacarpal transverso superficial na primeira membrana é chamado ligamento comissural distal.

Fibras transversais da aponeurose palmar

As fibras transversais da aponeurose palmar (fibras de Skoog) situam-se mais proximalmente que as fibras do ligamento metacarpal transverso superficial e representam a camada mais profunda da fáscia palmar. Elas estão situadas proximais ao sulco palmar distal em uma faixa com aproximadamente 2 cm de largura, e conectam as fibras anteriores das bainhas dos tendões umas com as outras e com as fáscias sobre os grupos de músculos tenares e hipotenares. A extensão ao primeiro raio é chamada ligamento comissural proximal.

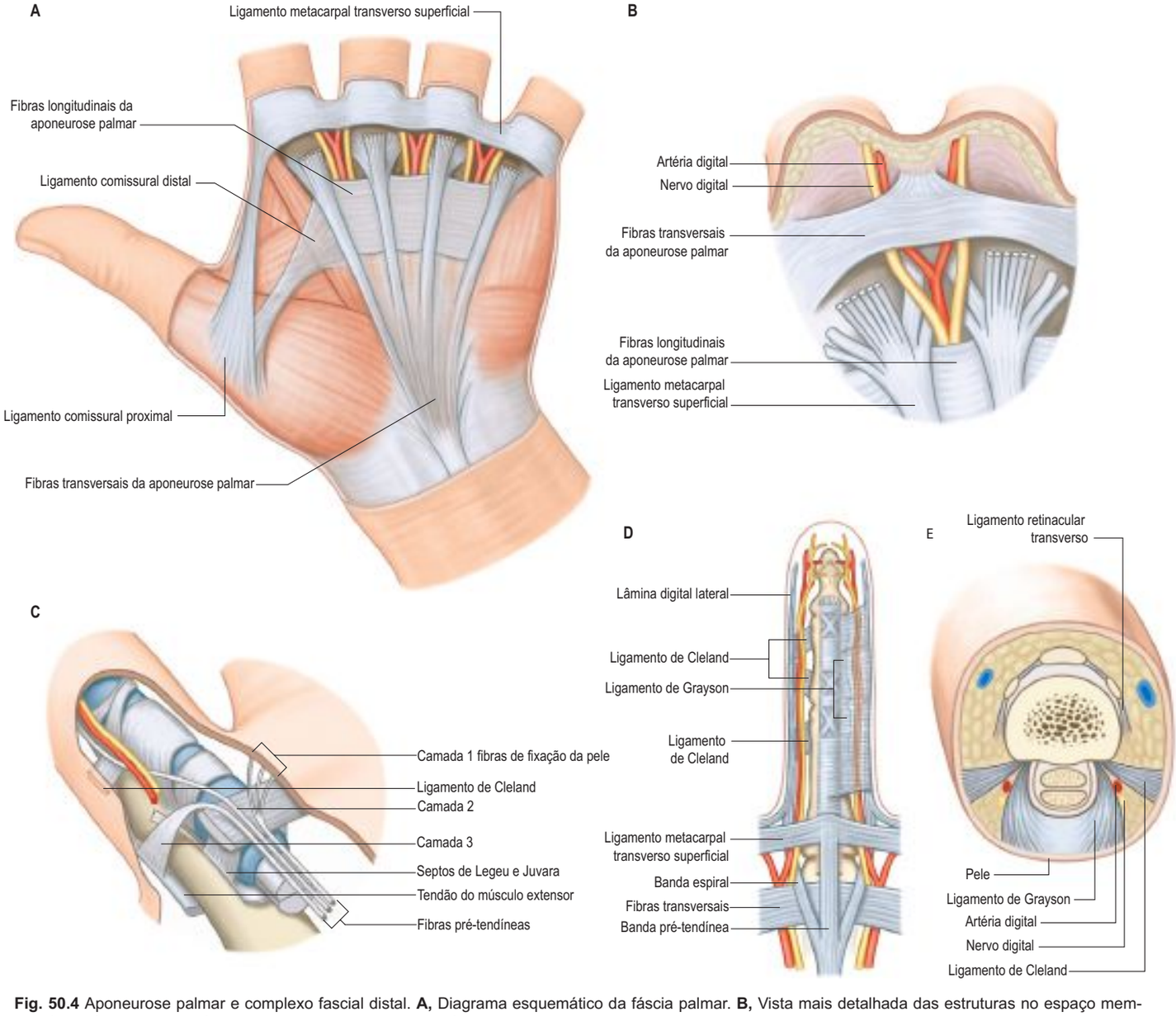


Fig. 50.4 Aponeurose palmar e complexo fascial distal. **A,** Diagrama esquemático da fáscia palmar. **B,** Vista mais detalhada das estruturas no espaço membranáceo. **C,** Destino das fibras longitudinais distais. **D, E,** Fáscia digital normal.

Ligamento metacarpal transverso profundo

As fortes fibras transversais do ligamento metacarpal transverso profundo são profundas à aponeurose palmar e bainhas flexoras. Elas conectam as cabeças dos metacarpais dos dedos indicador até o mínimo pela sua fixação com as placas volares.

Sistema de fibras verticais

As fibras verticais são mais delicadas, e passam a partir da derme, entre as fibras longitudinais e transversais, às bainhas flexoras fibrosas e aos ossos metacarpais. Elas são concentradas em cada lado dos sulcos cutâneos palmares bem como das eminências tenar e hipotenar.

Uma série de septos verticais residem profundos às fibras transversais da aponeurose palmar, e a conectam com o ligamento metacarpal transverso profundo subjacente. Eles delimitam compartimentos que contêm os tendões dos músculos flexores, os músculos lumbricais e feixes neurovasculares.

Doença de Dupuytren

Doença (contratura) de Dupuytren é uma condição progressiva de etiologia incerta que resulta da contratura fibrosa da aponeurose palmar: os dedos mínimo e anular são especialmente afetados. O espessamento longitudinal na palma produz cordões e nódulos espessados que podem progredir para deformidades em flexão das articulações metacarpofalângicas e interfalângicas proximais dos dedos afetados. A aponeurose palmar só se estende até os lados da falange média, portanto a articulação interfalângica distal incomumente é comprometida. De fato, nos casos avançados, a articulação interfalângica pode ser hiperestendida à medida em que a falange distal é empurrada para trás contra a palma.

O padrão de comprometimento fascial nesta condição pode ser complexo. Por exemplo, a posição anatômica normal dos nervos e artérias digitais pode ser distorcida porque eles muitas vezes são desviados medialmente. Como o tratamento cirúrgico envolve a excisão da área afetada da fáscia palmar, os nervos e artérias digitais podem estar em risco neste procedimento.

Uma contratura semelhante pode afetar a fáscia plantar na planta do pé.

Complexo fascial digital

A fáscia superficial dentro do dedo é fibroadiposa nos aspectos palmar e dorsal, porém mais semelhante a uma lâmina lateralmente, onde ela é chamada lâmina digital lateral. No centro do dedo a fáscia é espessada em áreas, formando a bainha flexora, ligamentos de Cleland, de Grayson e de Landsmeer (Fig. 50.4). A bainha flexora é discutida em detalhe na página 879. Os ligamentos de Cleland se estendem a partir dos lados das falanges, passam dorsais aos feixes neurovasculares e se inserem na lâmina digital lateral. Os ligamentos de Grayson são mais delicados, podem mesmo ser descontínuos e passam a partir dos lados laterais das falanges volarmente aos feixes neurovasculares para se inserir na lâmina digital lateral. Os ligamentos de Landsmeer são estruturas anatômicas inconstantes constituídas de ligamentos retinaculares transversos e oblíquos (Fig. 50.30). O ligamento retinacular transverso passa da polia A3 da bainha flexora fibrosa ao nível da articulação interfalângica proximal para a margem lateral da banda extensora lateral. O ligamento retinacular oblíquo situa-se profundo ao ligamento retinacular transverso. Ele se origina do aspecto lateral da falange proximal e bainha flexora (polia A2) e passa volarmente ao eixo de rotação da articulação interfalângica proximal em uma direção dorsal e distal para se inserir no tendão extensor terminal.

Funções da fáscia da mão

O *continuum* fascial da mão efetua diversas funções diferentes porém interrelacionadas. Ele canaliza e oferece uma face de deslizamento para estruturas em trânsito entre o antebraço e os dedos; transmite cargas; ancora a pele; protege vasos subjacentes; e provê um arcabouço para fixações musculares.

Canalização de estruturas em trânsito entre o antebraço e os dedos

Os septos verticais atuam como espaçadores entre os tendões e feixes neurovasculares dos raios digitais individuais. Onde os tendões mudam de direção em torno de uma face côncava os canais são espessados. Eles realizam um papel retinacular, formando bainhas com polias especializadas para evitar que os tendões saltem para fora do esqueleto subjacente (ver bainhas dos tendões flexores, pág. 879).

Transmissão de cargas

Em pontos onde carga compressiva é aplicada à mão, como a polpa digital e a palma, lóculos de gordura atuam como amortecedores de choques. Os lóculos são contidos dentro de limites fibrosos definidos, o que significa que a forma, mas não o volume, de cada lóculo pode mudar. A complacência ou deformabilidade dos limites determina a quantidade de absorção de choques. O "turgor" (deformabilidade) local e o volume sanguíneo são medidas desta propriedade anatômica.

A palma também contém compartimentos fibrosos muito maiores entre a pele e o esqueleto que transmitem músculos, tendões e outras estruturas. O padrão semelhante a favos destes compartimentos constitui o sistema palmar de amortecimento de choques. As partes acolchoadas moles da mão são capazes de se conformar aos contornos dos objetos que são apreendidos, e isto permite melhor interpretação da sensibilidade e melhor preensão.

A mão também tem que resistir às cargas de tração. Tendões e ligamentos são particularmente adequados a resistir a essas forças, mas muitas outras partes do *continuum* fascial, por exemplo, o sistema de ancoragem da palma, também desempenham um papel importante na resistência às forças "tracionadoras".

Ancoragem

A pele é retida por ligamentos fasciais que possibilitam à mão flexionar-se enquanto retém a pele em posição. Dobras de pele nos sulcos palmares e digitais possuem poucas fibras de ancoragem profunda. Entretanto, a pele em cada lado das linhas dos sulcos contém ligamentos profundos de ancoragem, e estes permitem à pele não ancorada entre eles preguear-se em um padrão repetitivo. Os sulcos palmares foram descritos como "articulações" da pele. As âncoras fasciais podem ser verticais (perpendiculares à palma), por exemplo, no meio da palma, onde fibras verticais dispersas seguem da derme para o fundo para a profundidade da mão; horizontais (no plano da palma); ou oblíquas à face da pele.

A inserção das fibras longitudinais (pré-tendíneas) da aponeurose palmar é um exemplo de um sistema de ancoragem horizontal bem desenvolvido. As fibras longitudinais mais superficiais se inserem na região distal da derme da palma. Este arranjo resiste à força tangencial horizontal em tarefas de agarrar, por exemplo, segurar um taco de golfe, quando evita deslizamento distal da pele ou desenluvamento da palma ao golpear a bola de golfe. As bolhas características nas palmas daqueles desacostumados a esses esportes mapeiam os locais dos pontos de ancoragem. Este sistema de ancoragem pode ser demonstrado flexionando-se a palma até que a pele da palma distal se pregueie frouxamente. Uma tentativa de puxar a pele frouxa distalmente revelará as fibras longitudinais de ancoragem da aponeurose palmar.

Âncoras oblíquas ocorrem nos dedos onde os ligamentos de Cleland prendem a pele dos segmentos proximal e médio dos dedos à região das articulações interfalângicas proximais.

Ligação

Estruturas fasciais orientadas transversalmente ajudam a manter o arco transverso da mão "ligando" as estruturas esqueléticas subjacentes ou as bainhas tendíneas.

Limitação ou fixação

Movimento articular é limitado não apenas pela ação ligamentar nas articulações, mas também em alguns casos pelo retesamento da pele. A pele das membranas interdigitais geralmente é reforçada por fibras ligamentares fasciais que seguem imediatamente embaixo da derme em uma direção que resiste ao estiramento: elas são bem desenvolvidas na membrana do polegar.

Lubrificação

Há muitos outros planos de deslizamento, por exemplo, entre o periósteo e o aparelho extensor, e entre este último e a pele, no dorso dos dedos. As bainhas dos tendões flexores possuem baixo atrito e são lubrificadas por líquido sinovial.

Proteção vascular e ação de bombeamento

Os vasos sanguíneos da palma são rodeados por um manguito de fáscia resistente ou por um coxim adiposo. Quando a mão é comprimida, como ao agarrar, estas estruturas fasciais relativamente incompressíveis funcionam como um mecanismo de bombeamento venoso para ajudar no retorno de sangue do membro. Em contraste, grandes veias de capacitância no dorso da mão residem dentro de pele deslizante, rodeadas por tecido areolar frouxo, o que permite dilatação venosa.

Arcabouço para fixações musculares

Muitos dos pequenos músculos da mão são fixados ao esqueleto fascial, pelo menos em parte, por exemplo, músculo abdutor curto do polegar, músculo palmar longo. O arcabouço pode ser visualizado como um arreio pelo qual os músculos podem atuar sobre o esqueleto subjacente, por exemplo, a articulação metacarpofalângica é movida por um anel de estruturas fasciais e ligamentares que rodeiam a articulação e ao qual os tendões são fixados.

Espaços digitais e palmares

Há muitos espaços possíveis dentro da mão, muitas vezes com margens mal definidas.

A prega ungueal é um espaço "em forma de U" constituído do eponíquio e prega ungueal lateral. Os espaços apicais na ponta do dedo são formados pelas fixações fibrosas da falange distal à extremidade da pele da polpa digital. Os espaços das polpas digitais são compartimentos confinados limitados pelos sulcos digitais que são sobrejacentes às articulações, e são fixados às polias subjacentes. As bainhas sinoviais dos tendões dos músculos flexores são descritas na página XXX. O espaço da membrana é limitado distalmente pela pele e ligamento metacarpal transverso superficial, pelo ligamento metacarpal transverso profundo posteriormente e pelas fixações profundas da fáscia palmar, junto com suas fixações laterais às bainhas tendíneas proximalmente. O espaço palmar profundo é um espaço tridimensional complexo limitado proximalmente pelo túnel do carpo. Ele está situado profundamente em relação à aponeurose palmar, entre as condensações radiais e ulnares de fibras verticais que conectam a aponeurose palmar às eminências tenar e hipotenar. Partições que passam profundamente desde as bandas longitudinais da aponeurose palmar formam oito compartimentos estreitos: quatro contêm os tendões dos músculos flexores dos dedos e quatro contêm os músculos lumbricais e os feixes neurovasculares.

Infecções da mão Os espaços da mão limitam a disseminação de infecção. Infecções no dedo podem ocorrer na prega ungueal (paroníquia), nos espaços apicais na própria ponta do dedo, nas polpas distais (um panarício) e nas bainhas flexoras. Anatomicamente, como a bainha sinovial flexora do polegar e a do mínimo são contínuas através de toda a palma, elas têm o potencial de disseminar infecção à palma e assim se comunicar com outras bainhas dentro do túnel do carpo. Pode certamente ocorrer disseminação de pus proximalmente dentro das bainhas dos tendões flexores, mas de um ponto de vista clínico esta situação é tão desastrosa nos dedos cujas bainhas não se comunicam com as bainhas do túnel do carpo (indicador, médio, anular) quanto naqueles que o fazem (polegar, dedo mínimo). É preferível, portanto, conhecer as estruturas, em vez dos espaços potenciais entre eles. As infecções profundas na palma não são em geral limitadas a qualquer espaço particular.

OSSOS

O esqueleto da mão consiste no carpo, metacarpo e falanges. Na descrição a seguir, proximal e distal são usados em lugar de superior e inferior, e palmar e dorsal em vez de anterior e posterior.

OSSOS DO CARPO

O carpo contém oito ossos: quatro em cada uma das fileiras proximal e distal (Figs. 50.5, 50.6). Em ordem de lateral a medial, o escafoide, semilunar, piramidal e pisiforme constituem a fileira proximal, e o trapézio, trapezoide, capitato e hamato constituem a fileira distal. O pisiforme articula-se com a face palmar do piramidal, e assim é separado dos outros ossos carpais, todos os quais se articulam com seus vizinhos. Os outros três ossos proximais formam um arco que é convexo proximalmente, e que se articula com o rádio e o disco articular da articulação radiulnar distal. A concavidade do arco é um recesso distal que abrange, proximalmente, os aspectos projetados do capitato e hamato. As duas fileiras de ossos carpais são assim mutua e firmemente adaptadas sem qualquer perda de movimento.

A face carpal dorsal é convexa. A face palmar forma um sulco carpal profundamente côncavo, acentuado pela projeção palmar das margens lateral e medial. A projeção medial é formada pelo pisiforme e o hâmulo, um processo palmar unciforme do hamato. O pisiforme situa-se na margem proximal da eminência hipotenar, no lado medial da palma, e é facilmente palpado na frente do piramidal. O hâmulo é côncavo em uma direção lateral, sua extremidade é palpável 2,5 cm distal ao pisiforme, em linha com a margem lateral do dedo anular. A divisão superficial do nervo ulnar pode ser rolada sobre ele. A margem lateral do sulco carpal é formada pelos tubérculos do escafoide e trapézio. O primeiro é distal na face anterior do escafoide e palpável (às vezes também visível) como um pequeno botão medial na margem proximal da eminência tenar palmar, lateral ao tendão do músculo flexor radial do carpo. O tubérculo do trapézio é uma crista arredondada verticalmente na face anterior do osso, ligeiramente oca medialmente e imediatamente distal e lateral ao tubérculo do escafoide: ele é difícil de palpar. (O escafoide e o trapézio podem ser apreendidos individualmente, e movidos passivamente, por pressão firme entre um dedo indicador e polegar em oposição aplicados à face palmar e à "tabaqueira anatômica" simultaneamente.) O sulco carpal é transformado em um túnel do carpo osteofibroso por um retináculo fibroso fixado às suas margens. O túnel transmite tendões dos músculos flexores e o nervo mediano para a mão. O retináculo reforça o carpo e aumenta a eficiência flexora. Ligamentos radiocarpais, intercarpais e carpometacarpais são fixados às faces palmar e dorsal de todos os ossos do carpo, exceto o piramidal e o pisiforme.

Ossos do carpo individuais

Escafoide

O escafoide é o maior elemento na fileira proximal do carpo (Fig. 50.7A). Ele tem um eixo longo que é distal, lateral e ligeiramente palmar em

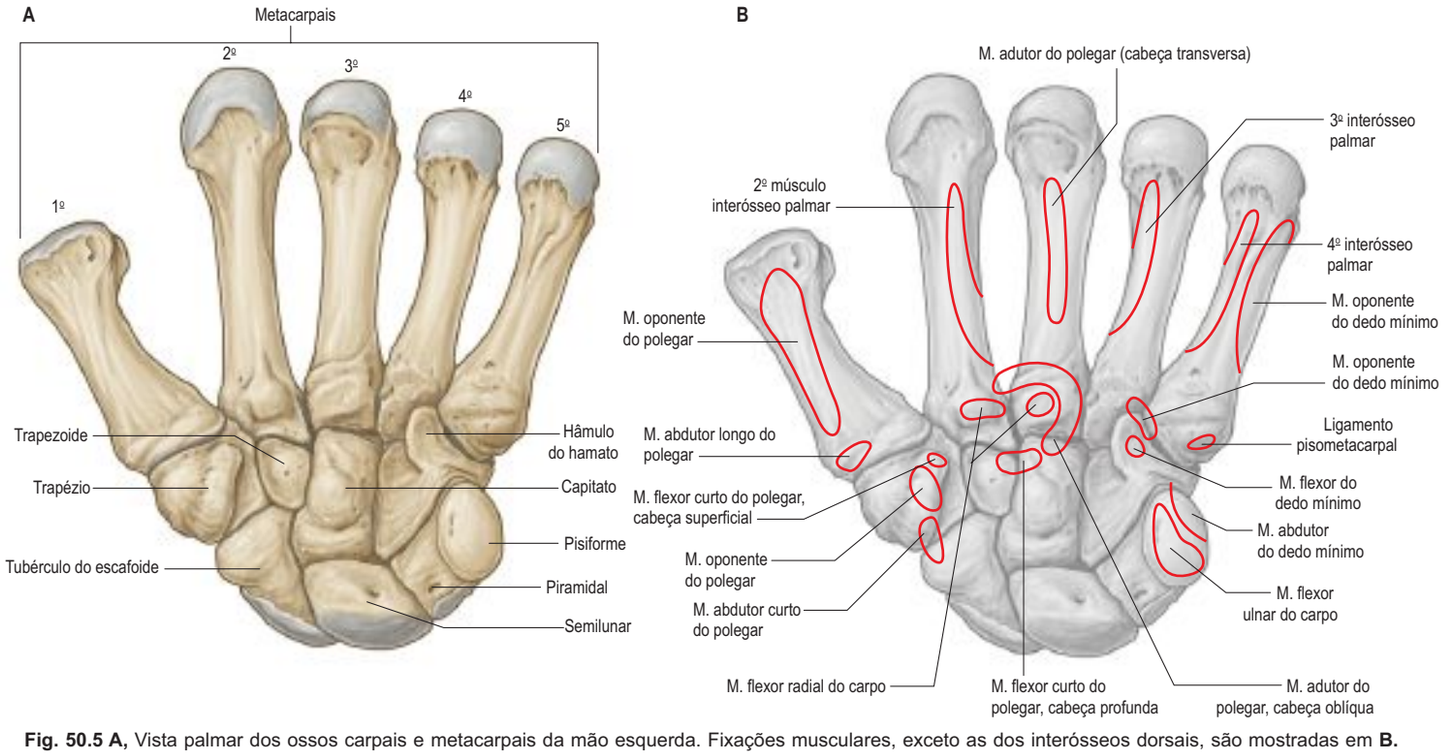


Fig. 50.5 A, Vista palmar dos ossos carpais e metacarpais da mão esquerda. Fixações musculares, exceto as dos interósseos dorsais, são mostradas em **B.**

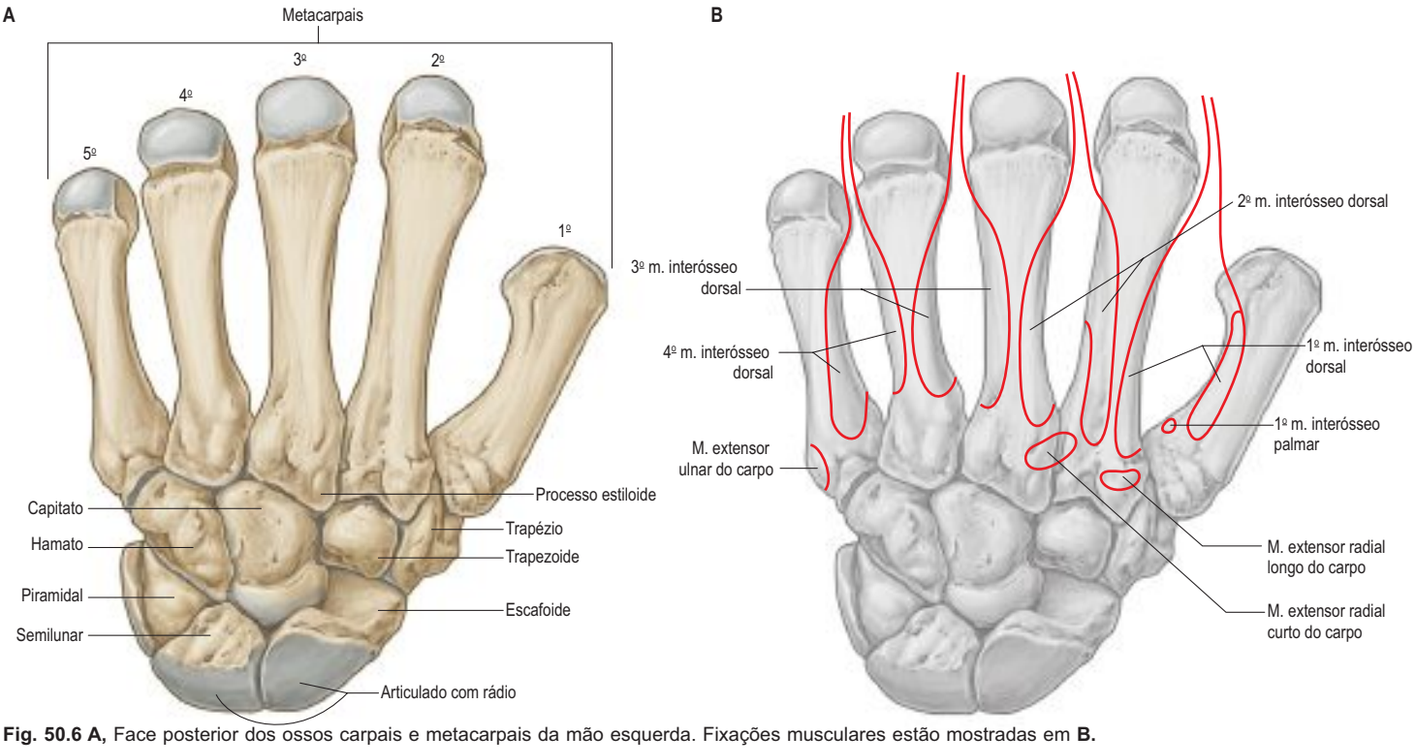


Fig. 50.6 A, Face posterior dos ossos carpais e metacarpais da mão esquerda. Fixações musculares estão mostradas em **B.**

direção. Um tubérculo redondo na parte distolateral da sua face palmar é dirigido anterolateralmente (Fig. 50.5), e provê uma fixação para o retináculo dos músculos flexores e o músculo abdutor curto do polegar: ele é cruzado pelo tendão do músculo flexor radial do carpo. A face dorsal rugosa é levemente sulcada, mais estreita que a palmar, e perfurada por pequenos forames nutrícios, os quais frequentemente são restritos à metade distal (13%). O ligamento colateral radial do carpo é fixado à face lateral, a qual também é estreita e rugosa. As faces restantes são todas articulares. A face radial (proximal) é convexa, proximal e dirigida proximolateralmente; a face semilunar é plana, semilunar e dá face medialmente; a face capitata é grande, côncava e distal, e dirigida distomedialmente. A face para o trapézio e trapezoide é contínua, convexa e distal.

Fraturas do osso escafoide O escafoide é o osso mais frequentemente fraturado do carpo, tipicamente como resultado de uma queda sobre a mão estendida à frente. A fratura geralmente cruza o eixo longo do osso. As fraturas da sua parte proximal ou sua "cintura" podem não se consolidar porque o fragmento proximal perdeu seu suprimento sanguíneo: necrose avascular do fragmento proximal é então inevitável.

Semilunar

O semilunar tem forma aproximada de meia-lua e se articula entre o escafoide e o piramidal na fileira proximal do carpo (Fig. 50.7B). Sua face palmar rugosa, quase triangular, é maior e mais larga que a face dorsal rugosa. Sua face proximal convexa lisa articula-se com o rádio e o disco articular da articulação radiulnar distal. Sua face lateral estreita apresenta uma face articular semilunar plana para o escafoide. A face medial, quase quadrada, articula-se com o piramidal e é separada da face distal por uma crista curva, usualmente um pouco côncava para articulação com a margem do hamato na adução (Fig. 50.7B, esquerda). A face distal é profundamente côncava para se adaptar à parte medial da cabeça do capitato.

Piramidal

O piramidal tem a forma aproximada de uma pirâmide e apresenta uma face articular isolada oval para articulação com o pisiforme na sua face palmar distal (Fig. 50.7C). Suas faces medial e dorsal são confluentes e marcadas distalmente pela inserção do ligamento colateral ulnar, mas lisas proximalmente para receber o disco articular da articulação radiulnar distal na adução completa. A face para o hamato, lateral e distal, é côncavo-convexa, larga proximalmente, estreita distalmente. A face semilunar, quase quadrada, é proximal e lateral.

Pisiforme

O pisiforme tem a forma de uma ervilha, com um eixo longo distolateral (Fig. 50.7D). Ele apresenta uma face articular plana dorsal para o piramidal. O tendão do músculo flexor ulnar do carpo e as continuações distais do tendão, os ligamentos pisometacarpal e piso-hamato, são todos fixados à área não articular palmar, a qual circunda e se projeta distal à faceartícular: o pisiforme, portanto, possui atributos de um osso sesamoide.

Trapézio

O trapézio tem um tubérculo e sulco na sua face palmar rugosa (Fig. 50.7E). O sulco, que é medial, contém o tendão do músculo flexor radial do carpo, e duas camadas do retináculo dos músculos flexores são fixadas às suas margens. O tubérculo é ocultado pelos músculos tenares que são fixados nele (músculo oponente do polegar, músculo flexor curto do polegar e músculo abdutor curto do polegar) (Fig. 50.5B). A face dorsal alongada, rugosa, é relacionada à artéria radial. A grande face lateral é rugosa para fixação do ligamento colateral radial do carpo e ligamento capsular da articulação carpometacarpal do polegar. Uma grande face selar dá face distolateralmente e se articula com a base do primeiro metacarpal. Mais distalmente ele se projeta entre as bases do primeiro e segundo ossos metacarpais e apresenta uma pequena face articular quadrilátera dirigida distomedialmente que se articula com a base do segundo metacarpal. A grande face medial é delicadamente côncava para articulação com o trapezoide. A face proximal é uma pequena face articular levemente côncava para articulação com o escafoide. Sua crista, ou "cimo", encaixa-se na concavidade da base do primeiro metacarpal, e se estende em uma direção palmar e lateral, em um ângulo de aproximadamente 60° com o plano do segundo e terceiro metacarpais. Abdução e adução ocorrem no plano da crista, que é mais curta do que o sulco metacarpal correspondente. Seus contornos variam reciprocamente: eles são mais curvos próximo da base do segundo metacarpal, enquanto o raio de curvatura é mais longo mais longe deste local. As duas faces não são completamente congruentes, e a área de contato máximo provavelmente se move na direção da palma na adução e dorsalmente na abdução. Enquanto o eixo de flexão/extensão passa através do trapézio, aquele de adução/abdução é na base do osso metacarpal. A flexão é acompanhada por rotação medial, e a extensão por rotação lateral (pág. 875).

Trapezoide

O trapezoide é pequeno e irregular. Ele tem uma face palmar rugosa que é mais estreita e menor que sua face dorsal rugosa: a primeira invade o aspecto lateral (Fig. 50.7F). A face distal, que se articula com a base sulcada do segundo metacarpal, é triangular, convexa transversalmente e côncava perpendicularmente a isto. A face medial se articula por uma face articular côncava com a parte distal do capitato, a face lateral se articula com o trapézio e a face proximal se articula com o escafoide.

Capitato

O capitato é o osso central e o maior do carpo. Ele se articula com a base do terceiro metacarpal pela sua face côncavo-convexa distal triangular (Fig. 50.7G). Sua margem lateral é uma tira côncava para articulação com o lado medial da base do segundo metacarpal. Seu ângulo dorsomedial

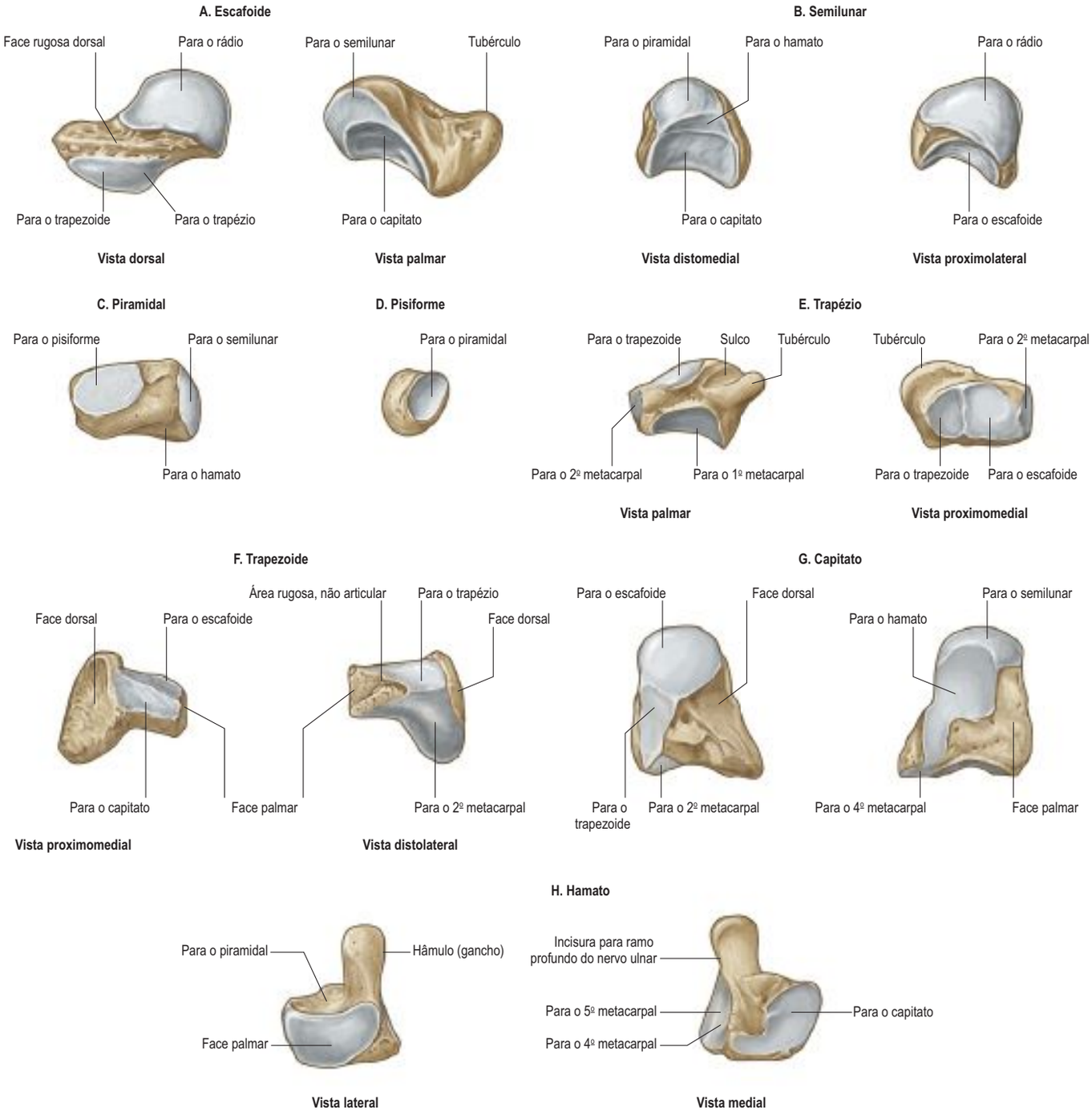


Fig. 50.7 Ossos desarticulados do carpo.

geralmente apresenta uma face articular para articulação com a base do quarto metacarpal. A cabeça se projeta para dentro da concavidade formada pelo semilunar e o escafoide: a face proximal se articula com o semilunar, e a face lateral com o escafoide. As faces articulares para o escafoide e trapezoide, embora usualmente contínuas na face distolateral, podem ser separadas por um intervalo rugoso. A face medial apresenta uma grande face articular para articulação com o hamato, que é mais profunda proximalmente onde ela é parcialmente não articular. Faces palmar e dorsal são rugosas para ligamentos carpais, a dorsal sendo a maior.

Hamato

O hamato é cuneiforme e apresenta um hâmulo (gancho) unciforme que se projeta da parte distal da sua face palmar rugosa. O hâmulo é curvo com uma concavidade lateral e sua extremidade se inclina lateralmente, contribuindo para a parede medial do túnel do carpo (Fig. 50.7H). O retináculo dos músculos flexores é fixado ao ápice do hâmulo. Distalmente, na base hamular, um leve sulco transverso pode estar em contato com o ramo profundo terminal do nervo ulnar. A face palmar restante, como a dorsal, é rugosa para fixação de ligamentos. Uma crista fraca divide a face distal em uma face articular lateral menor que se articula com a base do quarto metacarpal, e uma face articular medial para articulação com a base do quinto. A face proximal, a margem fina da cunha, geralmente apresenta uma face articular estreita que faz contato com o semilunar na adução. A face medial é uma tira larga, convexa proximalmente, côncava distalmente, que se articula com o piramidal: distalmente a uma estreita tira medial é não articular. A face lateral se articula com o capitato por uma face articular que cobre tudo menos seu ângulo palmar distal.

Ossificação

Os ossos do carpo são cartilagíneos ao nascimento, embora a ossificação possa ter começado no capitato e hamato. Cada osso carpal é ossificado a partir de um centro, o capitato primeiro e o pisiforme por último: a ordem nos outros varia (Figs. 50.8, 50.9, 50.10, 50.11, 50.12). O capitato começa a se ossificar no segundo mês, o hamato no fim do terceiro mês, o piramidal no terceiro ano, o semilunar, escafoide, trapézio e trapezoide no quarto ano em mulheres e quinto ano em homens. O pisiforme começa a se ossificar no nono ou décimo ano nas mulheres, e no décimo-

Fig. 50.8 Radiografia de uma mão aos 2½ anos (homem), projeção dorsopalmar. Observar fases iniciais de ossificação nas epífises nas extremidades proximais das falanges e primeiro metacarpal; nas extremidades distais dos metacarpais restantes e rádio; no capitato, hamato e semilunar. Tipicamente, o centro para o semilunar é precedido pelo centro para o piramidal. Comparar com **Figuras 50.9** e **50.10.**

Fig. 50.9 Radiografia de uma mão aos 6½ anos (homem), projeção dorsopalmar. Observar o estado mais avançado dos centros de ossificação que já eram visíveis na **Figura 50.8,** e o aparecimento de centros adicionais na epífise distal da ulna e no piramidal, escafoide, trapézio e trapezoide.

segundo nos homens. A ordem varia de acordo com o sexo, nutrição e, possivelmente, a raça. Ocasionalmente um *os centrale* ocorre entre os ossos escafoide, trapezoide e capitato: durante o segundo mês pré-natal ele é um nódulo cartilagíneo que usualmente se funde com o escafoide. Ocasionalmente, elementos semilunar e piramidal podem se fundir. Outras fusões e ossículos acessórios também foram descritos.

METACARPAIS

O metacarpo consiste em cinco ossos metacarpais, numerados convencionalmente em ordem radiulnar. Estes são ossos longos em miniatura, com uma cabeça distal, diáfise e base expandida. As cabeças arredondadas se articulam com as falanges proximais. Suas faces articulares são convexas, embora menos transversais, e se estendem até as faces palmares, especialmente nas suas margens. O "nós da mão" são produzidos pelas cabeças dos ossos metacarpais. As bases dos ossos metacarpais se articulam com a fileira distal do carpo e uma com outra, exceto a primeiro e segunda. As diáfises possuem faces palmares côncavas longitudinalmente, as quais formam ocos para os músculos palmares. Suas faces dorsais apresentam uma área triangular distal, que é continuada proximalmente como uma crista redonda. Estas áreas planas são palpáveis proximais aos nós da mão.

Os quatro metacarpais mediais são às vezes descritos como paralelos; estritamente falando, eles divergem um pouco, e radiam delicadamente proximodistalmente. Entretanto, o primeiro metacarpal, com relação aos outros, é mais anterior e rodado medialmente sobre o seu eixo 90°, de modo que sua face morfologicamente posterior é lateral, sua margem lateral é palmar, sua face palmar é medial e sua margem medial é dorsal. Por isso o polegar se flexiona medial e transversalmente à palma e pode ser rodado para oposição com cada dedo. A oposição depende de rotação medial e constitui o fator primordial na destreza manual: quando um objeto é apreendido, os dedos e o polegar o circundam a partir de lados opostos, aumentando grandemente a força e habilidade da preensão.

Ossos metacarpais individuais

Primeiro metacarpal

O primeiro metacarpal é curto e grosso (Fig. 50.13A). Sua face posterior (lateral) pode ser palpada dando face lateralmente; seu eixo longo diverge distolateralmente do seu vizinho. A diáfise é achatada, dorsalmente larga e transversalmente convexa. A face palmar (medial) é longitudinalmente côncava e dividida por uma crista em uma parte lateral (anterior) maior e uma parte medial (posterior) menor. O músculo oponente do polegar é fixado à margem lateral e face palmar adjacente; o primeiro músculo interósseo dorsal (cabeça do rádio) é fixado à sua margem medial e face palmar adjacente. A base é côncavo-convexa e se articula com o trapézio. O músculo abdutor longo do polegar é fixado na sua região lateral (palmar), o primeiro músculo interósseo palmar ao seu lado medial. A cabeça é menos convexa que em outros metacarpais e é larga transversalmente. Ossos sesamoides deslizam sobre eminências articulares radial e ulnar no seu aspecto palmar.

Segundo metacarpal

O segundo metacarpal possui a diáfise mais longa e a maior base (Fig. 50.13B). Esta última é sulcada em uma direção dorsopalmar para articulação com o trapezoide. Medial ao sulco uma crista profunda se articula com o capitato; lateralmente, mais perto da face dorsal da base, há uma face articular quadrilátera para articulação com o trapézio, e imediatamente dorsal a esta face articular uma impressão rugosa marca a inserção do músculo extensor radial longo do carpo. Na face palmar um pequeno tubérculo ou crista recebe o músculo flexor radial do carpo. O lado medial da base se articula com o do terceiro metacarpal por uma face articular longa, estreitada centralmente. A diáfise tem seção prismática e é longitudinalmente curva, convexa dorsalmente, côncava para a palma. Sua face dorsal é larga distalmente, mas proximalmente se estreita a uma crista que

Fig. 50.10 Radiografia da mão aos 11 anos (mulher), projeção dorsopalmar. Observar as formas em maturação de todas as ossificações vistas previamente nas **Figuras 50.8** e **50.9,** com a adição do pisiforme.

Fig. 50.11 Radiografia de mão adulta para comparação (homem de 19 anos), projeção dorsopalmar. Observar ossificação adicional nos ossos sesamoides do polegar. **1.** Cabeça da falange média do dedo médio. **2.** Diáfise da falange média do dedo médio. **3.** Base da falange média do dedo médio. **4.** Cabeça da falange proximal do dedo anular. **5.** Diáfise da falange proximal do dedo anular. **6.** Base da falange proximal do dedo anular. **7.** Cabeça do quinto metacarpal. **8.** Diáfise do quinto metacarpal. **9.** Base do quinto metacarpal. **10.** Hâmulo do hamato. **11.** Hamato. **12.** Pisiforme. **13.** Piramidal. **14.** Semilunar. **15.** Processo estiloide da ulna. **16.** Cabeça da ulna. **17.** Falange distal do dedo indicador. **18.** Falange distal do polegar. **19.** Falange proximal do polegar. **20.** Osso sesamoide. **21.** Trapezoide. **22.** Trapézio. **23.** Capitato. **24.** Escafoide. **25.** Processo estiloide do rádio. **26.** Incisura ulnar do rádio. **27.** Rádio. (Com permissão de Weir J, Abrahams PH 2003 Imaging Atlas of Human Anatomy, 3rd edn, London: Mosby, e contribuições de Anna-Maria Belli, Margaret Hourihan, Niall Moore e Philip Owen.)

é coberta pelos tendões extensores do dedo indicador. Suas margens convergentes começam nos tubérculos, um em cada lado da cabeça para fixação de ligamentos colaterais. Proximalmente a face lateral se inclina dorsalmente para a cabeça da ulna do primeiro músculo interósseo dorsal. A face medial inclina-se similarmente, e é dividida por uma crista apagada em uma tira palmar para inserção do segundo músculo interósseo palmar, e uma faixa dorsal para inserção da cabeça do rádio do segundo músculo interósseo dorsal.

Terceiro metacarpal

O terceiro metacarpal possui um processo estiloide curto, projetando-se proximalmente a partir do lado lateral da face dorsal (Fig. 50.13C). Sua base se articula com o capitato por uma face articular convexa anteriormente mas côncava dorsalmente, onde ela invade o processo estiloide no aspecto lateral da sua base. Uma face articular semelhante a uma faixa, constringida centralmente, articula-se com as bases do segundo metacarpal (lateralmente) e do quarto metacarpal (medialmente), este último por duas faces articulares ovais. A face articular palmar pode estar ausente; menos frequentemente as faces articulares são conectadas proximalmente por uma ponte estreita. A face palmar da base recebe uma faixa do tendão do músculo flexor radial do carpo; o músculo extensor radial curto do carpo é fixado à sua face dorsal, além do processo estiloide. A diáfise assemelha-se à do segundo metacarpal. A cabeça ulnar do segundo músculo interósseo dorsal é fixada à sua face lateral; a cabeça radial do terceiro músculo interósseo dorsal é fixada à sua face medial, e a cabeça transversa do músculo adutor do polegar é fixada à crista palmar interveniente nos seus dois terços distais. Sua face dorsal é coberta pelo tendão dos músculos extensores.

Quarto metacarpal

O quarto metacarpal é mais curto e mais fino que o segundo e o terceiro (Fig. 50.13D). Na sua base, ele apresenta duas faces articulares ovais laterais para articulação com a base do terceiro metacarpal; a dorsal geralmente é maior e proximalmente em contato com o capitato. Uma única face articular alongada medial é para articulação com a base do quinto metacarpal. A face proximal quadrangular articula-se com o hamato, e é convexa anteriormente, côncava dorsalmente. A diáfise é como a do segundo, mas uma crista fraca na sua face lateral separa as inserções do terceiro interósseo palmar e a cabeça da ulna do terceiro interósseo dorsal. A cabeça radial do quarto músculo interósseo dorsal é fixada na face medial.

Quinto metacarpal

O quinto metacarpal (Fig. 50.13E) difere na sua face basal medial, que é não articular e apresenta um tubérculo para o músculo extensor ulnar do carpo. A face basal lateral é uma face articular, transversalmente côncava, convexa da palma para o dorso, para articulação com o hamato. Uma faixa lateral articula-se com a base do quarto metacarpal. A diáfise apresenta uma área dorsal triangular que quase alcança a base; a face lateral inclina-se dorsalmente apenas no seu extremo proximal. O músculo oponente do dedo mínimo é fixado à face medial. A face lateral é dividida por uma crista, que, às vezes, é aguçada, em uma faixa palmar para a inserção do quarto músculo interósseo palmar e uma faixa dorsal para a parte ulnar do quarto músculo interósseo dorsal.

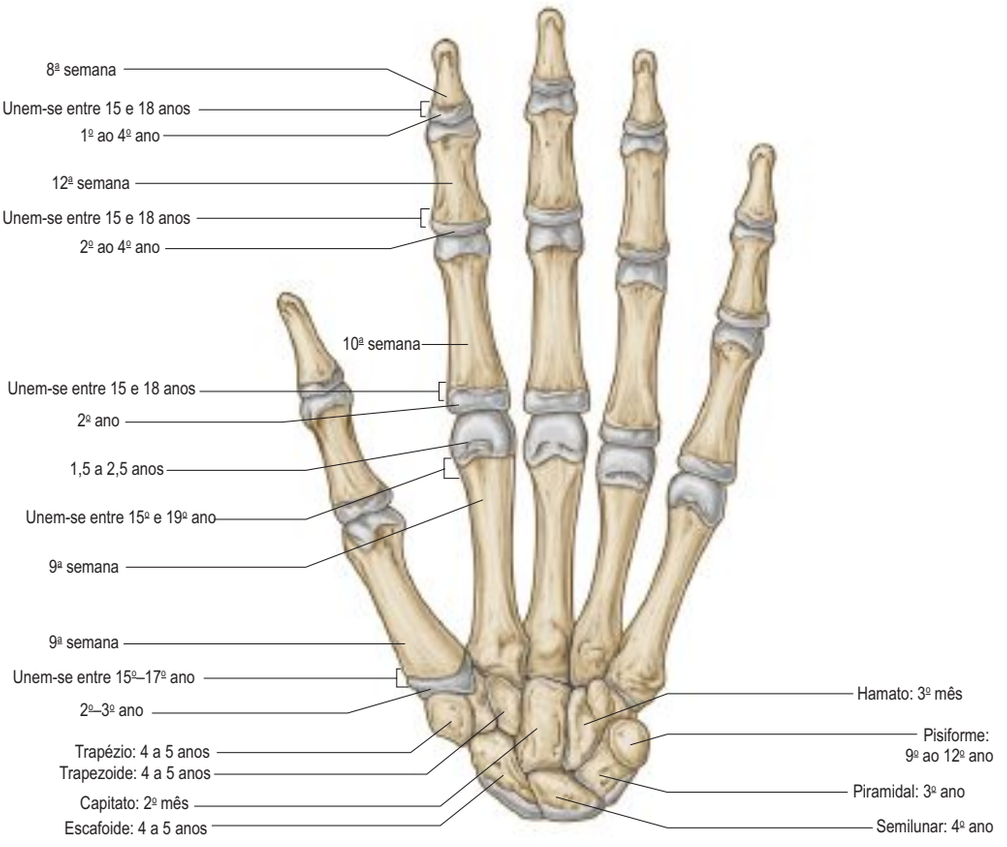


Fig. 50.12 Os ossos da mão de uma criança, indicando o plano geral de ossificação.

Ossificação

Cada metacarpal se ossifica a partir de um centro primário para a diáfise e um centro secundário que se localiza na base do primeiro metacarpal e nas cabeças dos outros quatro (Figs. 50.8-50.11). A ossificação começa no meio da diáfise por volta da nona semana. Centros para a segunda à quinta cabeças dos ossos metacarpais aparecem nessa ordem no segundo ano em mulheres, e entre 1½ e 2½ anos em homens. Eles se unem com as diáfises por volta do 15.º ou 16.º ano nas mulheres, 18.º ou 19.º nos homens. A primeira base do osso metacarpal começa a se ossificar tardiamente no segundo ano nas mulheres, cedo no terceiro ano nos homens, unindo-se antes do 15.º ano nas mulheres e 17.º nos homens. Às vezes, o processo estiloide do terceiro metacarpal é um ossículo separado. O metacarpal do polegar se ossifica como uma falange, e algumas autoridades por essa razão consideram que o esqueleto do polegar consiste em três falanges. Outros acreditam que a falange distal representa falanges média e distal fundidas, uma condição ocasionalmente observada no quinto dedo do pé. Quando o polegar tem três falanges, o metacarpal possui uma epífise distal e uma proximal. Ele ocasionalmente se bifurca distalmente. Quando o faz, o ramo medial não tem epífise distal e apresenta duas falanges, enquanto o ramo lateral mostra uma epífise distal, e três falanges. A existência de apenas uma epífise metacarpal distal pode ser associada à maior amplitude de movimento na articulação metacarpofalângica. No polegar, a articulação carpometacarpal tem a maior amplitude, e o primeiro metacarpal tem uma epífise basal. Uma epífise distal pode aparecer no primeiro e uma epífise proximal no segundo metacarpal.

FALANGES

Há 14 falanges, três em cada dedo, duas no polegar. Cada uma possui uma cabeça, corpo e base proximal. O corpo se afila distalmente, sua face dorsal transversalmente convexa. A face palmar é transversalmente plana mas delicadamente côncava anteriormente no seu eixo longo. As bases das falanges proximais apresentam faces articulares côncavas, ovais, adaptadas às cabeças dos ossos metacarpais. Suas próprias cabeças são lisamente sulcadas como polias e avançam mais sobre as faces palmares. As bases das falanges médias carregam duas faces articulares côncavas separadas por uma crista lisa, obedecendo às cabeças das falanges proximais. As bases das falanges distais são adaptadas às cabeças semelhantes a polias das falanges médias. As cabeças das falanges distais não são articulares e apresentam uma tuberosidade palmar rugosa em forma de crescente à qual são fixadas as polpas das extremidades dos dedos.

Ligamentos articulares e numerosos músculos são fixados nas falanges. Um tendão correspondente do músculo flexor profundo dos dedos e, na sua face dorsal, do músculo extensor dos dedos, são inseridos na base de cada falange distal na sua face palmar. Um tendão do flexor superficial dos dedos e sua bainha fibrosa são fixados aos lados de uma falange média, e uma parte do músculo extensor dos dedos é fixada na base dorsalmente. Uma bainha flexora fibrosa é inserida nos lados de uma falange proximal, parte do músculo interósseo dorsal correspondente é fixada na sua base lateralmente, e outro músculo interósseo dorsal é fixado medialmente.

As falanges do dedo mínimo e do polegar diferem. Os músculos abdutor e o flexor do dedo mínimo estão inseridos no lado medial da base da falange proximal do dedo mínimo. O tendão do músculo extensor curto do polegar e a cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar (dorsalmente), e as cabeças oblíqua e transversa do músculo adutor do polegar, às vezes conjugadas com o primeiro músculo interósseo palmar (medialmente), são fixados à base da falange proximal do polegar.

As margens da falange proximal do polegar não são nítidas, porque a bainha fibrosa é menos fortemente desenvolvida do que nos outros dedos.

Ossificação

As falanges são ossificadas a partir de um centro primário para a diáfise e um centro epifisial proximal (Figs. 50.8-50.12). A ossificação começa pré-natalmente nas diáfises do seguinte modo: falanges distais na oitava

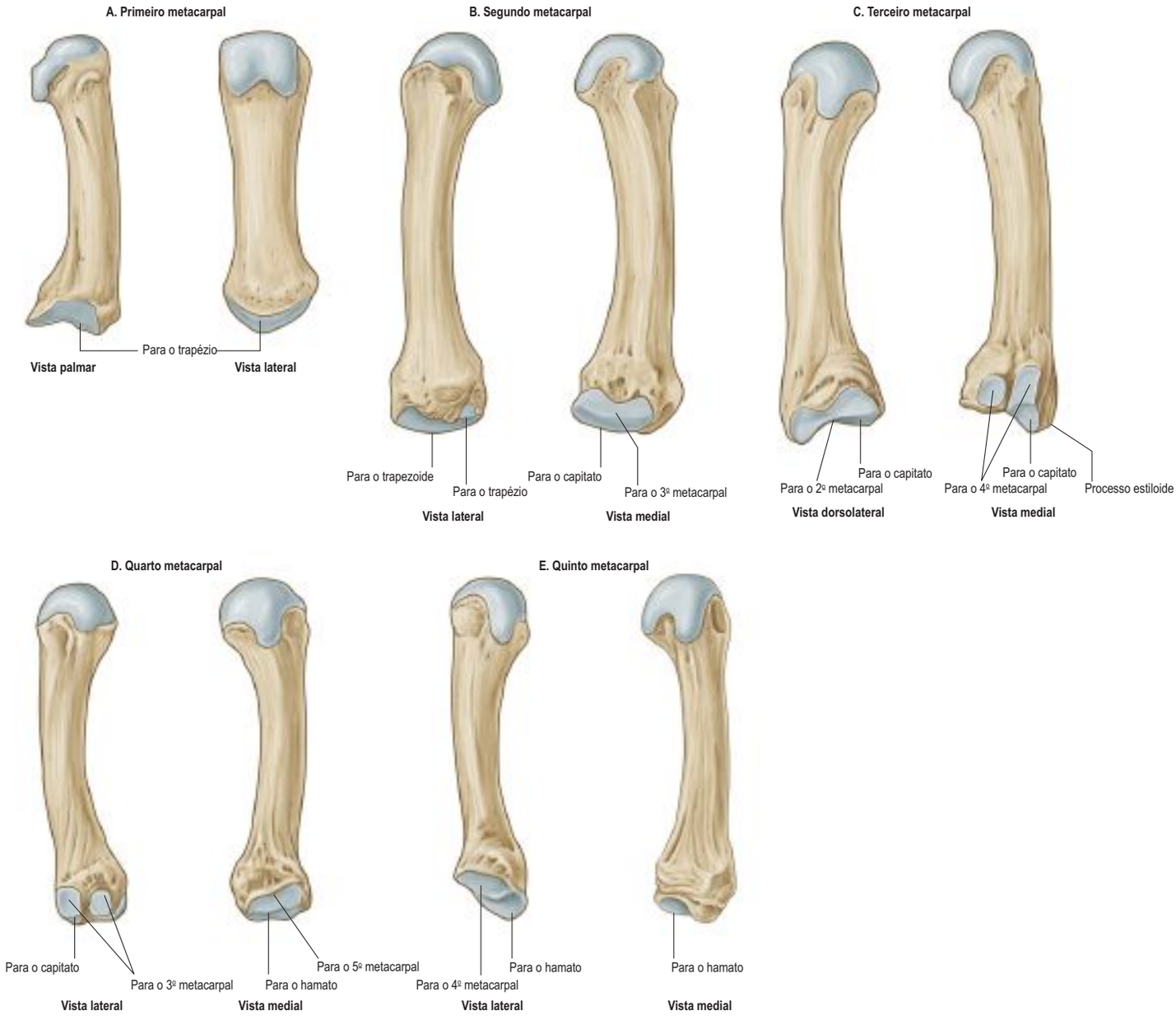


Fig. 50.13 Ossos metacarpais.

ou nona semana, falanges proximais na décima, falanges médias na 11.ª semana ou mais tarde. Centros epifisiais aparecem nas falanges proximais cedo no segundo ano (mulheres), e mais tarde no mesmo ano (homens), e nas falanges médias e distais no segundo ano (mulheres), ou terceiro ou quarto ano (homens). Todas as epífises se unem por volta do 15.º ao 16.º ano nas mulheres, e 17.º ao 18.º ano nos homens.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO RADIULNAR DISTAL

A articulação radiulnar distal é uma articulação de eixo uniaxial (Fig. 50.14).

Faces articulares As faces articulares são entre a cabeça distal convexa da ulna e a incisura ulnar côncava do rádio, e são conectadas por um disco articular.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é mais espessa anterior e posteriormente, mas a parte proximal da cápsula é frouxa.

Disco articular O disco articular é fibrocartilagíneo (colágeno com algumas poucas fibras elásticas no jovem) e é triangular, ligando as extremidades distais da ulna e rádio. Sua periferia é mais espessa, seu centro às vezes perfurado. O disco é fixado por um ápice rombo, espesso, a uma depressão entre o processo estiloide da ulna e a face articular distal, e pela sua base fina mais larga à margem proeminente entre a incisura ulnar e a face articular carpal do rádio. Suas margens são unidas aos ligamentos carpais adjacentes, suas faces são lisas e côncavas: a proximal articula-se com a cabeça da ulna, a distal faz parte da articulação radiocarpal, e se articula com o semilunar e, quando a mão é aduzida, com o piramidal. O disco mostra degeneração relacionada à idade, tornando-se mais fino e afinal perfurado em certa de metade dos sujeitos acima da idade de 60 anos.

Membrana sinovial A cápsula é revestida por membrana sinovial que se projeta proximalmente entre o rádio e a ulna sob a forma de um recesso saciforme na frente da parte distal da membrana interóssea.

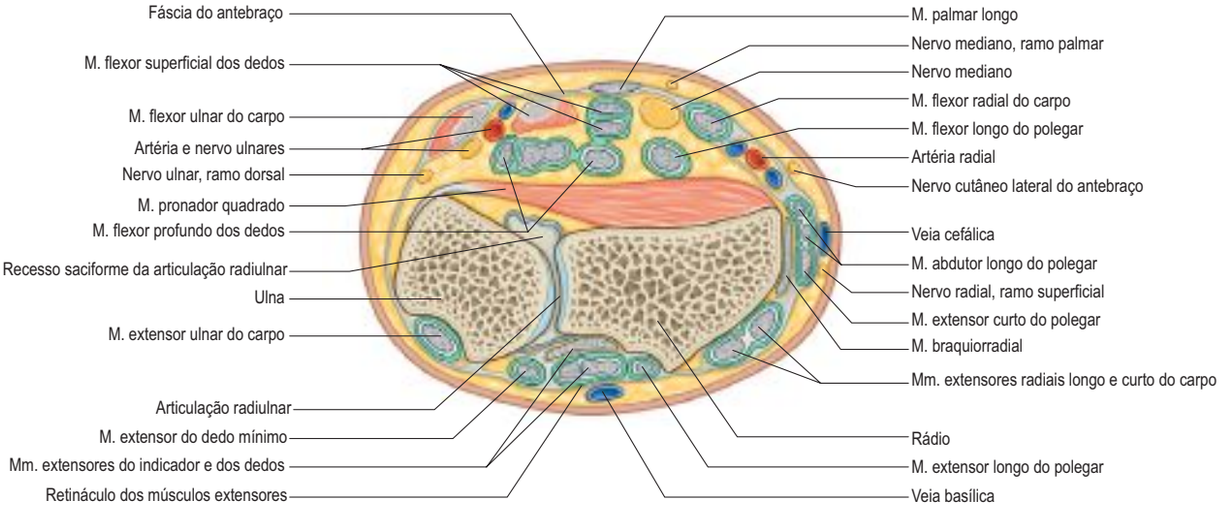


Fig. 50.14 Corte transversal através do punho esquerdo ao nível da articulação radiulnar distal, mostrando os tendões dos músculos e suas bainhas sinoviais. (De: Sobotta 2006.)

Suprimento vascular e drenagem linfática O suprimento arterial à articulação radiulnar distal e disco é principalmente derivado dos ramos palmar e dorsal da artéria interóssea anterior, reforçados pelas artérias interóssea posterior e ulnar.

Inervação A articulação radiulnar distal é inervada por ramos dos nervos interósseos anterior e posterior.

Movimentos Os movimentos no complexo da articulação radiulnar pronam e supinam a mão. Na pronação o rádio, carregando a mão, gira anteromedialmente e obliquamente cruzando a ulna, sua extremidade proximal permanece lateral, sua distal se torna medial. Durante esta ação, a membrana interóssea é espiralada. Na supinação o rádio retorna a uma posição lateral e paralela à ulna e a membrana interóssea é desespiralada. A mão pode ser girada através de 140-150°: com o cotovelo estendido, isto pode ser aumentado a aproximadamente 360° por movimentos de rotação do úmero e da escápula. A força é maior em supinação, um fato que afetou o desenho de porcas, pinos e parafusos, os quais são apertados por supinação em indivíduos destros. Além disso, a supinação é um movimento antigravitacional com o braço pendente e antebraço semiflexionado; ao pegar objetos para exame ou manipulação, a pronação é meramente uma preliminar e é ajudada pela gravidade.

A rotação do antebraço ocorre entre a articulação da cabeça da ulna e a incisura ulnar do rádio distalmente, e a cabeça do rádio e a incisura radial da ulna proximalmente. Estas articulações radiulnares distal e proximal são articulações sinoviais tipo eixo: elas atuam como um par permitindo movimento rotatório estável (pronação 61-66°, supinação 70-77°). Durante a rotação, o rádio se move em torno da cabeça da ulna. O eixo da pronação e supinação é muitas vezes representado como uma linha através do centro da cabeça do rádio (proximal) e a inserção ulnar do disco articular (distal). Mais corretamente, este é o eixo de movimento do rádio em relação à ulna, e ele não permanece estacionário. A cabeça do rádio roda no anel fibro-ósseo: seu extremo inferior distal e disco articular giram com a cabeça do rádio. Durante a rotação da cabeça do rádio sua face proximal gira sobre o capítulo do úmero. À medida que o antebraço se move de pronação completa para supinação, a ulna transloca-se medialmente 9–10 mm, de tal modo que o eixo de rotação muda mas ainda passa através da cabeça do rádio. Além disso, a incisura ulnar do rádio muda sua posição de contato com a cabeça da ulna, jazendo dorsal proximal em pronação e volar distal em supinação. A extremidade distal da ulna não fica estacionária durante estes movimentos; ela se move variavelmente ao longo de um trajeto curvo, posterolateralmente em pronação, anteromedialmente em supinação. O eixo de movimento, conforme definido acima, é portanto desviado lateralmente na pronação, medialmente na supinação. Por isso o eixo para supinação e pronação do antebraço e mão, como um todo, passa entre os ossos em ambas as articulações radiulnares proximal e distal quando o movimento ulnar é acentuado, mas através dos centros da cabeça do rádio e estiloide da ulna quando ele é mínimo. O eixo pode ser prolongado através de qualquer dedo, dependendo do desvio medial ou lateral da extremidade distal da ulna. A mão rodará ainda mais que o antebraço por causa do movimento de deslizamento–rotação que ocorre entre os ossos carpais e as bases dos metacarpais e, em um grau muito pequeno, na articulação radiocarpal.

Movimentos acessórios Movimentos acessórios incluem translação anterior e posterior da cabeça do rádio sobre a incisura radial da ulna, e da cabeça da ulna, similarmente, sobre a incisura ulnar do rádio.

Músculos que produzem movimento Os músculos que produzem movimento na articulação radiulnar distal são os seguintes.

Pronação Músculo pronador quadrado, ajudado no movimento rápido e contra resistência pelo músculo pronador redondo. Gravidade também ajuda.

Supinação Músculo supinador, no movimento lento sem resistência e em extensão, ajudado pelo músculo bíceps braquial em movimentos rápidos em flexão, especialmente quando encontra resistência.

Estudos eletromiográficos não confirmaram atividade no músculo braquiorradial durante pronação e supinação.

ARTICULAÇÃO RADIOCARPAL (PUNHO)

Faces articulares A articulação radiocarpal é uma articulação sinovial biaxial e elipsóidea formada pela articulação da extremidade distal do rádio e a fibrocartilagem triangular com o escafoide, semilunar e piramidal (Figs. 50.15, 50.16). Na posição neutra do punho, só o escafoide e o semilunar estão em contato com o rádio e o disco articular: o piramidal entra em aposição com o disco somente em adução completa da articulação do punho. A face articular radial e a face discal distal formam uma face côncava quase elíptica com eixo longo transversal. A face radial é bissecionada por uma crista baixa em duas concavidades. Uma crista semelhante aparece entre a concavidade radial medial e a face discal distal côncava. As faces articulares proximais do escafoide, semilunar e piramidal, e seus ligamentos interósseos, formam uma face convexa lisa que é recebida dentro da concavidade proximal.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é revestida por membrana sinovial que usualmente é separada daquela das articulações radiulnar distal e intercarpais. Um recesso pré-estilóideo protruso (recesso saciforme), anterior ao disco articular, está presente e ascende junto do processo estiloide. O recesso é limitado distalmente por um menisco fibrocartilagíneo, que se projeta a partir do ligamento colateral ulnar entre a extremidade do

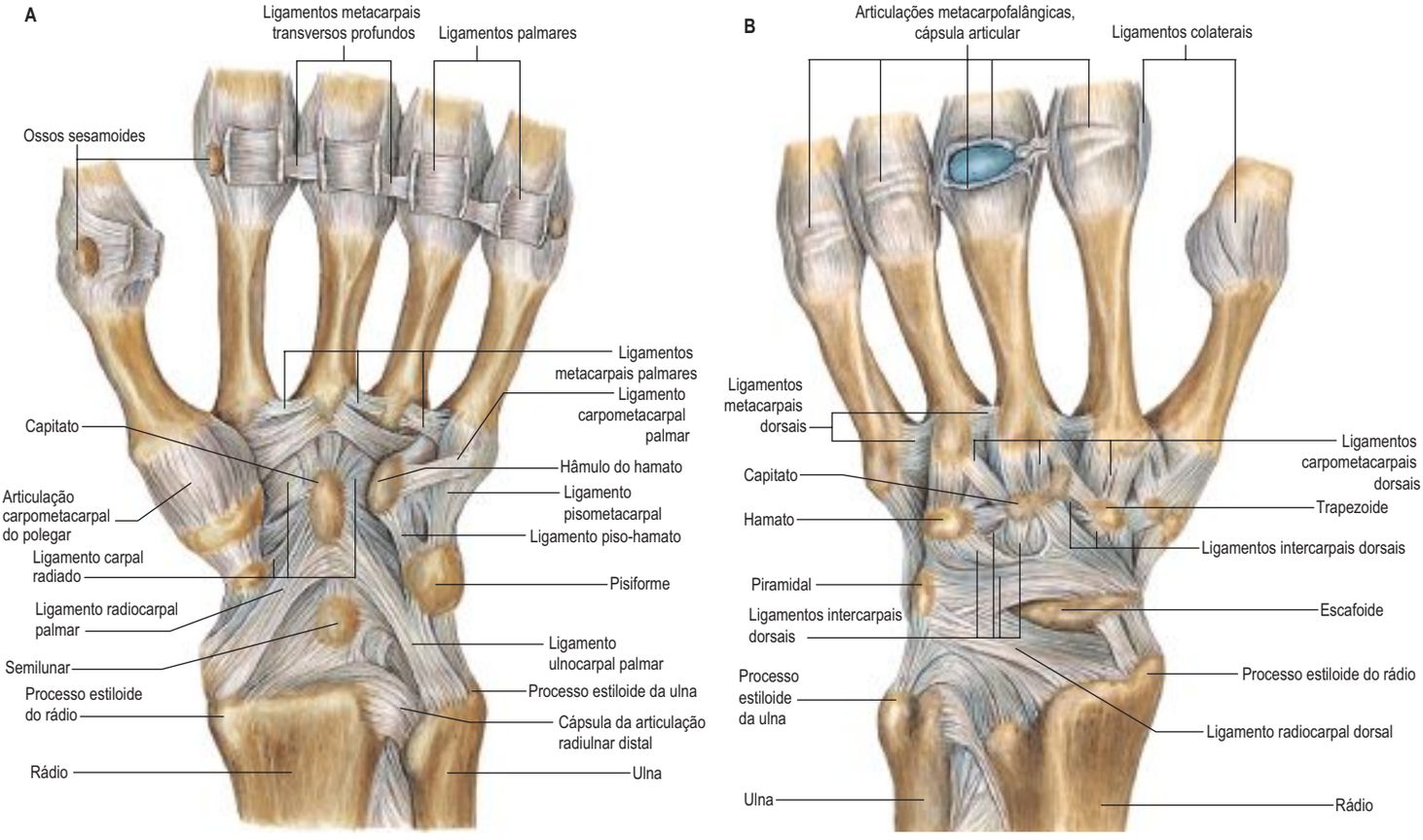


Fig. 50.15 Articulações e ligamentos da mão esquerda. **A,** Vista palmar. **B,** Vista dorsal.

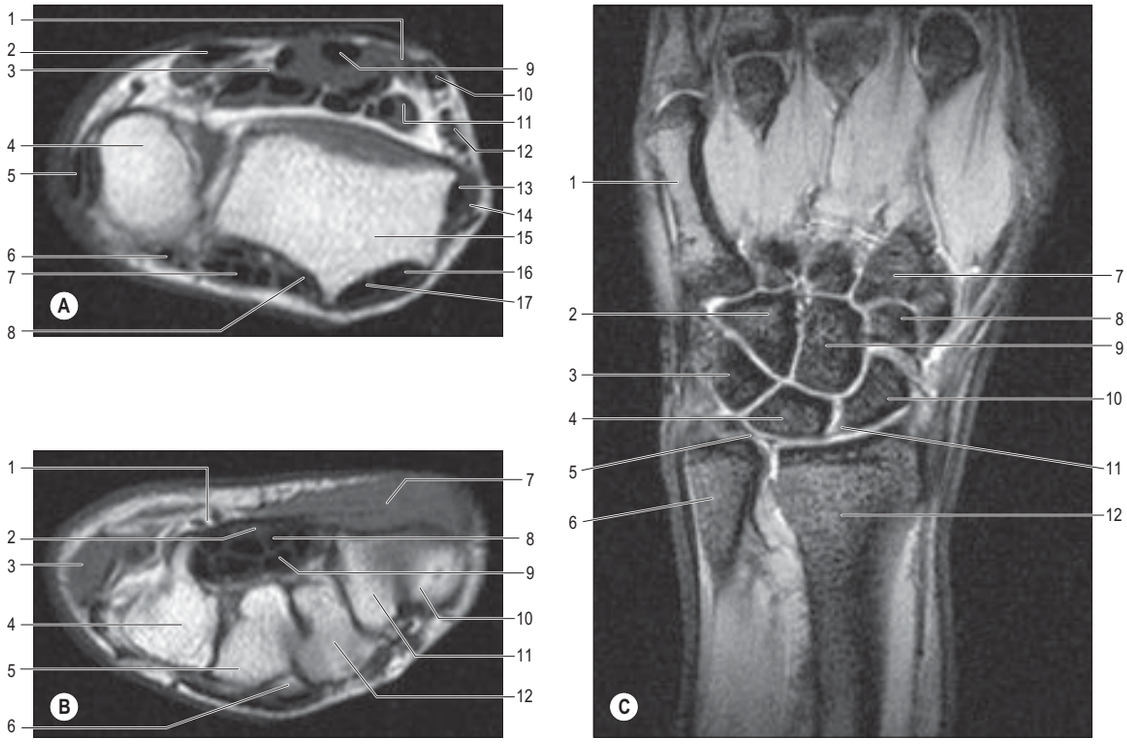


Fig. 50.16 RM do punho esquerdo. **A,** Vista axial no nível da articulação radiulnar distal. **B,** Vista axial no nível do túnel do carpo. **C,** RM coronal através do punho demonstrando a anatomia óssea normal e a fibrocartilagem triangular.
Parte A: 1. Nervo mediano. **2.** Músculo flexor ulnar do carpo. **3.** Músculo flexor profundo dos dedos. **4.** Ulna. **5.** Músculo extensor ulnar do carpo. **6.** Músculo extensor do dedo mínimo. **7.** Músculos extensor dos dedos e extensor do indicador. **8.** Músculo extensor longo do polegar. **9.** Músculo flexor superficial dos dedos. **10.** Músculo flexor radial do carpo. **11.** Músculo flexor longo do polegar. **12.** Artéria radial. **13.** Músculo abdutor longo do polegar. **14.** Músculo extensor curto do polegar. **15.** Rádio. **16.** Músculo extensor radial longo do carpo. **17.** Músculo extensor radial curto do carpo.
Parte B: 1. Artéria e nervo ulnares. **2.** Nervo mediano. **3.** Músculos hipotenares. **4.** Hamato. **5.** Capitato. **6.** Base do 3º metacarpal. **7.** Músculos tenares. **8.** Músculo flexor superficial dos dedos. **9.** Músculo flexor profundo dos dedos. **10.** Base do 1º metacarpal. **11.** Trapézio. **12.** Trapezoide.
Parte C: 1. 5º metacarpal. **2.** Hamato. **3.** Piramidal. **4.** Semilunar. **5.** Fibrocartilagem triangular. **6.** Ulna distal. **7.** Base do 2º metacarpal. **8.** Trapezoide. **9.** Capitato. **10.** Escafoide. **11.** Ligamento escafossemilunar. **12.** Rádio distal.

processo estiloide da ulna e o piramidal; ambos são vestidos com cartilagem articular hialina. O menisco pode se ossificar. A cápsula é reforçada por ligamentos radiocarpal e ulnocarpal palmares, radiocarpal dorsal e colaterais radial e ulnar do carpo.

Membrana sinovial A membrana sinovial reveste a cápsula fibrosa.

Suprimento vascular A articulação radiocarpal é suprida por ramos da artéria interóssea anterior, ramos carpais anteriores e posteriores das artérias radial e ulnar, artérias metacarpais palmares e dorsais e ramos recorrentes do arco palmar profundo.

Inervação A articulação radiocarpal é inervada pelos nervos interósseos anterior e posterior com contribuições dos nervos mediano, ulnar e radial.

Músculos que produzem movimento Os movimentos acompanham aqueles das articulações intercarpais e mediocarpal e são descritos na página 871.

ARTICULAÇÕES CARPAIS

As articulações intercarpais interconectam os ossos carpais. Elas podem ser sumariadas como as articulações entre as fileiras proximal e distal de ossos carpais, e a articulação mediocarpal, uma articulação complexa entre as fileiras.

Os ossos carpais são conectados por uma extensa gama de ligamentos, nem todos os quais são especificamente denominados. O retináculo dos músculos flexores é um ligamento intercarpal acessório. As faces articulares são selares, elipsóideas ou esferóideas.

Articulações da fileira carpal proximal

As articulações da fileira carpal proximal são entre o escafoide, semilunar e piramidal. Além disso, o pisiforme se articula com a face palmar do piramidal em uma pequena articulação sinovial pisopiramidal, oval, quase plana

Uma cápsula fina rodeia a articulação. A cavidade sinovial usualmente é separada, mas pode se comunicar com a da articulação radiocarpal.

Articulações da fileira carpal distal

As articulações da fileira carpal distal são entre o trapézio, trapezoide, capitato e hamato. Virtualmente não há movimento nestas articulações.

Articulação mediocarpal

A articulação mediocarpal, entre o escafoide, semilunar e piramidal (proximalmente) e trapézio, trapezoide, capitato e hamato (distalmente) é uma articulação composta que pode ser dividida descritivamente em partes medial e lateral. N a maior parte do compartimento medial a convexidade formada pela cabeça do capitato e hamato articula-se com uma concavidade recíproca formada pelo escafoide, semilunar e grande parte do piramidal. Entretanto, mais medialmente as curvaturas são invertidas, formando uma articulação selar composta. No compartimento lateral o trapézio e trapezoide se articulam com o escafoide, formando uma segunda articulação composta, muitas vezes dita plana, mas que também é selar.

Membrana sinovial carpal A membrana sinovial carpal é extremamente extensa, e reveste uma cavidade articular irregular. Sua parte proximal está entre as faces distais do escafoide, semilunar e piramidal e as faces proximais da segunda fieira carpal. Ela tem prolongamentos proximais entre o escafoide e o semilunar, e o semilunar e o piramidal, e três prolongamentos distais entre os quatro ossos da segunda fileira. A ausência de um ligamento interósseo significa que o prolongamento entre o trapézio e o trapezoide e/ou entre o trapezoide e o capitato frequentemente é contínuo com as articulações carpometacarpais correspondentes, variavelmente da segunda à quinta, ou muitas vezes a segunda e terceira somente. Neste último caso, a articulação entre o hamato e o quarto e quinto ossos metacarpais possui uma membrana sinovial separada e o ligamento interósseo carpometacarpal é interposto. As cavidades sinoviais das articulações carpometacarpais são prolongadas ligeiramente entre as bases dos ossos metacarpais. A articulação sinovial entre o pisiforme e o piramidal usualmente é isolada.

Suprimento vascular As articulações carpais são supridas pelos ramos carpais posteriores das artérias radial e ulnar e pela artéria interóssea anterior.

Inervação Faltam detalhes precisos sobre a inervação das articulações carpais. Elas parecem ser inervadas por pequenos ramos a partir do ramo terminal profundo do nervo ulnar, o nervo mediano e seu ramo interósseo anterior, o nervo radial superficial e o nervo interósseo posterior do antebraço ramo do nervo radial.

Ligamentos do punho

Os ligamentos do punho situados entre as camadas fibrosa e sinovial da articulação do punho são chamados intracapsulares, enquanto aqueles situados superficiais à camada fibrosa são extracapsulares. Quase todos os ligamentos do punho na realidade são situados dentro da cápsula articular, e as únicas exceções são os retináculos dos músculos flexores e extensores e o ligamento pisopiramidal. Os ligamentos intracapsulares parecem se fundir um com o outro e as margens dos ligamentos podem não ser distintas ou individualizadas.

Os ligamentos são adicionalmente classificados em ligamentos extrínsecos e intrínsecos que têm nome. Além disso, há partes superficiais e profundas de alguns dos ligamentos extrínsecos; as últimas são identificáveis em artroscopia do punho, as primeiras não.

É importante apreciar que os ligamentos do punho são denominados a partir de proximal para distal e de lateral para medial. Assim um ligamento que passa entre o capitato, escafoide e rádio é chamado ligamento radioescafocapitato.

Ligamentos extrínsecos

Os ligamentos extrínsecos conectam o carpo com os ossos do antebraço. Os ligamentos extrínsecos como um grupo tendem a ser mais longos que os ligamentos intrínsecos. Eles têm aproximadamente um terço da resistência, mas são mais fáceis de reparar após ruptura.

Ligamentos carpais palmares extrínsecos

Quando o revestimento sinovial do túnel carpal é dissecado e tirado, duas bandas ligamentares em forma de V são visíveis com seus ápices situados distalmente (Fig. 50.15A). Os ramos do "V" têm origem no rádio e ulna respectivamente: o ápice de um "V" se fixa na fileira distal e o do segundo "V" na fileira proximal.

Ligamento radioescafocapitato O ligamento radioescafocapitato origina-se do processo estiloide do rádio e da margem palmar do rádio. Ele segue distalmente e então é descrito por alguns autores como tendo três partes. A primeira é a mais radial e se insere no aspecto lateral da cintura do escafoide (ligamento colateral radial do carpo). A segunda continua como parte do "V" distal e se insere no polo distal do escafoide. A terceira passa sobre o polo proximal do escafoide na direção da região média do carpo e se funde com as fibras originadas do lado medial – parte do complexo da fibrocartilagem triangular – para formar o ligamento arqueado sobre o aspecto palmar do capitato. Algumas das fibras do ligamento radioescafocapitato se fixam ao corpo do capitato. Há um intervalo individualizado entre a margem inferior deste ligamento e o corno palmar do semilunar que é conhecido como espaço de Poirier.

Ligamento radiossemilunar longo O ligamento radiossemilunar longo tem origem adjacente ao ligamento radioescafocapitato na borda palmar do rádio. Ele passa sobre e suporta o polo proximal do escafoide antes de se inserir no corno palmar do semilunar. Este ligamento é distinto do ligamento radioescafocapitato e a separação visível é conhecida como sulco interligamentar (contínuo com o espaço de Poirier).

Ligamento radioescafossemilunar (ligamento de Testut) Estudos histológicos mostraram que o ligamento radioescafossemilunar não é um ligamento verdadeiro porque contém estruturas neurovasculares que suprem a membrana interóssea escafossemilunar e é coberto por um revestimento sinovial espesso. Entretanto ele é um marco visível dentro da articulação do punho quando se realiza artroscopia do punho.

Ligamento radiossemilunar curto O ligamento radiossemilunar curto faz parte do "V". Ele se origina da borda palmar da fossa semilunar do rádio e passa diretamente ao corno palmar do semilunar. Para o lado medial suas fibras se fundem com as do complexo da fibrocartilagem triangular palmar quando estas também passam para sua inserção no semilunar. Este ligamento contribui para a estabilidade do semilunar.

Ligamento ulnossemilunar O ligamento ulnossemilunar se origina do aspecto palmar da ulna adjacente ao ligamento radiossemilunar curto e se insere no corpo palmar do semilunar. Parte deste complexo de fibras se arqueia radialmente e se funde com parte do complexo radioescafocapitato, formando o ligamento arqueado.

Ligamento ulnopiramidal (colateral ulnar do carpo) O ligamento ulnopiramidal origina-se do aspecto palmar da ulna e se insere

no aspecto medial do piramidal. Ele continua distalmente para uma inserção adicional no aspecto medial do hamato. Considera-se geralmente que os ligamentos ulnossemilunar e ulnopiramidal também obtêm alguma origem do ligamento marginal do complexo da fibrocartilagem triangular.

Ligamentos carpais dorsais extrínsecos

Os ligamentos dorsais do punho são comparativamente delgados. Eles são reforçados pelo soalho e septos dos túneis fibrosos dos seis compartimentos dorsais. Os ligamentos carpais dorsais extrínsecos e os ligamentos intercarpais dorsais intrínsecos têm uma configuração "em forma de Z" (Fig. 50.15B). O padrão e forma destes ligamentos são utilizados em uma via de acesso cirúrgica ao dorso da articulação do punho na qual as incisões são orientadas paralelamente aos ligamentos: isto reduz a formação de cicatriz e a restrição de movimento subsequente causadas pela artrotomia.

Ligamento radiossemilunopiramidal dorsal O ligamento radiossemilunopiramidal dorsal é um ligamento intracapsular verdadeiro. Ele é o único ligamento extrínseco no dorso do carpo e tem componentes superficial e profundo. A parte superficial conecta o rádio e o piramidal, e a parte profunda conecta o rádio, o semilunar e o piramidal. Os dois componentes são inseparáveis. O componente superficial largo origina-se da margem dorsal do rádio distal e segue medialmente para se inserir na margem dorsal do piramidal. O componente profundo obtém uma origem mais estreita do aspecto medial do rádio dorsal distal e passa em uma direção medial para se fixar em parte da articulação semilunopiramidal e no ligamento semilunopiramidal intrínseco.

Ligamentos intrínsecos

Os ligamentos intrínsecos do punho são fixados nos ossos do carpo. Eles são mais fortes e mais curtos que os ligamentos extrínsecos e são conectados com os complexos ligamentares extrínsecos por fibras interdigitadas. Ruptura de um ou mais ligamentos intrínsecos frequentemente leva à instabilidade clínica do carpo. Os ligamentos intrínsecos são subdivididos em ligamentos que conectam os ossos carpais das fileiras proximal e distal respectivamente e ligamentos que conectam as fileiras cruzando sobre a articulação mediocarpal.

Ligamentos interósseos da fileira proximal Os ligamentos escafossemilunar e semilunopiramidal são estruturas clínica e biomecanicamente importantes. No plano sagital eles têm uma configuração aproximadamente em forma de ferradura com componentes palmar, mediocarpal e dorsal. O ligamento escafossemilunar contém fibras transversas curtas conectando o aspecto dorsal dos ossos respectivos e fibras orientadas mais obliquamente conectando o aspecto palmar. O significado funcional deste arranjo é que o componente dorsal mais apertado do ligamento atua como uma dobradiça facilitando flexão e extensão do escafoide: estes movimentos são importantes para a mecânica carpal. O ligamento continua na sua seção mediocarpal como uma membrana interóssea. O ligamento semilunopiramidal tem componentes semelhantes dorsal, interósseo mediocarpal e palmar, mas as fibras dos componentes dorsal e palmar são orientadas similarmente, em vez de diferencialmente, o que impede o mesmo padrão de movimento preferencial que ocorre entre o semilunar e o escafoide. As membranas interósseas dos ligamentos escafossemilunar e semilunopiramidal separam os espaços articulares mediocarpal do radiocarpal. Corante injetado em um destes espaços que vaze para o outro denota uma laceração de um destes ligamentos.

Ligamentos interósseos da fileira distal Os ligamentos interósseos da fileira distal são ligamentos poderosos entre o capitato, hamato, trapézio e trapezoide, com uma importante função estabilizadora para a fileira carpal distal. Eles possuem componentes superficial e profundo, e diferentemente dos ligamentos da fileira proximal, raramente são rompidos.

Ligamentos mediocarpais palmares Anterolateralmente situa-se o ligamento em forma de leque escafocapitatotrapezoide palmar que se origina do tubérculo do escafoide e é considerado um estabilizador importante do escafoide. Este ligamento pode ser subdividido em duas partes conhecidas como ligamento escafotrapeziotrapezoideo (que tem as fixações que o seu nome indica) e um componente mais medial conhecido como ligamento escafocapitato. Os ligamentos piramidohamatal e piramidocapitato jazem para o lado medial do carpo.

Ligamentos mediocarpais dorsais O ligamento intercarpal dorsal ajuda na estabilização da fileira carpal proximal. Ele se origina do trapezoide e polo distal do escafoide, e passa cruzando o corno dorsal do semilunar para ser fixado no piramidal. O ligamento forma o assoalho do quarto e quinto compartimentos extensores. No lado radial, situa-se o ligamento escafotrapeziotrapezóideo lateral que atua como um estabilizador do escafoide e trapézio.

Complexo da fibrocartilagem triangular (CFCT) e ligamentos radiulnares distais

O complexo da fibrocartilagem triangular (CFCT) é uma estrutura ligamentar e cartilagínea que suspende a região distal do rádio e a região medial do carpo da região distal da ulna. O CFCT estabiliza as articulações ulnocarpal e radiulnar, transmite e distribui carga do carpo à ulna, e facilita movimentos complexos no punho (Fig. 50.17). Por definição, ele é constituído pelo disco cartilagíneo, o homólogo de menisco (um remanescente embriológico do punho "ulnar" que apenas ocasionalmente está presente), ligamentos radiulnares distais volar e dorsal, ligamento colateral ulnar, soalho da sub-bainha do músculo extensor ulnar do carpo, ligamentos ulnossemilunar e ulnopiramidal. A fibrocartilagem triangular (FCT) propriamente dita é um corpo bicôncavo composto de fibrocartilagem condroide. Ele se estende transversalmente à cúpula da cabeça da ulna e varia entre 2 e 5 mm de espessura.

Pelo seu aspecto distal, a FCT se assemelha a uma rede de dormir suportando a região medial do carpo com o disco propriamente dito como a base da rede. Pelo lado proximal, o CFCT aparece na forma de um leque estendendo-se desde a fóvea da ulna ao longo de cada lado da incisura ulnar do rádio. Esta estrutura em forma de leque é dividida em porções dorsal, central e palmar onde a porção central é a fibrocartilagem triangular e as margens periféricas são colágeno lamelar grosso, estruturalmente adaptado para carga de tração e conhecido como os ligamentos radiulnares distais (palmar e dorsal). Em concordância com outros ligamentos extrínsecos da articulação do punho propriamente dita, considera-se haver componentes superficial e profundo dos ligamentos radiulnares distais que atuam como um conjugado funcional estabilizando a rotação da cabeça da ulna na incisura ulnar do rádio. A estabilidade da articulação radiulnar distal durante rotação do antebraço é conferida pelo complexo CFCT, ligamentos radiulnares distais dorsal e volar, membrana interóssea e sub-bainha do tendão do músculo extensor ulnar do carpo (soalho do sexto compartimento dorsal).

MOVIMENTOS COORDENADOS E SUPORTE DE CARGA NA ARTICULAÇÃO DO PUNHO

Movimentos do punho

Os movimentos nas articulações radiocarpal e intercarpais são considerados juntos, uma vez que eles tanto são envolvidos em todos os movimentos quanto são atuados pelos mesmos músculos. Os movimentos ativos são flexão (85°), extensão (85°), adução (45°), abdução (15°) e circundução (todos os movimentos são aproximados).

A amplitude de flexão é maior na articulação radiocarpal, enquanto em extensão há mais movimento na articulação mediocarpal (Fig. 50.18). Por isso as faces proximais estendem-se posteriormente sobre os ossos semilunar e escafoide. Estes movimentos são limitados principalmente por músculos antagonistas, e por essa razão a amplitude de flexão é perceptivelmente diminuída quando os dedos estão flexionados, devido à tensão aumentada nos extensores. Só quando as articulações são forçadas aos limites de flexão ou extensão é que os ligamentos dorsais ou palmares são completamente esticados (porém, ver abaixo).

A adução da mão é consideravelmente maior que a abdução, talvez devido à posição mais proximal do processo estiloide da ulna. A maior parte da adução ocorre na articulação radiocarpal. O semilunar articula-se com ambos o rádio e o disco articular quando a mão está na posição intermediária, mas em adução ele se articula somente com o rádio, e o piramidal agora entra em contato com o disco articular (Fig. 50.19A). Grande parte da face articular proximal do escafoide se torna subcapsular embaixo do ligamento colateral radial do carpo e forma uma proeminência lisa, convexa, palpável no soalho da "tabaqueira anatômica".

A abdução a partir da posição neutra ocorre na articulação mediocarpal, a fileira carpal proximal não se movendo. Radiografias de mãos abduzidas mostram que o capitato roda em torno de um eixo anteroposterior de tal modo que sua cabeça passa medialmente e o hamato obedece a isto: a distância entre o semilunar e o ápice do hamato é aumentada (Fig. 50.19B). O escafoide roda em torno de um eixo transversal, e a sua face articular se move para longe da cápsula para se articular unicamente com o rádio. Os movimentos são limitados pelos músculos antagonistas e, nos extremos, pelos ligamentos colaterais do carpo.

A circundução da mão não é rotatória, mas envolve flexão, adução, extensão e abdução sucessivas ou vice-versa.

Músculos que produzem os movimentos

Flexão Músculos flexores radial e ulnar do carpo e músculo palmar longo, assistido pelos músculos flexores superficial e profundo dos dedos e músculo flexor longo do polegar.

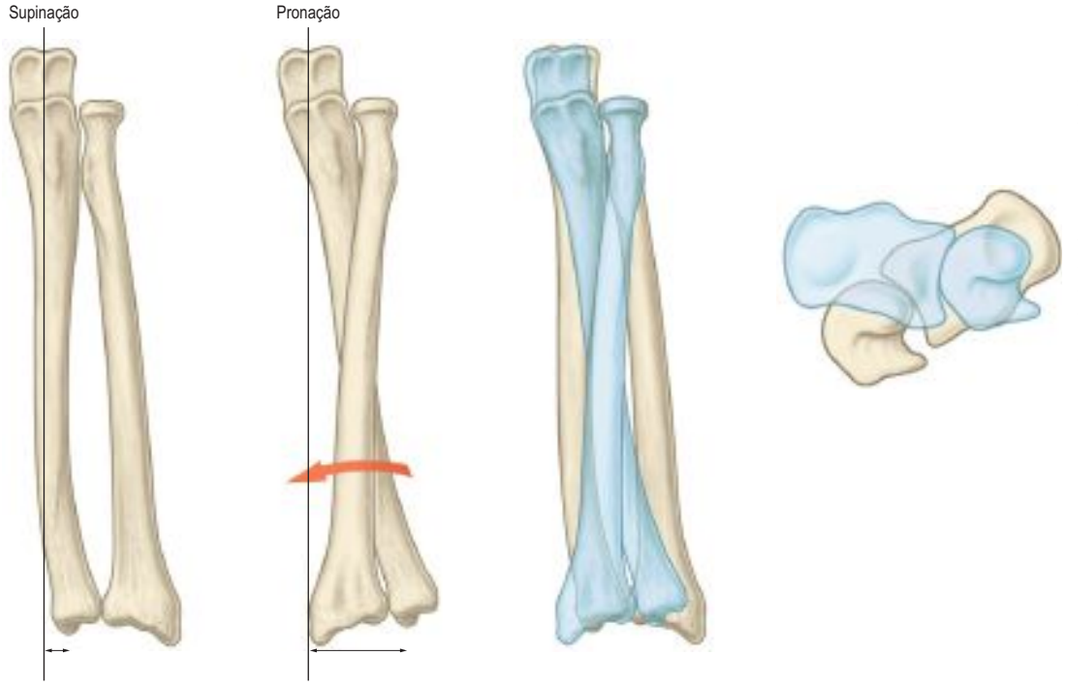


Fig. 50.17 Representação da maneira pela qual o rádio se move em torno da ulna durante a rotação do antebraço. A curvatura da diáfise do rádio é importante para facilitar este movimento. O eixo de rotação do antebraço passa através da cabeça da ulna e varia ligeiramente em posição através da amplitude de rotação. O grau de translocação medial da ulna durante a pronação (mostrado pela diferença em comprimento entre as duas duplas pontas de setas) pode ser visto com referência à distância que o processo estiloide da ulna se moveu a partir da linha de prumo (linha preta vertical apresentada).

Extensão Músculos extensores radiais longo e curto do carpo, músculo extensor ulnar do carpo, assistidos pelos músculos extensores dos dedos, extensor do dedo mínimo, extensor do indicador e músculo extensor longo do polegar.

Adução Músculo flexor e músculo extensor ulnar do carpo.

Abdução Músculo flexor radial do carpo, músculos extensores radiais longo e curto do carpo, com o músculo abdutor longo do polegar e o músculo extensor curto do polegar.

Modelo integrado de movimento do punho (cinemática carpal)

A fileira proximal (escafoide, semilunar e piramidal) é um segmento intercalado: nenhum tendão se insere nos ossos da fileira. Ela é inerentemente instável e controlada por ligamentos de retenção e deslizamento específicos. Sua posição relativa é determinada pelas configurações espaciais do rádio, complexo da fibrocartilagem triangular (CFCT) e ulna em um lado, e a fileira carpal distal rígida no outro. A fileira carpal proximal está sujeita a dois momentos opostos: o escafoide "monta" as fileiras proximal e distal e tende a girar a fileira proximal para flexão sob carga axial e abdução. Ao mesmo tempo há uma força que tende a estender a fileira proximal, a qual é iniciada pela fileira distal e transmitida pelos ligamentos mediocarpais ao piramidal (Fig. 50.20). Estabilidade da articulação mediocarpal é assim assegurada durante movimento e carga.

A fileira carpal distal (trapézio, trapezoide, capitato e hamato) pode ser vista como uma estrutura rígida firmemente presa em conjunto. O escafoide faz uma ponte entre as fileiras carpais proximal e distal e aplica um binário funcional entre as duas.

O carpo foi originalmente considerado como se movendo simplesmente como fileiras proximal e distal (teoria das fileiras ou dos corpos rígidos). De acordo com esta interpretação, durante o movimento composto de flexão e extensão do punho, aproximadamente dois terços do movimento ocorrem na articulação radiocarpal e um terço na articulação mediocarpal. O carpo foi mais tarde julgado como se movendo em colunas central lateral e medial mais do que em fileiras, e o rádio – semilunar – capitato foram descritos como um sistema de ligação de três barras (teoria das colunas). Esta teoria foi modificada para incorporar o papel estabilizador específico do escafoide quando ele faz ponte unindo as fileiras proximal e distal. Uma teoria adicional propôs que os ossos seriam ligados pelos seus ligamentos em uma configuração de anel, de modo que qualquer ruptura dos elos-chave leva à instabilidade (teoria do anel). Mais recentemente, a teoria "das quatro unidades" sugere que a fileira carpal distal se move como uma só unidade, e o escafoide, semilunar e piramidal se movem em relações complexas porém características que são dependentes do movimento dado (Fig. 50.21). A observação clínica traz algum suporte a cada uma destas teorias.

Carga sobre o punho

Carregamento axial refere-se à carga ou força aplicada ao longo de uma linha paralela aos ossos longos do braço e por essa razão corresponde a manobras de preensão de força, por exemplo, fechamento do punho. Nas atividades normais da vida diária, a carga geralmente é multiplanar com uma combinação de vetores de força, por exemplo, agarrar um objeto e em seguida levantá-lo contra a gravidade com o cotovelo flexionado geraria carga transversal e axial em relação ao eixo longo do antebraço.

Transmissão de força

Articulação radiocarpal

A articulação do carpo com o rádio (radiocarpal) e a ulna (ulnocarpal) pode ser descrita em termos de fossas específicas, isto é, as fossas escafóidea e semilunar do rádio e a face articular formada pelo aspecto distal do CFCT. A fossa escafóidea contribui com 43%, a fossa semilunar com 46% e o CFCT com 11% da área total desta face articular. Sob condições fisiológicas, a área de contato entre esta face e a fileira carpal proximal é da ordem de 20% do total. Ela varia constantemente com a posição: maior contato é visto com supinação do antebraço, abdução e dorsiflexão do punho, e menor contato com pronação do antebraço, adução e flexão palmar do punho. Aumento adicional na área de contato é visto com carregamento axial. Áreas máximas de contato são registradas em 40%. A força através da articulação também varia com a posição do antebraço e o grau de flexão do punho. Para uma dada carga em posição neutra do punho, 50% da força passam através da fossa escafóidea, 35% através da fossa semilunar, e 15% através do CFCT. Com uma preensão de força há leve adução, e a proporção de força passando através das fossas escafóidea e semilunar se inverte.

Articulação mediocarpal

Com o punho em posição neutra, 50%-60% de uma dada carga são transmitidos da fileira distal através do capitato ao escafoide e semilunar. Até 30% da carga é transmitida por meio da articulação escafotrapeziotrapezóidea, e até 20% pela articulação hamatopiramidal.

Articulação radiulnar distal (ARUD)

A ARUD faz parte de uma articulação mais complexa que inclui a articulação radiulnar proximal e a membrana interóssea. Carregamento axial estático do punho aumenta as áreas de contato das faces articulares da articulação radiulnar distal, ARUD. A força transmitida através da ARUD também aumenta com o carregamento axial e varia com a posição de rotação do antebraço. Ela é máxima em 60° de supinação, quando a cabeça da ulna jaz diretamente abaixo do carpo no lado medial, e mínima em pronação completa. Foi mostrado que com o punho em posição neutra, 70%-80% da carga axial passa pelo rádio e 20%-30% pela ulna. A proporção de força passando pela ulna varia com o aumento da carga e se altera com a posição da mão e carpo em relação aos ossos do antebraço. A membrana interóssea entre o rádio e a ulna desempenha um papel em distribuir carga no antebraço. O carregamento na articulação radiulnar

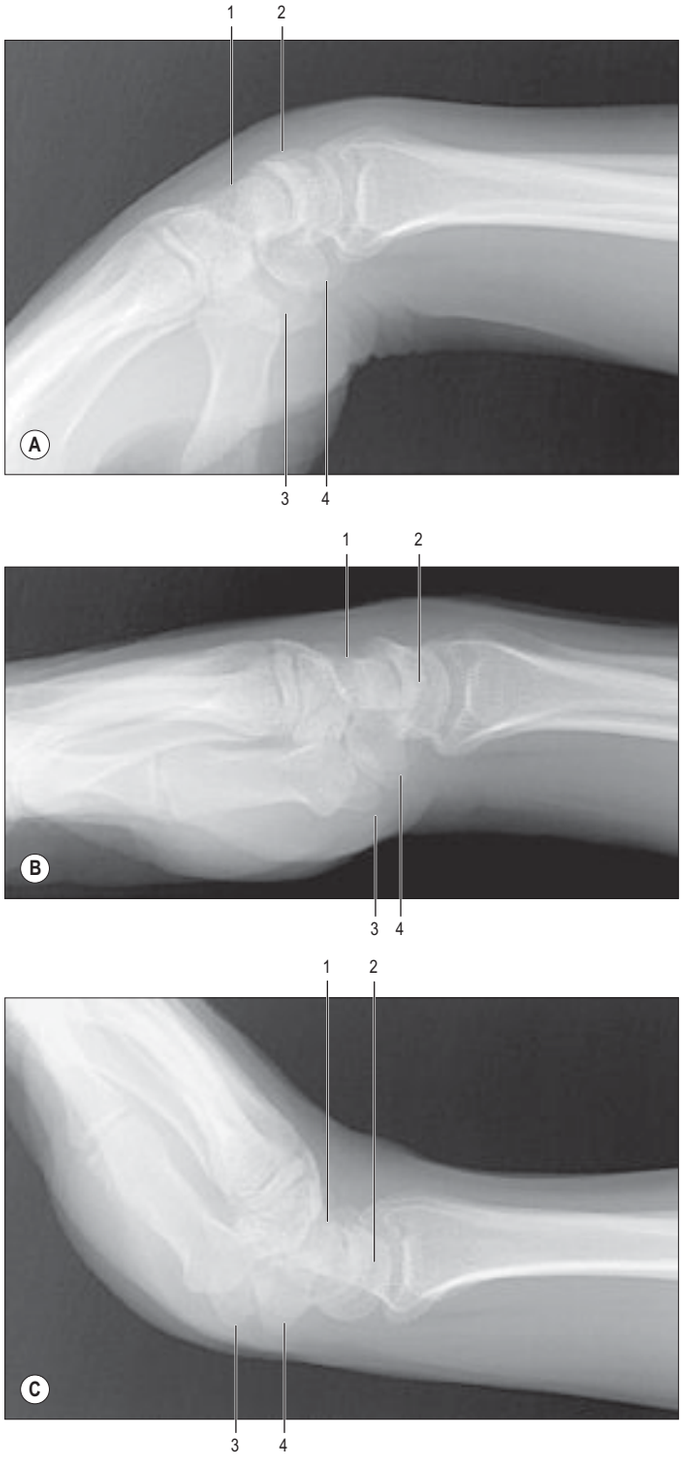


Fig. 50.18 A, Radiografia da mão e punho em flexão completa: aspecto lateral. Comparar com **B** e notar as posições relativas do capitato e semilunar, e do semilunar e o rádio. **B,** Radiografia da mão e punho: aspecto lateral. Os eixos longos do terceiro metacarpal, capitato e semilunar estão, aproximadamente, em linha com o eixo longo do rádio. Observar as posições relativas do capitato e semilunar, e do semilunar e o rádio. **C,** Radiografia da mão e punho em extensão completa: vista lateral. Comparar com **B** e notar as alterações nas posições relativas do capitato e semilunar, e do semilunar e o rádio. **1,** Capitato. **2,** Semilunar. **3,** Tubérculo do trapézio. **4,** Tubérculo do escafoide.

distal também depende dos comprimentos relativos radial e ulnar, isto é, variação ulnar negativa, neutra ou positiva.

Ações específicas

Preensão de força

Há um caminho previsível de transmissão de força durante carregamento axial da mão tal como ocorre na preensão de força. Durante esta ação, o

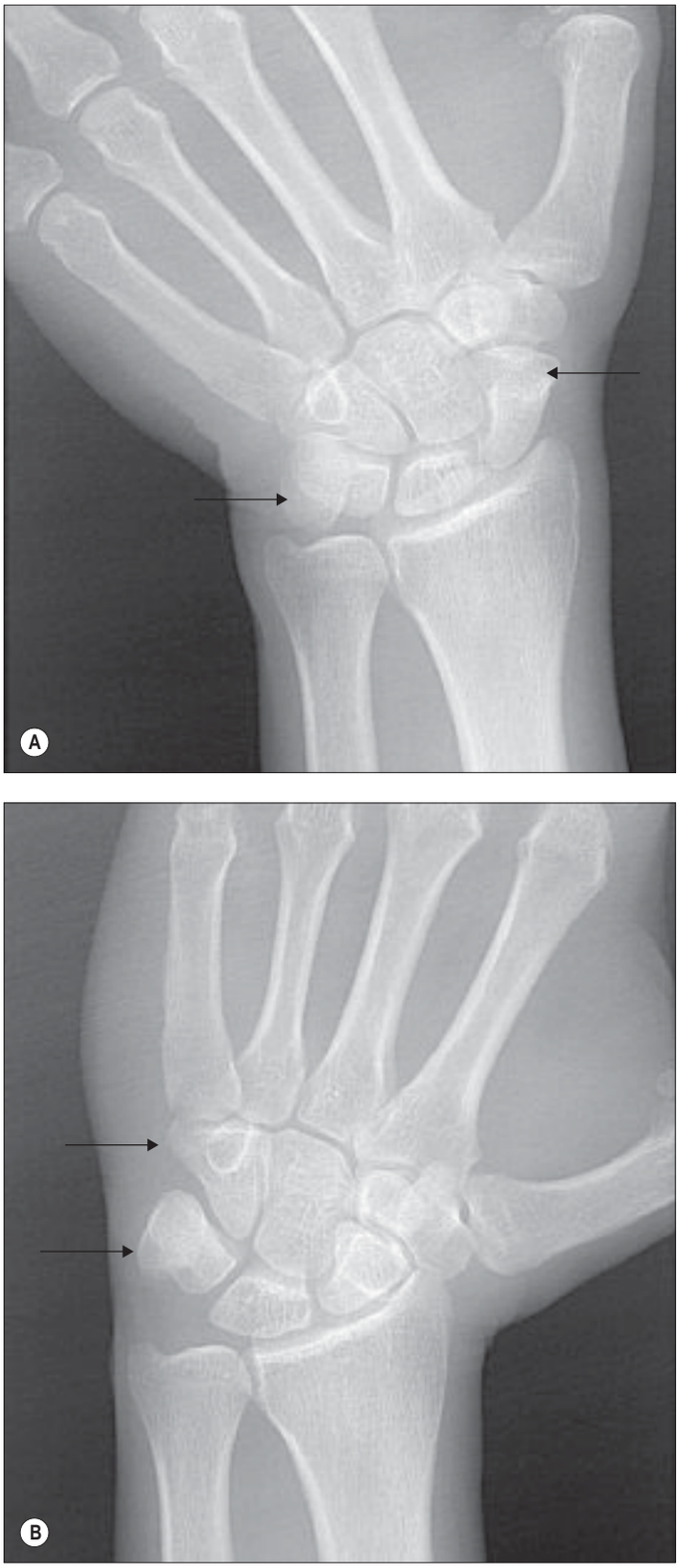


Fig. 50.19 A, Radiografia da mão em adução completa, projeção dorsopalmar. As setas apontam o escafoide no lado lateral e o pisiforme no lado medial. Observar que a sombra do osso pisiforme superpõe-se à sombra da extremidade do processo estiloide da ulna. Comparar com **B** e observar que os movimentos ocorrem em ambas as articulações radiocarpal e intercarpais. **B,** Radiografia da mesma mão em abdução completa. As setas apontam o hamato e o pisiforme. Comparar com **A** e notar que: (1) o escafoide e semilunar passaram medialmente de modo que o último se articula em grande extensão com o disco articular da articulação radiulnar distal; (2) o pisiforme está agora largamente separado do processo estiloide da ulna; (3) o escafoide, tendo rotado em torno de um eixo transversal, está muito deformado pela perspectiva; (4) o ápice do hamato foi impelido para longa do semilunar pela rotação do capitato em torno de um eixo anteroposterior; (5) um espaço se abriu entre as porções distais do hamato e piramidal; e (6) os eixos longos do capitato e semilunar estão agora quase na mesma linha reta.

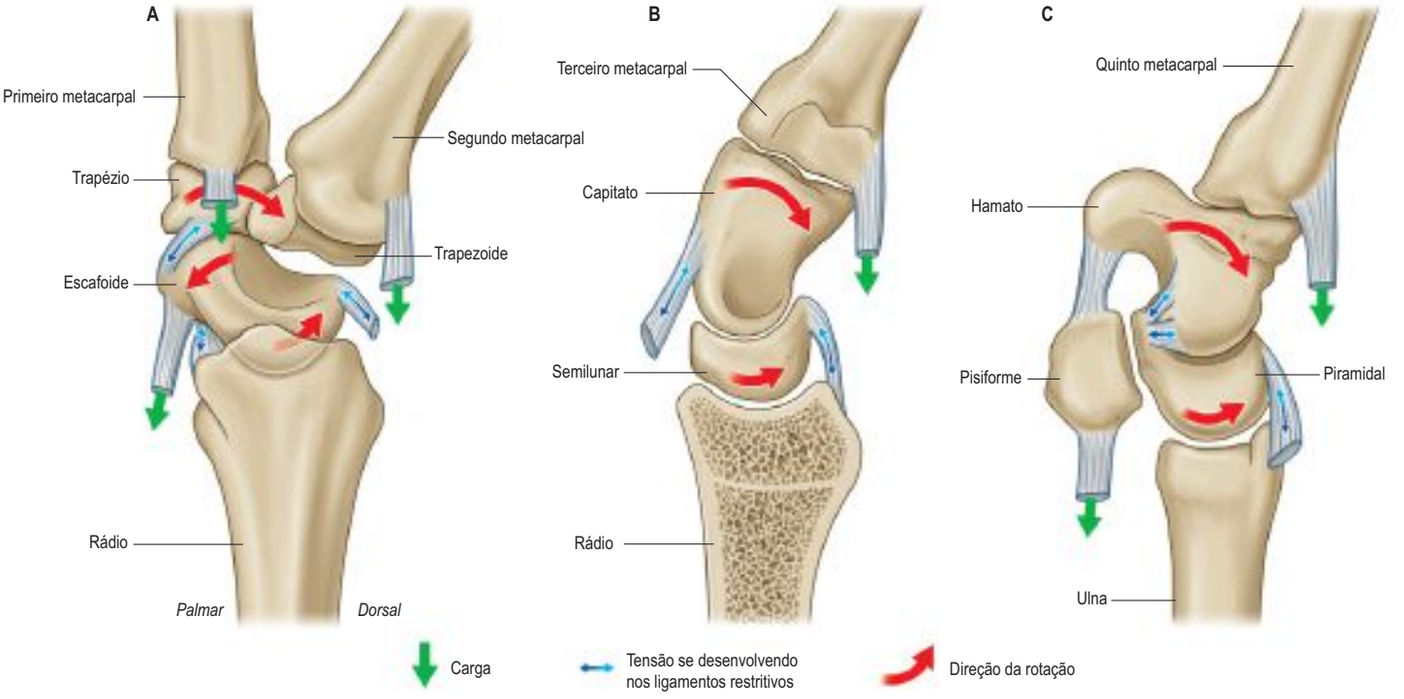


Fig. 50.20 O balanço dos movimentos rotatórios que ocorrem durante carregamento axial está explicado nesta séria de cortes sagitais do punho. **A,** O escafoide tende a se mover para flexão com carga axial e é simultaneamente restringido palmarmente pelos ligamentos escafotrapeziotrapezóideos e dorsalmente pelo ligamento escafossemilunar. **B,** O semilunar tende a acompanhar o escafoide restringido apenas pelo ligamento radiossemilunar dorsal. **C,** O piramidal tende a se flexionar junto com os outros dois ossos da fileira carpal proximal e é restringido palmarmente pelos ligamentos piramidoamatal e piramidocapitato e dorsalmente pelo ligamento radiopiramidal.

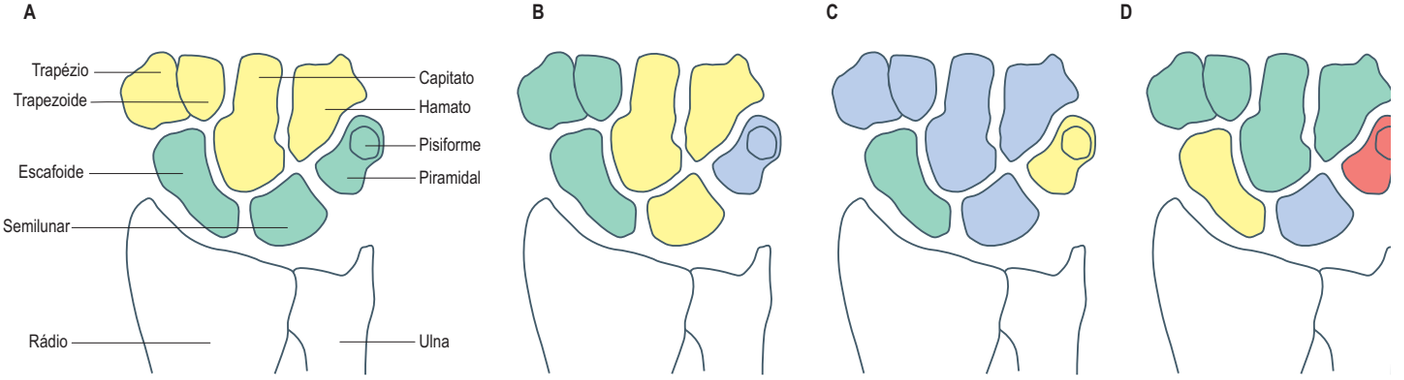


Fig. 50.21 Diferentes teorias da mecânica carpal. **A,** Teoria das fileiras ou corpos rígidos; **B,** teoria da coluna central de Navarro; **C,** teoria do anel de Taleisnik; **D,** conceito de quatro unidades de Viegas.

punho é posicionado em média dorsiflexão e o objeto é agarrado com força. A força é transmitida da mão e punho pela articulação radiocarpal e CFCT para ambos os ossos do antebraço, através da articulação do cotovelo ao úmero, e daí pela articulação do ombro para o cíngulo do membro superior. Ação muscular dinâmica se responsabiliza pela transmissão de uma grande parte da força, e uma proporção menor é transmitida através das estruturas osteoligamentares. A distribuição de força entre o rádio e a ulna varia dinamicamente. Ela depende do valor absoluto da carga, grau de rotação do antebraço, e posição do carpo em relação ao antebraço.

Ação de martelo

A ação exemplificada pelo martelamento, no qual o punho alterna entre a posição dorsorradial e palmoulnar, constitui um movimento importante. O movimento recíproco é mais restringido e desajeitado para efetuar. O primeiro movimento é importante em uma ampla variedade de atividades da vida diária. Em primatas este movimento é necessário (junto com rotação do antebraço na articulação radiulnar distal) para braquiação.

Admite-se que a carga se distribui dinamicamente à medida que a posição do carpo se move em relação ao antebraço, e que há consequentes alterações na posição relativa dos ossos carpais.

Instabilidade do punho

Durante a evolução, o membro superior se desenvolveu para facilitar a preensão, isto é, a colocação da mão no espaço tridimensional. Entretanto, a mobilidade da mão sobre o antebraço evoluiu às custas da estabilidade. Um punho é dito cineticamente instável quando ele não é capaz de sustentar cargas fisiológicas sem ceder ou causar lesão. Um punho é cinematicamente instável quando exibe alterações súbitas no alinhamento carpal, isto é, durante um movimento específico há um "tranco" quando um ou mais dos ossos carpais se move anormalmente em relação aos outros. A estabilidade das várias articulações tal que os ossos mantenham relações anatômicas normais em relação uns aos outros durante toda a amplitude normal de movimento é essencial para sustentação fisiológica de cargas.

Algum grau de instabilidade carpal pode ocorrer como parte de hipermobilidade inerente nos indivíduos afetados, mas usualmente ocorre apenas depois de ruptura ou atenuação de ligamentos carpais intrínsecos e extrínsecos, e pode ser detectado clinicamente ou evidenciado em radiografias sob a forma de desalinhamento dos ossos carpais (Fig. 50.22).

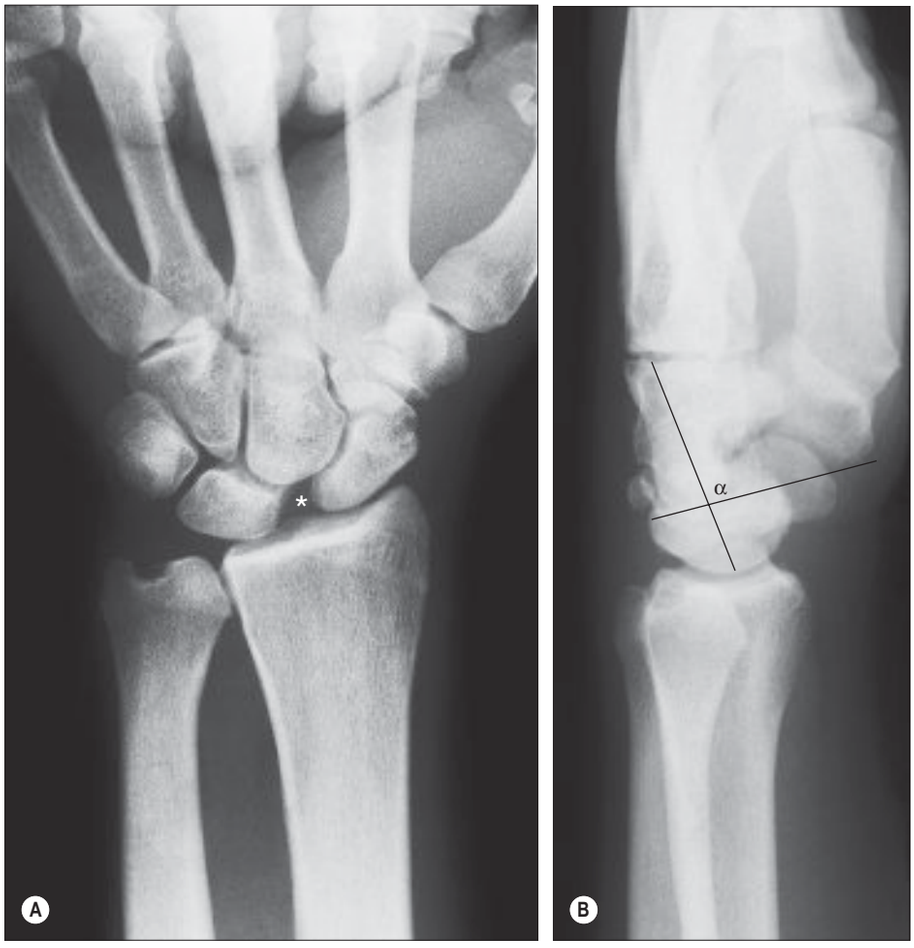


Fig. 50.22 Dissociação escafossemilunar demonstrada em vista posteroanterior **(A)** de preensão de força e vista lateral **(B).** A dissociação entre o escafoide e o semilunar conforme aqui mostrado leva ao colapso do escafoide para flexão e do semilunar para extensão (instabilidade de segmento intercalado dorsal, ISID), assim removendo a tensão embutida através da fileira proximal. Isto causa o espaço (chamado sinal de Terry Thomas) entre o escafoide e o semilunar na radiografia PA (marcado com asterisco) e ângulo aumentado escafossemilunar acima do limite superior do normal de 60°, conforme mostrado em **B.**

ARTICULAÇÕES CARPOMETACARPAIS

A primeira articulação carpometacarpal, ACMC, ou articulação basal do polegar, é uma articulação selar modificada que permite a oposição do polegar e confere a capacidade de segurar e manipular objetos: as ações de preensão "de pinça", pinça "tríplice" e preensão "de mandril" são especificamente facilitadas. Forças importantes passam através e comprimem esta articulação, em comparação com as ACMCs restantes. A segunda até a quinta ACMCs exibem uma amplitude crescente de movimento progredindo do lado lateral para o medial. Assim, há pouca mobilidade na base do raio do indicador, mas considerável mobilidade na base do raio do dedo mínimo, o que facilita "fazer concha" com a palma da mão. As forças compressivas entre os metacarpais e a fileira carpal distal são estimadas como sendo acima de dez vezes as forças nas pontas dos dedos durante preensão "de pinça" ou "de mandril".

Articulação carpometacarpal do polegar

Faces articulares A articulação carpometacarpal do polegar é uma articulação selar entre a base do primeiro metacarpal e o trapézio. Ela goza de ampla mobilidade devido às suas extensas faces articulares e sua topologia.

Ligamentos O primeiro osso metacarpal e o trapézio são conectados por ligamentos lateral, anterior e posterior e uma cápsula fibrosa. O ligamento lateral largo segue da face lateral do trapézio para o lado lateral da base do osso metacarpal. Os ligamentos palmar e dorsal são faixas oblíquas que convergem para o lado medial da base do osso metacarpal a partir das faces palmar e dorsal do trapézio, respectivamente.

Membrana sinovial A membrana sinovial reveste a cápsula articular e é separada dela.

Suprimento vascular A articulação carpometacarpal do polegar recebe seu suprimento sanguíneo da artéria radial e seu primeiro ramo metacarpal dorsal.

Inervação A articulação carpometacarpal do polegar é inervada por pequenos ramos articulares a partir do nervo interósseo posterior e do ramo superficial do nervo radial.

Movimentos articulares Exceto no início, a flexão é acompanhada por rotação medial; reciprocamente, rotação medial envolve flexão. A ligação dos movimentos é devida em grande parte à forma das faces articulares (as quais impõem alguma rotação conjunta) e à obliquidade do ligamento dorsal (o qual, quanto retesado, ancora o lado medial da base o osso metacarpal enquanto seu lado lateral continua a se mover). A contração do músculo flexor curto do polegar, auxiliada pelo músculo oponente do polegar, assim produz rotação medial com flexão; combinado com abdução isto traz a polpa do polegar para contato com as polpas dos dedos levemente flexionados, um movimento chamado oposição. (Os dedos flexionados têm graus variados de rotação metacarpofalângica lateral, que é mínima no indicador e máxima no mínimo.) Em contraposição, a extensão completa do osso metacarpal do polegar acarreta ligeira rotação lateral, atribuível à forma selar da articulação e à ação do ligamento palmar (que é semelhante àquela do ligamento dorsal na flexão) (pág. 888).

Músculos que produzem movimentos Os músculos que produzem movimentos na articulação carpometacarpal do polegar são os seguintes.

Flexão Músculo flexor curto do polegar e músculo oponente do polegar, ajudados pelo músculo flexor longo do polegar quando as outras articulações do polegar são flexionadas. Flexão acarreta rotação medial.

Extensão Músculo abdutor longo do polegar e músculos extensores curto e longo do polegar. Em extensão completa, o músculo extensor longo do polegar, devido à sua tração oblíqua e a disposição do ligamento palmar, roda o polegar lateralmente e o puxa dorsalmente, isto é, aduz ligeiramente o polegar.

Abdução Músculos abdutores curto e longo do polegar. Quando a abdução é máxima o dedo e o metacarpal não estão em linha, e o polegar é abduzido em ambas as articulações metacarpofalângica e carpometacarpal.

Adução Músculo adutor do polegar unicamente.

Oposição Músculo oponente do polegar e músculo flexor curto do polegar simultaneamente flexionam e giram medialmente o polegar abduzido. Pressão interpulpar, ou aquela gerada pela preensão digital, é aumentada pelo músculo adutor do polegar e o músculo flexor longo do polegar.

Circundução Músculos extensores, flexores e adutores atuando consecutivamente nesta ordem, ou na ordem inversa.

Segunda à quinta articulações carpometacarpais

A segunda à quinta articulações carpometacarpais são articulações sinoviais elipsóideas entre o carpo e o segundo ao quinto ossos metacarpais. Embora amplamente classificadas como planas, elas possuem faces articulares curvas que muitas vezes são de forma selar complexa. Os ossos são unidos por cápsulas articulares e ligamentos dorsais, palmares e interósseos.

Ligamentos Os ligamentos dorsais são os mais fortes e conectam as faces dorsais dos ossos carpais e metacarpais. O segundo metacarpal tem dois ligamentos, do trapézio e do trapezoide; o terceiro tem dois, do trapezoide e do capitato; o quarto tem dois, do capitato e do hamato; o quinto tem uma faixa única do hamato, que é contínua com um ligamento palmar semelhante, formando uma cápsula incompleta.

Os ligamentos palmares são similares, exceto que o terceiro metacarpal possui três: um lateral do trapézio, superficial à bainha tendínea do músculo flexor radial do carpo, um intermediário do capitato e um medial do hamato.

Os ligamentos interósseos consistem em duas faixas curtas, grossas, fibrosas. Eles são limitados a uma parte da articulação carpometacarpal e conectam margens distais contíguas do capitato e hamato com faces adjacentes do terceiro e quarto ossos metacarpais: eles podem ser unidos proximalmente.

Membranas sinoviais As membranas sinoviais são muitas vezes contínuas com as das articulações intercarpais. Ocasionalmente, a articulação entre o hamato e o quarto e quinto ossos metacarpais possui uma cavidade sinovial separada, limitada lateralmente pelo ligamento interósseo medial e suas extensões às partes palmar e dorsal da cápsula.

Suprimento vascular A segunda à quinta articulações carpometacarpais são supridas pelos ramos carpais posteriores das artérias radial e ulnar, por pequenos ramos da artéria interóssea anterior e a partir das artérias digitais palmares.

Inervação A segunda à quinta articulações carpometacarpais são inervadas pelos ramos terminais profundos do nervo ulnar, o ramo interósseo anterior do nervo mediano e os ramos curtos dos nervos radial superficial e ramo dorsal do nervo ulnar

Músculos que produzem movimentos Leves movimentos de deslizamento são efetuados pelos músculos flexores longos e extensores dos dedos.

ARTICULAÇÕES INTERMETACARPAIS

Faces articulares A segunda à quinta bases metacarpais articulam-se reciprocamente por pequenas faces articulares cobertas de cartilagem conectadas por ligamentos dorsais, palmares e interósseos.

Cápsula fibrosa As articulações intermetacarpais possuem cápsulas fibrosas.

Ligamentos Os ligamentos dorsais e palmares passam transversalmente de osso a osso. Os ligamentos interósseos conectam faces contíguas imediatamente distais às suas faces articulares.

Membranas sinoviais As membranas sinoviais são contínuas com as das articulações carpometacarpais.

Movimentos nas articulações carpometacarpais e intermetacarpais Os movimentos nas articulações carpometacarpais e intermetacarpais são limitados a leve deslizamento, suficiente para permitir alguma flexão – extensão e rotação adjunta: as amplitudes variam nas diferentes articulações. Eles são movimentos parcialmente acessórios que ocorrem quando a mão é "feita em concha", como ao segurar um objeto. Movimentos ativos também ocorrem e são familiares, por exemplo, ao pianista ou violinista. O quinto osso metacarpal é o mais móvel e o segundo e terceiro são os menos móveis. Estas variações são facilmente demonstradas opondo-se cada dedo ao polegar sobre o centro palmar. Cerca de dois terços dos movimentos são do polegar, como descrito acima, mas durante oposição ao mínimo, este último é flexionado, abduzido e rodado lateralmente, responsabilizando-se pelo terço restante do movimento. Estas ações ocorrem nas articulações carpometacarpais e metacarpofalângicas. A posição de contato máximo provavelmente coincide com a extensão carpal, como ao agarrar. Movimentos acessórios adicionais são a torção em espiral do metacarpo inteiro sobre o carpo.

Músculos que produzem movimentos Os movimentos nas articulações carpometacarpais e intermetacarpais são efetuados pelos músculos flexores e extensores do segundo ao quinto dedos.

ARTICULAÇÕES METACARPOFALÂNGICAS

As articulações metacarpofalângicas são usualmente consideradas elipsóideas. Entretanto, as cabeças dos ossos metacarpais são adaptadas a concavidades rasas nas bases das falanges: elas não são regularmente convexas, mas parcialmente divididas nos seus aspectos palmares e assim quase bicondilares (Fig. 50.23).

Cápsula fibrosa Todas articulações metacarpofalângicas têm cápsulas fibrosas.

Ligamentos Cada articulação metacarpofalângica tem um ligamento palmar e dois colaterais.

Ligamentos palmares Os ligamentos palmares (placas volares) são incomuns. Eles são espessos, densos e fibrocartilagíneos, e assentados entre ligamentos colaterais e a eles conectados. Estão frouxamente fixados aos metacarpais, mas firmemente às bases das falanges. Seus aspectos palmares são fundidos com os ligamentos palmares transversos profundos e são sulcados para receberem os tendões flexores, cujas bainhas fibrosas se conectam com os lados dos sulcos. Suas faces profundas aumentam as áreas articulares para as cabeças metacarpais.

Ligamentos metacarpais transversos profundos Os ligamentos metacarpais transversos profundos são três curtas faixas largas e planas que conectam os ligamentos palmares da segunda à quinta articulações metacarpofalângicas. Eles são relacionados anteriormente aos músculos lumbricais e vasos e nervos digitais, e posteriormente aos interósseos. Faixas a partir das tiras digitais da aponeurose palmar central unem-se às suas faces palmares. Em ambos os lados das terceira e quarta articulações metacarpofalângicas, mas só no lado medial da segunda e lado lateral da

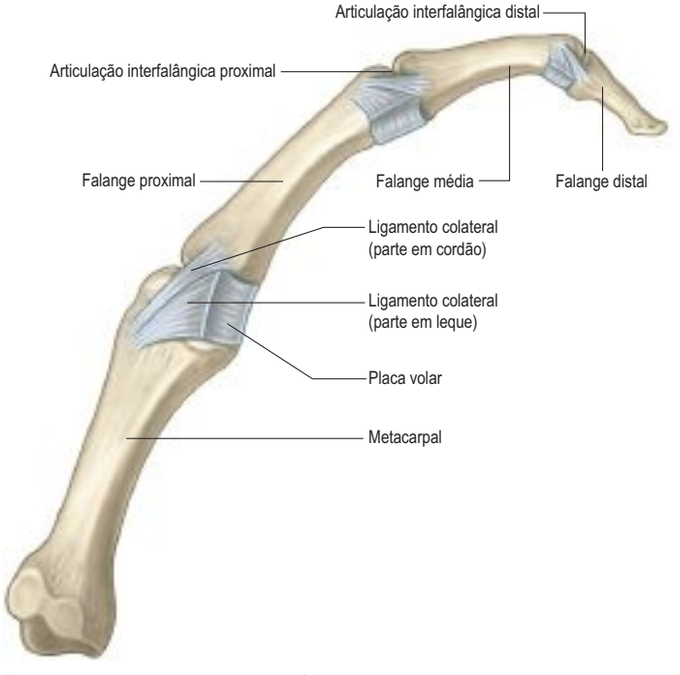


Fig. 50.23 Articulações metacarpofalângica e digitais do terceiro dedo esquerdo: vista medial.

quinta, faixas transversas das expansões digitais dorsais juntam-se aos ligamentos metacarpais transversos profundos. Os músculos lumbricais e as inserções falângicas dos interósseos dorsais situam-se anteriores a esta faixa, e as inserções restantes dos interósseos dorsais e interósseos palmares são posteriores a ela (Fig. 50.30).

Ligamentos colaterais Os ligamentos colaterais são fortes cordões redondos que flanqueiam as articulações. Cada um é fixado no tubérculo posterior e fosseta adjacente no lado da cabeça do osso metacarpal, e cada um passa distoanteriormente para o lado do aspecto anterior da base da falange (Fig. 50.23).

Membrana sinovial As articulações metacarpofalângicas são revestidas por uma membrana sinovial.

Suprimento vascular As articulações metacarpofalângicas recebem seu suprimento sanguíneo das artérias metacarpais dorsais e palmares, da artéria principal do polegar e da artéria radial do indicador.

Inervação As articulações metacarpofalângicas são inervadas por pequenos ramos dos ramos digitais palmares do nervo mediano, do ramo terminal profundo do nervo ulnar e do nervo interósseo posterior.

Movimentos articulares Flexão, extensão, adução, abdução, circundução e rotação limitada têm lugar nas articulações metacarpofalângicas. A rotação não pode ocorrer isoladamente, mas pode acompanhar flexão – extensão. Isto pode ser iniciado voluntariamente na mão livre (p. ex., cada dedo flexionando-se e rodando para colocar sua ponta perto do centro palmar); a amplitude de rotação frequentemente é aumentada como resultado da resistência de um objeto agarrado. A flexão é quase 90°, enquanto a extensão é apenas de alguns graus: ambos os movimentos são limitados principalmente por músculos antagonistas. A flexão muitas vezes é terminada pela resistência oferecida por um objeto apreendido. A articulação metacarpofalângica do polegar tem uma amplitude de flexão – extensão de aproximadamente 60°, que é quase inteiramente flexão. Ligeira rotação lateral acompanha a flexão digital dos dedos 3–5. A flexão do dedo indicador pode ser acompanhada por mínima rotação lateral ou nenhuma rotação: um pequeno grau de rotação medial é frequentemente observado. Outros movimentos são adução – abdução (amplitude máxima 25°), que invariavelmente acompanha os movimentos carpometacarpais correspondentes e aumenta sua amplitude combinada, e leve rotação conjunta, mas maior rotação adjunta, que acompanha a flexão – extensão. Da segunda à quinta articulações metacarpofalângicas, a segunda é mais móvel em adução – abdução (aproximadamente 30°), seguida pela quinta, quarta e terceira.

Movimentos acessórios Os movimentos acessórios são rotação adicional (mais marcada no polegar), translação anteroposterior e lateral de uma falange ou metacarpal, e distração.

Músculos que produzem movimentos Os músculos que produzem movimentos nas articulações metacarpofalângicas são apresentados a seguir.

Flexão Os músculos flexores superficial e profundo dos dedos, assistidos pelos músculos lumbricais e interósseos e, no mínimo, o músculo flexor curto do dedo mínimo. No polegar, os músculos flexores longo e curto do polegar e o primeiro músculo interósseo palmar.

Extensão Músculo extensor dos dedos, assistido no segundo e quinto dedos pelos músculos extensor do indicador e extensor do dedo mínimo respectivamente. No polegar, os músculos extensores longo e curto do polegar.

Adução Nos dedos estendidos, os músculos interósseos palmares; os músculos flexores longos são predominantes durante a flexão. No polegar, a adução metacarpofalângica limitada é possível e pode ser atribuível ao músculo adutor do polegar e ao primeiro músculo interósseo palmar.

Abdução Nos dedos estendidos, os músculos interósseos dorsais assistidos pelos músculos extensores longos (exceto no dedo médio) e o músculo abdutor do dedo mínimo no dedo mínimo. No polegar, o músculo abdutor curto do polegar (o qual contribui também para oposição). Quando os dedos estão flexionados nas articulações IF, a abdução ativa é impossível: se os flexores longos dos dedos forem inativos, abdução passiva é livre. A incapacidade de abduzir ativamente nesta posição pode ser devida ao encurtamento dos músculos interósseos dorsais e o músculo abdutor do dedo mínimo pela flexão. Entretanto a linha alterada de tração dos interósseos em relação ao eixo de movimento provavelmente é o fator determinante: na extensão digital o eixo dos movimentos laterais é ânteroposterior, enquanto na flexão ele é proximodistal, e a linha de tração dos músculos interósseos é então aproximadamente paralela ao eixo.

Polegar de guarda-caça O ligamento colateral ulnar da articulação metacarpofalângica do polegar pode ser arrancado da sua fixação distal na base da falange proximal por uma combinação de extensão forçada e abdução da articulação. A lesão foi descrita nos guarda-caça ao quebrarem o pescoço de animais, mas pode ocorrer após quedas simples sobre a mão estendida à frente, especialmente em esquiadores que estão com as correias dos bastões de esqui enroladas em torno dos seus polegares.

O ligamento colateral ulnar é normalmente coberto pela inserção aponeurótica do tendão do músculo adutor do polegar. Em seguida à avulsão, a extremidade proximal pode ficar desviada superficialmente em torno da margem livre proximal da inserção aponeurótica do músculo adutor. Esta interposição de tecido mole impede a cicatrização das extremidades do ligamento avulsionado. Se não receber tratamento, ocorre uma tumoração inflamatória palpável firme, conhecida como "lesão de Stener". O reparo cirúrgico exige divisão da inserção aponeurótica do músculo adutor do polegar, seguido pela reinserção óssea do ligamento avulsionado e reparo da aponeurose.

ARTICULAÇÕES INTERFALÂNGICAS

As articulações interfalângicas são articulações gínglimo uniaxiais (Fig. 50.23).

Cápsula fibrosa Cada articulação interfalângica possui uma cápsula fibrosa.

Ligamentos Cada articulação interfalângica tem um ligamento palmar (também conhecido como placa volar) e dois ligamentos colaterais. Os tendões dos músculos extensores longos tomam o lugar dos ligamentos capsulares dorsais. Extensões a partir da expansão extensora, cada ligamento colateral e o ligamento palmar – todos passam para a cavidade articular e fornecem um aumento importante da área de face da base da falange: sua natureza deformável melhora a congruência articular.

Ligamento palmar (placa volar) A placa volar constitui o soalho da articulação interfalângica. Na articulação interfalângica proximal, o extremo distal da placa volar é espessado lateralmente, onde ela é firmemente fixada à base da falange média na posição da fixação do ligamento colateral verdadeiro. Centralmente, ela é mais delicada e se funde com o periósteo volar da falange média. Proximalmente, a placa volar também é muito delicada na sua porção central, mas é espessada lateralmente para formar os chamados ligamentos-rédeas que se inserem no periósteo da falange proximal imediatamente dentro das paredes do componente da polia A2 da bainha flexora fibrosa. Ramos nutrícios das artérias digitais passam embaixo destes ligamentos-rédeas para alcançar os vínculos (Fig. 50.24). Uma descrição detalhada da anatomia da placa volar pode ser encontrada em Bowers *et al.* (1980).

Ligamentos colaterais Os ligamentos colaterais passam da face lateral da cabeça de uma falange para o aspecto volar da base da falange adjacente. Um componente acessório do ligamento colateral origina-se em continuidade com o ligamento principal e passa em uma direção volar para se inserir na placa volar.

Membrana sinovial Cada articulação interfalângica possui um revestimento sinovial.

Suprimento vascular As articulações interfalângicas são supridas por ramos das artérias digitais palmares.

Inervação As articulações interfalângicas são inervadas pelos ramos digitais palmares do nervo mediano (para os dedos polegar, indicador e anular) e do nervo ulnar (para os dedos anular e mínimo).

Fatores que mantêm a estabilidade Estabilidade é conferida pelos contornos articulares das faces articulares e os ligamentos colaterais. Os tendões dos músculos flexores e extensores e os ligamentos retinaculares provêm estabilização secundária. A estabilidade contra hiperextensão da articulação interfalângica proximal é aumentada pelo arranjo em caixa tridimensional que é produzido pelo complexo do ligamento colateral–placa volar.

Movimentos articulares Os movimentos (ativos) nas articulações interfalângicas são flexão e extensão, e são maiores em amplitude nas articulações proximais. A flexão é considerável, enquanto a extensão é limitada pela tensão dos músculos flexores dos dedos e terminada pela tensão nos ligamentos palmares e compressão não articular. A extensão

completa é a posição de contato máximo, que é assumida sempre que os dedos são usados como suportes para transmitir peso corporal ou empuxo potente. Em contraste, o punho completamente fechado também pode ser usado para esta finalidade. Flexão e extensão são acompanhadas por leve rotação conjunta: durante a flexão esta gira as polpas digitais ligeiramente lateralmente, isto é, para dar face para o polegar em oposição, e uma rotação oposta ocorre durante a extensão.

Movimentos acessórios Os movimentos acessórios são rotação, abdução, adução e translação anteroposterior limitadas. Eles permitem que os dedos se adaptem às formas dos objetos apreendidos e ajudem a proteger contra esforços e sobrecargas.

Músculos que produzem movimentos Os músculos que produzem movimentos nas articulações interfalângicas são os seguintes.

Flexão Nas articulações interfalângicas proximais, os músculos flexores superficial e profundo dos dedos; nas articulações interfalângicas distais, o músculo flexor profundo dos dedos; na articulação interfalângica do polegar, o músculo flexor longo do polegar.

Extensão Os músculos extensores dos dedos, do dedo mínimo e longo do polegar, em associação com o músculo abdutor longo do polegar e o músculo extensor curto do polegar. Extensão ocorre simultaneamente em ambas as articulações nos dedos 2–5.

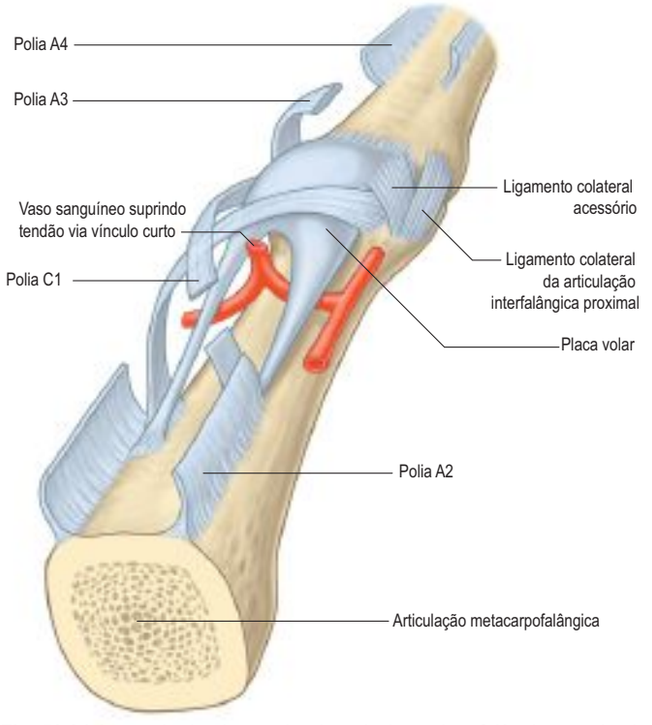


Fig. 50.24 Anatomia da placa volar da articulação interfalângica proximal. O vaso sanguíneo que supre os tendões dos músculos flexores através do vínculo curto está mostrado, mas o "mesentério" que forma o vínculo foi omitido.

Flexão simultânea nas articulações metacarpofalângicas e extensão nas articulações interfalângicas de um dedo são essenciais para os movimentos delicados da escrita, desenho, enfiar uma agulha etc. Os músculos lumbricais e interósseos por muito tempo têm sido aceitos não apenas como agentes principais em flexionar as articulações metacarpofalângicas, mas também em estender as articulações interfalângicas por intermédio das suas fixações nas expansões digitais dorsais.

Dedo em malho Dedo em malho é uma ruptura traumática, fratura de avulsão ou laceração da faixa terminal do tendão do músculo extensor da falange terminal do dedo. Pode resultar da flexão forçada da falange distal do dedo inteiramente estendido e é uma lesão bem conhecida em jogadores de críquete. O paciente é incapaz de estender ativamente a falange terminal embora a articulação interfalângica distal possa ser estendida passivamente.

Deformidade em pescoço de cisne Deformidade em pescoço de cisne envolve hiperextensão da articulação interfalângica proximal junto com flexão da articulação interfalângica distal. É causada por uma hiperatividade relativa dos músculos extensores atuando na articulação interfalângica proximal em comparação com os músculos flexores. Ela se origina como resultado de espasmo muscular intrínseco, dedo em malho de longa duração ou disfunção do músculo flexor superficial dos dedos, e só pode ocorrer se houver também alguma frouxidão da placa volar.

Deformidade em botoeira A deformidade em botoeira é uma deformidade em flexão da articulação interfalângica proximal subsequente à divisão ou frouxidão na tira central do tendão do músculo extensor, que normalmente se insere na base da falange média. Uma característica essencial é a hiperextensão na articulação interfalângica distal. Ela geralmente ocorre como resultado de trauma ou artrite reumatóide que fazem as faixas laterais do tendão do músculo extensor migrarem em uma direção volar e a cabeça da falange proximal migrar dorsalmente. Inicialmente a deformidade é corrigível passivamente. Com o tempo, os tecidos moles em torno da articulação se contraem, resultando em uma deformidade fixa.

MÚSCULOS

FLEXORES E EXTENSORES LONGOS EXTRÍNSECOS

Os músculos flexores e extensores longos extrínsecos encontram-se descritos na página 845.

Retináculo dos músculos flexores

O retináculo dos músculos flexores é uma forte faixa fibrosa (Fig. 50.25). Ele cruza a frente do carpo e converte sua concavidade anterior no túnel do carpo que transmite os tendões dos músculos flexores dos dedos e o nervo mediano. O retináculo é curto e largo, medindo 2,5-3 cm tanto transversal quanto proximodistalmente. Ele é fixado medialmente ao pisiforme e o hâmulo do hamato. Lateralmente, divide-se em lâminas superficial e profunda. A lâmina superficial é fixada aos tubérculos do escafoide e trapézio. A lâmina profunda é fixada ao lábio medial do sulco no trapézio. Juntamente com este sulco, as duas lâminas formam um túnel, revestido por uma bainha sinovial, que contém o tendão do músculo flexor radial do carpo. O retináculo é cruzado superficialmente pelos vasos e nervo ulnares – imediatamente radiais ao pisiforme – e pelos ramos cutâneos palmares dos nervos mediano e ulnar. Uma faixa mais fina de fáscia, a parte superficial do retináculo dos músculos flexores, faz ponte

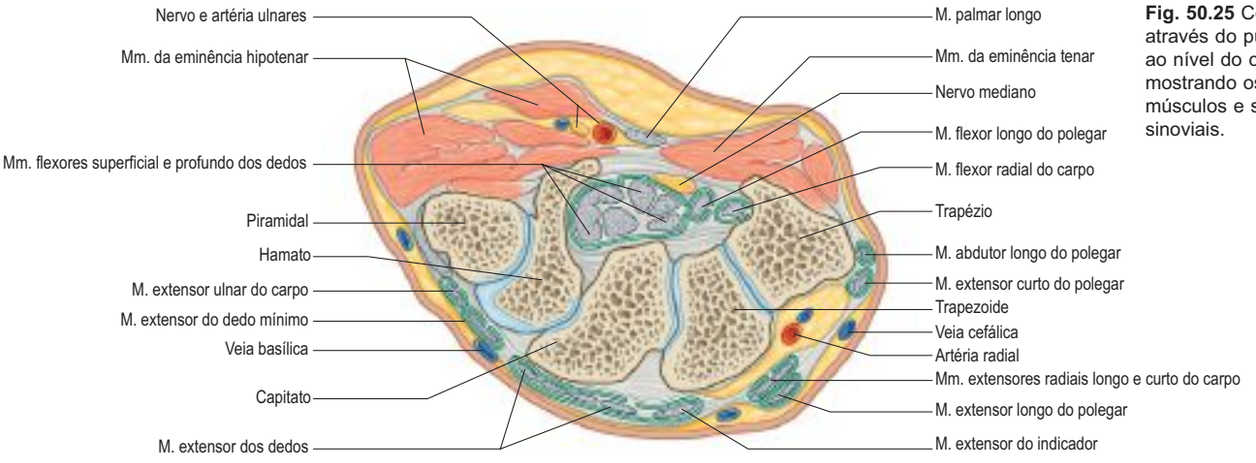


Fig. 50.25 Corte transversal através do punho esquerdo ao nível do carpo, mostrando os tendões dos músculos e suas bainhas sinoviais.

sobre o feixe neurovascular ulnar e se insere no lado lateraldo pisiforme, formando um túnel (túnel ulnar) que é um local ocasional de compressão do nervo ulnar. Os tendões do músculo palmar longo e do músculo flexor ulnar do carpo são em parte fixados na face anterior do retináculo. Distalmente alguns dos músculos intrínsecos do polegar e dedo mínimo são fixados no retináculo.

Aparelho dos tendões dos músculos flexores longos

Bainhas dos tendões dos músculos flexores

As bainhas fibrosas dos tendões dos músculos flexores são partes especializadas do *continuum* fascial palmar. Cada dedo possui um túnel osteoaponeurótico que se estende do meio da palma à falange distal. O polegar tem um túnel para o músculo flexor longo do polegar que se estende do metacarpal à falange distal. O limite proximal é até certo ponto uma questão de definição, porque as fibras transversas da aponeurose palmar podem ser consideradas uma parte do sistema de polias. A bainha consiste em fibras arqueadas que se arqueiam anteriormente sobre osso, tendões (onde é necessário que a bainha seja rígida) e os centros das articulações (onde uma alça de balde de fibras arqueadas constitui um arranjo mecanicamente favorável). Em contraste, onde é necessário que a bainha se pregueie para permitir flexão articular, ela consiste em fibras cruzadas. Estas bainhas fibrosas são revestidas por uma membrana sinovial fina que fornece um sistema vedado de lubrificação que contém líquido sinovial. A membrana sinovial se estende desde a falange distal até o meio da palma no caso dos dedos indicador, médio e anular, e ainda mais proximalmente no caso do dedo mínimo (Fig. 50.26). As bainhas em torno do polegar e dedo mínimo são contínuas com as bainhas flexoras na frente do punho. A membrana sinovial parietal é refletida por sobre a face do tendão do músculo flexor, formando uma sinovial visceral.

Uma nomenclatura padrão para as polias anulares e cruciformes que constituem a bainha foi adotada pela American Society for Surgery of the Hand: são usadas as letras A e C respectivamente (Doyle e Blythe, 1975).

O padrão usual é descrito a seguir (Fig. 50.26). A polia A1 é situada anterior à placa cartilagínea palmar da articulação metacarpofalângica e pode se estender sobre a parte proximal da falange proximal. A A2 sobrejaz ao terço médio da falange proximal. Ela é a polia mais forte e se origina de cristas longitudinais bem definidas no aspecto palmar da falange. Sua margem distal é bem desenvolvida. Uma bolsa ou recesso de sinovial estende-se superficial à margem livre das fibras da polia de tal modo que a margem livre forma um lábio protruso dentro do espaço sinovial. A3 é uma polia estreita situada palmar à articulação interfalângica proximal. A4 é sobrejacente ao terço médio da falange média e A5 sobrejaz à articulação interfalângica distal. As fibras cruzadas são numeradas de uma maneira ligeiramente diferente. C0 é palmar à articulação metacarpofalângica. Há duas zonas cruzadas, C1 e C2, na articulação interfalângica proximal e elas são situadas imediatamente proximal e distal respectivamente a A3. Na articulação interfalângica distal há um sistema cruzado pronunciado, C3, que fica entre A4 e A5. Variações ocorrem frequentemente. Durante flexão, as fibras cruzadas se tornam orientadas mais transversalmente nos dedos e as margens das polias anulares adjacentes se aproximam de tal modo que formam, em flexão completa, um túnel contínuo de fibras orientadas transversalmente. Cirurgicamente as polias mais importantes que previnem formação de "corda de arco" dos tendões dos músculos flexores são as polias A2 e A4.

O arranjo das polias no polegar é diferente daquele nos outros dedos. Há três polias constantes – duas anulares e uma oblíqua (Fig. 50.27). A polia A1 é localizada na articulação metacarpofalângica. A polia oblíqua é localizada sobre a porção média da falange proximal, e suas fibras passam a partir do aspecto medial proximalmente para o aspecto lateral distalmente. A polia A2 é mais delgada que a polia A1 e está situada imediatamente proximal à articulação interfalângica. A polia oblíqua é a polia mais importante no polegar para manter a ação do músculo flexor longo do polegar.

Bainhas sinoviais dos tendões dos músculos flexores do carpo

Duas bainhas sinoviais envolvem os tendões dos músculos flexores ao atravessarem o túnel do carpo, uma para os músculos flexores superficial e profundo dos dedos e a outra para o músculo flexor longo do polegar (Fig. 50.25). Estas bainhas tipicamente se estendem adentro do antebraço por 2,5 cm proximais ao retináculo dos músculos flexores, e ocasionalmente se comunicam uma com a outra na profundidade em relação a ele. A bainha dos tendões dos músculos flexores dos dedos alcança cerca de meio caminho ao longo dos ossos metacarpais, onde ela termina em divertículos cegos em torno dos tendões para os dedos indicador, médio e anular (Fig. 50.26). A bainha é prolongada em torno dos tendões para o dedo mínimo e usualmente é contínua com a sua bainha sinovial digital. Um corte transversal através do carpo mostra que os tendões são invaginados para dentro da bainha pelo lado lateral (Fig. 50.25). A camada parietal reveste o retináculo dos músculos flexores e o soalho do túnel do carpo. Ela é refletida lateralmente sob a forma da lâmina visceral sobre os tendões do flexor superficial dos dedos ventralmente e o músculo flexor profundo dos dedos dorsalmente. Medialmente um recesso formado pela lâmina visceral sobre a bainha se insinua entre os dois grupos de tendões e passa lateralmente por uma distância considerável. A bainha do músculo flexor longo do polegar, que usualmente é separada, é continuada ao longo do polegar até a inserção do tendão.

Vínculos

O fenômeno do deslizamento do tendão dentro de uma bainha fibrosa exige um arranjo muito especializado do suprimento vascular. Dobras de membrana sinovial contendo um plexo frouxo de fibras fasciais carregam vasos sanguíneos para os tendões em certos pontos definidos (Fig. 50.28). Estas pregas, vínculos tendíneos, são de dois tipos. Vínculos curtos, dos quais há dois em cada dedo, são inseridos nas faces profundas dos tendões próximo das suas inserções. Há assim um vínculo curto fixando o músculo flexor profundo dos dedos à região da articulação interfalângica distal, e um vínculo mais proximal profundo ao músculo flexor superficial dos dedos na articulação interfalângica proximal. Os vínculos longos são filiformes: usualmente dois são inseridos em cada tendão superficial, um em cada tendão profundo.

Dedo em gatilho

Dedo em gatilho é uma tenovaginite estenosante que afeta as bainhas flexoras fibrosas dos dedos ou do polegar dentro da palma. A bainha afetada se espessa e prende os tendões contidos, os quais ficam constringidos no local do aprisionamento e se salientam distalmente a ele, produzindo um nódulo distinto na palma da mão. O dedo agora estala quando o nódulo do tendão passa através da constrição ao flexionar o dedo. O músculo extensor correspondente é insuficientemente potente para estender o dedo afetado. O paciente faz isto passivamente, acompanhado por um estalo doloroso. O tratamento frequentemente exige a divisão cirúrgica da polia A1 da bainha flexora para aliviar a estenose.

Retináculo dos músculos extensores

O retináculo dos músculos extensores é uma forte faixa fibrosa que se estende obliquamente transversalmente ao dorso do punho (Fig. 50.29). Ele é fixado lateralmente à margem anterior do rádio, medialmente aos ossos piramidal e pisiforme e, ao passar cruzando o punho, às cristas no aspecto dorsal da extremidade distal do rádio. Ele evita formação de "corda de arco" dos tendões através da articulação do punho.

Bainhas sinoviais dos tendões dos músculos extensores do carpo

Seis túneis profundos ao retináculo dos músculos extensores transmitem os tendões extensores, e cada um contém uma bainha sinovial. Os tendões do músculo abdutor longo do polegar e do músculo extensor curto do polegar residem em um túnel no lado lateral do processo estiloide do rádio. Ocasionalmente, pode haver uma bainha sinovial separada para cada um, ou o tendão do músculo abdutor pode ser duplo. Os tendões dos músculos extensores radiais longo e curto do carpo jazem atrás do processo estiloide. O tendão do músculo extensor longo do polegar situa-se no lado medial do tubérculo dorsal do rádio, e os tendões do músculo extensor dos dedos e do músculo extensor do indicador jazem em um túnel no lado medial do tubérculo. O tendão do músculo extensor do dedo mínimo situa-se defronte do intervalo entre o rádio e a ulna, e o tendão do músculo extensor ulnar do carpo jaz entre a cabeça e o processo estiloide da ulna.

As bainhas tendíneas dos músculos abdutor longo do polegar, extensores curto e longo do polegar, extensores radiais do carpo e extensor ulnar do carpo param imediatamente proximais às bases dos ossos metacarpais; as dos músculos extensor dos dedos, extensor do indicador e extensor do dedo mínimo são às vezes prolongadas um pouco mais distalmente ao longo do metacarpo.

Tenovaginite de De Quervain A tenovaginite de De Quervain é uma tenovaginite estenosante de etiologia desconhecida que ocorre no primeiro compartimento dorsal ao nível do processo estiloide do rádio. Ela afeta a bainha extensora comum que contém os tendões dos músculos abdutor longo do polegar e extensor curto do polegar. Há espessamento palpável da bainha tendínea com limitação dolorosa da extensão do polegar. O tratamento frequentemente exige a divisão da bainha espessada, cuidado sendo tomado para evitar o nervo radial superficial adjacente. A divisão da bainha não produz comprometimento funcional.

Aparelho dos tendões extensores

Os tendões dos músculos extensores dos dedos emergem através do quarto compartimento dorsal sobre o dorso da mão, onde eles são unidos distalmente por um padrão variável de interconexões oblíquas, as conexões intertendíneas. Estas tipicamente passam em uma direção distal do dedo médio ao dedo indicador e do dedo anular aos dedos médio e mínimo. Lacerações proximais do tendão do músculo extensor do dedo médio

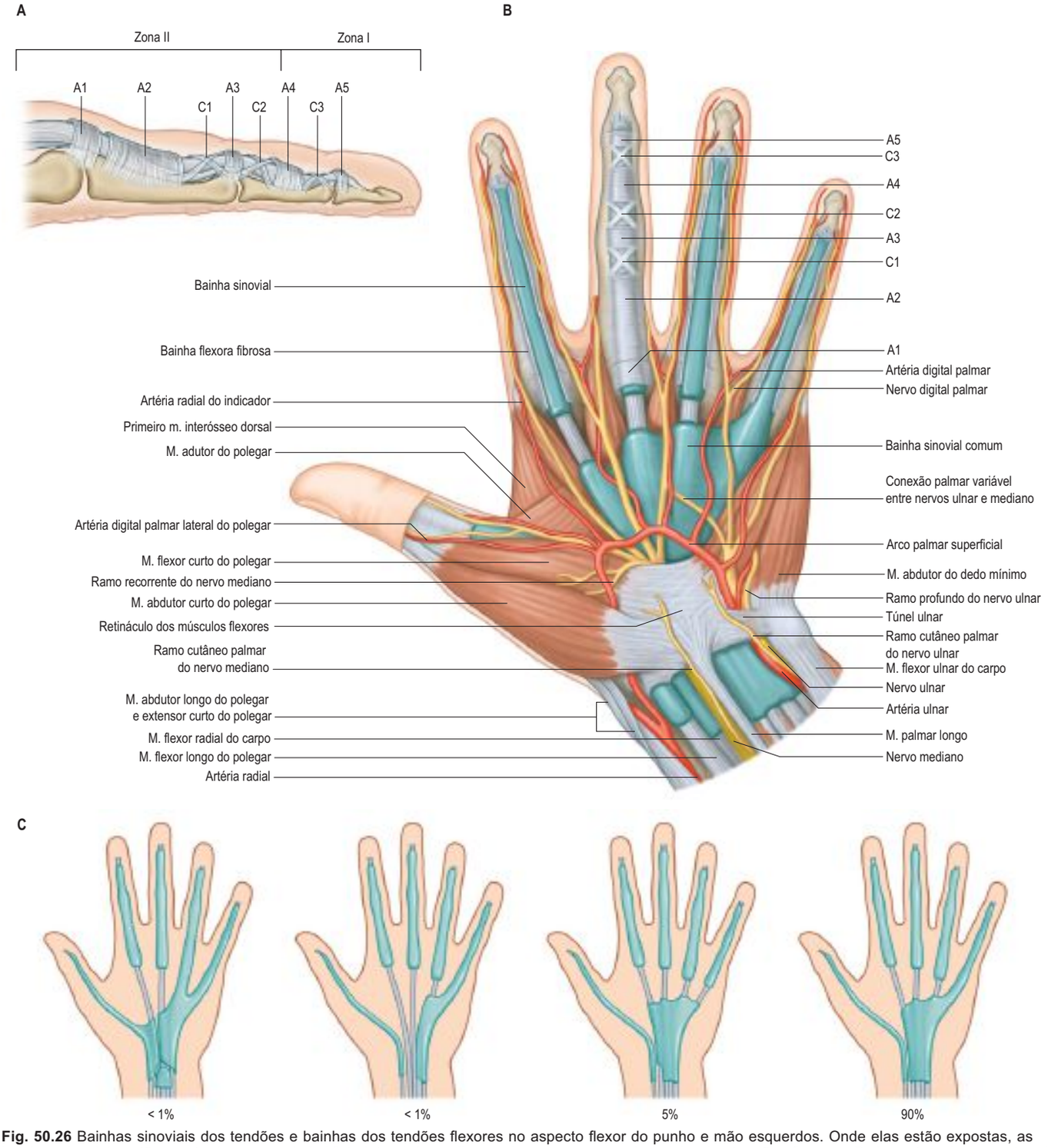


Fig. 50.26 Bainhas sinoviais dos tendões e bainhas dos tendões flexores no aspecto flexor do punho e mão esquerdos. Onde elas estão expostas, as bainhas sinoviais estão mostradas em azul. **A,** Vista lateral das polias anulares e cruzadas da bainha dos tendões flexores. **B,** Aspecto palmar mostrando as bainhas sinoviais e detalhes das polias anulares e cruzadas no dedo médio. Observe que a extensão das artérias e nervos digitais até a extremidade do dedo médio foi omitida para possibilitar clareza ao mostrar o sistema de polias. **C,** Variação na disposição das bainhas sinoviais para os dedos.

podem resultar em perda apenas parcial da extensão em virtude destas conexões intertendíneas.

No nível da articulação metacarpofalângica, cada tendão extensor é mantido em uma posição central sobre o dorso da articulação por uma expansão extensora fibrosa plana (Fig. 50.30). A expansão se estende por sobre o dorso da falange proximal de cada dedo. Ela forma um capuz móvel, que se move distalmente quando a articulação metacarpofalângica é flexionada, e proximalmente quando ela é estendida (posição na qual ela fica mais estreitamente aplicada à articulação).

Cada tendão extensor se funde com a expansão extensora ao longo do seu eixo central, e é separado da articulação metacarpofalângica por uma pequena bolsa. A expansão é triangular em forma, com sua base proximal. Ela recebe os tendões conjugados dos músculos intrínsecos. A expansão é quase transparente entre suas margens e o tendão músculo extensor dos dedos. Fibras transversais (as bandas sagitais) passam para a placa volar e ligamentos metacarpais transversos. Elas separam a fixação falângica do músculo interósseo dorsal do resto do músculo, e o músculo interósseo palmar do músculo lumbrical. Lesões das bandas sagitais podem levar à subluxação do tendão extensor.

As margens das expansões extensoras são espessadas no lado lateral pelos tendões dos músculos lumbricais e interósseos e no lado medial pelo tendão do músculo interósseo isolado ou, no caso do quinto dedo, pelo músculo abdutor do dedo mínimo.

Os tendões dos músculos interósseos se unem à expansão extensora ao nível da porção proximal da falange proximal, enquanto os tendões lumbricais se unem ao mecanismo extensor mais longe distalmente na porção média da falange proximal. Sua linha de tração é proximal ao eixo de rotação na articulação metacarpofalângica, mas dorsal ao eixo de

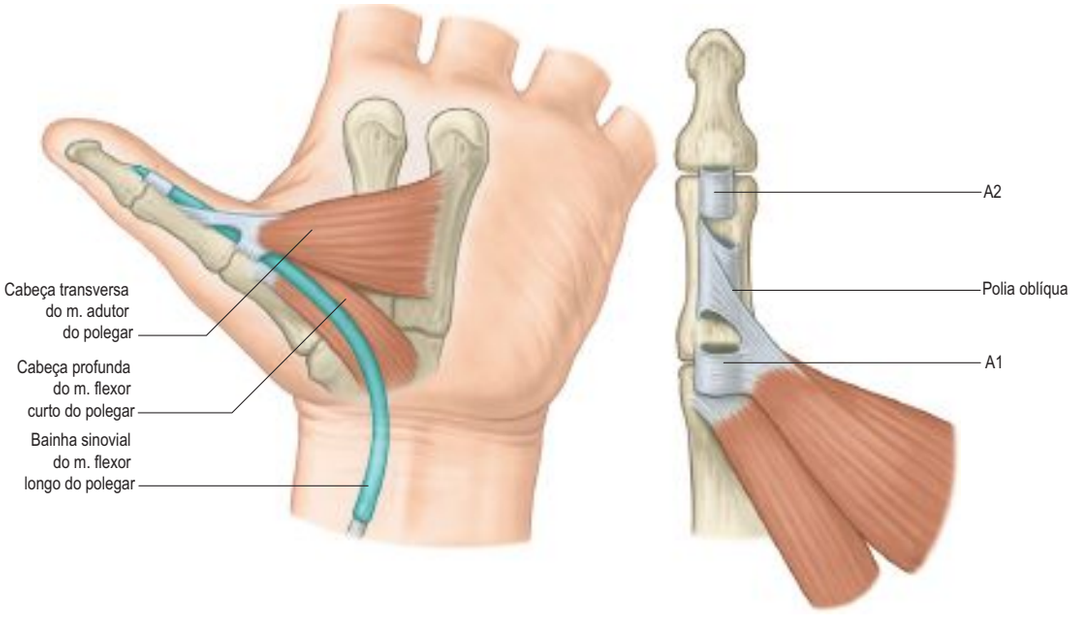


Fig. 50.27 Bainha flexora do polegar esquerdo mostrando as polias anulares e oblíqua. (De Doyle JR, Blythe WF 1977 Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb. J Hand Surg 2: 149-51. Com permissão de American Society for Surgery of the Hand.)

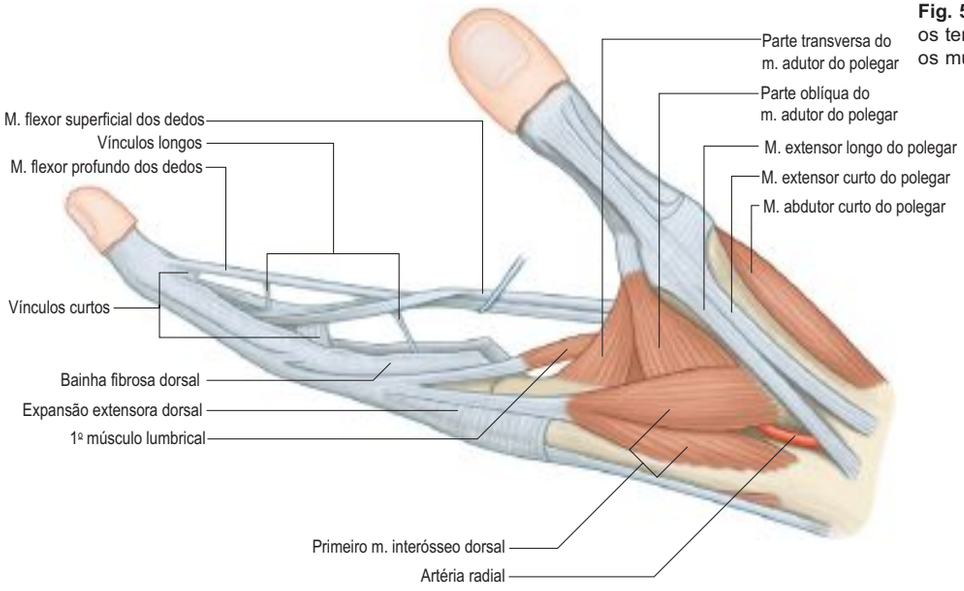


Fig. 50.28 Parte lateral da mão esquerda mostrando os tendões e vínculos tendíneos do dedo indicador e os músculos no primeiro espaço intermetacarpal.

rotação na articulação interfalângica proximal. O mecanismo extensor se trifurca em uma tira central e duas bandas laterais imediatamente proximais à articulação interfalângica proximal. A tira central recebe uma contribuição dos tendões dos músculos lumbrical e interósseo por meio das bandas laterais. Similarmente, algumas fibras da região central passam para cada banda lateral, produzindo uma disposição entrecruzada de fibras. A tira central se insere na base da falange média, enquanto as bandas laterais continuam distalmente e eventualmente se fundem juntas e se inserem na falange distal. A tensão na tira central e nas bandas laterais varia conforme o dedo se mova entre flexão e extensão e desempenha um papel crucial em coordenar atividade sincronizada entre as articulações proximal e distal.

Os ligamentos retinaculares transverso e oblíquo de Landsmeer conectam a bainha flexora fibrosa ao aparelho extensor. O ligamento retinacular transverso passa da polia A3 da bainha flexora fibrosa ao nível da articulação interfalângica proximal para a margem lateral da banda extensora lateral. O ligamento retinacular oblíquo situa-se profundo ao ligamento retinacular transverso. Ele se origina do aspecto lateral da falange proximal e bainha flexora (polia A2) e passa volar ao eixo de rotação da articulação interfalângica proximal, mas em uma direção dorsal e distal para se inserir no tendão extensor terminal.

MÚSCULOS INTRÍNSECOS DA MÃO

Os músculos intrínsecos da mão são organizados em três grupos além de contar com um músculo superficial. Os músculo flexor curto do polegar, abdutor curto do polegar, oponente do polegar e abdutor do polegar atuam sobre o polegar e são conhecidos coletivamente como músculos tenares. Os músculos abdutor do dedo mínimo, flexor curto do dedo mínimo e músculo oponente do dedo mínimo atuam sobre o dedo mínimo e são conhecidos coletivamente como músculos hipotenares. Os interósseos e lumbricais atuam sobre os dedos. O palmar curto é um músculo superficial que reside embaixo da pele palmar ulnar.

Músculo flexor curto do polegar

Fixações O músculo flexor curto do polegar situa-se medial ao músculo abdutor curto do polegar (Fig. 50.31). Ele tem partes superficiais e profundas. A cabeça superficial origina-se do bordo distal do retináculo dos músculos flexores e da parte distal do tubérculo do trapézio, e passa ao longo do lado lateral do tendão do músculo flexor longo do polegar. Ele é fixado ao lado lateral da base da falange proximal do polegar por um tendão que contém um osso sesamoide. A parte profunda origina-se dos ossos trapezoide e capitato e dos ligamentos palmares da fileira distal de ossos carpais, e passa profunda ao tendão do músculo flexor longo do polegar. Ela se une com a cabeça superficial no osso sesamoide e base da primeira falange.

A cabeça superficial frequentemente é fundida com o músculo oponente do polegar. A cabeça profunda varia consideravelmente em tamanho e pode mesmo estar ausente.

Relações O músculo flexor curto do polegar situa-se superficial na eminência tenar e é distal ao músculo abdutor curto do polegar. Ele é cruzado pelo ramo motor do nervo mediano.

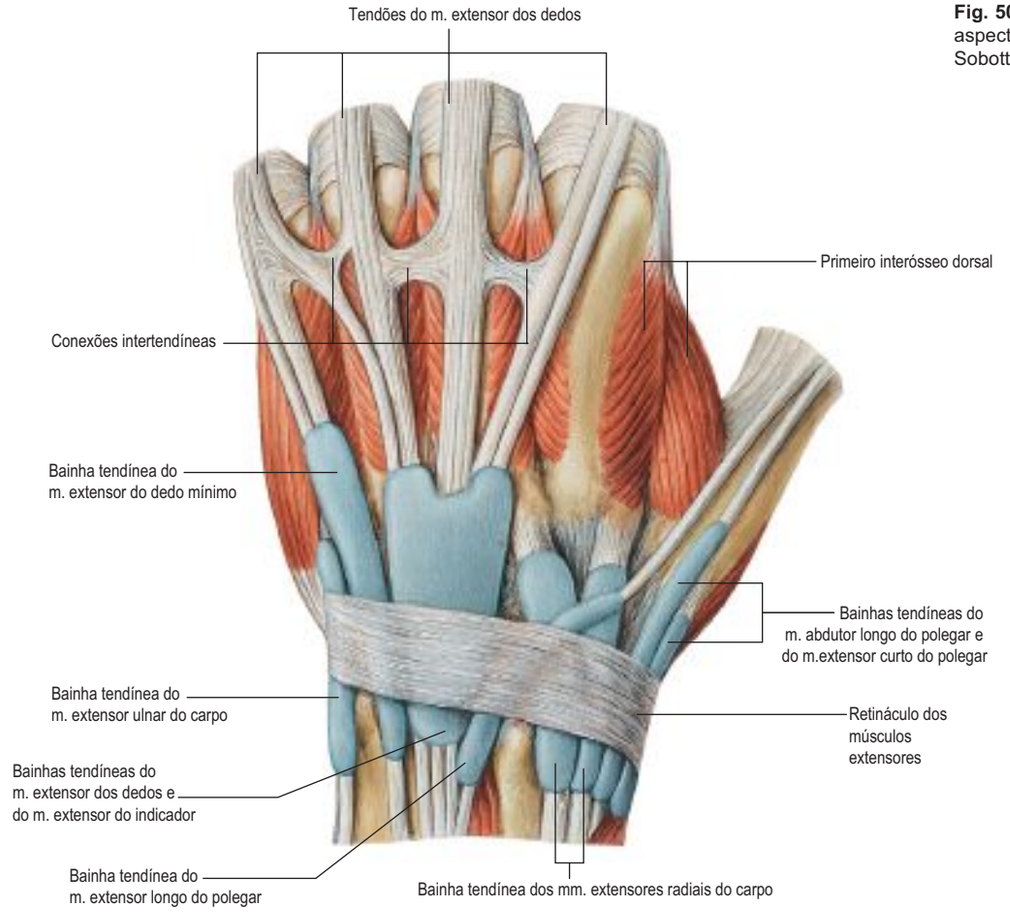


Fig. 50.29 Bainhas sinoviais dos tendões no aspecto extensor do punho esquerdo. (De: Sobotta 2006.)

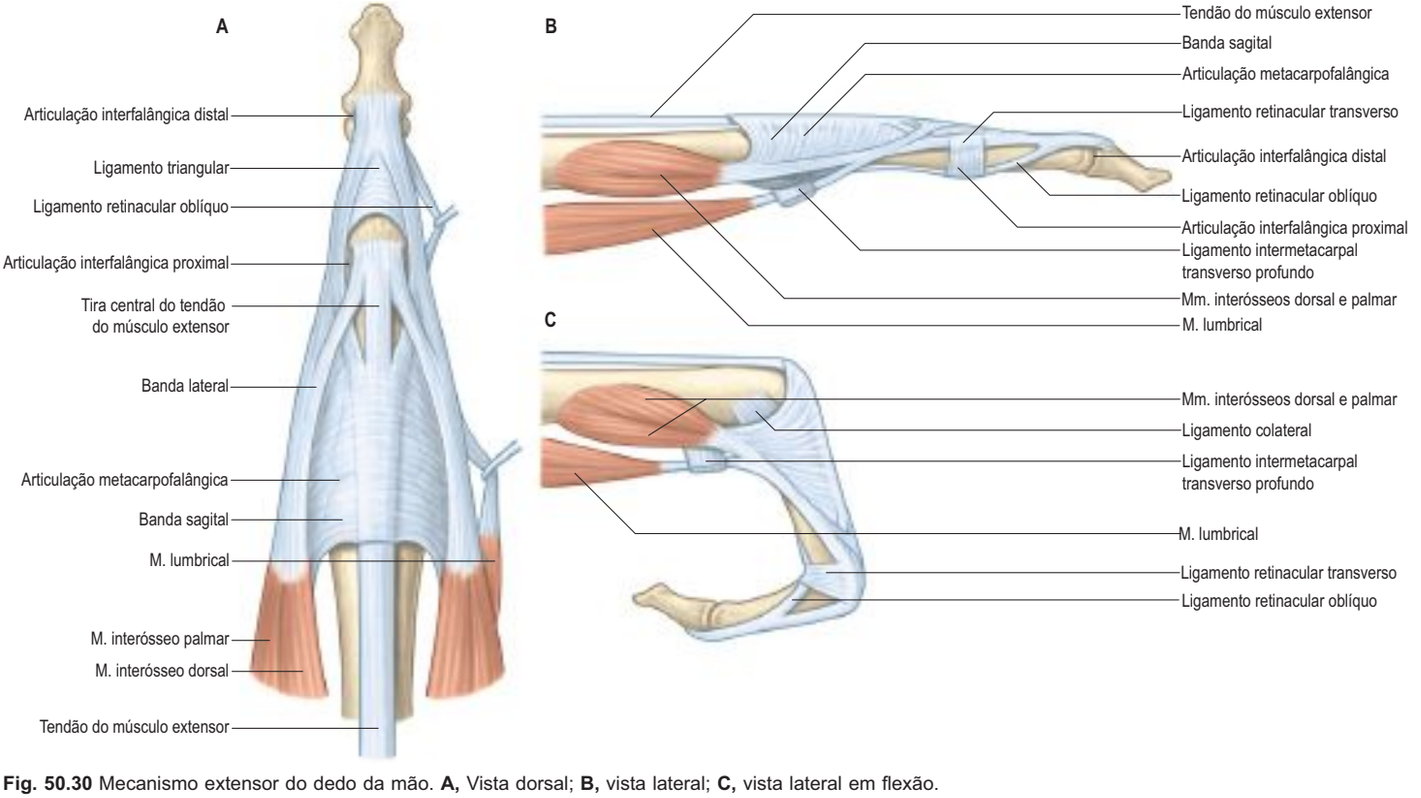


Fig. 50.30 Mecanismo extensor do dedo da mão. **A,** Vista dorsal; **B,** vista lateral; **C,** vista lateral em flexão.

Suprimento vascular O músculo flexor curto do polegar é suprido pelo ramo palmar superficial da artéria radial e ramos da artéria principal do polegar e artéria radial do indicador.

Inervação A cabeça superficial do músculo flexor curto do polegar é usualmente inervada pelo ramo terminal lateral (ramo motor) do nervo mediano. A cabeça profunda é usualmente inervada pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1. Alguma variação é comum.

Ação O músculo flexor curto do polegar flexiona a articulação metacarpofalângica.

Teste O músculo flexor curto do polegar é palpado na eminência tenar enquanto o sujeito flexiona a articulação metacarpofalângica do polegar, mantendo a articulação interfalângica completamente estendida.

Músculo abdutor curto do polegar

Fixações O músculo abdutor curto do polegar é um músculo fino, subcutâneo na parte proximolateral da eminência tenar (Fig. 50.31). Ele se origina principalmente do retináculo dos músculos flexores, mas algumas fibras saem dos tubérculos do osso escafoide e trapézio, e do tendão do músculo abdutor longo do polegar. Suas fibras mediais são fixadas por um tendão delgado, chato, ao lado lateral da base da falange proximal do polegar, e suas fibras laterais unem-se à expansão digital dorsal do polegar. O músculo pode receber faixas acessórias dos extensores longo e curto do polegar, do músculo oponente do polegar ou do processo estiloide do rádio.

Relações O músculo abdutor curto do polegar situa-se proximomedial ao músculo flexor curto do polegar na parte superficial da eminência tenar.

Suprimento vascular O músculo abdutor curto do polegar é suprido pelo ramo palmar superficial da artéria radial, e muitas vezes por um ramo independente diretamente da artéria radial situada no aspecto radial do polegar.

Inervação O músculo abdutor curto do polegar é inervado pelo ramo terminal lateral (ramo motor) do nervo mediano, C8 e T1. Observar que este é o único músculo da eminência tenar que é constantemente suprido pelo nervo mediano.

Ação O músculo abdutor curto do polegar traciona o polegar ventralmente em um plano perpendicular à palma da mão (abdução).

Teste A mão é posta com seu dorso sobre a mesa. O polegar do sujeito é colocado de tal modo que a unha esteja em um plano perpendicular à palma da mão. O sujeito é instruído a tocar com seu polegar um objeto mantido verticalmente acima do polegar. Este é um teste altamente específico para uma lesão de nervo mediano.

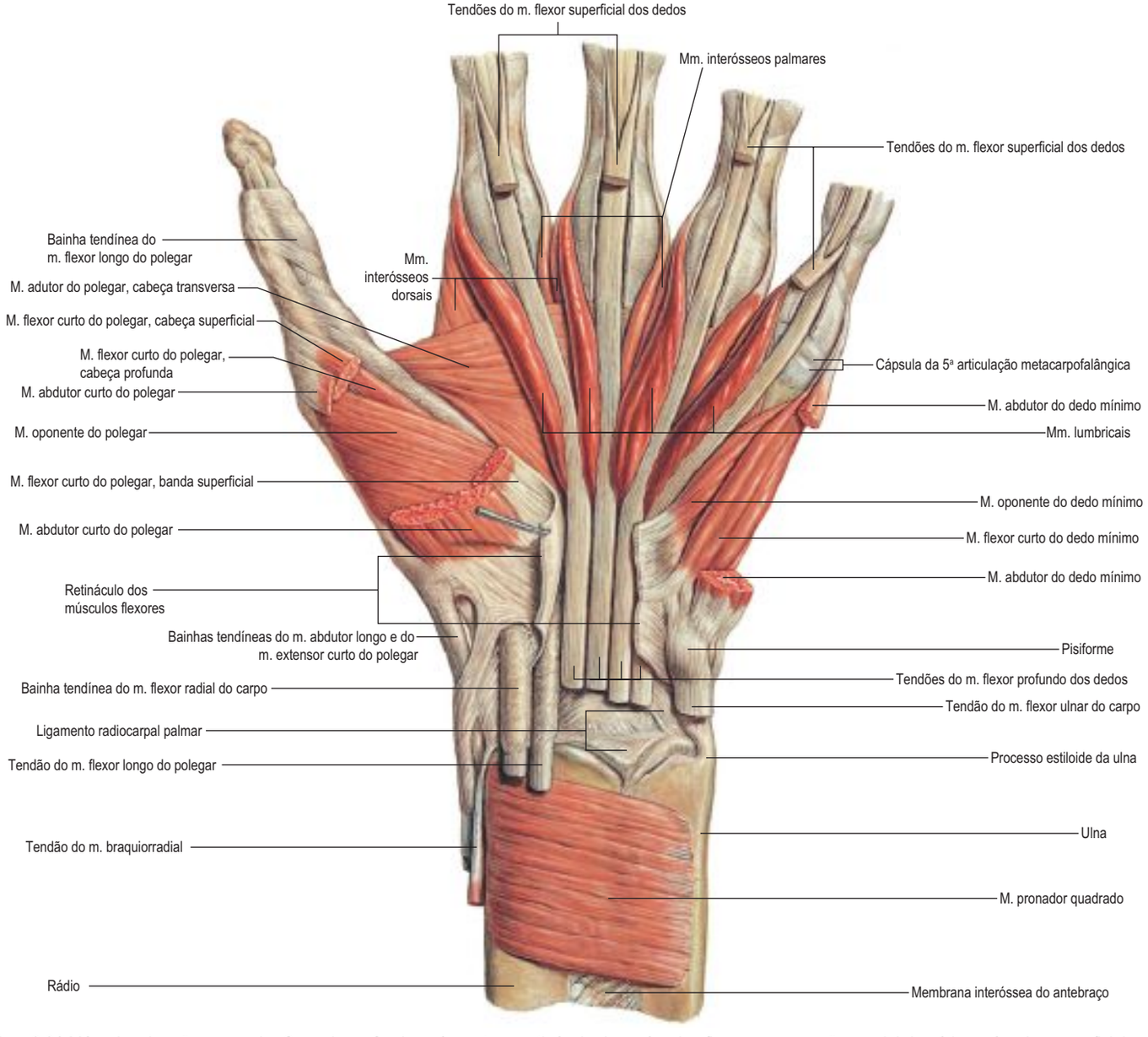


Fig. 50.31 Músculos da mão esquerda. Camada profunda após cortar o retináculo dos músculos flexores e remoção parcial de vários músculos superficiais: vista palmar. (De Sobotta 2006.)

Músculo oponente do polegar

Fixações O músculo oponente do polegar situa-se profundo ao músculo abdutor curto do polegar (Fig. 50.31). Ele se origina do tubérculo do trapézio e do retináculo dos músculos flexores, e é fixado ao comprimento total da margem lateral e à metade lateral adjacente da face palmar do osso metacarpal do polegar.

Relações O músculo oponente do polegar reside profundo entre os outros dois músculos da eminência tenar e só é revelado quando eles são afastados.

Suprimento vascular O músculo oponente do polegar é suprido pelo ramo palmar superficial da artéria radial e por ramos da primeira artéria metacarpal palmar (quando presente), artéria principal do polegar, artéria radial do indicador e do arco palmar profundo.

Inervação O músculo oponente do polegar é inervado pelo ramo terminal lateral do nervo mediano, C8 e T1 e comumente por um ramo do ramo terminal profundo do nervo ulnar.

Ação O músculo oponente do polegar flexiona o osso metacarpal do polegar.

Teste O sujeito tenta, contra resistência, tocar a ponta do dedo mínimo com o polegar. A observação-chave é se o polegar pode ou não ser fortemente aduzido sem flexionar a articulação IF.

Músculo adutor do polegar

Fixações O músculo adutor do polegar se origina das cabeças oblíqua e transversa (Fig. 50.31). A cabeça oblíqua é fixada ao osso capitato, bases do segundo e terceiro ossos metacarpais, ligamentos palmares do carpo e à bainha do tendão do músculo flexor radial do carpo. A maioria das fibras converge em um tendão (que contém um osso sesamoide), o qual se une com o tendão da cabeça transversa, e é fixado ao lado medial da base da falange proximal do polegar. As fibras mais profundas podem passar para o lado medial da expansão digital dorsal do polegar. No lado lateral da cabeça oblíqua, um fascículo considerável passa profundamente em relação ao tendão do músculo flexor longo do polegar para se unir ao músculo flexor curto do polegar; isto foi descrito como a "cabeça profunda" do músculo flexor curto do polegar. A cabeça transversa é o mais profundo dos músculos do polegar, é triangular e se origina dos dois terços distais da face palmar do terceiro metacarpal. As fibras convergem para ser inseridas, com a cabeça oblíqua e o primeiro interósseo palmar, na base da falange proximal do polegar. As duas partes do músculo adutor variam em tamanho relativo e grau de conexão.

Relações O arco palmar profundo e o ramo profundo do nervo ulnar passam entre as duas cabeças do músculo. Anteriormente o músculo adutor do polegar é cruzado pelos tendões flexores do dedo indicador e sua bainha, e o primeiro lumbrical, e tem a superposição do músculo flexor curto do polegar. Posteriormente ele faz contato com o músculo primeiro interósseo dorsal: juntos, estes músculos formam a massa do primeiro espaço membranáceo da mão.

Suprimento vascular O músculo adutor do polegar é suprido pela artéria principal do polegar e a artéria radial do indicador (as quais são às vezes combinadas como a primeira artéria metacarpal palmar) e por ramos do arco palmar profundo.

Inervação O músculo adutor do polegar é inervado pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação O músculo adutor do polegar aproxima o polegar da palma da mão. Ele atua com maior vantagem quando o polegar abduzido, girado e flexionado é oposto aos dedos na preensão.

Teste Com o polegar jazendo ao longo do aspecto palmar do dedo indicador, e com sua unha em um plano perpendicular à palma, o sujeito é solicitado a reter uma tira de papel entre o polegar e a palma contra resistência.

Músculo abdutor do dedo mínimo

Fixações O músculo abdutor do dedo mínimo se origina do osso pisiforme, do tendão do músculo flexor ulnar do carpo e do ligamento pisohamato (Fig. 50.31). Ele termina em um tendão plano que se divide em duas tiras: uma é fixada ao lado medial da base da falange proximal do dedo mínimo, e a outra à margem medial da expansão digital dorsal do músculo extensor do dedo mínimo.

O músculo pode ter duas ou três faixas e pode ser fundido com o músculo flexor curto do dedo mínimo. Uma faixa adicional pode se originar do retináculo dos músculos flexores, fáscia do antebraço ou tendões do músculo palmar longo ou do músculo flexor ulnar do carpo. Ele pode ser parcialmente conectado ao quinto metacarpal por uma faixa a partir do pisiforme.

Relações O músculo abdutor do dedo mínimo situa-se ao longo da margem medial do músculo flexor curto do dedo mínimo e é sobrejacente ao músculo oponente do dedo mínimo.

Suprimento vascular O músculo abdutor do dedo mínimo é suprido pelo ramo palmar profundo da artéria ulnar, ramos do extremo ulnar do arco palmar superficial e a artéria digital palmar para a margem medial do dedo mínimo.

Inervação O músculo abdutor do dedo mínimo é inervado pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T2.

Inervação O músculo abdutor do dedo mínimo é inervado pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação O músculo abdutor do dedo mínimo abduz o dedo mínimo para longe do quarto, por exemplo, no afastamento habitual dos dedos quando eles são estendidos. Abdução também é possível quando os dedos 2-4 são firmemente aduzidos em flexão ou extensão.

Teste O músculo abdutor do dedo mínimo é testado por abdução do dedo mínimo contra resistência.

Músculo flexor curto do dedo mínimo

Fixações O músculo flexor curto do dedo mínimo origina-se da face convexa do hâmulo do hamato e da face palmar do retináculo dos músculos flexores. Ele se insere no lado medial da base da falange proximal do dedo mínimo com o músculo abdutor do dedo mínimo.

Ele pode estar ausente ou fundido com o músculo abdutor, e pode se fixar na extremidade distal do quinto metacarpal por uma faixa muscular.

Relações O músculo flexor curto do dedo mínimo reside lateral ao músculo abdutor. Sua origem é separada daquela do músculo abdutor pelos ramos profundos da artéria e nervo ulnares.

Suprimento vascular O músculo flexor curto do dedo mínimo é suprido pelo ramo palmar profundo da artéria ulnar, ramos do extremo medial do arco palmar superficial e a artéria digital palmar para a margem medial do dedo mínimo.

Inervação O músculo flexor curto do dedo mínimo é inervado pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação O músculo flexor curto do dedo mínimo produz flexão do dedo mínimo na sua articulação metacarpofalângica, juntamente com alguma rotação lateral.

Teste O sujeito flexiona a articulação metacarpofalângica do dedo mínimo enquanto o examinador mantém as articulações interfalângicas em extensão.

Músculo oponente do dedo mínimo

Fixações O músculo oponente do dedo mínimo é um músculo triangular, que jaz sob a cobertura dos músculos flexor e abdutor. Ele se origina da convexidade do hâmulo do hamato e da porção contígua do retináculo dos músculos flexores, e se insere ao longo do comprimento inteiro da margem medial do quinto osso metacarpal e na face palmar adjacente.

O músculo é muitas vezes dividido em duas lamelas pelos ramos profundos da artéria e nervo ulnares. Ele se funde em grau variável com seus vizinhos.

Relações O músculo oponente do dedo mínimo situa-se na margem medial e face palmar adjacente do quinto metacarpal, superposto por, e muitas vezes parcialmente fundido com, os outros dois músculos da eminência hipotenar.

Suprimento vascular O músculo oponente do dedo mínimo é suprido pelo ramo palmar profundo da artéria ulnar e ramos do extremo medial do arco palmar profundo.

Inervação O músculo oponente do dedo mínimo é inervado pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação O músculo oponente do dedo mínimo flexiona o quinto osso metacarpal, puxando-o para a frente e rotando-o lateral na articulação carpometacarpal: isto aprofunda a concavidade da palma. Estas ações,

junto com flexão e alguma rotação lateral nas articulações metacarpofalângica e interfalângica, trazem o dedo para oposição ao polegar.

Teste O sujeito é solicitado a colocar a ponta do dedo mínimo contra resistência, de encontro à ponta do polegar em oposição, enquanto o examinador mantém as articulações interfalângicas do dedo mínimo em extensão.

Músculo palmar curto

Fixações O músculo palmar curto é um músculo fino, quadrilátero, situado embaixo da pele do lado medial da palma (Fig. 50.4). Ele se origina do retináculo dos músculos flexores e da margem medial da parte central da aponeurose palmar, e é fixado à derme na margem medial da mão.

Relações O músculo palmar curto é superficial à artéria ulnar e ao ramo terminal superficial do nervo ulnar.

Suprimento vascular O músculo palmar curto é suprido por ramos do extremo medial do arco palmar superficial.

Inervação O músculo palmar curto é inervado pelo ramo superficial do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação O músculo palmar curto enruga a pele no lado medial da palma e aprofunda a concavidade da palma acentuando a eminência hipotenar. Desta maneira ele pode contribuir para a firmeza da preensão palmar.

Teste Contra resistência, o sujeito toca a ponta do polegar oposto com a ponta do dedo mínimo; a pele no lado medial da palma é vista se pregueando.

Músculos interósseos

Os músculos interósseos ocupam os intervalos entre os ossos metacarpais, e são divididos em um conjunto palmar e um dorsal.

Músculos interósseos palmares

Fixações Os músculos interósseos palmares são menores que os músculos interósseos dorsais e se situam nas faces palmares dos ossos metacarpais em vez de entre eles (Fig. 50.32). Com a exceção do primeiro, cada um dos outros três se origina do comprimento inteiro do osso metacarpal de um dedo e passa para o lado apropriado (adutor) da expansão digital dorsal.

O dedo médio não tem músculo interósseo palmar. Os dedos restantes possuem músculos interósseos palmares nos seus aspectos que dão face para o dedo médio. O primeiro se origina do lado medial da face palmar da base do primeiro osso metacarpal, e é inserido em um osso sesamoide no lado medial da falange proximal e daí passa para a falange e comumente também para a expansão digital dorsal. Ele fica na frente da cabeça lateral do primeiro músculo interósseo dorsal e é anteriormente superposto pela cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar (Figs. 50.31, 50.32). É muitas vezes bastante rudimentar porque o polegar tem seu próprio músculo adutor poderoso. O segundo se origina do lado medial do segundo osso metacarpal e é inserido no mesmo lado da expansão digital do dedo indicador. O terceiro se origina do lado lateral do quarto osso metacarpal e é inserido junto com o terceiro músculo lumbrical. O quarto se origina do lado lateral do quinto osso metacarpal e é fixado com o quarto músculo lumbrical e também na base da falange proximal. A fixação destes músculos nas expansões digitais dorsais (Fig. 50.30) estabiliza os tendões extensores sobre as cabeças convexas dos ossos metacarpais durante a flexão e a extensão nas articulações metacarpofalângicas.

Os músculos interósseos apresentam pouca variação na sua disposição. Eles ocasionalmente são duplicados.

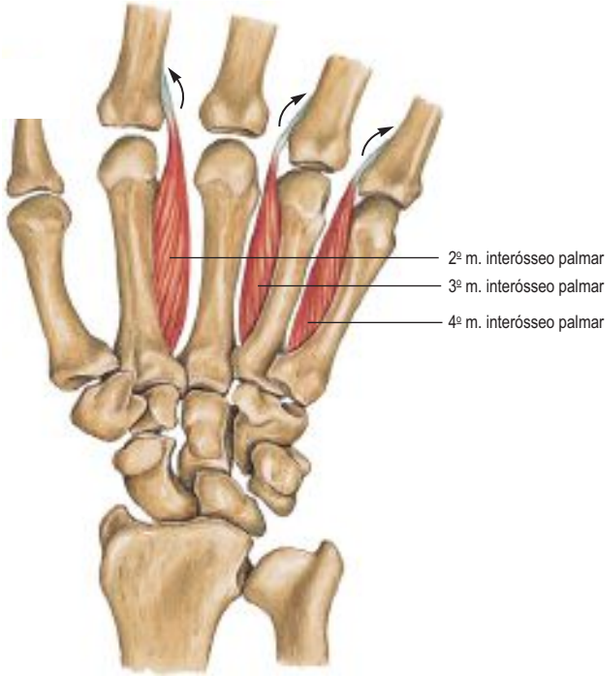


Fig. 50.32 Músculos interósseos palmares da mão esquerda: vista palmar. Observar que não há primeiro músculo interósseo palmar nesta peça. (De Sobotta 2006.)

Relações O primeiro músculo interósseo palmar situa-se anterior à cabeça lateral do primeiro interósseo dorsal e é anteriormente superposto pela cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar, o qual também cruza anterior o segundo músculo interósseo palmar. O terceiro e o quarto têm a superposição dos tendões dos músculos flexores longos do dedo anular e o mínimo, respectivamente, dentro das suas bainhas flexoras.

Suprimento vascular Os músculos interósseos palmares são supridos por ramos do arco palmar profundo, artéria principal do polegar, artéria radial do indicador, artérias metacarpais palmares, artérias perfurantes proximais e distais e artérias digitais comuns e propriamente ditas (palmares).

Inervação Todos os músculos interósseos são inervados pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação Os músculos interósseos palmares aduzem os dedos a um eixo longitudinal imaginário através do centro do dedo médio. Os músculos interósseos têm uma área considerável de seção transversa e por essa razão contribuem fortemente para flexão das articulações metacarpofalângicas e extensão interfalângica. Quando paralisados, como na paralisia do nervo ulnar, a força de preensão da mão é gravemente prejudicada e o arco de movimento dos dedos é anormal, com uma tendência dos dedos à formação de garra. Cada músculo interósseo possui uma considerável capacidade de rodar o dedo na articulação metacarpofalângica. Geralmente, isto não é óbvio, porque os interósseos atuam em pares, mas pode ocorrer quando um interósseo é deficiente como resultado de lesão ou deformidade congênita.

Teste Adução dos dedos indicador, anular e mínimo contra resistência. O sujeito prende um pedaço de papel entre os dedos indicador e médio com a mão posta plana sobre a mesa. O examinador pode avaliar a força da adução ao tentar puxar o papel para tirá-lo fora. Este é um teste confiável de integridade do nervo ulnar.

Músculos interósseos dorsais

Fixações Os músculos interósseos dorsais consistem em quatro músculos bipenados, cada um originando-se dos lados adjacentes de dois ossos metacarpais, porém mais extensamente do osso metacarpal do dedo para o qual o músculo passa (Fig. 50.33). Eles se inserem nas bases das falanges proximais e separadamente nas expansões digitais dorsais. Entre a dupla origem de cada um destes músculos há um intervalo triangular estreito. A artéria radial passa através do primeiro destes intervalos, e um ramo perfurante a partir do arco palmar profundo passa através de cada um dos outros. O primeiro e maior músculo é às vezes chamado abdutor do indicador. Ele é fixado no lado lateral da falange proximal do dedo indicador e à cápsula da articulação metacarpofalângica adjacente. O segundo e o terceiro são fixados aos lados lateral e medial do dedo médio, respectivamente. Enquanto o segundo geralmente alcança a expansão digital e falange proximal, o terceiro geralmente se estende apenas à expansão digital (Fig. 50.30). O quarto pode ser inteiramente fixado na expansão digital, porém ele muitas vezes envia uma faixa adicional à falange proximal.

Relações O primeiro músculo interósseo dorsal faz contato anteriormente com o músculo adutor do polegar. Os outros músculos interósseos dorsais ocupam os espaços entre o segundo e o quinto ossos metacarpais.

Suprimento vascular Os músculos interósseos dorsais são supridos pelas artérias metacarpais dorsais (1º-4º), artérias metacarpais palmares (2º-4º), artéria radial (1º); artéria principal do polegar, artéria radial do indicador, três ramos perfurantes a partir do arco palmar profundo (arté-

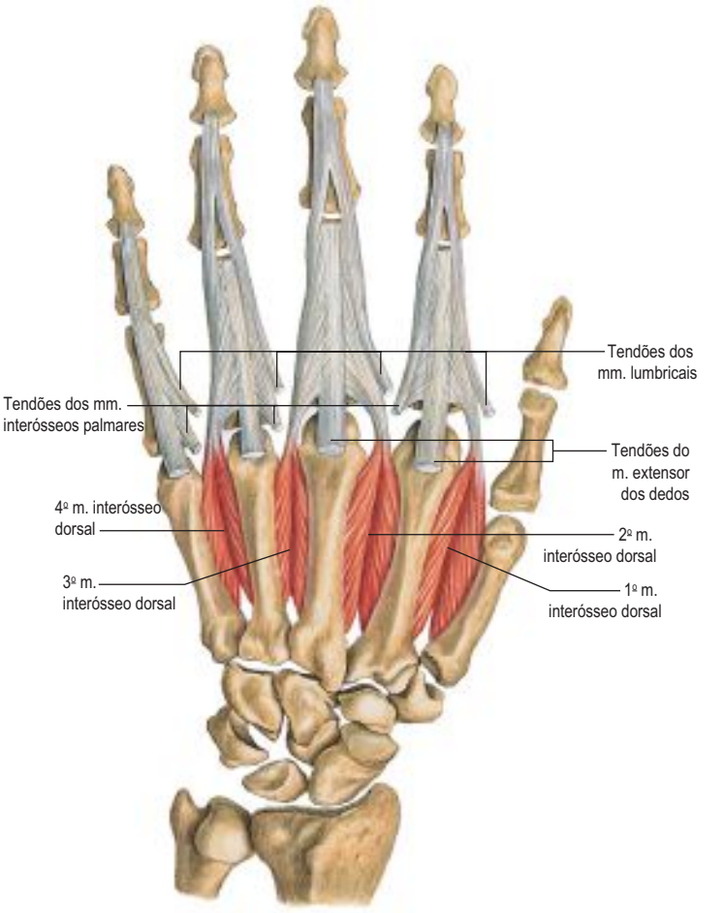


Fig. 50.33 Músculos interósseos dorsais da mão esquerda: vista palmar. (De Sobotta 2006.)

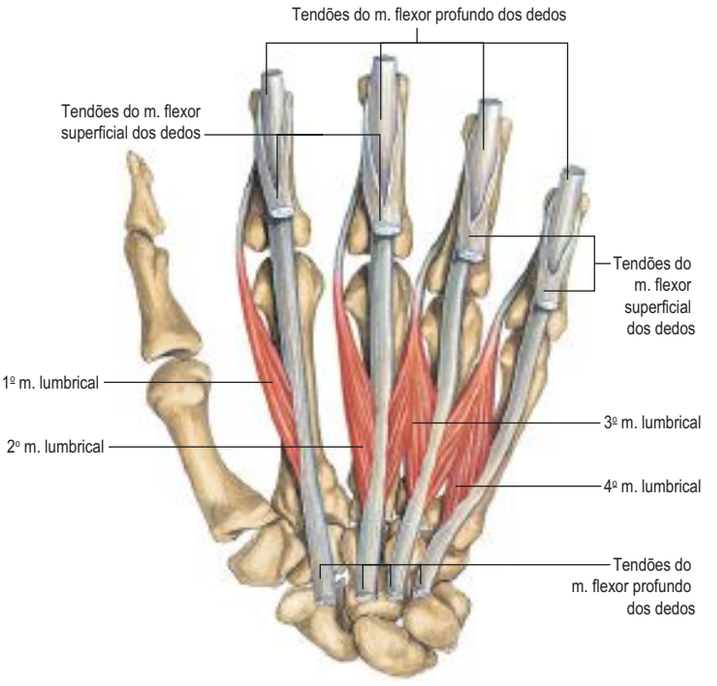


Fig. 50.34 Músculos lumbricais da mão esquerda. (De Sobotta 2006.)

rias perfurantes proximais) e três ramos perfurantes distais. Os tendões são supridos por ramos das artérias digitais palmares comuns e propriamente ditas e as artérias digitais dorsais.

Inervação Todos os interósseos são inervados pelo ramo profundo do nervo ulnar, C8 e T1.

Ação Os músculos interósseos dorsais abduzem os dedos a partir de um eixo longitudinal imaginário através do centro do dedo médio. Ver também Ação dos interósseos palmares.

Teste Abdução dos dedos indicador, médio e anular contra resistência. Mais convenientemente, o primeiro músculo interósseo dorsal é testado com os dedos e palma do sujeito planos sobre a mesa. O sujeito tenta abduzir o dedo indicador contra a resistência do examinador. O ventre muscular pode ser palpado e visto. Isto fornece um teste confiável quanto à integridade do nervo ulnar.

Músculos lumbricais

Fixações Os músculos lumbricais são quatro pequenos fascículos que se originam dos tendões do músculo flexor profundo dos dedos (Fig. 50.34). O primeiro e o segundo originam-se dos lados laterais e faces palmares dos tendões dos dedos indicador e médio respectivamente. O terceiro origina-se dos lados adjacentes dos tendões dos dedos anular e mínimo. Cada um passa para o lado lateral do dedo correspondente, e é fixado à margem lateral da expansão digital dorsal do músculo extensor dos dedos que cobre a face dorsal do dedo.

Variações nas fixações dos músculos lumbricais são comuns. Qualquer um deles pode ser unipenado ou bipenado. Quando são bipenados, as duas cabeças se originam de tendões adjacentes do músculo flexor profundo dos dedos, e no caso do primeiro músculo lumbrical, do tendão do músculo flexor longo do polegar. Tiras lumbricais acessórias podem ser inseridas em um tendão adjacente do músculo flexor superficial dos dedos.

Suprimento vascular O primeiro e o segundo músculos lumbricais são supridos pela primeira e segunda artérias metacarpais dorsais e digitais dorsais. O terceiro e o quarto lumbricais são supridos pela segunda e terceira artérias digitais palmares comuns, e a terceira e quarta artérias digitais dorsais e suas anastomoses com as artérias digitais palmares.

Inervação O primeiro e o segundo músculos lumbricais são inervados pelo nervo mediano, C8 e T1, e o terceiro e quarto músculos lumbricais pelo ramo terminal profundo do nervo ulnar, C8 e T1. O terceiro músculo lumbrical frequentemente recebe um suprimento do nervo mediano. O primeiro e o segundo músculos lumbricais são ocasionalmente inervados pelo ramo terminal profundo do nervo ulnar.

Ação Os músculos lumbricais originam-se de tendões flexores e se inserem no aparelho extensor. Uma vez que ambas as fixações são móveis, eles têm o potencial de produzir movimento em qualquer uma delas. A ação sobre o aparelho extensor é mais fácil de compreender e consiste em extensão de ambas as articulações interfalângicas de uma maneira coordenada. O modo de ação nas articulações metacarpofalângicas é debatido, mas se houver uma ação flexora ela é muito fraca. O efeito sobre a fixação no músculo flexor profundo dos dedos é puxar o tendão distalmente. A ação combinada de ambas a origem e a inserção é, portanto, alterar a postura do dedo para permitir mais extensão interfalângica. Fazer pinça com o dedo indicador contra o polegar sem um músculo lumbrical resultaria em um contato de unha com unha: a adição do músculo lumbrical aumenta a extensão das articulações interfalângicas e resulta em pinça de polpa com polpa. Os músculos lumbricais contêm muitos fusos musculares e têm um comprimento longo de fibras: portanto é razoável supor que eles desempenham um papel na propriocepção.

Teste Os músculos lumbricais não podem ser testados isoladamente, mas o complexo muscular lumbrical-interósseo pode facilmente ser examinado em conjunto. O examinador retém a articulação metacarpofalângica do dedo indicador em hiperextensão e o sujeito é instruído a estender as duas articulações interfalângicas contra resistência. Este teste é repetido seriadamente nos dedos médio, anular e mínimo.

MOVIMENTOS COORDENADOS DA MÃO

As funções humanas aparentemente simples de fechar a mão para apanhar um objeto, ou abrir a palma para soltá-lo, são na realidade tarefas de considerável complexidade mecânica, exigindo a contração simultânea de muitos músculos individuais. A ação isolada de um único músculo pode ser inferida das posições da sua origem e inserção, e da linha estimada de ação (usualmente a linha do centro do músculo) com relação aos eixos de todas as articulações atravessadas pelo músculo e seu tendão. O membro pode ser visto como uma cadeia de articulações cruzadas por músculos. Se for sabido que músculos estão ativos, então a razão por que

uma articulação se move, e outras não, é uma questão de relações mecânicas simples.

Por exemplo, considera-se que o músculo flexor longo do polegar tem um papel importante como flexor da articulação interfalângica do polegar. Entretanto, a posição do seu tendão em relação às articulações mais proximais no membro lhe dá o potencial de produzir flexão na articulação metacarpofalângica e também nas articulações trapeziometacarpal e do punho. No indivíduo vivo, o movimento real que ocorre depende de quais outros grupos musculares estão atuando, e assim o potencial de movimento deve ser considerado para cada articulação na cadeia por sua vez. O movimento no punho geralmente é equilibrado pelos extensores do punho. Movimento na articulação trapeziometacarpal é equilibrado pelo músculo abdutor longo do polegar. O músculo flexor longo do polegar então terá uma ação como flexor das articulações metacarpofalângica e interfalângica apenas.

O fator que determina se uma ou ambas de duas articulações se moverão é o momento de rotação em cada uma. Quanto maior a distância perpendicular desde a linha de tração do músculo ou tendão ao eixo da articulação, mais forte é o efeito de rotação do músculo nessa articulação, mas menor a amplitude de movimento articular que pode ser produzida. No caso do músculo flexor longo do polegar, o tendão é situado mais longe do eixo da articulação metacarpofalângica que do eixo da articulação interfalângica: por essa razão ele tenderá preferencialmente a produzir flexão na articulação metacarpofalângica, a menos que essa articulação seja restringida pelo músculo extensor curto do polegar. Desta maneira, diferentes posturas do polegar podem ser produzidas pela interação de forças flexoras e extensoras. Estes princípios simples devem prover uma compreensão da ação muscular na mão que é suficiente para a maioria das finalidades.

Ao considerar o papel de um determinado músculo, há uma tendência a concentrar em movimento. De fato, muitos músculos são denominados com base nos movimentos que eles geram, embora outros – muitas vezes aqueles cujas ações são as mais difíceis de interpretar – sejam descritos de acordo com a sua morfologia ou situação. Uma função mais importante pode ser a natureza da força gerada. Por exemplo, embora o músculo flexor longo do polegar flexione o polegar (ver anteriormente), uma grande amplitude de flexão é na realidade requerida em apenas algumas atividades, como certas tarefas de rasgar. Na maioria das tarefas de pinçamento e manipulação, o papel do polegar é aplicar força isométrica, o que ele faz com tal precisão que é possível apanhar um ovo e nem esmagá-lo nem o deixar cair. Assim, em grande parte do tempo, o músculo flexor longo do polegar se comporta como um mecanismo extremamente sofisticado para aplicação de força, no qual contração e propriocepção são igualmente importantes.

A posição anatômica da mão (palma plana e apontando anteriormente, antebraço supinado) é um padrão conveniente para estudar relações estruturais. A mão na posição relaxada (anestesiada) adota uma postura de flexão parcial em meia supinação/pronação (o leitor pode verificar isto relaxando-se completamente e observando a posição do antebraço e mão).

FUNÇÕES ESPECIAIS DA MÃO

Fechamento da mão

É claro que os dedos e a palma da mão se flexionam ao pegar, agarrar ou cerrar um punho, mas há diferenças sutis na postura da mão nestas várias atividades. Os mecanismos básicos do fechamento da mão serão descritos antes que preensões especiais sejam consideradas.

Quando os dedos se flexionam, o punho usualmente se estende (dorsiflexiona) ao mesmo tempo. O envolvimento dos flexores longos dos dedos neste movimento será considerado primeiro, seguido por uma análise do papel do punho.

Papel dos flexores longos dos dedos

O músculo flexor superficial dos dedos atua principalmente para flexionar as articulações interfalângicas proximais, através das suas inserções nas falanges médias. Entretanto, em cada dedo ele também tem uma ação sobre a articulação metacarpofalângica, porque o tendão passa anterior a essa articulação. O músculo tem o potencial de produzir flexão no punho pela mesma razão. O fato de que cada tendão se origina de uma faixa muscular individual permite ao clínico testar um dedo de cada vez. O leitor pode verificar isto tentando flexionar cada dedo individualmente enquanto usa a outra mão para manter em extensão as articulações interfalângicas distais dos dedos restantes. Este teste é frequentemente usado na prática clínica e é útil para os dedos médio e anular, nos quais a flexão de um dedo isolado tem que ser atribuída ao músculo flexor superficial dos dedos. O dedo indicador, no entanto, possui sua própria unidade musculotendínea profunda e pode portanto mover-se independentemente sob a ação deste tendão. Muitos indivíduos não são capazes de flexionar a articulação interfalângica proximal do dedo mínimo isoladamente; geralmente isto ocorre por causa de ligação entre os tendões dos músculos flexores superficiais dos dedos anular e mínimo, mas ocasionalmente pode ser porque o superficial é deficiente. A maioria dos indivíduos é capaz de flexionar a articulação metacarpofalângica do dedo mínimo usando o músculo flexor do dedo mínimo.

O músculo flexor profundo dos dedos alcança mais longe (a falange distal), e é portanto o único músculo disponível para flexão da articulação interfalângica distal. Ele também contribui, junto com o superficial, para flexão nas articulações interfalângica proximal e metacarpofalângica. Estes dois flexores longos (às vezes chamados flexores extrínsecos, porque os ventres musculares estão fora da mão) podem ser considerados como atuando juntos para flexionar o dedo. Entretanto, sua ação isolada enrolaria as articulações interfalângicas antes das metacarpofalângicas, e o dedo não se moveria em um arco normal de flexão. Isto é precisamente o que acontece em uma paralisia do nervo ulnar, na qual os músculos interósseos e lumbricais não estão funcionando. Estes pequenos músculos (intrínsecos) foram descritos anteriormente em termos das suas ações individuais. Quanto ao seu papel na atividade coordenada, é suficiente apreciar que a sua contribuição modifica o arco produzido pelos músculos flexores longos, aumentando a flexão na articulação metacarpofalângica e reduzindo a flexão na articulação interfalângica proximal. Todas as três articulações são então anguladas ao mesmo grau e os dedos formam um arco normal de flexão. À medida que o dedo se flexiona, os tendões dos músculos extensores longos (músculos extensor dos dedos, extensor do indicador e extensor do dedo mínimo) ajudam no processo relaxando-se e permitindo que o aparelho extensor deslize distalmente sobre o dorso das falanges (pág. 879.)

Papel do punho

Quando os dedos se enrolam para fechar um punho, a articulação do punho tende a se estender, particularmente quando uma força é aplicada. Esta extensão tem um efeito acentuado sobre a excursão dos tendões dos músculos flexores longos. Por si própria, a flexão digital requereria que os tendões longos se movessem proximalmente nas suas bainhas, e os músculos flexores no antebraço se encurtariam. A extensão do punho tende a produzir um alongamento dos mesmos músculos, o que no uso normal é quase suficiente para equilibrar o encurtamento devido à flexão dos dedos; o efeito líquido é um encurtamento muito leve (aproximadamente 1 cm) dos músculos flexores longos no antebraço. O punho pode, portanto, ser visto como um mecanismo para maximizar a força, porque permite que os dedos se flexionem enquanto mantêm o comprimento de repouso dos músculos extrínsecos próximo do pico da curva de força–comprimento. É possível, evidentemente, enrolar os dedos com o punho mantido em uma posição neutra, mas a preensão é um pouco mais fraca. Com o punho em flexão completa não é possível flexionar os dedos completamente.

A flexão dos dedos ao agarrar tende a resultar em uma excursão distal dos extensores longos. Entretanto, esta tendência é contrabalançada pela dorsiflexão do punho. O efeito líquido é uma excursão proximal muito pequena dos tendões dos músculos extensores longos ao agarrar, espelhando o efeito sobre a face flexora. Se o movimento do punho for exagerado de tal modo que o punho seja um pouco flexionado ao abrir a mão, e completamente dorsiflexionado ao fechá-la, a excursão líquida dos flexores e extensores longos é zero, isto é, esta sequência inteira de movimento pode ser completada com os músculos flexores e extensores do antebraço se contraindo isometricamente.

O leitor pode observar a relação entre os dedos e o punho efetuando a seguinte manobra. O punho é mantido em uma posição relaxada, meio-supinada, com o cotovelo flexionado a 90°. Se o antebraço for agora girado para pronação, o punho cairá em flexão e os dedos se estenderão automaticamente. Se o antebraço for girado para supinação, o punho se estenderá e os dedos flexionarão. Os movimentos dos dedos compensam os movimentos do punho e são inteiramente automáticos; eles são feitos sem a necessidade de qualquer excursão de tendões dos músculos flexores ou extensores do antebraço. Este teste, o teste da tenodese do punho, é um modo útil de examinar o membro quanto a lesão de tendão. O dedo que aponta (o qual não se move com movimento do punho) "aponta" uma lesão de tendão.

O movimento do punho é controlado principalmente por dois flexores do punho (o músculo flexor radial do carpo e o músculo flexor ulnar do carpo) e três extensores (músculos extensores radiais longo e curto do carpo, e músculo extensor ulnar do carpo). Embora a articulação radiocarpal tenha alguma similaridade funcional a uma articulação de bola e soquete (esferóidea), é possível pensar no punho como uma articulação de dobradiça (gínglimo) variável, cujo eixo pode ser ajustado em várias inclinações. Por exemplo, ao usar um martelo, é útil girar o punho para trás e para a frente em torno de um eixo que permita não apenas flexão do punho, mas também adução. Seria muito restritivo ter uma articulação de dobradiça pura com ligamentos colaterais de comprimento fixo. Neste contexto, os flexores e extensores do punho podem ser vistos como liga-

mentos colaterais variáveis que permitem que a articulação seja ajustada em torno de vários eixos diferentes.

Para movimento em torno dos eixos principais, os tendões do punho podem ser considerados como atuando em pares: os músculos flexores radial do carpo e ulnar do carpo produzem flexão do punho; os músculos extensores radiais longo e curto do carpo, e o músculo extensor ulnar do carpo produzem extensão do punho; o músculo extensor ulnar do carpo e o músculo flexor ulnar do carpo produzem adução; o músculo flexor radial do carpo, os músculos extensores radiais longo e curto do carpo, o músculo extensor do polegar e o músculo abdutor longo do polegar produzem desvios radiais (pág. 871.)

Cerrar o punho

É possível observar e palpar os grupos musculares que são ativos ao cerrar um punho com força. O compartimento flexor do antebraço é contraído firmemente e evidência eletromiográfica confirma que o músculo flexor profundo dos dedos e o músculo flexor superficial dos dedos estão ativos. O músculo flexor ulnar do carpo pode ser visto e palpado contraindo-se fortemente. O compartimento extensor é contraído com força e os músculos extensores do punho certamente seriam encontrados ativos. Palpação dos músculos extensores digitais longos no dorso do punho mostrará que estes estão se contraindo também. Parece que quando os dedos são mantidos cerrados com força, os músculos extensores digitais longos são incapazes de mover o aparelho extensor: eles adquiriram um novo ponto fixo sobre o qual atuar, a saber, o limite proximal do aparelho extensor sobre a articulação metacarpofalângica. Eles portanto executam a única tarefa que lhes é disponível e atuam juntos como um extensor adicional do punho.

Na membrana do polegar, a palpação confirma que o primeiro músculo interósseo dorsal está se contraindo, do mesmo modo que todos os outros músculo interósseos e os músculos tenares e hipotenares. Quando o punho fechado é lançado à frente com raiva, o músculo braquiorradial se salienta, e no momento do impacto virtualmente todos os músculos no membro estão em um estado de contração, com a exceção dos músculos lubricais.

Abrir a mão

A mão é aberta a partir da sua postura equilibrada relaxada, por exemplo, ao ser estendida para alcançar um objeto. Este movimento é feito de extensão das articulações interfalângicas distais, interfalângicas proximais e metacarpofalângicas. A mão dispõe de um mecanismo engenhoso que permite que isto aconteça. As leis da mecânica sugerem que seria necessário um motor para cada articulação em uma cadeia, junto com algum tipo de mecanismo de controle para assegurar que a cadeia de articulações se mova conjuntamente e de maneira coordenada. Na mão isto é obtido através de um aparelho extensor que reduz ao mínimo o número de motores necessários, ao possibilitar que os músculos atuem sobre mais de uma articulação, e ligando diferentes níveis no mecanismo de modo que o arco de movimento seja controlado.

Os tendões do músculo extensor dos dedos seguem distalmente sobre as cabeças dos ossos metacarpais, formando o principal componente do aparelho extensor. O músculo extensor dos dedos não tem inserção na falange proximal e por essa razão exerce sua ação extensora sobre a articulação metacarpofalângica indiretamente através de inserções mais distais. O primeiro ponto de inserção é na base da falange média (na prática clínica foi adotado o termo tira central). Atuando unicamente nesta inserção, o músculo extensor dos dedos pode estender juntas as articulações metacarpofalângica e interfalângica proximal. Existe portanto uma gama de possibilidades. Em um extremo, sem nenhuma contribuição de músculos interósseos, o músculo extensor longo exercerá toda a sua ação na articulação metacarpofalângica: isto leva à extensão completa, e mesmo hiperextensão, enquanto a articulação interfalângica proximal permanece flexionada (a típica mão em garra da paralisia do nervo ulnar, ou mão "intrínseca menos"). No outro extremo, quando os intrínsecos atuam fortemente junto com o músculo extensor dos dedos, a articulação interfalângica proximal se estenderá completamente enquanto a articulação metacarpofalângica permanece flexionada (mão "intrínseca mais"). Assim a mão possui na parte proximal do aparelho extensor um mecanismo variável que permite diferentes quantidades de movimento relativo na articulação metacarpofalângica ou interfalângica proximal.

Em contraste, a parte mais distal do aparelho extensor atua como um mecanismo automático ou fixo que determina que as duas articulações interfalângicas, proximal e distal, se moverão juntas. As tiras laterais do aparelho extensor originam-se do músculo extensor dos dedos e passam distalmente em cada lado da tira central e assim sobre a articulação interfalângica proximal: sendo mais laterais, elas estão mais perto do eixo da articulação, porque a face dorsal se curva para longe em cada lado. Uma analogia útil que foi sugerida para este arranjo é considerá-lo como duas polias de tamanhos diferentes em um eixo. A tira central pode ser vista como um cordão que passa sobre a roda maior, e cada tira lateral como um cordão que passa sobre a roda menor. Uma vez que estas últimas polias são menores, há menor excursão longitudinal para uma dada rotação da roda, e isto permite que uma parte da excursão seja usada para outra função, a saber, extensão da articulação distal. Há um mecanismo adicional pelo qual as tiras laterais se movem lateralmente durante a flexão da articulação interfalângica proximal. O efeito deste movimento lateral é reduzir ainda mais a distância entre as tiras laterais e o eixo da articulação, desse modo reduzindo ainda mais a quantidade de excursão na articulação interfalângica proximal e permitindo mais excursão na articulação distal. Quando a mão se flexiona, este sistema de ligação mecânica possibilita que ambas as articulações interfalângicas se flexionem juntas de uma maneira coordenada.

A expansão extensora também recebe contribuições dos músculos interósseos e lumbricais, que se aproximam dos dedos a partir das membranas e se unem à expansão correspondente no segmento proximal do dedo. Estes pequenos músculos podem, portanto, atuar sobre o aparelho extensor em dois níveis: eles podem estender a articulação interfalângica proximal através de fibras que radiam para a tira central, e podem atuar sobre a articulação interfalângica distal através de fibras que se unem à tira lateral.

Com exceção dos componentes da expansão extensora que se ocupam com a função da articulação, a estrutura inteira requer ancoragem adicional. Isto precisa ser arranjado de tal maneira que ela não seja desviada do esqueleto subjacente, todavia precisa não restringir movimento longitudinal. Estes requisitos difíceis são satisfeitos por ligamentos retinaculares transversos ao nível das articulações, os ligamentos transversos seguindo para pontos de inserção relativamente fixos na região do eixo articular. À medida que a expansão desliza para trás e para a frente, as fibras transversas se movem como alças de balde. Lâminas que deslizem suavemente são necessárias embaixo da expansão e dos ligamentos retinaculares para permitir que ocorra movimento sem atrito.

Um componente final do aparelho extensor fornece uma função automática adicional. Este é um sistema de ancoragem fibroso, o ligamento retinacular oblíquo de Landsmeer, que ancora a expansão distal à falange média. O papel do ligamento retinacular oblíquo é controverso (revisto por Bendz, 1985). Alguns argumentam que ele pode atuar em um efeito de tenodese dinâmica para sincronizar os movimentos das articulações interfalângicas, isto é, ele pode iniciar extensão da articulação interfalângica distal quando a articulação interfalângica proximal é estendida a partir de uma posição completamente flexionada, e relaxar com a flexão da articulação interfalângica proximal para permitir flexão completa da articulação interfalângica distal, de modo que funciona como uma força de restrição para estabilizar a ponta do dedo quando ele é flexionado contra resistência, por exemplo, na preensão de gancho. Uma sugestão adicional é que o ligamento constitui meramente um estabilizador lateral secundário da articulação interfalângica proximal, e que atua para centralizar os componentes extensores sobre o dorso da falange média.

Movimentos do polegar

Um polegar oponível necessita um sistema de controle diferente dos outros dedos. Uma vez que o metacarpal é muito mais móvel que nos dedos, são necessários músculos para controlar a liberdade extra de movimento.

O polegar não assume facilmente a posição anatômica clássica. Por essa razão os termos anatômicos descritivos normais – anterior, posterior, medial e lateral – não se aplicam com facilidade. Os termos "palmar, dorsal, ulnar e radial" foram adotados na prática clínica.

Os movimentos ativos básicos são flexão–extensão, abdução–adução, rotação e circundução. Na posição de repouso do primeiro metacarpal, flexão e extensão são paralelas ao plano palmar, e abdução e adução ocorrem perpendicularmente a este.

Flexão e extensão devem ser limitadas a movimento nas articulações interfalângica ou metacarpofalângica (Fig. 50.35A–C). Abdução palmar (Fig. 50.35D,E), na qual o primeiro metacarpal se move afastando-se do segundo perpendicularmente ao plano da palma, e abdução radial (Fig. 50.35D,F), na qual o primeiro metacarpal se move afastando-se do segundo com o polegar no plano da palma, ocorrem na articulação carpometacarpal. O oposto de abdução radial é adução ulnar, ou adução transpalmar, na qual o polegar cruza a palma na direção da sua margem ulnar. Na prática clínica, o termo adução é geralmente usado sem qualificação. Circundução descreve o movimento angular do primeiro metacarpal, unicamente na articulação carpometacarpal, a partir de uma posição de abdução radial máxima no plano da palma na direção da margem medial da mão, mantendo o mais largo ângulo possível entre o primeiro e o segundo metacarpais (Fig. 50.35G). Inclinações laterais da primeira falange maximizam a extensão da excursão do arco de circundução. Oposição é uma posição composta do polegar, realizada por circundução do primeiro metacarpal, rotação interna do raio do polegar e extensão máxima das articulações metacarpofalângica e interfalângica (Fig. 50.35H). Retroposição é o oposto de oposição (Fig. 50.35I). Flexão e adução é a posição de adução transpalmar máxima do primeiro metacarpal: as articulações metacarpofalângica e interfalângica são flexionadas e o polegar está em contato com a palma (Fig. 50.35J).

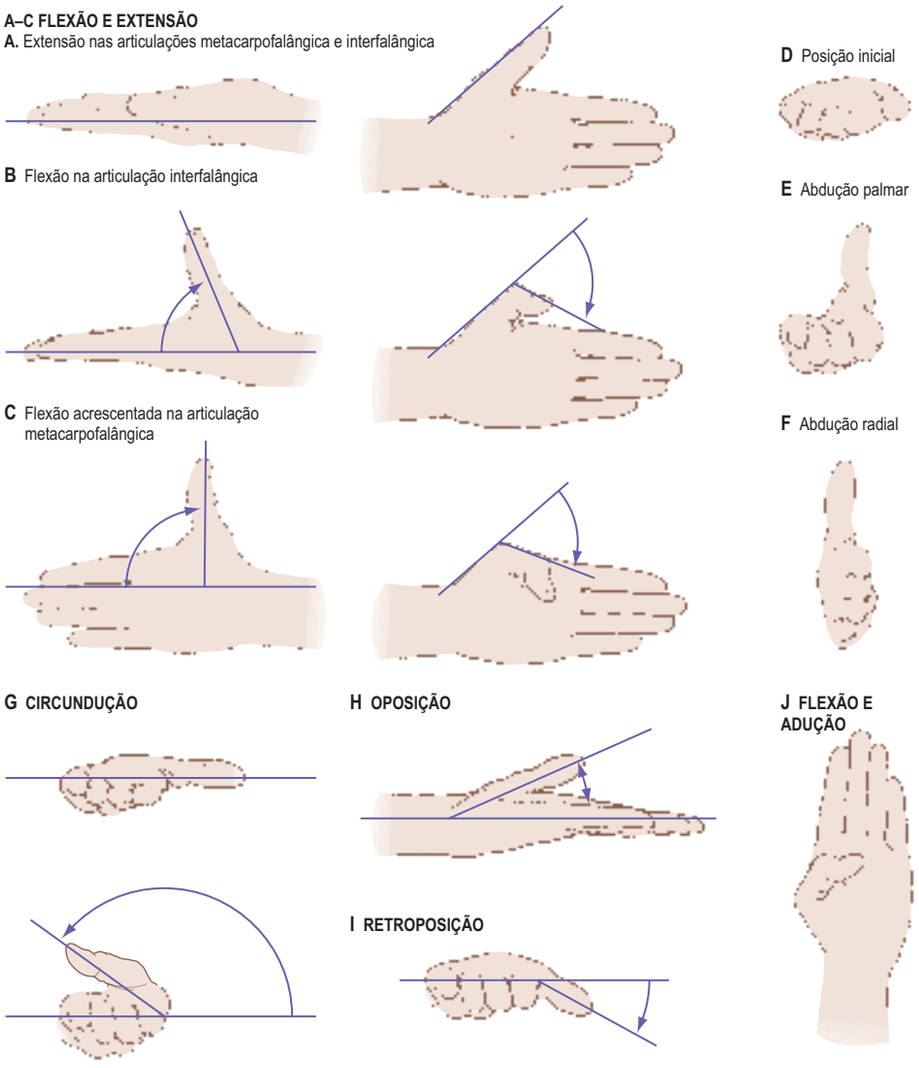


Fig. 50.35 Movimentos do polegar.

Movimentos rotatórios ocorrem durante a circundução. Os movimentos angulares simples descritos acima se combinam com rotação em torno do eixo longo da diáfise metacarpal. Na oposição, a diáfise tem que girar medialmente para pronação. Na retroposição, o polegar tem que girar lateralmente para supinação. Rotação axial do metacarpal do polegar é produzida por atividade muscular (que move o polegar através do seu arco de circundução); pela geometria das faces articulares da articulação trapeziometacarpal; por forças de tração nos ligamentos (que se combinam com forças exercidas pelos músculos de oposição e retroposição para produzir rotação axial). A estabilidade do primeiro metacarpal é máxima após pronação completa na posição de oposição completa, quando a tensão ligamentar, contração muscular e congruência se combinam para efeito máximo (pág. 875.)

Posição de repouso

A mão tem uma bem conhecida posição de repouso, com o punho em extensão e os dedos em algum grau de flexão. A posição precisa do polegar na posição de repouso parece ser bastante variável. Tipicamente, ela é considerada como o ponto médio entre abdução palmar máxima e retroposição máxima. Nesta posição a articulação carpometacarpal situa-se dentro de 20° de abdução radial e 30° de abdução palmar, e a partir de observações clínicas parece que a articulação metacarpofalângica situa-se dentro de aproximadamente 40° de flexão e a articulação interfalângica entre extensão e 10° de flexão.

Preensões

A partir da posição de repouso, a ponta do polegar pode se aproximar do aspecto lateral dos dedos sem acarretar rotação axial porque os ligamentos trapeziometacarpais palmar e dorsal permanecem relaxados (ver a seguir).

A partir de diferentes posições do arco de circundução, vários tipos de preensão de pinça são possíveis (Fig. 50.36). Na prática clínica estas foram classificadas em dois tipos principais: pinça de ponta e pinça lateral (ou de chave). Muitas forças contribuem para estas configurações.

O polegar é um sistema triarticular, diferentemente do dedo, que é um sistema biarticular. O polegar é ativado por músculos monoarticulares (músculo abdutor longo do polegar e músculo oponente do polegar), músculos biarticulares (músculo extensor curto do polegar, músculo adutor do polegar, músculo abdutor curto do polegar e músculo flexor curto do polegar) e músculos triarticulares (músculo extensor longo do polegar e músculo flexor longo do polegar. Parece, no entanto, que mesmo um músculo monoarticular pode mudar a postura em todas as três articulações alterando o equilíbrio global de forças, e por essa razão é muito difícil atribuir função aos músculos intrínsecos individuais. Entretanto, os músculos do polegar parecem prover duas funções amplas. Eles controlam o posicionamento do metacarpal (função de corda-guia), uma atividade que automaticamente é acompanhada por rotação. Também controlam a estabilidade axial do esqueleto do polegar.

Os músculos do polegar podem ser classificados naqueles usados para retroposição, oposição e preensão de pinça.

Músculos de retroposição

Os músculos que produzem retroposição são o músculo extensor longo do polegar, músculo extensor curto do polegar e músculo abdutor longo do polegar. Quando o polegar se move para retroposição, rotação automática produz supinação do primeiro metacarpal. Isto é produzido pela ação fora de eixo de duas forças paralelas, mas dirigidas opostamente, uma exercida pelos músculos extensores longo e curto do polegar e a outra pelo músculo abdutor longo do polegar e o ligamento carpometacarpal oblíquo anterior.

Músculos de oposição

Uma sucessão de atividades ocorre nos músculos tenares durante o movimento de oposição. Três subgrupos de músculos laterais (músculo abdutor longo do polegar e músculo extensor curto do polegar), centrais (músculo abdutor curto do polegar e músculo oponente do polegar) e mediais (músculo flexor curto do polegar) estão envolvidos. Estas forças atuam

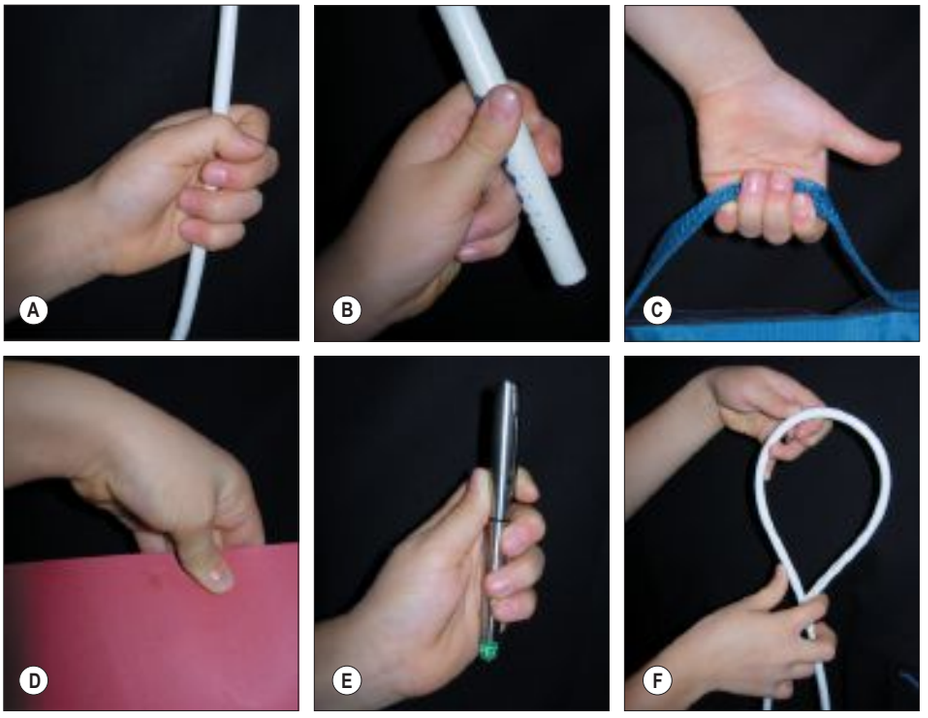


Fig. 50.36 Algumas das muitas variedades de postura funcional que podem ser adotadas pela mão humana. **A,** Na preensão de força, os dedos são flexionados em torno de um objeto, com contrapressão pelo polegar. Qualquer habilidade ao segurar o objeto deriva do membro, incluindo o punho; movimentos relativos do polegar e dedos não estão envolvidos. **B,** A preensão de precisão, que varia consideravelmente com a tarefa, estabiliza o objeto entre as extremidades de um ou mais dedos e o polegar. A posição macroscópica do objeto pode ser ajustada por movimentos no punho, cotovelo ou mesmo ombro, mas as manipulações mais hábeis são executadas pelos próprios dedos, por exemplo, ao avançar uma linha através do olho de uma agulha. **C,** A preensão de gancho é usada para suspender ou abrir objetos. Os dedos são flexionados em torno do objeto; o polegar pode ou não ser envolvido. É uma preensão para transmissão de forças, não para manipulação habilidosa. **D,** Oposição com força do polegar ao lado lateral do dedo indicador produz uma preensão de pinça lateral, por exemplo, para segurar uma chave de porta; aqui o objeto é maior que uma chave, e todos os dedos são envolvidos. **E,** Muitas atividades envolvem uma combinação de preensões. Aqui uma caneta é estabilizada em uma preensão de força por flexão dos dedos 4-5 contra a palma, enquanto o dedo indicador e o polegar, usados em uma preensão de precisão, desatarraxam a tampa. **F,** Manipulação complexa. (Por cortesia de Olivia Pillai Johnson, Oxford.)

simultaneamente mas com diferentes intensidades, dependendo da situação do polegar. Quando o polegar se move para oposição há rotação axial automática da diáfise do primeiro metacarpal para produzir pronação. Isto é produzido pela ação pareada de forças opostamente dirigidas: os músculos de oposição fornecem uma força, e o ligamento carpometacarpal oblíquo posterior fornece a outra.

Músculos de preensão de pinça

Os músculos da preensão de pinça podem ser divididos em subgrupos lateral, medial e intermediário. O subgrupo lateral (músculos de oposição) move o primeiro metacarpal para abdução palmar. A diáfise metacarpal roda medialmente para pronação. A angulação lateral na articulação metacarpofalângica aumenta a envergadura da mão. A articulação metacarpofalângica é estabilizada principalmente pelo músculo extensor curto do polegar e o músculo flexor curto do polegar. A flexão das falanges proximal e distal é controlada. Os músculos do subgrupo medial (músculo abdutor curto do polegar e primeiro interósseo dorsal) produzem uma aproximação do primeiro metacarpal na direção da palma. Como atuam com o grupo lateral, eles têm um forte efeito controlador sobre a posição e rotação do primeiro metacarpal. O subgrupo intermediário consiste simplesmente no músculo flexor longo do polegar, que flexiona a articulação interfalângica ou metacarpofalângica, conforme descrito anteriormente. A palpação da eminência tenar durante a pinça de ponta e a pinça lateral fornece alguma apreciação da ação dos músculos de preensão de pinça.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Anastomoses ocorrem entre as artérias radial e ulnar no punho (por meio dos arcos carpais palmar e dorsal) e na mão (por meio dos arcos palmares superficial e profundo), e entre os seus ramos digitais e metacarpais.

Artéria radial

No punho a artéria radial passa para o aspecto dorsal do carpo entre o ligamento carpal lateral e os tendões do músculo abdutor longo do polegar e omúsculo extensor curto do polegar (Fig. 50.37). Ela cruza o osso escafoide e o trapézio (na "tabaqueira anatômica"), onde novamente sua pulsação é óbvia, e quando passa entre as cabeças do primeiro músculo interósseo dorsal ela é cruzada pelo tendão do músculo extensor longo do polegar. Entre os músculos extensores do polegar ela é cruzada pelo início da veia cefálica e os ramos digitais do nervo radial que suprem o polegar e o dedo indicador (Fig. 50.38). Ocasionalmente ela dá um ramo dorsal superficial distal que cruza os tendões dos músculos extensores radiais no punho juntamente com o nervo radial. Filamentos do nervo cutâneo lateral do antebraço seguem ao longo da sua parte distal quando ela se curva em torno do carpo.

Na mão, a artéria radial passa através do espaço do primeiro interósseo entre as cabeças do primeiro interósseo dorsal e cruza a palma. De início ela se posiciona profundamente à cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar e a seguir passa entre suas cabeças oblíqua e transversa ou através da cabeça transversa. Na quinta base metacarpal ela se anastomosa com o ramo profundo da artéria ulnar, completando o arco palmar profundo (Fig. 50.39).

Ramo carpal palmar O ramo carpal palmar é um vaso pequeno que se origina da artéria radial próximo da margem distal do músculo pronador quadrado (Fig. 50.40). Ele cruza a face anterior da extremidade distal do rádio, perto da face carpal palmar, e passa medialmente para se anastomosar atrás dos tendões dos músculos flexores longos com o ramo carpal palmar da artéria ulnar. Esta anastomose transversal recebe a junção de ramos longitudinais da artéria interóssea anterior e ramos recorrentes a partir do arco palmar profundo, para formar um arco carpal palmar cruciforme que supre as articulações e ossos carpais por ramos descendentes. (Apesar do seu nome, esta anastomose geralmente está situada próximo da articulação do punho sobre os ossos do antebraço distal.)

Ramo palmar superficial O ramo palmar superficial origina-se da artéria radial imediatamente antes que ela se curve em torno do carpo. Ela passa através, e ocasionalmente sobre, os músculos tenares, que ela supre, às vezes anastomosando-se com a extremidade da artéria ulnar para completar um arco palmar superficial (Fig. 50.39).

Ramo carpal dorsal O ramo carpal dorsal origina-se profundo aos tendões extensores do polegar. Segue medialmente cruzando a face carpal dorsal sob eles e se anastomosa com o ramo carpal dorsal ulnar e também com as artérias interósseas posteriores para formar um arco carpal dorsal. Os arcos carpais são ambos próximos ao osso e suprem as epífises distais do rádio e ulna. A partir do arco dorsal, três artérias metacarpais dorsais descem sobre o segundo ao quarto interósseos dorsais e se bifurcam nos ramos digitais dorsais para suprir os lados adjacentes de todos os quatro dedos.

Primeira artéria metacarpal dorsal A primeira artéria metacarpal dorsal origina-se da artéria radial imediatamente antes de ela passar entre as cabeças do primeiro músculo interósseo dorsal (Fig. 50.2). Ela se divide quase de imediato em dois ramos que suprem os lados adjacentes do polegar e o dedo indicador até tão longe, distalmente, quanto a articulação interfalângica proximal. O lado lateral do polegar recebe um ramo direto da artéria radial propriamente dita.

Na maioria dos casos, a primeira artéria metacarpal dorsal segue um trajeto fascial sobrejacente ao primeiro interósseo dorsal e paralelo ao segundo osso metacarpal. Ocasionalmente ela pode seguir um curso intramuscular. Distalmente, sobre a falange proximal, anastomosa-se com os ramos dorsais da artéria digital radiopalmar do dedo indicador. Em alguns

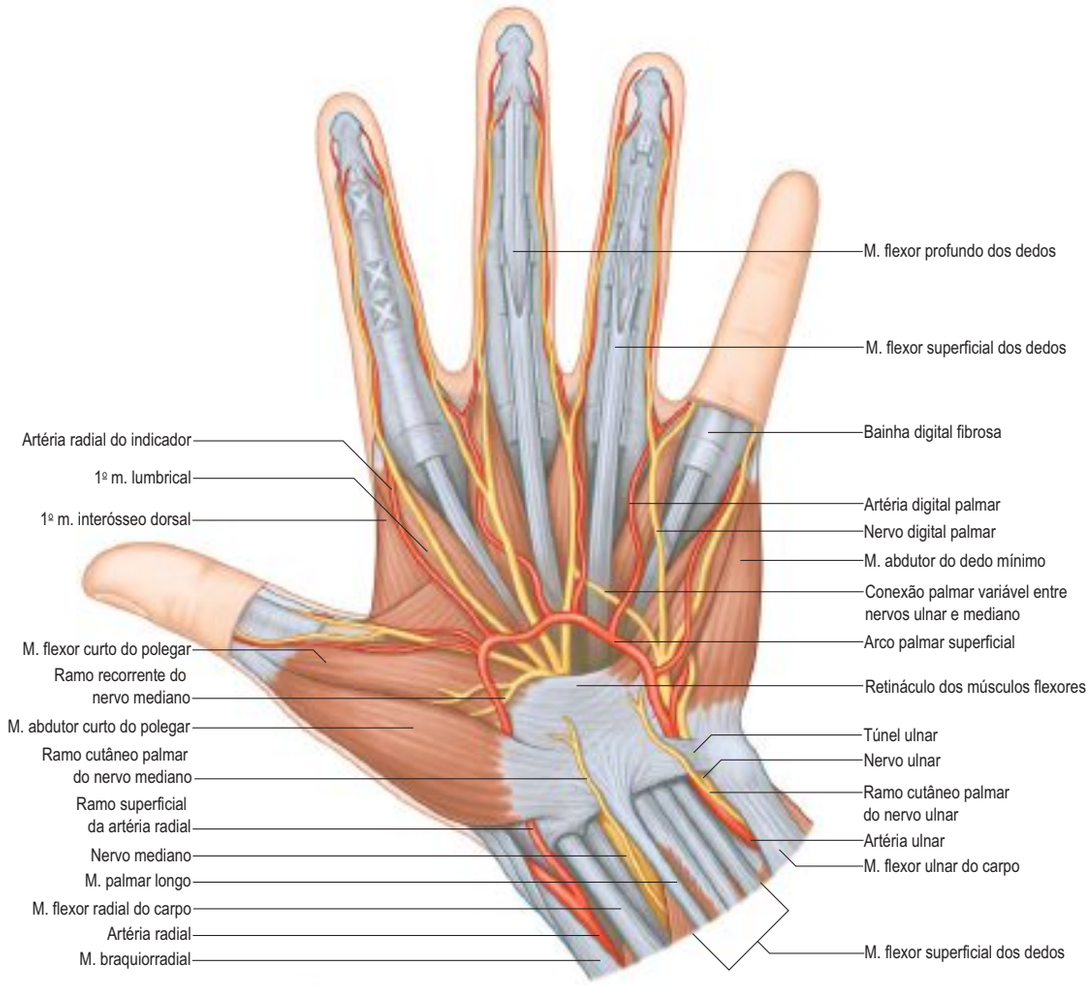


Fig. 50.37 Estruturas superficiais da palma e do punho esquerdos. Ver também **Figura 50.26.**

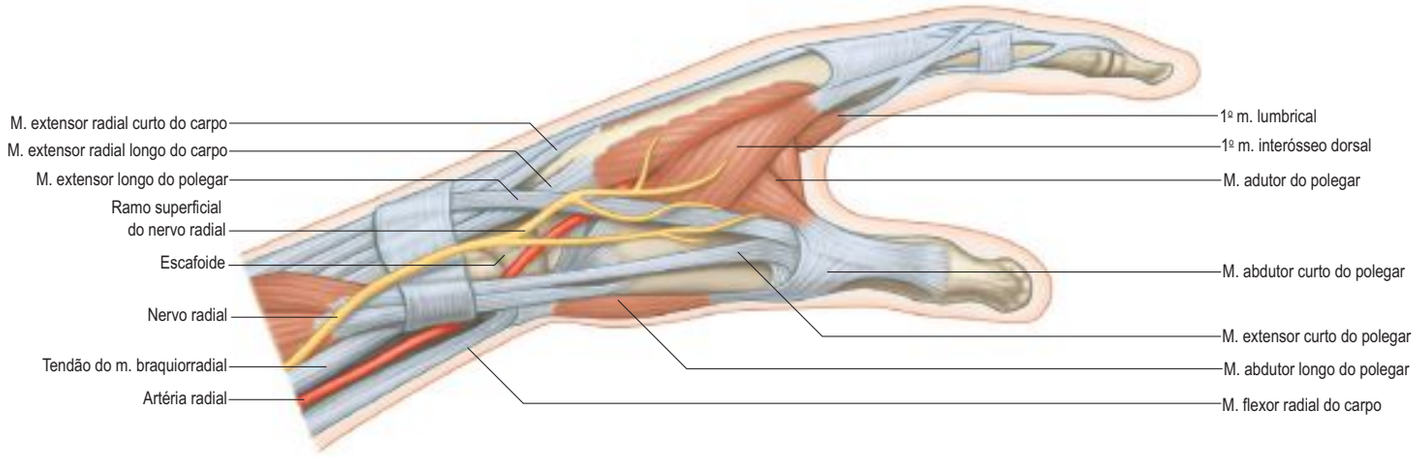


Fig. 50.38 Vista lateral do punho esquerdo.

poucos casos, a primeira artéria interóssea dorsal se origina de, ou dá origem a, uma artéria digital ulnopalmar do polegar, e raramente pode dar origem à segunda artéria metacarpal dorsal.

O arranjo anatômico usual possibilita que um retalho de pele sobre o dorso da falange proximal do dedo indicador seja levantado sobre esta artéria e suas veias acompanhantes. Isto é particularmente útil sob certas circunstâncias para reconstrução do polegar após trauma.

Segunda, terceira e quarta artérias metacarpais dorsais A segunda à quarta artérias metacarpais dorsais se originam do arco carpal dorsal. Próximo às suas origens elas se anastomosam com o arco palmar profundo por artérias perfurantes proximais e, perto da sua bifurcação, com ramos perfurantes dorsais a partir das artérias metacarpais palmares que passam entre os colos dos ossos metacarpais. Elas também se anastomosam distalmente ao nível das membranas dos espaços interdigitais com ramos perfurantes dorsais das artérias digitais palmares a partir do arco palmar superficial. A terceira e a quarta artérias metacarpais dorsais são muito menores que a primeira e a segunda.

Ramos cutâneos a partir das artérias metacarpais dorsais suprem a pele dorsal até tão longe, distalmente, quanto a articulação interfalângica proximal. Ao nível do colo do segundo, terceiro e quarto ossos metacarpais, um ramo cutâneo direto é emitido e passa proximalmente e supre uma área de pele entre os dois metacarpais adjacentes (Fig. 50.41).

Estas disposições anatômicas permitem a elevação cirúrgica de retalhos de pele dorsal baseados proximalmente nas artérias metacarpais dorsais propriamente ditas, ou distalmente no ramo cutâneo direto. Estes retalhos podem ser usados para reconstruir áreas de falta de tecido em outros locais na mão.

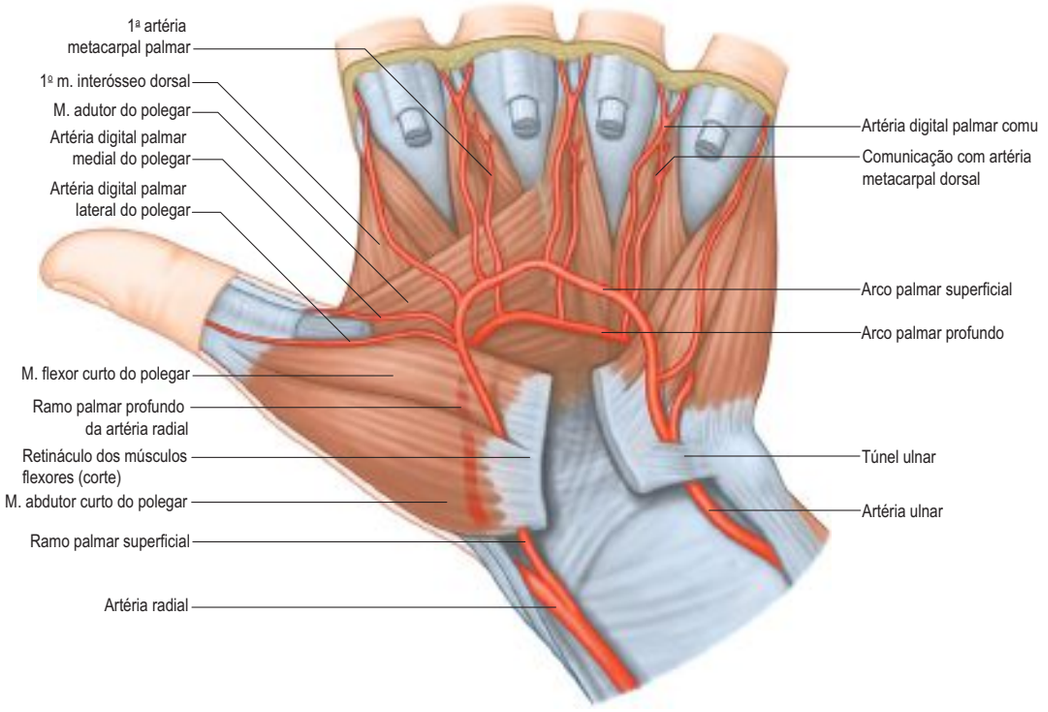


Fig. 50.39 Arco palmar profundo e seus ramos. Observar que as artérias digitais palmares para o polegar têm uma origem separada a partir do arco palmar superficial nesta peça; esta variação ocorre em 20% dos casos. A artéria principal do polegar está ausente nesta peça.

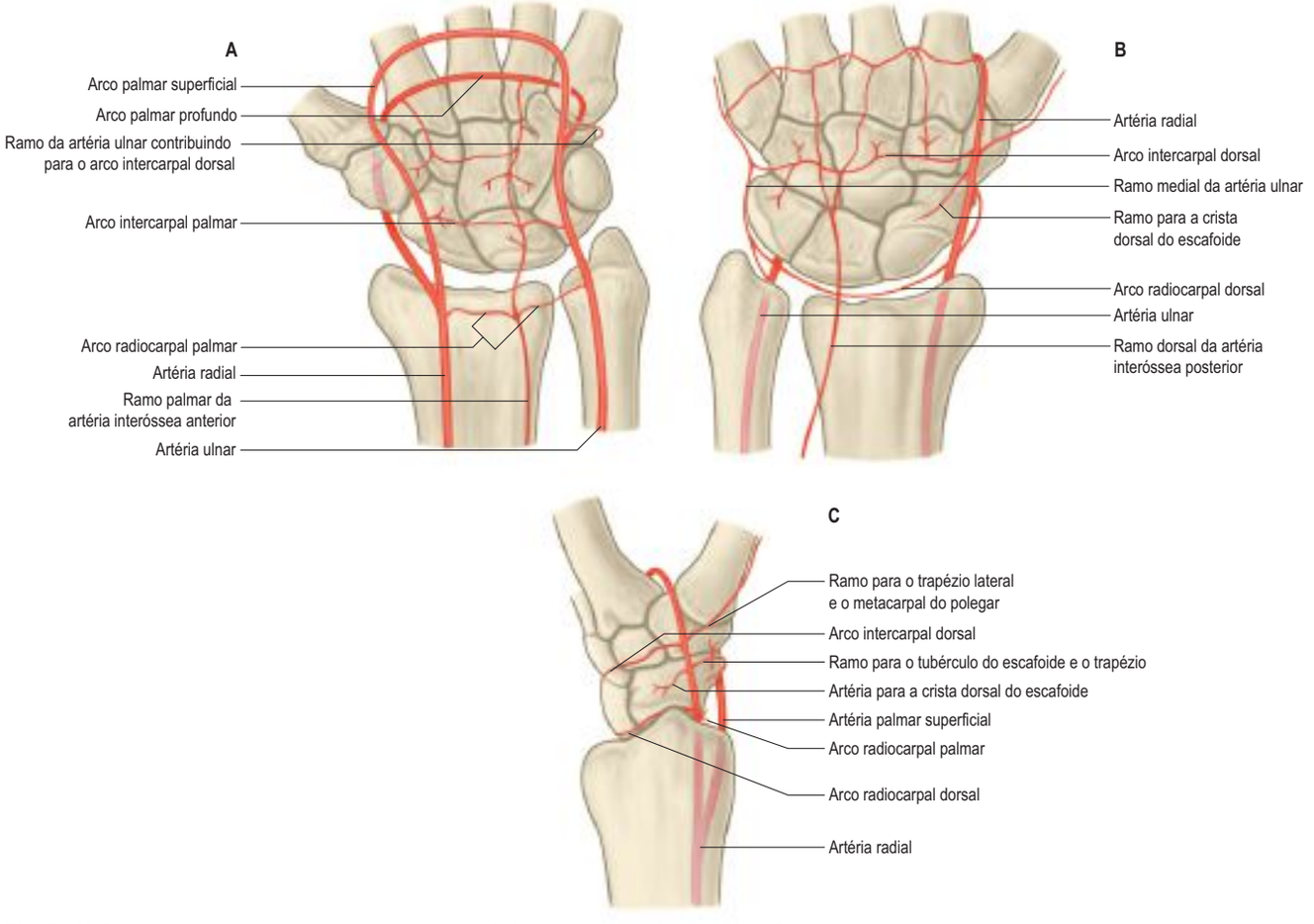


Fig. 50.40 Suprimento sanguíneo extraósseo ao carpo. **A,** Vista palmar; **B,** Vista dorsal; **C,** Vista lateral pelo lado do rádio.

Artéria principal do polegar A artéria principal do polegar se origina da artéria radial quando ela gira para a palma para formar o arco palmar profundo. Ela desce sobre o aspecto palmar do primeiro metacarpal sob a cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar lateral ao primeiro interósseo palmar. Na base da falange proximal, profunda ao tendão do músculo flexor longo do polegar, a artéria se divide em dois ramos. Ela aparece entre as fixações medial e lateral da cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar para seguir ao longo de ambos os lados do polegar. Na face palmar da sua falange distal ela forma um arco do polegar que supre a pele e tecido subcutâneo. A artéria principal do polegar é a nutridora usual de suprimento ao osso primeiro metacarpal.

Artéria radial do indicador A artéria radial do indicador é muitas vezes um ramo proximal da artéria principal do indicador. Ela desce entre o primeiro interósseo dorsal e a cabeça transversa do músculo adutor do polegar, e ao longo do lado lateral do dedo indicador até a sua extremidade (Fig. 50.37). Anastomosa-se com a artéria digital medial do indicador. Na margem distal da cabeça do músculo adutor do polegar ela se anastomosa com a artéria principal do polegar e se liga com o arco palmar superficial. Ela pode se originar do arco superficial ou da primeira artéria metacarpal dorsal.

A artéria principal do polegar e a radial do indicador podem ser combinadas como a primeira artéria metacarpal palmar.

Arco palmar profundo O arco palmar profundo é formado por anastomose do término da artéria radial com o ramo palmar profundo da artéria ulnar (Figs. 50.39, 50.42A). Ele cruza as bases dos ossos metacarpais e os interósseos, coberto pela cabeça oblíqua do músculo adutor do polegar, os tendões dos músculosflexores dos dedos e os músculos lumbricais. Na sua concavidade, seguindo lateralmente, situa-se o ramo profundo do nervo ulnar. Raramente o arco é incompleto. Há variações no tamanho da contribuição da artéria ulnar.

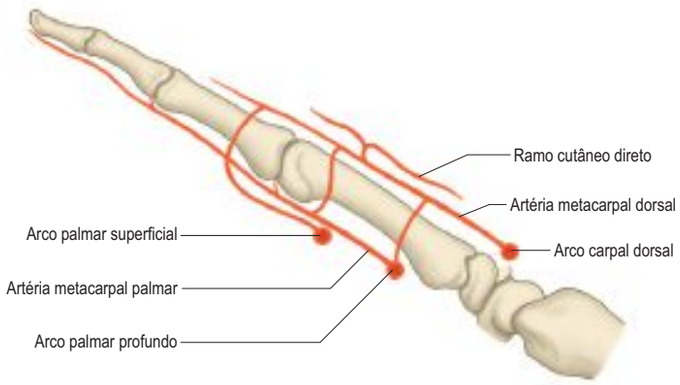


Fig. 50.41 Vista sagital mostrando comunicação entre as artérias metacarpais palmar e dorsal e o ramo cutâneo direto emitido da artéria metacarpal dorsal aproximadamente 0,5–1,0 cm proximal à articulação metacarpofalângica.

Artéria metacarpal palmar As três artérias metacarpais palmares seguem distalmente a partir da convexidade do arco palmar profundo sobre os interósseos do segundo ao quarto espaços, e se unem aos ramos digitais comuns do arco superficial nas fendas digitais (Fig. 50.39). Elas suprem ramos nutrícios aos quatro metacarpais mediais.

Ramos perfurantes Três ramos perfurantes a partir do arco palmar profundo cruzam o segundo ao quarto espaços interósseos entre as cabeças dos correspondentes músculos interósseos dorsais e se anastomosam com as artérias metacarpais dorsais.

Ramos recorrentes Ramos recorrentes ascendem proximalmente desde o arco palmar profundo anterior ao carpo para suprir os ossos carpais e articulações intercarpais. Eles terminam no arco carpal palmar.

Artéria ulnar

No punho, a artéria ulnar (Figs. 50.37, 50.39) é coberta por pele, fáscias e palmar curto. Ela jaz entre as partes superficial e principal do retináculo dos músculos flexores, lateral ao nervo ulnar e pisiforme.

Ramo cutâneo dorsal Um vaso perfurante dorsoulnar constante é emitido distalmente. Ele se origina 2–5 cm proximal ao pisiforme e acompanha o ramo cutâneo dorsal do nervo ulnar. Ele emerge entre o músculo flexor ulnar do carpo e o músculo extensor ulnar do carpo. O perfurante cutâneo é capaz de suportar um retalho de pele no aspecto medial do antebraço distal imediatamente proximal ao punho, e é útil para reconstruir áreas de falta de pele nesta região.

Ramo carpal palmar Um pequeno ramo carpal palmar cruza a região distal da ulna profundo aos tendões do músculo flexor profundo dos

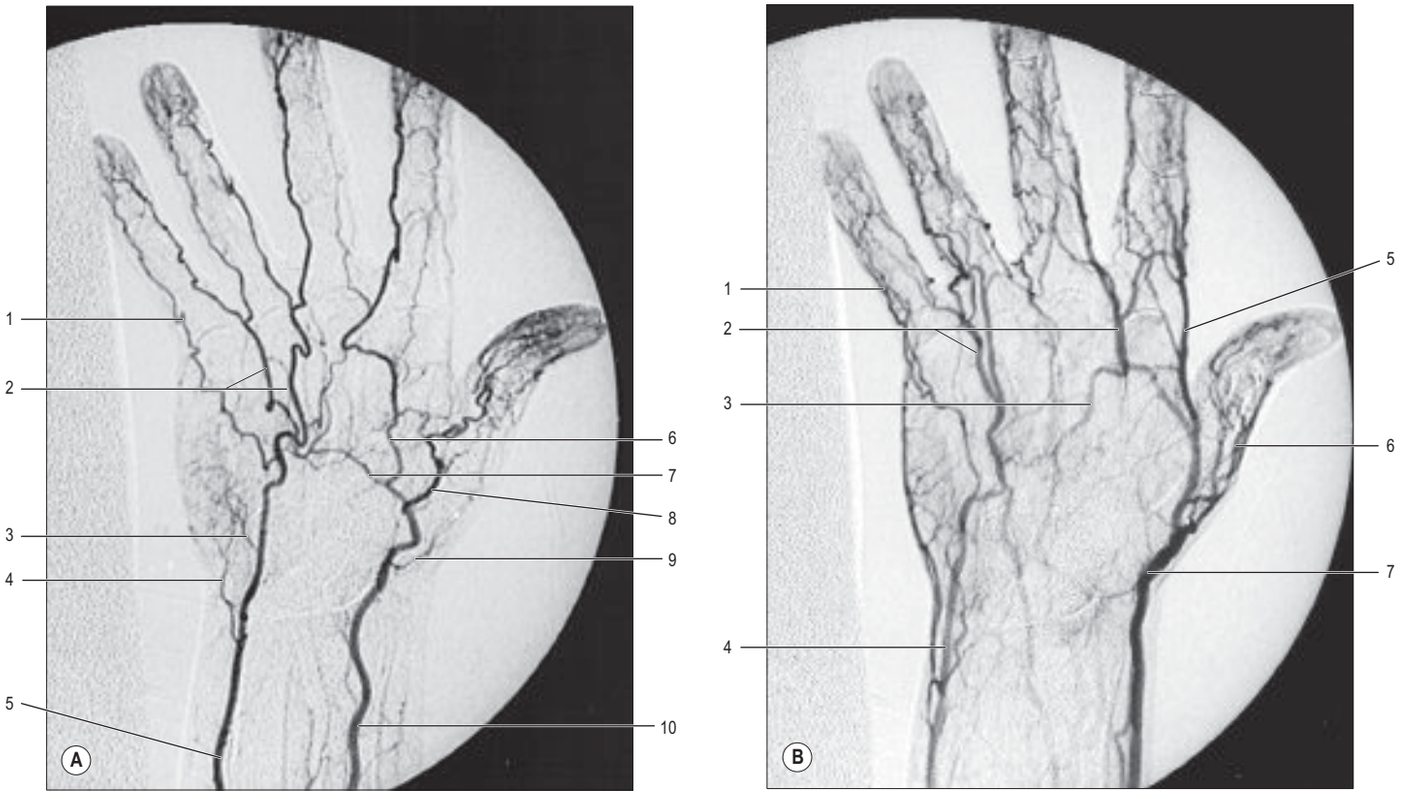


Fig. 50.42 **A,** Arteriograma de subtração digital da mão, projeção dorsopalmar. Observar que este paciente tem um arco palmar superficial incompleto. **B,** Fase venosa do arteriograma da mão. **A, 1.** Artéria digital palmar propriamente dita. **2.** Artéria digital palmar comum. **3.** Ramo carpal palmar da artéria ulnar. **4.** Ramo palmar profundo da artéria ulnar. **5.** Artéria ulnar. **6.** Artéria metacarpal palmar. **7.** Arco palmar profundo. **8.** Artéria principal do polegar. **9.** Artéria do aspecto lateral do polegar. **10.** Artéria radial. **B, 1.** Veia digital palmar. **2.** Veia digital palmar comum. **3.** Arco palmar superficial. **4.** Veia basílica. **5.** Veia radial do indicador. **6.** Veia principal do polegar. **7.** Veia cefálica.
(Com permissão de Weir J, Abrahams PH 2003 Imaging Atlas of Human Anatomy, 3rd edn, London: Mosby, e contribuições de Anna-Maria Belli, Margaret Hourihan, Niall Moore e Philip Owen.)

dedos (Fig. 50.40), e se anastomosa com um ramo carpal palmar da artéria radial para constituir um arco carpal palmar.

Ramo carpal dorsal Um ramo carpal dorsal origina-se imediatamente proximal ao pisiforme (Fig. 50.40). Ele se curva profundo ao tendão do músculo flexor ulnar do carpo para alcançar o dorso do carpo, que ele cruza lateralmente embaixo dos tendões dos músculos extensores. Ele se anastomosa com o ramo carpal dorsal da artéria radial para completar o arco carpal dorsal. Próximo da sua origem ele envia um pequeno ramo digital ao longo do lado medial do quinto metacarpal para suprir o lado medial da face dorsal do quinto dedo.

Ramo palmar profundo O ramo palmar profundo frequentemente é duplo (Fig. 50.40). Ele passa entre o músculo abdutor e o músculo flexor do dedo mínimo, através ou profundamente em relação ao músculo oponente do dedo mínimo. Anastomosa-se com a artéria radial, completando o arco palmar profundo. O ramo palmar profundo acompanha o ramo profundo do nervo ulnar.

Arco palmar superficial

O arco palmar superficial é uma anastomose alimentada principalmente pela artéria ulnar (Figs. 50.2, 50.39). Esta última entra na palma com o nervo ulnar, anterior ao retináculo dos músculos flexores e lateral ao pisiforme. Ela passa medial ao hâmulo do hamato, a seguir se curva lateralmente para formar um arco que é convexo distalmente e ao nível de uma linha transversal através da margem distal da base do polegar completamente estendido. Cerca de um terço dos arcos palmares superficiais são formados pela artéria ulnar unicamente; mais um terço é completado pelo ramo palmar superficial da artéria radial; e um terço pela artéria radial do indicador, um ramo da artéria principal do polegar ou da artéria mediana. O arco palmar superficial é coberto pelo músculo palmar curto e a aponeurose palmar, e é superficial ao músculo flexor do dedo mínimo, ramos do nervo mediano e os tendões dos músculos flexores longos e lumbricais.

Artérias digitais palmares comuns e propriamente ditas Três artérias digitais palmares comuns se originam da convexidade do arco palmar superficial (Fig. 50.39). Elas passam distalmente sobre o segundo ao quarto músculos lumbricais, cada uma recebendo a junção de uma correspondente artéria metacarpal palmar a partir do arco palmar profundo, e se dividem em duas artérias digitais palmares propriamente ditas. Estas seguem ao longo dos lados contíguos de todos os quatro dedos, dorsalmente aos nervos digitais, entre os ligamentos de Grayson e de Cleland, anastomosando-se no tecido subcutâneo das pontas dos dedos e próximo das articulações interfalângicas. Cada artéria digital possui dois ramos dorsais que se anastomosam com as artérias digitais dorsais e suprem as partes moles dorsais às falanges média e distal, incluindo as matrizes das unhas. A artéria digital palmar para o lado medial do dedo mínimo deixa o arco sob o palmar curto. Artérias digitais palmares suprem as articulações metacarpofalângicas e interfalângicas e ramos nutrícios para as falanges. Elas são o principal suprimento digital, porque as artérias digitais dorsais são diminutas.

As origens das artérias digitais palmares do polegar são bastante variáveis. Ambas podem se originar de uma única artéria principal do polegar, ou elas podem se originar separadamente do arco palmar superficial. A artéria digital ulnar pode se originar da primeira artéria metacarpal dorsal.

Os ramos terminais das artérias digitais contribuem para várias arcadas vasculares que fornecem um rico suprimento vascular aos elementos distais de cada dedo (Fig. 50.43). Três arcadas arteriais dorsais falângicas distais se anastomosam umas com as outras e com aquelas do outro lado do dedo. A arcada superficial ocorre ao nível da prega ungueal proximal e é suprida principalmente por um ramo dorsal a partir da artéria digital palmar, que sai ao nível da falange média. A arcada subungueal proximal localiza-se ao nível da lúnula e é suprida por um ramo terminal da artéria digital, que passa dorsalmente. A arcada subungueal distal ocorre mais distalmente no leito ungueal. Ela é suprida por um vaso dorsal que emerge do ponto de confluência da anastomose em forma de H entre as porções terminais de ambas as artérias digitais, e passa do aspecto volar para o dorsal do dedo sob o ligamento interósseo que conecta as partes proximal e distal da falange distal (Fig. 50.43).

Tumores de glomos Os tumores de glomos são tumores muito dolorosos (frequentemente diminutos e às vezes difíceis de identificar) dos corpos glomos (pequenas anastomoses AV envolvidas na regulação do controle de temperatura periférica; Fig. 6.16). Estes tipicamente ocorrem nas regiões de prega ungueal proximal/subungueal das pontas dos dedos das mãos em associação com as arcadas arteriais digitais dorsais, embora possam ocorrer em qualquer lugar. Eles são diagnosticados pela extrema dor à palpação em cima da tumoração, com redução da sensibilidade quando o dedo é exsanguinado. Se o tumor não for visível (como muitas vezes é o caso), então a melhor maneira de explorar cirurgicamente a região dorsal da extremidade digital para procurar o tumor é incisar a prega ungueal lateral e o hiponíquio e levantá-los como um retalho juntamente com o periósteo subjacente pediculado no suprimento sanguíneo da prega ungueal oposta. As arcadas arteriais digitais falângicas distais dorsais são então identificadas a partir da sua face profunda e qualquer tumor de glomo é identificado.

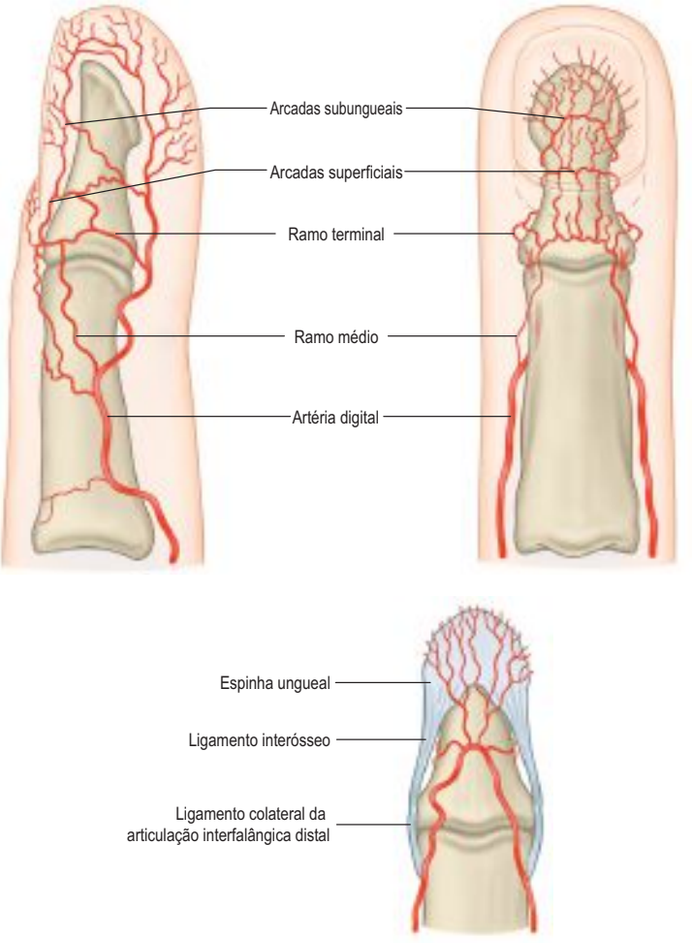


Fig. 50.43 Arcadas vasculares terminais sobre a falange distal. (Por permissão de Flint MH 1956 Some observations on the vascular supply of the nail bed and terminal segments of the fingers. BJPS 8: 186–95.)

VEIAS

Veias superficiais da mão

Veias digitais dorsais e palmares As veias digitais dorsais passam ao longo dos lados dos dedos, unidas por ramos oblíquos. Elas se unem a partir dos lados adjacentes dos dedos em três veias metacarpais dorsais (Fig. 50.44), as quais formam uma rede venosa dorsal sobre o metacarpo. Isto recebe a junção lateralmente uma veia digital dorsal a partir da região lateral do dedo indicador e ambas as veias digitais dorsais do polegar, e é prolongado proximalmente como a veia cefálica (Fig. 50.42). Medialmente uma veia digital dorsal a partir do lado medial do mínimo une-se à rede, que afinal drena proximalmente para a veia basílica. Uma veia muitas vezes conecta as partes centrais da rede à veia cefálica próxima do meio do antebraço.

Veias digitais palmares conectam-se com suas contrapartes dorsais por veias intercapitulares que passam entre as cabeças dos ossos metacarpais. Elas também drenam para um plexo superficial à aponeurose palmar, estendendo-se sobre ambas as regiões tenar e hipotenar.

Veia cefálica A veia cefálica se forma sobre a tabaqueira anatômica a partir da extremidade lateral do plexo venoso dorsal. Ela segue proximalmente sobre o aspecto lateral distal do rádio, onde é facilmente visível.

Veias profundas da mão

Arcos venosos palmares superior e profundo Os arcos venosos palmares superficial e profundo acompanham suas contrapartes arteriais

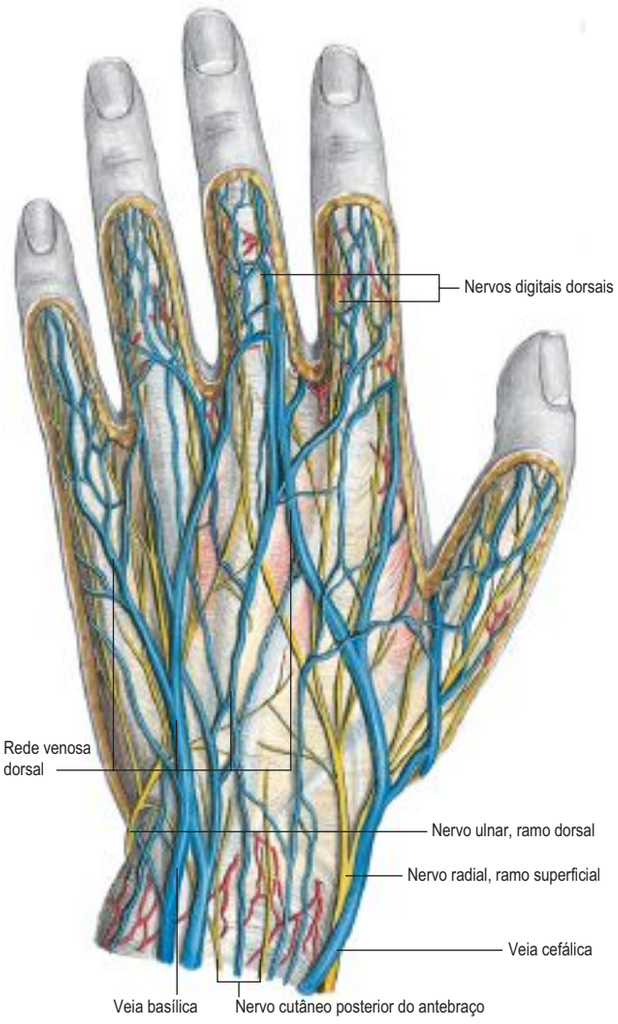


Fig. 50.44 Veias do dorso da mão. (De Sobotta 2006.)

e recebem seus ramos correspondentes. Assim, as veias digitais palmares comuns unem-se ao arco superficial, e as veias metacarpais palmares se unem ao arco profundo.

Veias metacarpais palmares e dorsais Veias profundas acompanhando as artérias metacarpais dorsais recebem ramos perfurantes a partir das veias metacarpais dorsais. Elas terminam nas veias radiais e na rede venosa dorsal sobre o metacarpo. Esta rede recebe a junção lateralmente de uma veia digital dorsal a partir da região lateral do dedo indicador e de ambas as veias digitais do polegar, e é prolongada proximalmente como a veia cefálica.

INERVAÇÃO

Nervo mediano

O nervo mediano proximal ao retináculo dos músculos flexores é lateral aos tendões do músculo flexor superficial dos dedos e está situado entre os tendões do músculo flexor radial do carpo e o músculo palmar longo (Fig. 50.45A). Ele passa embaixo do retináculo no "túnel do carpo" onde pode ser comprimido na síndrome do túnel do carpo (pág. 897). Distal ao retináculo o nervo aumenta e se achata, e usualmente se divide em cinco ou seis ramos: o modo e o nível de divisão são variáveis.

Ramo cutâneo palmar

O ramo cutâneo palmar começa cerca de 3 cm proximal ao retináculo dos músculos flexores. Segue em um pequeno túnel na bainha do músculo flexor radial do carpo antes de perfurar a fáscia profunda onde se divide em ramos laterais que suprem a pele tenar e se conectam com o nervo cutâneo lateral do antebraço. Ramos mediais suprem a pele palmar central e se conectam com o ramo cutâneo palmar do nervo ulnar.

Ramos comunicantes, que podem ser múltiplos, muitas vezes se originam na região proximal do antebraço, às vezes a partir do ramo interósseo anterior. Eles passam medialmente entre os músculos flexores superficial e profundo dos dedos e atrás da artéria ulnar para unir-se ao nervo ulnar. Esta comunicação é um fator para explicar inervação muscular anômala na mão (ver a seguir).

Ramo muscular (ramo motor ou recorrente)

O ramo muscular é curto e grosso, e se origina do lado lateral do nervo; ele pode ser o primeiro ramo palmar ou um ramo terminal que se origina ao mesmo nível que os ramos digitais. Segue lateralmente, imediatamente distal ao retináculo dos músculos flexores, com uma leve curva recorrente embaixo da parte da aponeurose palmar que cobre os músculos tenares (Fig. 50.45A). Curva-se em torno da margem distal do retináculo para jazer superficial ao músculo flexor curto do polegar, que ele geralmente supre, e continua superficial ao músculo ou o atravessa. Fornece um ramo para o músculo abdutor curto do polegar, o qual entra na margem medial do músculo, e a seguir passa profundamente a ele para suprir o músculo oponente do polegar, entrando na sua margem medial. Sua parte terminal ocasionalmente dá um ramo para o primeiro interósseo dorsal, e pode ser seu suprimento único ou parcial. O ramo muscular pode se originar no túnel do carpo e perfurar o retináculo dos músculos flexores, um ponto de importância cirúrgica.

Ramos digitais palmares

O nervo mediano geralmente se divide em quatro ou cinco ramos digitais (Fig. 50.45A). Ele frequentemente se divide primeiro em um ramo lateral que fornece ramos digitais ao polegar e ao lado radial do dedo indicador, e um ramo medial, que supre ramos digitais aos lados adjacentes dos dedos indicador, médio e anular. Outros modos de terminação podem ocorrer.

Ramos digitais são comumente dispostos como descrito a seguir. Eles passam distalmente, profundos ao arco palmar superficial e seus vasos digitais, no início anteriores aos tendões dos músculos flexores longos. Dois nervos digitais palmares propriamente ditos, às vezes a partir de um tronco comum, passam para os lados do polegar: o nervo que supre seu lado lateral cruza na frente do tendão do músculo flexor longo do polegar. O nervo digital palmar propriamente dito para o lado lateral do indicador também supre o primeiro músculo lumbrical. Dois nervos digitais palmares comuns passam distalmente entre os tendões dos músculos flexores longos. O lateral se divide na palma distal em dois nervos digitais palmares propriamente ditos que atravessam lados adjacentes dos dedos indicador e médio. O medial se divide em dois nervos digitais palmares propriamente ditos que suprem lados adjacentes dos dedos médio e anular. O nervo digital comum lateral supre o segundo músculo lumbrical, e o medial recebe um ramo comunicante do ramo digital palmar comum do nervo ulnar e pode suprir o terceiro músculo lumbrical. Na parte distal da palma as artérias digitais passam profundamente entre as divisões dos nervos digitais: os nervos jazem anteriores às artérias nos lados dos dedos. O nervo mediano usualmente supre ramos digitais cutâneos palmares aos três e meio dedos radiais (polegar, indicador, médio e lado lateral do anular): às vezes o lado lateral do dedo anular é suprido pelo nervo ulnar. Ocasionalmente, há um ramo comunicante entre o nervo digital comum para os dedos médio e anular (derivado do nervo mediano) e o nervo digital comum para os dedos anular e mínimo (derivado do nervo ulnar): isto pode explicar variações nos padrões de sensibilidade que não obedecem ao padrão clássico.

Os nervos digitais palmares propriamente ditos passam ao longo do lado medial do dedo indicador, e ambos os lados do dedo médio e lado lateral do anular. Eles entram nestes dedos na gordura entre as faixas da aponeurose palmar. Juntamente com os músculos lumbricais e artérias digitais palmares, eles passam dorsalmente ao ligamento metacarpal transverso superficial e ventralmente ao ligamento metacarpal transverso profundo. Nos dedos, os nervos seguem distalmente ao lado dos tendões dos músculos flexores longos (fora das suas bainhas fibrosas), ao nível das faces anteriores das falanges e anteriores às artérias digitais, entre os ligamentos de Grayson e de Cleland. Cada nervo dá vários ramos para a pele na frente e lados do dedo (onde muitos terminam em corpúsculos de Pacini), e envia ramos para as articulações metacarpofalângicas e interfalângicas.

Os nervos digitais suprem as bainhas fibrosas dos tendões dos músculos flexores longos, artérias digitais (fibras vasomotoras) e glândulas sudoríferas (fibras secretomotoras). Distalmente à base de cada falange cada nervo digital dá um ramo que passa dorsalmente para o leito ungueal. O nervo principal frequentemente se trifurca para suprir a polpa e a pele da parte terminal do dedo. Distalmente à base da falange proximal, cada nervo digital propriamente dito também dá um ramo dorsal para suprir a pele no dorso das falanges média e distal. Os nervos digitais palmares propriamente ditos para o polegar e o lado lateral do dedo indicador emergem com os tendões dos músculos flexores longos de baixo da margem lateral da aponeurose palmar. Eles são dispostos nos dedos conforme descrito acima, mas no polegar pequenos ramos distais suprem a pele no dorso da falange distal somente.

Outros ramos

Além dos ramos do nervo mediano descritos acima, ramos vasomotores variáveis suprem as artérias radial e ulnar e seus ramos. Está relatado que

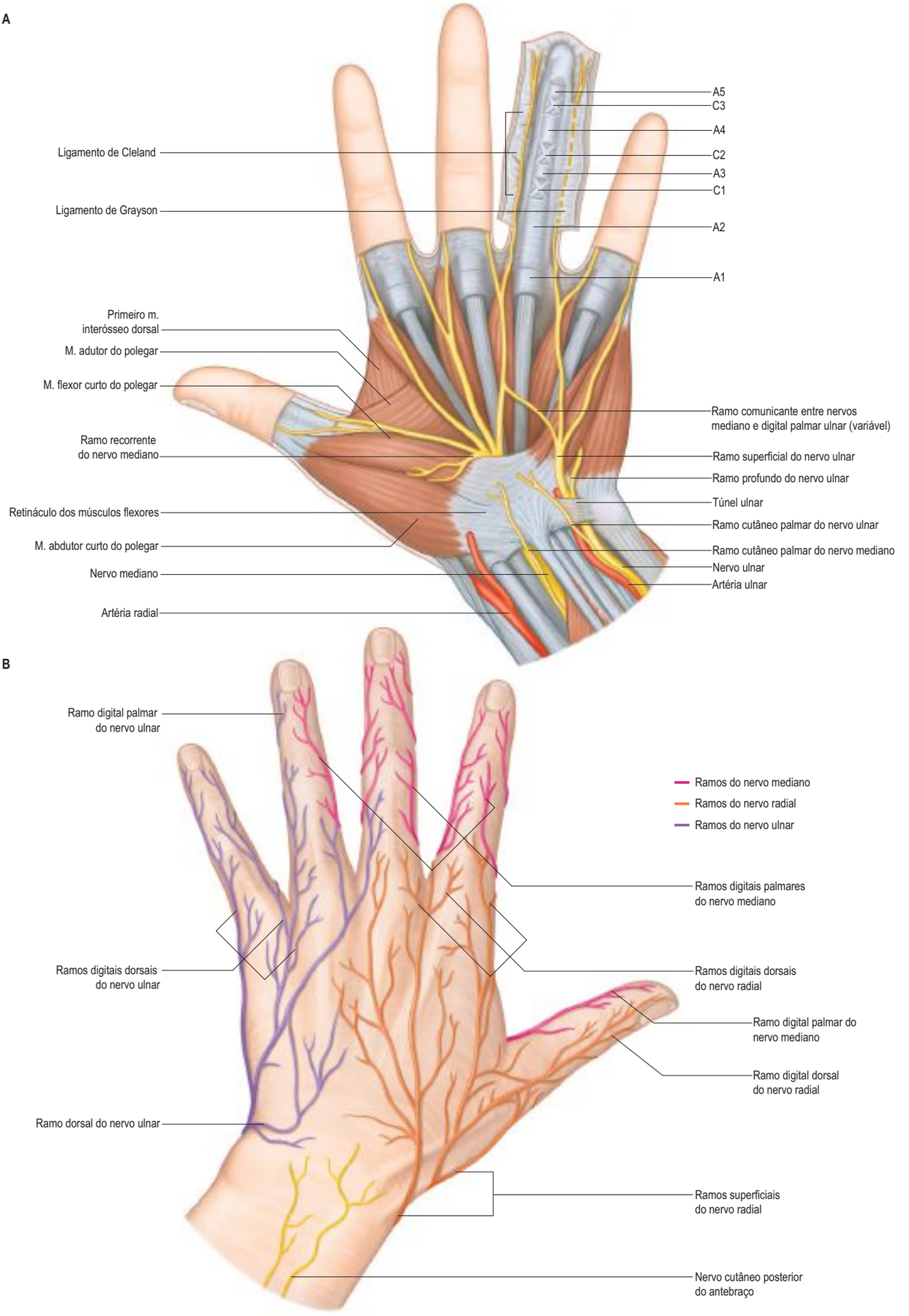


Fig. 50.45 Nervos cutâneos da mão. **A,** Vista palmar. As polias anulares e cruciformes estão mostradas esquematicamente no dedo anular. **B,** Vista dorsal.

algumas das articulações intercarpais, carpometacarpais e intermetacarpais são supridas pelo nervo mediano ou seu ramo interósseo anterior: os detalhes precisos são incertos.

Síndrome do túnel do carpo

A síndrome do túnel do carpo é a mais comum mononeurite de compressão. Ela é causada pela compressão do nervo mediano ao passar através do túnel fibro-ósseo embaixo do retináculo dos músculos flexores. O túnel do carpo pode ser estreitado por alterações artríticas na articulação do punho, particularmente artrite reumatoide; espessamento de tecidos moles como pode ocorrer no mixedema e acromegalia; e pode ser associado com edema, obesidade ou gravidez. Usualmente a condição é idiopática. Normalmente o nervo mediano desliza suavemente para dentro e para fora do túnel do carpo durante flexão e extensão do punho: quando o nervo é comprimido, dano adicional pode ser produzido durante estes movimentos. A mão dominante usualmente é afetada primeiro, provavelmente porque esta mão é usada mais frequentemente e com mais vigor. Tipicamente, a síndrome produz dor, parestesia e entorpecimento nos dedos polegar, indicador, médio e lado medial do anular, o que é pior à noite e ao segurar objetos. O ramo palmar do nervo mediano é poupado, uma vez que ele não passa através do túnel do carpo. Com o tempo, a compressão leva à atrofia e fraqueza do músculo abdutor curto do polegar. O tratamento é usualmente a descompressão cirúrgica do nervo pela divisão do retináculo dos músculos flexores.

Divisão do nervo mediano no punho

O nervo mediano é vulnerável à divisão por lacerações no punho. A divisão leva à paralisia dos músculos lumbricais para os dedos indicador e médio e dos músculos tenares (à parte o músculo flexor curto do polegar e músculo adutor do polegar), bem como perda de sensibilidade nos dedos polegar, indicador, médio e metade lateral do anular. A metade lateral da mão se torna achatada como resultado da atrofia dos músculos tenares e da postura aduzida do polegar.

Nervo ulnar

No punho, o nervo ulnar passa sob a parte superficial do retináculo dos músculos flexores (no túnel ulnar) com a artéria radial, e se divide em ramos terminais superficial e profundo.

Ramo dorsal

O ramo dorsal origina-se aproximadamente 5 cm proximalmente ao punho. Ele passa distal e dorsalmente, profundamente com relação ao músculo flexor ulnar do carpo, perfura a fáscia profunda, desce ao longo do lado medial do dorso do punho e mão e a seguir se divide em dois, ou frequentemente três, nervos digitais dorsais. O primeiro supre o lado medial do dedo mínimo, o segundo os lados adjacentes dos dedos mínimo e anular, enquanto o terceiro, quando presente, supre lados adjacentes dos dedos anular e médio. O último pode ser substituído, no todo ou em parte, por um ramo do nervo radial, o qual sempre se comunica com ele no dorso da mão (Fig. 50.45A). No dedo mínimo, os nervos digitais dorsais se estendem apenas até a base da falange distal, e no dedo anular eles se estendem apenas até a base da falange média. As partes mais distais do dedo mínimo e do lado medial do dedo anular são supridas por ramos dorsais dos ramos digitais palmares propriamente ditos do nervo ulnar. A parte mais distal do lado lateral do dedo anular é suprida por ramos dorsais do ramo digital palmar propriamente dito do nervo mediano.

Ramos terminais superficial e profundo

Ramo terminal superficial

O ramo terminal superficial supre o músculo palmar curto e a pele palmar medial. Ele se divide em dois nervos digitais palmares, os quais podem ser palpados de encontro ao hámulo do osso hamato. Um supre o lado medial do dedo mínimo, o outro (um nervo digital palmar comum) envia um pequeno ramo para o nervo mediano e se divide em dois nervos digitais propriamente ditos para suprir os lados adjacentes dos dedos mínimo e anular. Os ramos digitais propriamente ditos são distribuídos como os derivados do nervo mediano.

Ramo terminal profundo

O ramo terminal profundo acompanha o ramo profundo da artéria ulnar quando ela passa entre o músculo abdutor do dedo mínimo e o músculo flexor do dedo mínimo e em seguida perfura o músculo oponente do dedo mínimo para acompanhar o arco palmar profundo dorsalmente aos tendões dos músculos flexores (Fig. 50.46). Na sua origem ele supre os três músculos curtos do dedo mínimo. Ao cruzar a mão, ele supre os músculos interósseos e o terceiro e quarto músculos lumbricais. Termina suprindo o músculo adutor do polegar, o primeiro músculo interósseo

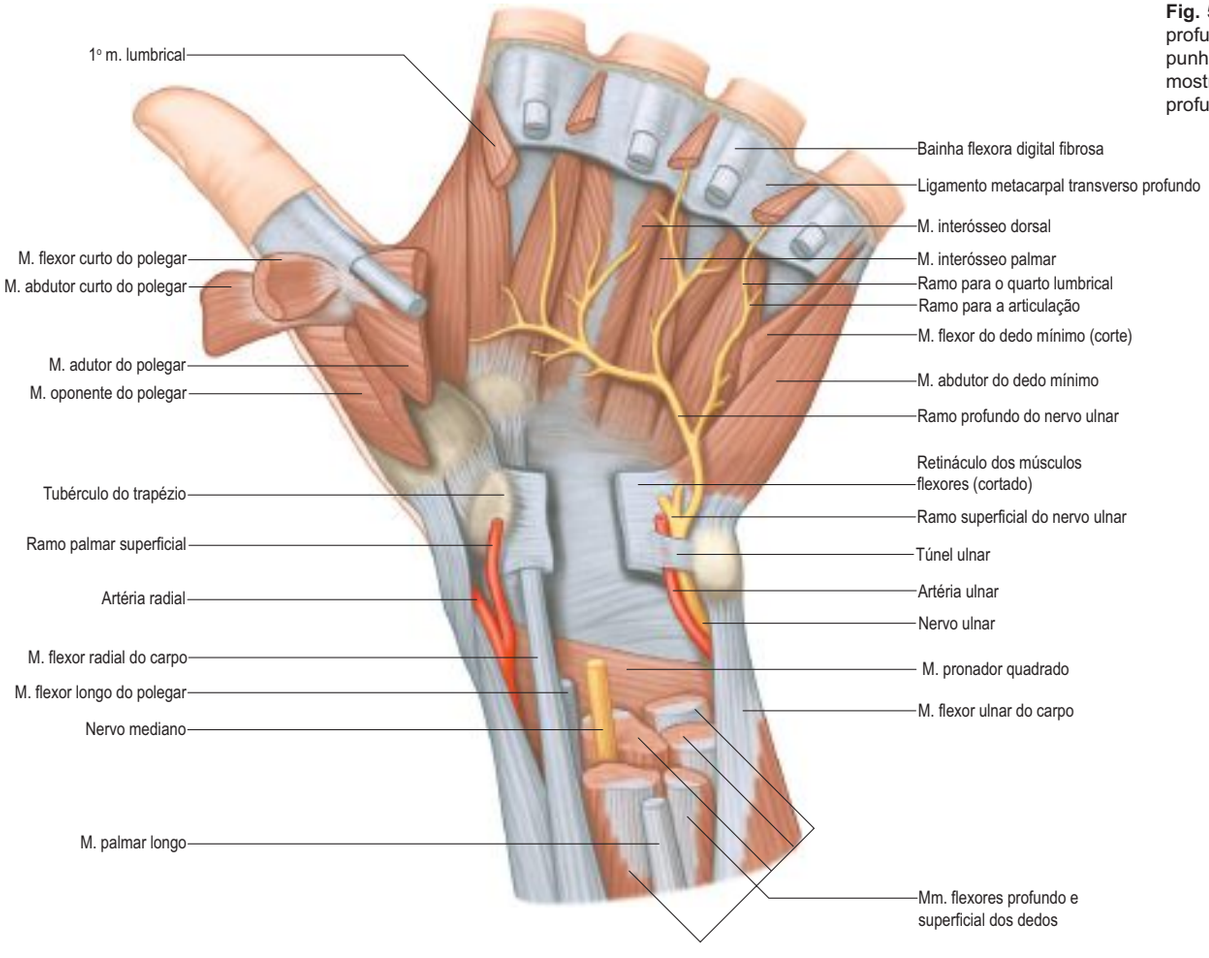


Fig. 50.46 Estruturas profundas na palma e punho esquerdos, mostrando o ramo profundo do nervo ulnar.

palmar e usualmente o músculo flexor curto do polegar. Ele envia filamentos articulares para a articulação do punho.

A parte medial do músculo flexor profundo dos dedos é suprida pelo nervo ulnar, como o são o terceiro e o quarto músculos lumbricais que são conectados com os tendões desta parte do músculo. Similarmente, a parte lateral do músculo flexor profundo dos dedos e o primeiro e segundo músculos lumbricais são supridos pelo nervo mediano. O terceiro músculo lumbrical é muitas vezes suprido por ambos os nervos. Está relatado que o ramo terminal profundo dá ramos para algumas articulações intercarpais, carpometacarpais e intermetacarpais: detalhes precisos são incertos. Ramos vasomotores, originados no antebraço e mão, suprem as artérias ulnar e palmares.

Síndrome do túnel ulnar

A síndrome do túnel ulnar é uma neuropatia de compressão do nervo ulnar ao passar através do túnel ulnar no punho. As causas de compressão neste local incluem um cisto sinovial, trauma, e proximidade de músculos aberrantes ou acessórios. Os sintomas incluem dor na mão ou antebraço e alterações de sensibilidade no aspecto palmar dos dedos mínimo e metade medial do anular; entretanto, a sensibilidade no aspecto medial do dorso da mão é normal. Além disso, pode haver fraqueza e atrofia dos músculos intrínsecos da mão supridos pelo nervo ulnar, com postura em garra em casos extremos.

O tratamento cirúrgico envolve descompressão do nervo por divisão do teto do túnel ulnar e remoção da lesão causadora, por exemplo, cisto sinovial.

Divisão do nervo ulnar no punho

A divisão do nervo ulnar no punho paralisa todos os músculos intrínsecos da mão (à parte os dois músculos lumbricais radiais). A ação dos músculos intrínsecos de flexionar a articulação metacarpofalângica e estender as articulações interfalângicas é portanto perdida. A ação sem oposição dos músculos extensores longos e flexores dos dedos faz a mão assumir uma aparência em garra com extensão das articulações metacarpofalângicas e flexão das articulações interfalângicas. A formação de garra é menos intensa nos dedos indicador e médio por causa dos seus músculos lumbricais intactos, supridos pelo nervo mediano. (Para uma descrição detalhada da postura da mão adotada nas lesões do nervo ulnar, ver Smith, 2002.)

Há perda de sensibilidade no dedo mínimo e metade medial do dedo anular. Em comparação com uma divisão do nervo ulnar no cotovelo, a pele sobre o aspecto medial do dorso da mão é poupada porque o ramo dorsal do nervo ulnar é emitido aproximadamente 5 cm proximalmente à articulação do punho.

Uma paralisia combinada de nervo mediano e ulnar no punho resulta em uma mão em garra completa com achatamento tenar e hipotenar, e adução e flexão do polegar. Esta postura é conhecida como mão simiesca em virtude da similaridade à aparência da mão de um macaco.

Nervo radial

Ramos do ramo superficial do nervo radial alcançam a mão curvando-se em torno do punho sobre os tendões do músculo abdutor longo do polegar e do músculo extensor curto do polegar. Eles se dividem em nervos digitais dorsais. No dorso da mão eles usualmente se comunicam com os nervos cutâneos posterior e lateral do antebraço.

Nervos digitais dorsais

Geralmente há quatro ou cinco pequenos nervos digitais dorsais. O primeiro supre a pele da região lateral do polegar e a eminência tenar adjacente, e se comunica com ramos do nervo cutâneo lateral do antebraço. O segundo supre o lado medial do polegar; o terceiro, o lado lateral do dedo indicador; o quarto, os lados adjacentes dos dedos indicador e médio; o quinto se comunica com um ramo do ramo dorsal do nervo ulnar e supre os lados adjacentes dos dedos médio e anular, mas frequentemente é substituído pelo ramo dorsal do nervo ulnar. Os nervos digitais do polegar alcançam apenas até a raiz da unha, aqueles no dedo indicador, meio caminho ao longo da falange média, aqueles no dedo médio e parte lateral do dedo anular podem alcançar não mais longe que as articulações interfalângicas proximais. As áreas dorsais restantes da pele nestes dedos são supridas por ramos digitais palmares dos nervos mediano e ulnar. O ramo terminal superficial do nervo radial pode suprir o dorso inteiro da mão.

REFERÊNCIAS

An K-N, Berger RA, Cooney WP (eds) 1991 Biomechanics of the Wrist Joint. New York: Springer-Verlag.

Bendz P 1985 The functional significance of the oblique retinacular ligament of Landsmeer. A review and new proposals. J Hand Surg 10: 25–9.

Bowers WH, Wolf JW Jr, Nehil JL, Bittinger S 1980 The proximal interphalangeal joint volar plate. I. An anatomical and biochemical study. J Hand Surg [Am] 5: 79–88.

Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Doyle JR, Blythe WF 1975 The finger flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand. St Louis: Mosby: 81–8.

Garcia-Elias M 1996 Carpal kinetics. In: Büchler V (ed) Wrist Instability. London: Martin Dunitz, Chapter 2.

Green D, Hotchkiss R, Pederson W 1999 Green's Operative Hand Surgery, 4th edn. New York: Churchill Livingstone.

Kauer JMG 1996 The functional anatomy of the carpal joint: the whole and its components. In: Wrist Instability. London: Martin Dunitz.

Kirk Watson H, Weinzweig J 2001 The Wrist. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.

McGrouther D 1982 The microanatomy of Dupuytren's contracture. The Hand 14: 215–36.

Salmon M 1994 Anatomic studies. In: Taylor GI, Razaboni RM (eds) Book 1: Arteries of the muscles of the extremities and the trunk. Book 2: Arterial anastomotic pathways of the extremities. St Louis: Quality Medical Publishing.

Smith PJ 2002 Lister's The Hand. Diagnosis and Indications, 4th edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Spinner MJB 1984 Kaplan's Functional and Surgical Anatomy of the Hand, 3rd edn. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.

Stanley J, Saffar P 1994 Anatomy. In: Wrist Arthroscopy. London: Martin Dunitz.

Watson HK, Weinzweig J (eds) 2001 The Wrist. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.

Em especial, os seguintes capítulos deste livro: Garcia elias M, Anatomy of the wrist e Ryu J, Biomechanics of the wrist.

CAPÍTULO 51

Desenvolvimento dos membros

O desenvolvimento do membro depende de uma série de complexas interações célula-célula que foi identificada em experiências com anfíbios, aves e répteis; a sequência dos eventos demonstra a notável conservação dos processos de desenvolvimento. O mapeamento dos comprometimentos revelou quais as células específicas ou os grupos de células do embrião que deram origem às estruturas do membros, e, assim, foi feito um considerável progresso na identificação da base genética do desenvolvimento dos membros. O achado de que as mesmas moléculas estão envolvidas no desenvolvimento de embriões tanto nos modelos de laboratório quanto nos humanos promoveu um aumento na convergência entre a biologia do desenvolvimento e a genética clínica.

Os membros desenvolvem-se a partir do mesênquima somatopleural na parede lateral do corpo. Regiões do mesênquima somatopleural, em posições específicas ao longo do eixo principal do corpo, proliferam-se de forma intensa para dar origem aos brotamentos dos membros. Estes brotamentos são os primeiros sinais visíveis de desenvolvimento dos membros e são marcados por uma crista longitudinal de células epiteliais colunares altas, a crista ectodérmica apical (Fig. 51.1).

O brotamento primário do membro contém uma população mista de células mesenquimais: o mesênquima somatopleural dá origem aos tecidos conjuntivos dos membros, incluindo a cartilagem, o osso, o tendão e o tecido conjuntivo frouxo; em contrapartida, o mesênquima paraxial dos somitos dá origem às células miogênicas dos músculos, enquanto o mesênquima angiogênico produz uma extensa rede vascular no brotamento primário do membro. Neurônios sensitivos e motores e as células de Schwann, derivadas da crista neural, além dos melanócitos da pele, migram para o membro em desenvolvimento um pouco mais tarde.

EIXOS DOS MEMBROS

Para fins descritivos, experimentais e conceituais, foi necessário definir e nomear os diversos "eixos", limites, superfícies e linhas, em relação ao brotamento do membro em desenvolvimento (Fig. 51.2). O eixo proximodistal do brotamento do membro (previamente conhecido, na embriologia descritiva, como eixo) é construído a partir de uma linha imaginária projetada do centro da base elíptica do brotamento primário, através do centro de seu núcleo mesenquimal, até atingir o centro da crista ectodérmica apical. Considerando a relação proximodistal, a margem do membro localizada cranialmente é a margem pré-axial, enquanto a

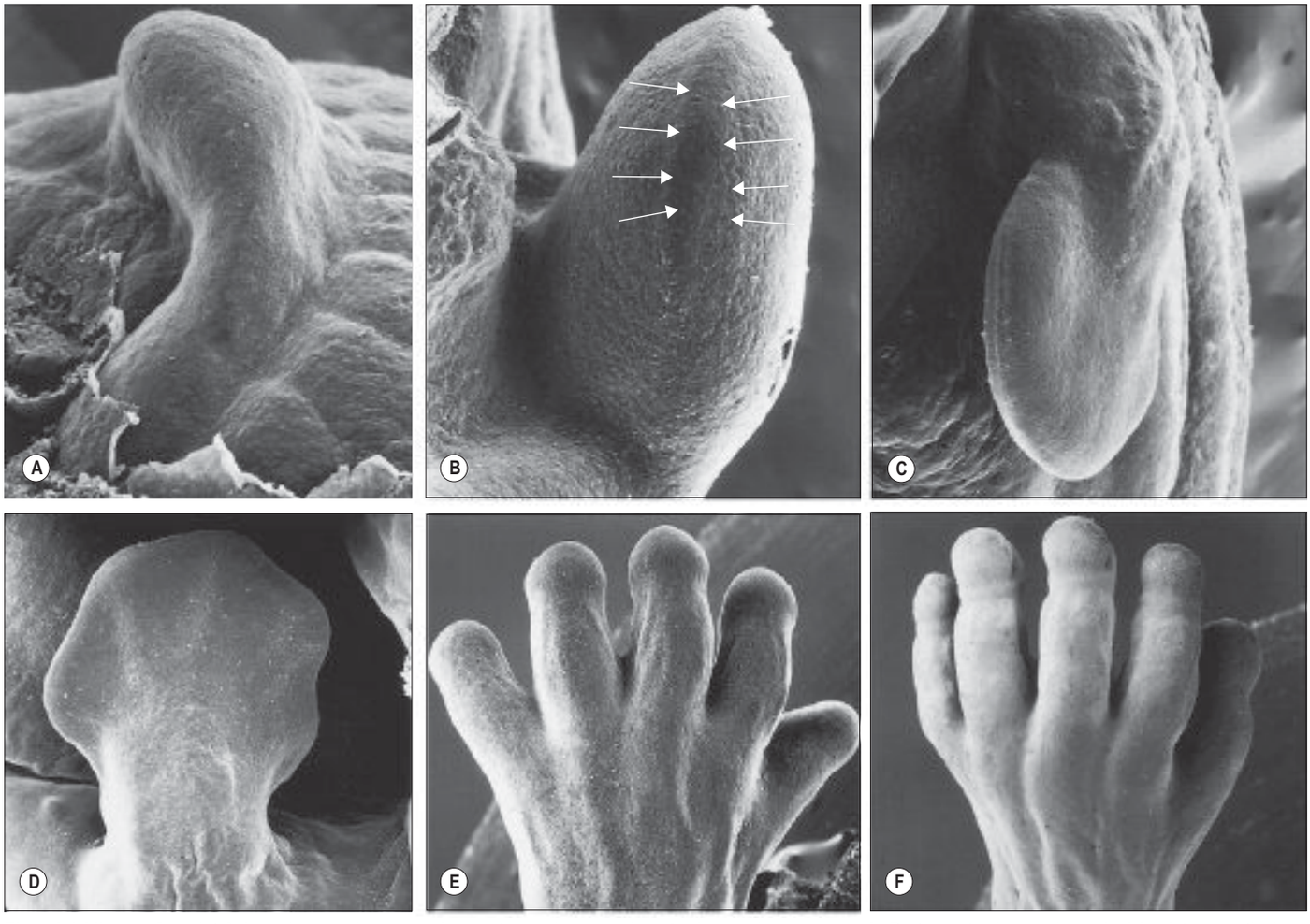


Fig. 51.1 Micrografias eletrônicas de varredura para demonstrar o desenvolvimento do membro superior. **A,** Brotamento de membro primário visto a partir da margem pós-axial. **B,** Brotamento do membro visto a partir da margem pós-axial; a crista ectodérmica apical (setas) pode ser observada. **C,** Brotamento do membro, vista dorsolateral; a região do ombro e do cotovelo pode ser distinguida e a placa da mão está sendo formada. A crista ectodérmica apical ainda é bem identificada na margem da placa da mão. **D,** Os raios dos dedos estão presentes na placa da mão e a margem da placa está formando uma incisura. **E,** Cada um dos dedos apresenta coxins táteis distalmente, e o desenvolvimento das unhas continua. (Fotografias por P Collins; impresso por S Cox, Electron Microscopy Unit, Southampton General Hospital.)

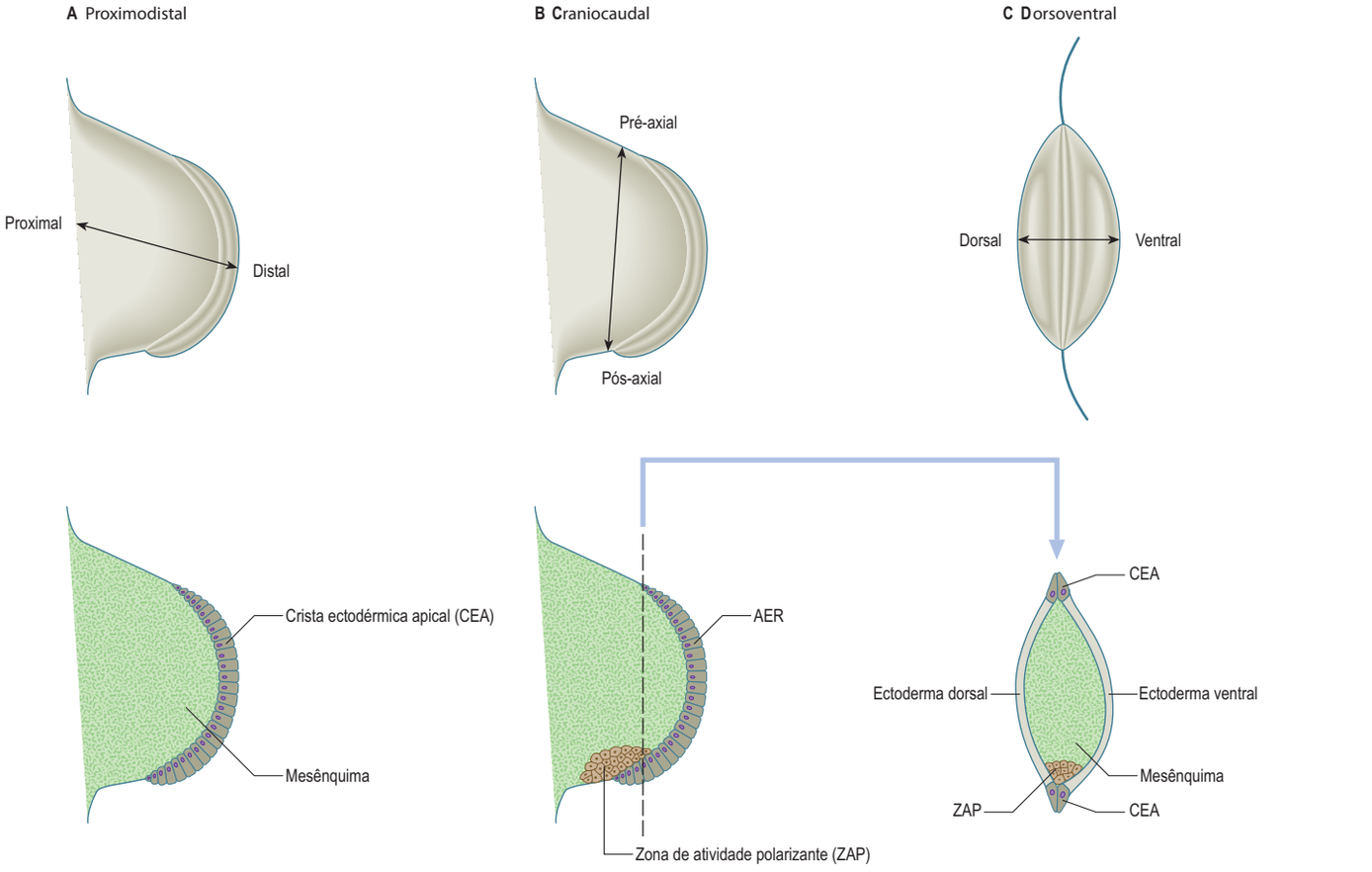


Fig. 51.2 Eixos do membro em desenvolvimento e especificação das estruturas ao longo dos diferentes eixos. Brotamento de membro proximodistal (**A**) e craniocaudal (**B**) (aproximadamente estágio 14) visto pela face dorsal; dorsoventral (**C**); brotamento do membro visto pela extremidade distal. O padrão de desenvolvimento das estruturas do membro e as especializações ectodérmicas são controlados pelo mesênquima do membro. O crescimento do membro é controlado pela crista ectodérmica apical e é acompanhado pela deposição de estruturas ao longo do eixo proximodistal; o padrão craniocaudal é controlado pela zona de atividade polarizante (região polarizante); o padrão dorsoventral é controlado por sinais do ectoderma dorsal e ventral, demonstrado em corte transversal, corte feito no plano definido pela linha pontilhada.

margem do membro localizada caudalmente é a margem pós-axial. (Nos tetrápodes e nos pássaros, as duas margens são denominadas anterior e posterior, respectivamente.) Qualquer linha que passe através do brotamento do membro, da margem pré-axial para a pós-axial, ortogonal ao eixo proximodistal, constitui um eixo craniocaudal. Desta forma, as superfícies ectodérmicas dorsal e ventral cobrem as suas respectivas faces, a partir da margem pré-axial até a pós-axial, e qualquer linha que passe da face dorsal para a ventral, ortogonal aos eixos proximodistal e craniocaudal, constitui um eixo dorsoventral. Deve-se aqui destacar que os termos "linhas axiais dorsais" e "linhas axiais ventrais" devem ser utilizados, exclusivamente, em relação ao desenvolvimento e aos padrões definitivos de inervação cutânea dos membros e seus níveis associados do tronco.

Os três eixos de desenvolvimento (proximodistal, craniocaudal e dorsoventral) podem ser identificados no brotamento do membro por volta do estágio 13. Experiências em embriões de pintos demonstraram que o desenvolvimento das estruturas, em relação a cada um desses três eixos principais, parece ser especificado por diferentes mecanismos (Fig. 51.2). O crescimento externo ao longo do eixo proximodistal é controlado pela crista ectodérmica apical e pelo mesênquima somatopleural subjacente; o crescimento externo do brotamento do membro é acompanhado pela formação sequencial das estruturas do membro, ao longo do eixo proximodistal. O eixo craniocaudal é controlado por uma pequena população de células mesenquimais, na margem pós-axial do brotamento do membro; essa região do mesênquima é denominada zona de atividade polarizada ou região polarizante. O eixo dorsoventral do membro parece ser controlado pela superfície ectodérmica que cobre o brotamento do membro.

O crescimento inicial diferenciado de partes do brotamento do membro resulta em duas alterações principais para os seus eixos originalmente simétricos. A face dorsal dos membros cresce mais rapidamente do que a face ventral, fazendo com que o brotamento do membro se curve ao redor da parede corporal. A superfície ventral do membro (mais próxima da parede corporal) permanece relativamente plana, mas a superfície dorsal projeta-se em direção à cavidade amniótica. A crista ectodérmica apical, originalmente voltada para a região lateral, vai sendo direcionada ventralmente.

CRISTA ECTODÉRMICA APICAL

O crescimento externo do brotamento do membro é controlado pela crista ectodérmica apical. Durante muitos anos, considerou-se que uma espécie de biorritmo atuasse na definição do padrão proximodistal, a partir da zona de células mesenquimais não diferenciadas, proliferando-se na extremidade do brotamento do membro em desenvolvimento. Esta zona, portanto, foi chamada de zona de progresso. Foi admitido que, à medida que as células deixavam a zona de progresso, os seus valores proximais distais tornavam-se fixos. As células que passavam um curto período de tempo na extremidade do brotamento do membro formariam as estruturas proximais, enquanto as células que passavam um tempo maior na extremidade do brotamento formariam as estruturas distais. Entretanto, foi sugerido, mais recentemente, que o padrão proximodistal é especificado nos primórdios do brotamento do membro e que as estruturas são elaboradas de acordo com o crescimento do brotamento.

As interações fundamentais epitélio-mesenquimais, observadas no desenvolvimento do membro, estão discutidas em detalhes no texto de Hinchcliffe & Johnson (1980) e, mais recentemente, na descoberta das bases genéticas dessas interações feitas por Ferretti & Tickle (2006). O conhecimento da embriologia do membro obtido em estudos com embriões de pintos pode ser resumido como segue (Fig. 51.3). A crista ectodérmica apical influencia a orientação para o crescimento do brotamento do membro. Sua remoção resultaria na interrupção do desenvolvimento do membro, enquanto o enxerto de uma segunda crista ectodérmica apical resultaria na formação de dois eixos de desenvolvimento e na duplicação das estruturas distais (Fig. 51.3). Existem evidências de que o mesênquima do membro, abaixo da crista ectodérmica apical, forneceria um fator de manutenção da crista ectodérmica apical, essencial para a função da crista. Assim, quando células do brotamento do membro inferior são enxertadas na extremidade de um brotamento da asa, abaixo da crista ectodérmica apical, a crista é mantida e o crescimento do brotamento continua (deve ser observado que as células do membro inferior, mesmo quando colocadas no brotamento do membro, ainda formam estruturas da perna) (Fig. 51.3). Além disso, o mesênquima do membro inferior passará informação para o ectoderma local, desencadeando o desenvolvimento epidérmico apropriado que, nesse caso, é representado pela formação de escamas, em vez de penas.

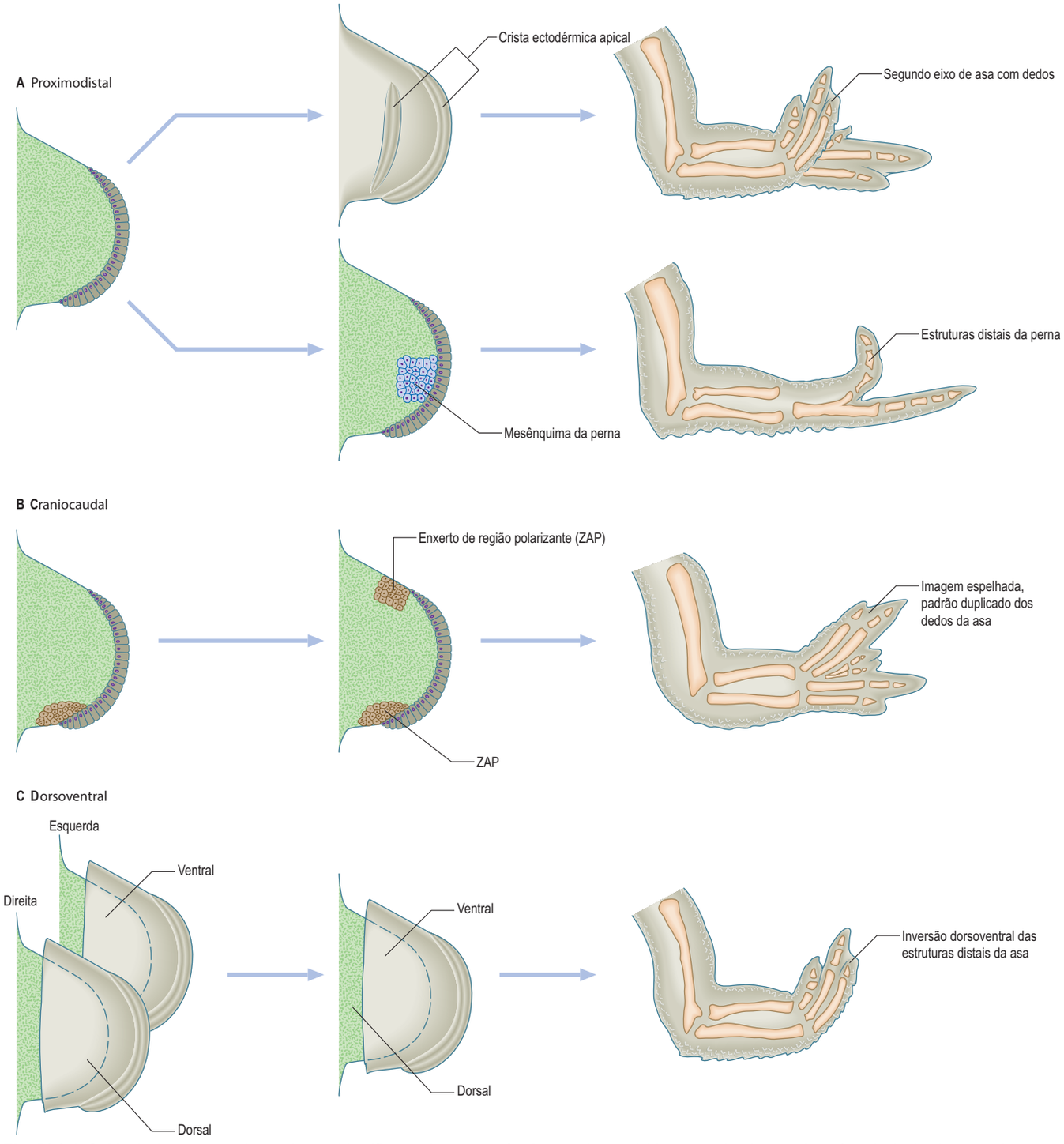


Fig. 51.3 A-C, Manipulações experimentais que identificaram interações fundamentais envolvidas na padronização dos três principais eixos no pinto.

ZONA DE ATIVIDADE POLARIZANTE

A zona de atividade polarizante é uma pequena região do mesênquima somatopleural, na margem pós-axial do membro. Quando uma segunda zona de atividade polarizante é enxertada, abaixo ou adjacente à crista ectodérmica apical, na margem pré-axial de um brotamento de asa do pinto, ocorre a duplicação das estruturas distais do membro, gerando um padrão de imagem em espelho de seis dedos (Fig. 51.3). O dedo mais próximo da zona de atividade polarizante é, invariavelmente, o dedo mais pós-axial (na asa do pinto é o dedo 4), enquanto os dedos mais pré-axiais se desenvolvem mais distantes da zona de atividade polarizante. Assim, a sinalização da zona de atividade polarizante parece controlar tanto o número de dedos quanto o seu padrão. Foi sugerido que o número de dedos é controlado pela regulação da produção do fator de manutenção da crista ectodérmica apical, enquanto o padrão do dedo é regulado pela produção de um indutor difusível da morfogênese que atua de modo dependente da concentração.

INTERAÇÃO ECTODÉRMICA

É possível remover o núcleo mesenquimal do brotamento de um membro primitivo do pinto, deixando a superfície do epitélio ectodérmico. Quando o epitélio ectodérmico de um brotamento do membro esquerdo é recombinado com o núcleo mesenquimal de um brotamento de membro direito, mantendo o eixo craniocaudal em registro, a parte dorsal do membro que se desenvolve subsequentemente assume a polaridade do ectoderma, em vez da polaridade do mesênquima (Fig. 51.3). Isto pode ser visto no padrão dos músculos, na orientação das articulações e na eventual diferenciação característica da epiderme. Assim, sinais do ectoderma controlam o padrão ao longo do eixo dorsoventral.

BASE MOLECULAR DAS INTERAÇÕES CÉLULA-CÉLULA

A crista ectodérmica apical secreta fatores de crescimento de fibroblastos que atuam sobre o mesênquima subjacente e mantêm a zona de atividade de polarização. Essa zona secreta o *Sonic hedgehog* (*Shh*), um gene que codifica outra classe de proteína secretada que medeia a sinalização célula-célula. A proteína *Sonic hedgehog* atua sobre as células adjacentes do mesênquima e mantém a expressão do gene que codifica a Gremlina (um antagonista extracelular da proteína morfogenética óssea), que atua como um fator de manutenção da crista ectodérmica apical. O *Sonic hedgehog* também desempenha um papel central no padrão dos dedos: difunde-se através do brotamento do membro e as células de respostas transduzem o sinal, através da família Gli de fatores de transcrição. (As proteínas Gli são efetores bifuncionais da sinalização Shh e podem levar à ativação ou à repressão da expressão dos alvos genéticos.) O ectoderma do membro dorsal expressa *Wnt7a*, que atua como um sinal dorsalizante.

Entre os genes expressos em respostas a essas moléculas de sinalização célula-célula, temos os membros 5′ dos dois complexos de genes *Hox*. A expressão do gene *Hox-d* no brotamento distal do membro demonstra uma disposição em cesto, similar à das bonecas russas: a margem pós-axial da extremidade do broto do membro expressa cinco *genes Hox-d* (*d*-13, *d*-12, *d*-11, *d*-10 e *d*-9), enquanto na porção pré-axial seguinte somente quatro genes são expressos (*d*-12, *d*-11, *d*-10 e *d*-9), e essa perda sequencial de expressão dos genes *Hox-d* é repetida até que somente *d*-9 seja expresso na maioria das regiões pré-axiais do brotamento do membro. O fato de cinco domínios diferentes da expressão *Hoxd* poderem ser distintos levou à sugestão de que este pode ser o motivo pelo qual temos cinco dedos das mãos (e nos pés), mas a explicação provavelmente não é tão simples.

ELEMENTOS ESQUELÉTICOS DOS MEMBROS

Foi sugerido que a formação dos elementos cartilaginosos de um membro se relacionaria com o formato do membro e com as condições necessárias para a condrogênese. Uma zona anticondrogênica, abaixo do ectoderma de um membro em desenvolvimento, impede a condrogênese no interior da derme e das zonas miogênicas. Focos de condrogênese ocorrem no centro do brotamento do membro, onde a densidade da célula é maior. Um centro de condrogênese forma-se na região proximal do brotamento primário do membro. À medida que o brotamento do membro se alonga, ele também se alarga, formando os dois centros de condrogênese seguintes e cinco centros que aparecem mais distalmente. O fator de transcrição Sox9 é essencial para a diferenciação de condrócitos: a expressão do gene *Sox9* coincide com a expressão do gene que codifica o colágeno do tipo II, o colágeno característico da matriz extracelular de cartilagem. Os transcritos do gene *Sox9* expressam-se nos elementos esqueléticos do úmero e do antebraço, em embriões humanos, aproximadamente no dia 44, e nos ossos do carpo, do metacarpo e dos dedos, além dos elementos mais proximais, aproximadamente no dia 52 (Fig. 51.4).

A crista ectodérmica apical controla a largura da placa digital. O número de dedos que se desenvolve está relacionado com a largura do brotamento do membro. Zonas de morte celular programada podem ser identificadas nas margens pré e pós-axiais do membro, o que limita o comprimento da crista ectodérmica apical. (Deve-se destacar que, na literatura relacionada com as experiências com embriões animais, as margens pré- e pós-axiais são denominadas margens anterior e posterior, respectivamente, e, portanto, as regiões em que ocorre a morte celular programada são denominadas zonas necróticas anterior e posterior.) Se o comprimento da crista ectodérmica apical é reduzido, um número menor de dedos será formado (oligodactilia); em contrapartida, se uma crista ectodérmica apical se torna maior, um número maior de dedos será formado (polidactilia). Dedos supranumerários podem desenvolver-se nas margens pré- e pós-axiais. Outras regiões de morte de células por apoptose ocorrem entre os dedos e resultam em suas separações, mas estas zonas aparecem mais tardiamente do que as zonas necróticas anterior e posterior: os restos de tecidos em todas as zonas necróticas são removidos pelos macrófagos.

A primeira evidência de formação óssea, em embriões humanos, é observada no corte médio das diáfises dos ossos longos após 7-8 semanas. A invasão vascular da matriz cartilaginosa precede a formação de um colar periosteal e, em seguida, estende-se proximal e distalmente, até atingir o futuro nível epifisário, onde uma placa de crescimento será formada. Por volta da 10ª semana, colunas de condrócitos podem ser vistas no nível epifisário da maior parte dos ossos. Entretanto, somente as extremidades inferior do fêmur e superior da tíbia desenvolvem centros de ossificação secundários antes do nascimento.

Para maiores detalhes sobre o desenvolvimento das cartilagens, consultar a página 81 e, sobre o desenvolvimento do osso, ver a página 92. Para maiores detalhes sobre o desenvolvimento de cada um dos ossos dos membros, procure o capítulo regional apropriado.

DESENVOLVIMENTO DAS ARTICULAÇÕES

As regiões de cartilagem em desenvolvimento são facilmente identificadas histologicamente no membro em desenvolvimento, porque consistem em

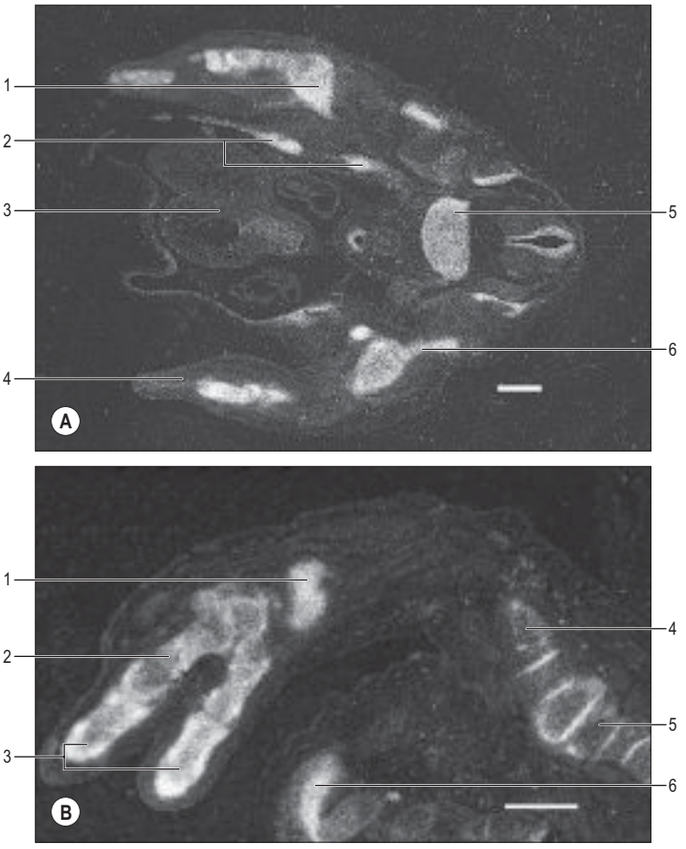


Fig. 51.4 Apresentação Sox9 no esqueleto dos membros em desenvolvimento de embriões humanos. **A,** Estágio 18; aproximadamente 44 dias após a ovulação. **1.** Úmero. **2.** Costelas. **3.** Coração. **4.** Antebraço. **5.** Corpo vertebral. **6.** Escápula. **B,** Estágio 21; aproximadamente 52 dias após a ovulação. **1.** Osso carpal. **2.** Osso metacarpal. **3.** Falanges. **4.** Úmero. **5.** Escápula. **6.** Costela. Transcritos Sox9 detectados nos cortes com sondas, marcadas radioativamente e seguidos pela autorradiografia, sinal positivo representado por grãos prata que se mostram como áreas brancas. As barras de escalas representam 500 µm em **A** e **B**. (O tecido humano foi fornecido pelo MRC-Wellcome Human Developmental Biology Resource (http://www.hdbr.org) no Institute of Human Genetics, Tyne, Newcastle, Reino Unido. Cortesia da Dra. Susan Lindsay, Institute of Human Genetics, University of Newcastle, Tyne, Reino Unido.)

células amplamente espaçadas circundadas por matriz. As células mesenquimais somatopleurais são mais condensadas entre os elementos esqueléticos em desenvolvimento e formam placas de mesênquima interzonal que marcam os locais das futuras articulações. Seus desenvolvimentos subsequentes variam de acordo com o tipo de articulação a ser formada.

Nas articulações fibrosas, a interzona é convertida em colágeno, que é o meio definitivo de conexão entre os ossos envolvidos. Nas sincondroses, ela torna-se uma cartilagem (crescimento) do tipo hialino modificado e, nas sínfises, é constituída, predominantemente, por cartilagem fibrosa. O mesênquima interzonal das articulações sinoviais em desenvolvimento torna-se trilaminar, quando uma zona intermediária, mais tênue, aparece dividindo o mesênquima em dois estratos densos. À medida que os elementos esqueléticos se condrificam e, em parte, se ossificam, a cavitação subsequente da zona intermediária forma a cavidade da articulação. O mesênquima frouxo, ao redor da cavidade, forma as membranas sinoviais e, provavelmente, dá origem a todas as outras estruturas intra-articulares, como os tendões, os ligamentos, os discos e os meniscos. Nas articulações que contêm discos ou meniscos e nas articulações compostas, pode surgir, inicialmente, mais de uma cavidade, algumas vezes fundindo-se, mais adiante, em uma única cavidade complexa. À medida que o desenvolvimento prossegue, espessamentos na cápsula fibrosa podem ser identificados como especializações peculiares àquela articulação em particular. (Em algumas articulações, essas aderências da cápsula fibrosa são derivadas dos tendões, dos músculos ou dos elementos cartilaginosos vizinhos.) Apesar de os estágios iniciais no processo da cavitação das articulações serem independentes dos movimentos, uma cavidade articular verdadeira somente pode se formar na presença de movimentos (Pitsillides, 2006). A literatura sugere que todos os elementos musculoesqueléticos estão em

suas posições finais na 10ª semana. Para uma descrição detalhada do processo, consulte O'Rahilly & Gardner (1975) e Uhthoff (1990).

Musculatura do membro

Já está estabelecido que todas as células precursoras miogênicas do membro se originam nos somitos. Essas células são comprometidas em um estágio primário e podem ser identificadas nas metades laterais dos somitos. Depois que as células do esclerótomo mesenquimal migram do somito epitelial, a porção dorsolateral restante é denominada placa epitelial ou dermomiótomo dos somitos (Fig. 44.3). As células oriundas da margem dorsomedial dos dermomiótomos formam a musculatura axial, enquanto, nos níveis dos membros, as células perdem as características epiteliais e migram das margens ventrolaterais do dermomiótomo para o brotamento do membro. Esses mioblastos precursores do membro migram através de uma rede estruturada não aleatória de fibrilas extracelulares. Em suas extremidades distais, as células migratórias exibem filopódios, que estão em contato com as fibrilas extracelulares ou com as outras células: acredita-se que a orientação das fibrilas extracelulares possa direcionar a migração das células. As células precursoras não se diferenciam em músculo antes da sua migração para o membro, provavelmente em resposta aos sinais inibitórios produzidos pelo mesênquima somatopleural.

As células miogênicas colonizam o brotamento do membro em uma direção proximodistal, mas nunca atinge a porção mais distal do membro, pois parece haver um limite distal para as células musculares. As células miogênicas são ainda indiferenciadas em relação às suas determinações região-específicas quando entram no membro. Quando os somitos dos níveis braquial ou pélvico são enxertados na região oposta à região de formação da perna em vez da asa, ou na região oposta da asa em vez da perna, as células precursoras dão origem a uma musculatura normal da perna ou da asa, respectivamente, ou seja, as células musculares, ao contrário do mesênquima, não possuem especificidade para o membro. Além disto, o padrão muscular desenvolvido no membro reflete o padrão dos elementos esqueléticos: a duplicação ou a ausência de dedos é acompanhada pela duplicação ou pela ausência dos músculos correspondentes.

Duas subpopulações de células miogênicas podem ser identificadas no brotamento do membro. Nos brotamentos primários, encontram-se, principalmente, os mioblastos replicantes, considerados pré-mitóticos, enquanto, nos estágios mais avançados, também se encontram mioblastos pós-mitóticos. É interessante destacar que os mioblastos invasores ainda estão em replicação. Este pode ser um pré-requisito para a formação de uma quantidade considerável de tecido muscular esquelético que se desenvolverá nos membros.

As primeiras células miogênicas chegam ao membro a partir das massas pré-musculares dorsal e ventral. Acredita-se que todas as classes de tetrápodes começam o desenvolvimento muscular do membro com estes bloqueios, que sofrem uma sequência espaço-temporal de divisões e de subdivisões, à medida que o membro cresce, o que levará à individualização de aproximadamente 19 músculos no membro superior e 14 músculos no membro inferior. Os mecanismos que criam espaços que levam a estas divisões das massas musculares não são conhecidos. No membro superior, as massas pré-musculares inicialmente se dividem em três grupos, a divisão seguinte dá origem aos músculos inseridos no carpo e a divisão final produz os músculos longos dos dedos. Um padrão similar é observado no membro inferior. Assim, a padronização da musculatura do membro é controlada pelo mesênquima somatopleural.

Do ponto de vista anatômico, cada músculo aparece como uma estrutura composta. As células musculares e as células satélites musculares têm origem somítica, e os envelopes de tecido conjuntivo e de tendões são de origem somatopleural. A forma precisa na qual os músculos se ancoram nos ossos em desenvolvimento, por meio dos tendões, ainda não está bem esclarecida.

Para uma maior compreensão do desenvolvimento da musculatura esquelética, ver página XXX.

MOVIMENTOS EMBRIONÁRIOS

Os movimentos embrionários são vitais para o desenvolvimento do sistema musculoesquelético (revisto por Pitsillides, 2006). Eles têm efeitos sobre o músculo em desenvolvimento e são necessários, ainda, para alinhar as trabéculas no interior dos ossos e para assegurar as fixações corretas dos tendões, além da disposição apropriada das fibras de colágeno no interior dos tendões. Movimentos simples de uma extremidade foram observados, de modo esporádico, no início da sétima semana de gestação. Movimentos combinados dos membros, do tronco e da cabeça iniciam-se entre a 12ª e a 16ª semanas de gestação em embriões humanos. Os movimentos do embrião e do feto estimulam o crescimento e a flexibilidade normais da pele, além da maturação progressiva do sistema musculoesquelético.

MOVIMENTOS FETAIS

Os movimentos fetais foram detectados pela ultrassonografia no segundo mês de gestação. Os movimentos relacionados ao tronco e aos membros inferiores são percebidos consistentemente pela mãe por volta da 16ª semana de gestação (aceleração). Os movimentos do feto envolvem, geralmente, as rotações lentas e simétricas e os movimentos de alongamento do tronco e dos membros, que se assemelham a movimentos atetoides. Podem ocorrer, ainda, movimentos rápidos, repetitivos e de grande amplitude dos membros, similares à mioclonia.

Por volta da 32ª semana de gestação, os movimentos simétricos de flexão são mais frequentes. Na gestação a termo, a qualidade e o repertório dos movimentos aumentam para os movimentos suaves e alternados dos membros, com velocidades e intensidades médias. O efeito reduzido da gravidade *in utero* pode levar ao aparecimento de certos movimentos fetais na ultrassonografia, mais fluentes do que os movimentos equivalentes observados após o nascimento. O número de movimentos espontâneos diminui após a 35ª semana de gestação e, a partir deste momento, há um aumento na duração das posturas fixas. Esta restrição dos movimentos fetais normais, no final da gestação, reflete o grau de complacência do útero: há uma redução da velocidade do crescimento nesse momento.

Além de promover o desenvolvimento musculoesquelético normal, os movimentos do feto estimulam o crescimento da pele e a sua flexibilidade, de modo indireto. Os fetos com distrofias musculares *in utero* ou outras condições que resultem na formação de músculos pequenos ou atrofiados apresentam a pele aderida nas articulações, pterígio múltiplo, que cruza a superfície flexora das articulações, limitando intensamente os movimentos. A síndrome do pterígio múltiplo caracteriza-se pela formação de aderências na pele do pescoço, das axilas e das fossas cubitais. Geralmente, as pernas mantêm-se retificadas e as pregas cutâneas estão ausentes no quadril e no joelho. Um grupo de distúrbios congênitos, denominados no conjunto de "contraturas congênitas múltiplas", pode resultar de causas genéticas ou de limitações da mobilidade articular embrionária ou fetal e pode, ainda, ser secundário a anormalidades musculares, do tecido conjuntivo, esqueléticas ou neurológicas. Estas condições podem ser identificadas no exame ultrassonográfico pré-natal pelo padrão dos membros imóveis e fixados em posições anômalas ou, ainda, pela união de pele nas pregas dos membros. Síndromes específicas, a síndrome do pterígio múltiplo letal e a distrofia muscular congênita foram descritas.

A carga de trabalho realizada pelo sistema musculoesquelético antes do nascimento é relativamente pequena, porque o feto é suportado pelo líquido amniótico e, portanto, sob condições essencialmente sem peso. A carga sobre os músculos e os ossos é gerada pelo feto propriamente dito, com pouco efeito gravitacional. A redução da força gravitacional produzida pelo líquido de suporte tem como consequência o fato de que todas as partes do corpo do feto estão sujeitas a forças relativamente iguais e que a posição assumida pelo feto, com relação à gravidade, tem pouca consequência, o que é importante para assegurar uma modelagem normal dos ossos fetais, especialmente os ossos do crânio. Os crânios de bebês prematuros podem sofrer deformações como resultado do peso da cabeça sobre o colchão, a despeito de mudanças regulares na posição e a aplicação de oxigenoterapia por intermédio de máscara fixada por uma faixa ao redor da cabeça pode causar disostose do osso occipital.

VASCULARIZAÇÃO DO MEMBRO

ARTÉRIAS

O brotamento primário do membro recebe o sangue por intermédio das artérias intersegmentares que contribuem para a formação do plexo capilar primitivo. Na extremidade do brotamento do membro, há um plexo terminal que é constantemente renovado em direção distal à medida que o membro cresce (Figs. 52.1, 85.1). Mais tarde, um vaso principal, a artéria axial, supre o membro e o plexo terminal.

O desenvolvimento da vascularização do membro precede as alterações morfológicas e moleculares que ocorrem no interior do mesênquima do membro. A diferenciação da cartilagem no interior do membro ocorre somente após o início da regressão vascular local e apenas em áreas com pouco ou nenhum capilar. Regiões do mesênquima livres de capilares e de alta densidade celular são locais de condrogênese. Não se sabe se é a presença ou a ausência dos vasos sanguíneos que gera diferentes estímulos locais para as células mesenquimais (por variação do suprimento de nutrientes para o tecido) ou se o microambiente local é controlado pelas células endoteliais. Da mesma forma, não está claro se fatores indutores do mesênquima do membro causam as alterações que ocorrem no padrão dos vasos sanguíneos.

VEIAS

Na extremidade do brotamento do membro, o sangue no plexo capilar terminal retorna ao corpo através de uma veia marginal que se desenvolve ao longo das margens pré- e pós-axiais do membro. À medida que o membro cresce, a veia marginal pode ser subdividida em veias pré- e pós-axiais, que cursam ao longo da suas margens respectivas e que são as precursoras das veias superficiais do membro. Geralmente, as veias pré-axiais (superficiais) unem-se às veias profundas na articulação distal do membro. As veias profundas desenvolvem-se *in situ*, acompanhando as artérias.

REFERÊNCIAS

Ferretti P, Tickle C 2006 The limbs. In. Ferretti P, Copp A, Tickle C, Moore G (eds). Embryos, Genes and Birth Defects. 2nd edn. Chichester: Wiley: 123–66.
Apresenta os genes mais recentemente identificados envolvidos no controle do desenvolvimento dos membros.

Hinchcliffe JR, Johnson DR 1980 The Development of the Vertebrate Limb. An Approach through Experiment, Genetics, and Evolution. Oxford: Clarendon Press.
Apresenta os experimentos clássicos sobre o desenvolvimento dos membros.

Lane EB, Tickle C 2003 How to make a hand: a 3 day symposium held at the University of Dundee. J Anat 202, issue 1.
Inclui revisões sobre o desenvolvimento dos membros e malformações dos membros humanos.

O'Rahilly R, Gardner E 1975 The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryo. Anat Embryol 148: 1–23.

Pitsillides AA 2006 Early effects of embryonic movement: 'a shot out of the dark'. J Anat 208: 417–31.
Revisa os trabalhos recentes que usam embriões de frangos para explorar a importância do movimento no desenvolvimento do aparelho locomotor.

Uhthoff HK 1990 The Embryology of the Human Locomotor System. Berlin: Springer-Verlag.

Desenvolvimento do membro superior e do seu cíngulo

CAPÍTULO 52

ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO DO MEMBRO SUPERIOR

O brotamento do membro superior é visível, inicialmente, como uma crista ao longo do eixo longitudinal lateral da parede do corpo oposta aos somitos 8-10, no nível da entrada da porta intestinal cranial durante o estágio 12. Ele se expande, fazendo uma protrusão lateral, a partir de sua base elíptica, na parede do corpo como uma placa achatada, com uma margem curva e uma crista ectodérmica apical formando sua extremidade distal. Ele também apresenta superfícies ectodérmicas dorsal e ventral, inicialmente iguais e relativamente planas, e um núcleo mesenquimal somatopleural.

Por volta do estágio 13, o brotamento do membro superior curva-se ventralmente. No estágio 14, o brotamento alongou-se e a margem pré-axial começa a aumentar. Neste estágio, o brotamento do membro está em uma posição oposta aos ventrículos cardíacos em desenvolvimento. No estágio 15, o membro superior pode ser subdividido em regiões bem definidas. A porção proximal do membro, que ainda mostra o abaulamento dorsal e a curva ventral, é a região do ombro e do braço; a próxima porção distal (que derivou do aumento do comprimento da margem pré-axial) já pode ser identificada como o antebraço; a porção mais distal expandiu-se na placa achatada da mão.

No estágio 16, o membro superior aparece de modo muito mais substancial. Algumas vezes, ele posiciona-se próximo à parede do corpo e, outras vezes, posiciona-se em abdução. A placa da mão apresenta a primeira indicação dos raios dos dedos. Por volta do estágio 17, o membro superior já apresenta a região do cotovelo e cinco raios indicando o início da remoção de tecido entre os dedos (Fig. 51.1). No estágio 18 (44 dias), os embriões apresentam um maior grau de retração da placa da mão entre os raios dos dedos. Alterações durante os estágios 19-23 dizem respeito ao crescimento do membro e à separação dos dedos. As mãos agora se curvam sobre a região cardíaca. As falanges distais dos dedos expandem-se no estágio 21, formando os leitos ungueais.

A maior parte dos ossos do esqueleto apendicular é derivada do mesênquima somatopleural. No interior do membro superior, apesar de a clavícula e o processo coracoide da escápula se originarem do mesênquima somatopleural, o corpo e a espinha da escápula são derivados dos somitos. Pré-condroblastos estão presentes no membro superior no estágio 13 e as condensações de cartilagens podem ser detectadas no estágio 16, quando os primórdios do úmero podem ser identificados. A cavitação das articulações do ombro e do cotovelo ocorre entre a sétima e a oitava semanas. Pelo estágio 17, quando o rádio e a ulna se condrificam, as extremidades ramificadas dos nervos radial, mediano e ulnar migram para a placa distal da mão. Os ossos do carpo condrificam-se no estágio 18, quando a placa da mão já mostra o início da separação dos raios digitais.

VASOS NO MEMBRO SUPERIOR

No membro superior, em geral, só um tronco arterial, o subclávio, persiste; provavelmente ele representa o ramo lateral da sétima artéria intersegmentar. Sua principal continuação (a artéria axial) para o membro superior (Fig. 52.1), depois artérias axilar e braquial, passa para o antebraço, profundamente à massa muscular flexora e termina como um plexo profundo na mão em desenvolvimento. O vaso axial original persiste como artéria interóssea anterior e arco palmar profundo. Um ramo do tronco principal passa dorsalmente entre o rádio e a ulna primitivos como artéria interóssea posterior; um segundo ramo acompanha o nervo mediano na mão, onde termina em um plexo capilar superficial. As artérias radial e ulnar são as últimas artérias a surgir no antebraço. Inicialmente, a artéria radial origina-se mais proximalmente do que a artéria ulnar, cruza na frente do nervo mediano e supre o músculo bíceps braquial. Depois, a artéria radial estabelece uma nova conexão com o tronco principal, no nível ou próximo à origem da artéria ulnar, e a porção superior de seu tronco original, em geral, desaparece. Ao chegar à mão, a artéria ulnar une-se ao plexo palmar superficial, originando o arco palmar superficial, enquanto a artéria mediana comumente perde suas conexões distais e reduz-se a um pequeno vaso. A artéria radial passa para a superfície dorsal da mão; depois de emitir ramos digitais dorsais, ela atravessa o primeiro espaço intermetacarpal e funde-se com o arco palmar profundo.

Por diversos motivos, as variações da árvore arterial do membro anterior são bastante comuns. Estas artérias têm variadas origens e formam plexos, demonstram uma sucessão temporal da emergência das artérias principais, das anastomoses e de redes periarticulares, e algumas partes inicialmente funcionais regridem mais tarde. Em geral, padrões anômalos podem se apresentar como diferenças no modo e no nível proximodistal de ramificação, na presença de segmentos arteriais pouco comuns, em vasos aberrantes que fazem conexão com outros vasos principais, arcadas ou plexos, em vasos que ocupam planos teciduais excepcionais (p. ex., fáscia superficial em vez do trajeto subfascial usual), ou que apresentam relações neurais, musculares ou osteoligamentares inesperadas.

No membro superior, a veia pré-axial torna-se a veia cefálica e drena para a veia axilar, no ombro. A veia pós-axial torna-se a veia basílica, que passa profundamente no braço e desemboca na veia axilar.

MEMBRO SUPERIOR NEONATAL

Em geral, os membros superiores no recém-nascido são proporcionalmente mais curtos do que no adulto. Eles são longos em comparação com o tronco e com os membros inferiores neonatais e estendem-se até a região superior das coxas, assim como no adulto, mas o tronco é mais curto no recém-nascido (Fig. 14.6). Ao nascer, os membros superiores têm aproximadamente o mesmo comprimento dos membros inferiores, mas são muito mais desenvolvidos. Quando as proporções das partes do membro superior são examinadas, o antebraço é mais longo do que o braço no recém-nascido, mais ainda nos meninos do que nas meninas. Somente os centros primários de ossificação estão presentes no membro superior, além de um centro na cabeça do úmero. O cotovelo do recém-nascido não atinge a extensão completa, ficando com um ângulo 10% a 15% menor; ele pode flexionar até 145°. O recém-nascido consegue realizar um movimento de garra relativamente forte dentro dos primeiros dias. As unhas dos dedos das mãos geralmente se estendem até as extremidades dos dedos ou as ultrapassam. Elas estão amolecidas ao nascer, mas logo ressecam e tornam-se mais duras e agudas.

PUNÇÃO ARTERIAL PERIFÉRICA NO RECÉM-NASCIDO

É uma prática comum inserir uma cânula de pequeno calibre em uma artéria periférica em recém-nascidos que recebem tratamento intensivo, quando a artéria umbilical não é acessível ou quando existem motivos clínicos que impeçam a cateterização dos vasos umbilicais. A transiluminação pode ser utilizada para fornecer um delineamento da artéria a ser cateterizada. As artérias periféricas mais comumente utilizadas são a artéria radial, logo acima da superfície anterior do punho, e a artéria tibial posterior, posteriormente ao maléolo medial. A proximidade entre o nervo ulnar e a artéria ulnar aumenta o risco de lesão nervosa associada com a cateterização da artéria ulnar, e a circulação colateral relativamente pobre associada à artéria dorsal do pé indica que esta via deve ser utilizada somente como um último recurso. A artéria braquial na fossa cubital também possui uma circulação colateral pobre e o nervo mediano situa-se nas proximidades. Considera-se, portanto, que a cateterização desta artéria não se justifica.

A confirmação da existência de uma circulação colateral adequada, quando se faz a cateterização da artéria radial, pode ser obtida pela realização do teste de Allen, no qual as artérias radial e ulnar são comprimidas, no nível do punho, bloqueando a perfusão da mão; a liberação da pressão sobre a artéria ulnar, mantendo a oclusão da artéria radial, deve levar à reperfusão da mão, na presença de um suprimento arterial colateral ulnar adequado. Alternativamente, um fluxo arterial intacto pode ser confirmado, particularmente no lactente prematuro, pela visualização direta das artérias com o uso da transiluminação. Uma fonte luminosa fria é colocada na face posterior da parte distal do antebraço e a sombra das artérias pulsantes pode ser vista na superfície anterior do antebraço.

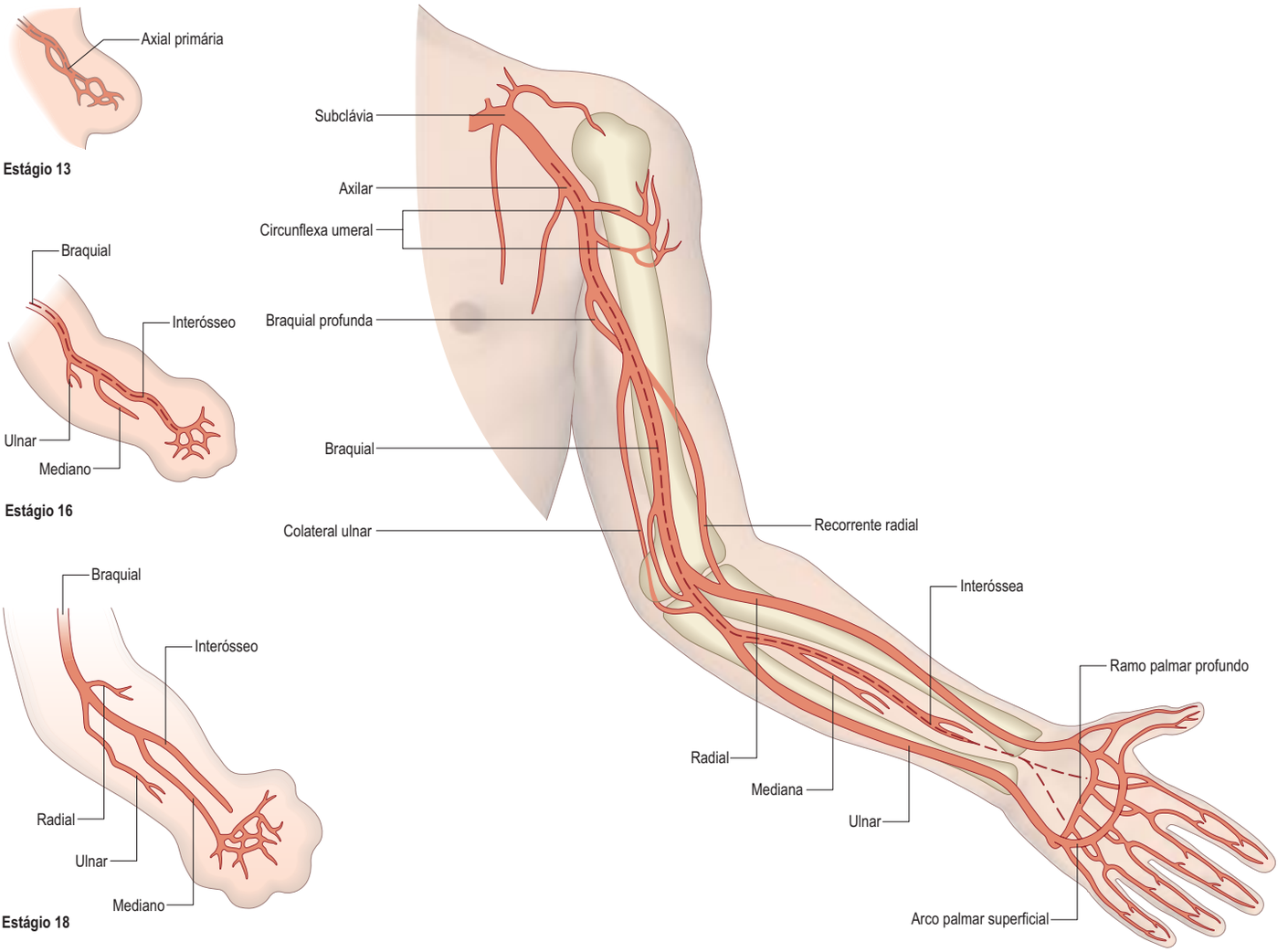


Fig. 52.1 Estágios de desenvolvimento das artérias do membro superior. O trajeto original da artéria axial é indicado pela linha interrompida.

ANOMALIAS DO MEMBRO SUPERIOR

Aproximadamente um em cada 600 recém-nascidos apresentará anomalia congênita da mão ou do antebraço, 30% das quais sendo bilaterais e ocorrendo com uma frequência aproximadamente igual em homens e mulheres. Uma anomalia tem uma probabilidade duas vezes maior de ocorrer no membro superior do que no inferior.

A classificação das malformações congênitas do membro utiliza sete subgrupos (Swanson, 1976). Eles descrevem um quadro clínico e nem sempre se relacionam precisamente com o processo de desenvolvimento que ocorreu no membro. A falha de formação de partes de um membro é causada por uma interrupção no desenvolvimento dos ossos longos. O segundo subgrupo, relacionado à falha de diferenciação, inclui a separação malsucedida das partes, incluindo toda a gama de sindactilias. Os grupos de três a cinco incluem a duplicação de membro, crescimento exagerado ou reduzido. O grupo seis inclui as amputações de membros, principalmente por faixas amnióticas aderentes, e o último grupo inclui todas as outras anomalias esqueléticas generalizadas.

ANOMALIAS DE REDUÇÃO DO MEMBRO

As falhas de redução dos membros são categorizadas como falhas de desenvolvimento. A base para as reduções dos membros, observadas em lactentes cujas mães utilizaram talidomida durante a gestação, parece ser causada pela morte das células mesenquimais, no brotamento primário do membro, causando focomelia. Os segmentos proximais do membro foram perdidos, apesar de, em alguns casos, segmentos distais normais já terem se formado. Defeitos similares podem ser produzidos pela ação dos raios X nos brotamentos do membro do embrião de pinto, havendo agora a evidência de que a talidomida interfere na vascularização e que pode levar à morte celular. Na ausência congênita do rádio, a ulna está, em geral, encurtada e curva na direção ao rádio. Na presença do polegar, ela geralmente é hipoplásica e o primeiro metacarpal está ausente.

A hereditariedade de genes autossômicos pode causar anomalias da mão. Isto pode resultar, por exemplo, na ausência do raio digital central da placa distal da mão e na subsequente ausência dos dedos médio ou anular e de seus correspondentes. Dedos extras, pré-axialmente, podem resultar da atividade polarizante ectópica por mutações nas regiões regulatórias que controlam a expressão do gene Shh, especificamente no brotamento do membro em desenvolvimento. Outras alterações no número de dedos podem ser resultantes da alteração da largura do brotamento do membro e do comprimento da crista ectodérmica apical.

ANOMALIAS DOS DEDOS

A expansão de pele unindo os dedos é a anomalia congênita mais comum da mão. Ela ocorre devido a uma falha na remoção de células entre os raios dos dedos entre os estágios 19-23, ou por causa de um distúrbio hereditário dominante.

A clinodactilia é uma condição congênita na qual o dedo mínimo se curva em direção ao dedo anular. Pode ocorrer isoladamente ou em associação com anormalidades cromossomiais, como na síndrome de Down. A camptodactilia é uma condição congênita na qual o dedo mínimo e, algumas vezes, o dedo anular se mantêm em posição flexionada. O sinfalangismo é um raro distúrbio congênito no qual há a fusão das articulações interfalângicas. O dedo afetado é rígido, as pregas da pele estão ausentes sobre a articulação afetada, há um espaço articular mínimo e algumas vezes o dedo é menor do que o normal. Vários tipos diferentes de bradidactilia, encurtamento dos dedos, podem ser identificados de acordo com o dedo ou a parte do dedo afetada. A base genética dos quatro tipos diferentes de bradidactilia foi determinada, uma situação particularmente gratificante, porque a bradidactilia é a primeira condição nos humanos a ser reconhecida como uma condição mendeliana dominante.

REFERÊNCIAS

Swanson AB 1976 A classification for congenital limb malformations. J Hand Surg 1: 8–22.

Gupta A, Kay SPJ, Scheker LR 2000 The Growing Hand. Harcourt Publishers Ltd., London.

SEÇÃO
7
TÓRAX

53 Tórax: aspectos gerais e anatomia de superfície 909
Estrutura musculoesquelética 909
Ossos e articulações 909
Músculos 909
Cavidade do tórax 910
Cavidades pleurais 910
Mediastino 910
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 910
Inervação 911
Nervos espinais torácicos 911
Inervação autônoma 911
Anatomia de superfície 912

54 Parede torácica e mama 915
Pele e tecido mole 915
Ossos e cartilagens 917
Esterno 917
Clavícula 918
Costelas 918
Articulações 922
Articulação manubriosternal 922
Articulação xifoesternal 922
Articulação esternoclavicular 922
Articulações costovertebrais, esternocostais e intercondrais 922
Músculos 924
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática da parede torácica 926
Artérias 926
Artéria torácica interna 926
Artéria intercostal suprema 926
Artérias intercostais posteriores 926
Veias 927
Veias torácicas internas 927
Veia intercostal superior esquerda 927
Veias intercostais posteriores 927
Drenagem linfática 927
Linfonodos paraesternais (ou torácicos internos) 928
Linfonodos intercostais 928
Linfonodos diafragmáticos 928
Drenagem linfática dos tecidos profundos 928
Inervação da parede torácica 928
Ramos espinais anteriores torácicos 928
Ramos espinais posteriores torácicos 929
Mama 929
Papila mamária e aréola 930
Tecidos moles 930
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 931
Inervação 932
Microestrutura 932
Desenvolvimento 934
Alterações relacionadas à idade 934
Alterações associadas à gravidez e à lactação 936
Mama masculina 936

CORAÇÃO E MEDIASTINO

55 Mediastino 939
Subdivisões do mediastino 939
Mediastino superior 939
Mediastino anterior 939
Mediastino médio 939
Mediastino posterior 939
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 939
Ducto torácico 942
Tributários 943
Desenvolvimento 944
Ducto linfático direito 944
Sistema nervoso autônomo 944
Tronco simpático 944
O nervo vago no torácico mediastino 945
Timo 945
Relações 946
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 946
Inervação 946
Microestrutura 946
Desenvolvimento 948
Esôfago 949
Parte cervical do esôfago 949
Parte torácica do esôfago 949
Parte abdominal do esôfago 950
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 950
Inervação 951
Microestrutura 951
Desenvolvimento 953
Mecanismos dos esfíncteres esofágicos 953
Imagens do mediastino 954

56 Coração e grandes vasos 959
Pericárdio 959
Coração 960
Organização geral 960
Tamanho, formato e características externas do coração 962
Sulcos na superfície do coração 962
Base, ápice, faces e margens do coração 962
Átrio direito 964
Ventrículo direito 964
Valva atrioventricular direita 966
Valva do tronco pulmonar 967
Átrio esquerdo 967
Ventrículo esquerdo 968
Valva atrioventricular esquerda 970
Valva da aorta 972
Tecido conjuntivo e esqueleto fibroso do coração 973
Malformações cardíacas congênitas 974
Tecido de condução 975
Suprimento sanguíneo e drenagem linfática 978
Suprimento arterial coronário 978
Veias cardíacas 981
Seio coronário 981
Veias anteriores do ventrículo direito 981
Veias cardíacas mínimas 981
Anastomoses venosas cardíacas 982
Drenagem linfática do coração 982
Inervação 982
Plexo cardíaco 982
Principais vasos sanguíneos 983
Artérias 983
Tronco pulmonar 983
Parte torácica da aorta 983
Tronco braquiocefálico 985
Parte torácica da parte descendente da aorta 985
Artérias subclávias 986
Artérias carótidas comuns 986
Veias 986
Veia cava superior 986
Veia cava inferior 986
Veias braquiocefálicas 986

PULMÕES E DIAFRAGMA

57 Pleura, pulmões, traqueia e brônquios 989
Pleura 989
Pleura parietal 989
Pleura visceral 991
Recessos pleurais 991
Suprimento vascular e drenagem linfática 991
Inervação 991
Pneumotórax 991
Microestrutura 991

Pulmões . . . 992
Características da superfície pulmonar . . . 992
Fissuras e lobos pulmonares . . . 993
Segmentos broncopulmonares . . . 994
Hilos pulmonares . . . 994
Lóbulos pulmonares secundários . . . 995
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 996
Inervação . . . 998
Microestrutura das superfícies respiratórias . . . 998
Traqueia e brônquios . . . 1000
Relações traqueais . . . 1001
Brônquio principal direito . . . 1002
Brônquio principal esquerdo . . . 1003
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1003
Inervação . . . 1003
Microestrutura das vias aéreas de condução . . . 1004
Mecanismos de defesa dos pulmões . . . 1005
Anatomia da tosse . . . 1005

58 Diafragma . . . 1007
Inserções e componentes . . . 1007
Relações . . . 1007
Aberturas . . . 1007
Suprimento vascular . . . 1009
Inervação . . . 1010
Nervo frênico . . . 1010
Nervo frênico acessório . . . 1011
Anatomia da respiração . . . 1011

59 Desenvolvimento do tórax . . . 1013
Parede torácica e diafragma . . . 1013
Diafragma . . . 1014
Esôfago . . . 1015
Coração e grandes vasos . . . 1016
Células que dão origem ao coração . . . 1016
Tubo cardíaco . . . 1018
Trato de entrada . . . 1018
Ventrículos . . . 1020
Trato de saída . . . 1020
Função cardíaca e o sistema de condução . . . 1021
Septação dos compartimentos cardíacos embrionários . . . 1023
Componentes não miocárdicos do coração . . . 1025
Circulação fetal . . . 1027
Alterações na circulação e oclusão de vasos fetais após o nascimento . . . 1028
Coração fetal e neonatal . . . 1029
Defeitos cardíacos congênitos . . . 1030
Conexões anormais das grandes artérias e veias . . . 1031
Vasos arteriais e venosos neonatais . . . 1032
Árvore respiratória . . . 1032
Traqueia . . . 1032
Pulmões . . . 1033
Alterações funcionais no pulmão por volta da época de nascimento . . . 1035
Desenvolvimento pulmonar pós-natal . . . 1036
Malformações congênitas da traqueia, dos brônquios e dos pulmões . . . 1036

CAPÍTULO 53

Tórax: aspectos gerais e anatomia de superfície

O tórax é a parte superior do tronco. É constituído por uma caixa musculoesquelética externa, a parede do tórax, e por uma cavidade interna que contém o coração, os pulmões, o esôfago, a traquéia, o timo, os nervos vago e frênico, os troncos simpáticos direito e esquerdo, o ducto torácico e os principais vasos sanguíneos sistêmicos e pulmonares. Inferiormente, o tórax é separado da cavidade abdominal pelo diafragma, superiormente o tórax se comunica com o pescoço e com os membros superiores. A parede do tórax também oferece proteção a algumas vísceras do abdome: a maior parte do fígado se situa abaixo da cúpula direita do diafragma; o estômago e o baço se situam abaixo da cúpula esquerda do diafragma; as faces posteriores dos polos superiores dos rins se situam sobre o diafragma e se posicionam anteriormente à décima segunda costela, à direita, e à décima primeira costela, à esquerda (Fig. 53.1).

As variações nas dimensões do tórax e suas proporções são, até certo ponto, individuais e também estão correlacionadas com a idade, com o sexo e com a raça. Ao nascimento, o diâmetro transverso do tórax é relativamente menor do que no adulto, mas as proporções do adulto desenvolvem à medida que começa a andar. A capacidade do tórax é menor nas mulheres do que nos homens, tanto absoluta quanto proporcionalmente: o esterno da mulher é menor, a abertura superior do tórax é mais oblíqua e a incisura jugular está no nível da terceira vértebra torácica (enquanto nos homens o nível é na segunda vértebra torácica). Em todos os indivíduos, o tamanho da cavidade do tórax muda continuamente, de acordo com os movimentos das costelas e do diafragma durante a respiração (Cap. 58) e do grau de distensão das vísceras abdominais.

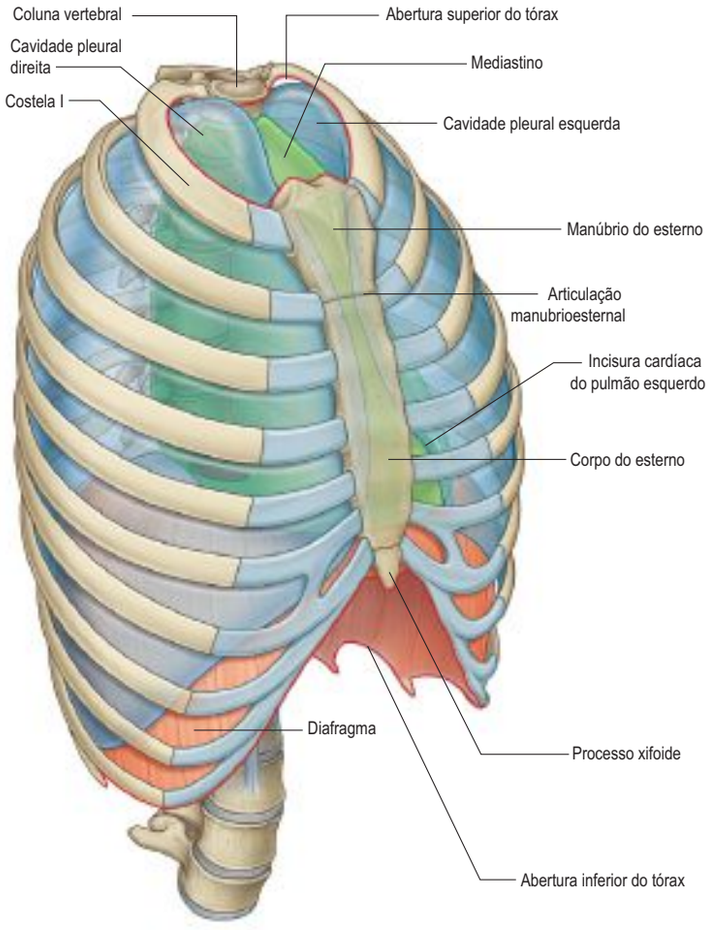


Fig. 53.1 Parede e cavidade do tórax. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

ESTRUTURA MUSCULOESQUELÉTICA

OSSOS E ARTICULAÇÕES

O esqueleto do tórax é formado por doze vértebras torácicas e seus discos intervertebrais interpostos (na linha mediana , posteriormente), 12 pares de costelas e suas cartilagens costais (predominantemente laterais) e o esterno (na linha mediana, anteriormente). Quando articulados, eles formam um cilindro osteocartilagíneo de forma irregular, riniforme em corte horizontal, que é estreito em cima, largo em baixo, achatado anteroposteriormente e longo na parte posterior (Fig. 54.7). Lateralmente, a caixa torácica é convexa e formada por costelas, enquanto anteriormente é levemente convexa e formada pelo esterno e pelas partes distais das costelas e de suas cartilagens costais. Os primeiros sete pares de costelas estão conectados ao esterno pelas cartilagens costais, as cartilagens costais da oitava a décima costelas geralmente se articulam com a cartilagem suprajacente e a décima primeira e a décima segunda costela são livres (costelas flutuantes) em suas extremidades anteriores. A curvatura posterolateral das costelas, de suas extremidades vertebrais até seus ângulos, forma um sulco interno profundo, o canal paravertebral, de cada lado da coluna vertebral. As costelas e as cartilagens costais estão separadas pelos espaços intercostais, que são mais profundos anteriormente e entre as costelas superiores. Cada espaço intercostal está preenchido por três camadas de músculos planos e suas aponeuroses, feixes neurovasculares e canais linfáticos.

A abertura superior do tórax (entrada estreita do tórax) mede tipicamente 5 cm no sentido anteroposterior e 10 cm transversalmente. É limitada pelo corpo vertebral da primeira vértebra torácica posteriormente, pela margem medial das primeiras costelas de cada lado e pela margem superior do manúbrio do esterno anteriormente. Está inclinada para baixo e para a frente, de maneira que o ápice do pulmão se estenda para cima e para dentro do pescoço, posteriormente à extremidade anterior da primeira costela: as estruturas que passam entre o tórax e o membro superior passam também por cima da primeira costela, dos pulmões e da cúpula da pleura.

A abertura inferior do tórax (saída larga do tórax) é limitada posteriormente pelo corpo vertebral da décima segunda vértebra torácica, posterolateralmente pela décima segunda costela e pela extremidade distal da décima primeira costela, anterolateralmente pela extremidade distal das cartilagens costais da sétima a décima costelas (que se unem e ascendem para formar a margem costal) e anteriormente pelo processo xifoide. É mais larga no plano transverso do que no plano sagital e se inclina obliquamente para baixo e para trás; por isso a cavidade do tórax é mais profunda posteriormente do que anteriormente.

O plano horizontal que passa através do disco intervertebral entre a quarta e quinta vértebras torácicas, posteriormente, e no nível da articulação manubrioesternal (ângulo do esterno) no nível da segunda cartilagem costal, anteriormente, é um ponto de auxílio útil para orientação no tórax. Este plano separa o mediastino superior do mediastino inferior e também marca as posições dos limites superiores do pericárdio e do tronco pulmonar, a origem do arco da aorta, o nível no qual a traquéia se bifurca em brônquio principal direito e esquerdo e o local onde a veia cava superior penetra no pericárdio para entrar no átrio direito.

MÚSCULOS

Músculos intrínsecos e extrínsecos

Os músculos intrínsecos da parede do tórax são os músculos intercostais, os subcostais, o transverso do tórax, os levantadores das costelas, o serrátil posterior superior e o serrátil posterior inferior. Os músculos intercostais ocupam cada um dos espaços intercostais e são denominados de acordo com seu plano de profundidade, ou seja, externo, interno e íntimo. Todos os músculos intrínsecos, com exceção dos músculos levantadores das cos-

telas, são inervados por nervos intercostais adjacentes derivados dos ramos anteriores dos nervos espinais torácicos; os músculos levantadores das costelas são inervados pelos ramos posteriores dos nervos espinais torácicos. Os músculos intrínsecos podem levantar ou abaixar as costelas e são ativados durante a respiração, particularmente a respiração forçada: acredita-se que sua ação primária é a de endurecer a parede do tórax prevenindo um movimento paradoxal durante a inspiração (Cap. 58).

A estrutura esquelética da parede do tórax provê extensivos locais de fixação para músculos associados funcionalmente ao pescoço, ao abdome, ao dorso e aos membros superiores. Alguns deles (músculos escalenos, infra-hióideos, esternocleidomastóideo, serrátil anterior, peitoral maior, peitoral menor, oblíquo interno do abdome, oblíquo externo do abdome e reto do abdome) funcionam como músculos acessórios da respiração e são frequentemente ativados durante a respiração forçada; o músculo escaleno médio é ativado durante a respiração normal (de repouso). Os músculos escalenos anterior, médio e posterior são descritos no Capítulo 28. Os músculos trapézio, latíssimo do dorso, romboide maior, romboide menor, levantador da escápula, peitoral maior, peitoral menor, subclávio, serrátil anterior, deltoide, subescapular, supraespinal, infraespinal, redondo menor e redondo maior são descritos no Capítulo 46. Os músculos reto do abdome, oblíquo externo do abdome e oblíquo interno do abdome são descritos no Capítulo 61.

Diafragma

O diafragma é uma lâmina musculotendínea curva fixada na circunferência da abertura inferior do tórax e nas vértebras lombares altas. O diafragma forma o assoalho da cavidade do tórax e o separa da cavidade do abdome (Cap. 58). O diafragma é relativamente plano em seu centro e convexo (em forma de cúpula) perifericamente, elevando-se mais no lado direito do que no lado esquerdo, uma assimetria que reflete as densidades relativas ao fígado e ao fundo gástrico respectivamente. A partir de seu ponto mais alto, de cada lado, o diafragma se inclina para baixo em direção aos seus pontos de fixação costais e vertebrais: esta inclinação é mais evidente posteriormente, onde o espaço entre o diafragma e a parede posterior do tórax é muito estreito.

Aberturas do diafragma

A veia cava inferior passa através de uma abertura no centro tendíneo do diafragma para entrar no lado direito do mediastino no nível da oitava vértebra torácica; o esôfago passa através da parte muscular do diafragma e entra no abdome exatamente ao lado da linha mediana no nível da décima vértebra torácica; e a parte torácica da parte descendente da aorta passa posteriormente ao diafragma na linha mediana no nível da décima segunda vértebra torácica (Fig. 58.1 A,B). Outras estruturas que passam entre o tórax e o abdome incluem os nervos vago direito e esquerdo, o nervo frênico, o nervo subcostal, o ducto torácico, os troncos simpáticos e os nervos esplâncnicos torácicos, as artérias epigástricas superiores direita e esquerda, a veia hemiázigo e a veia hemiázigo acessória.

CAVIDADE DO TÓRAX

CAVIDADES PLEURAIS

As cavidades pleurais direita e esquerda são compartimentos separados em cada lado do mediastino. Cada um envolve um pulmão e sua árvore bronquial, seus vasos, nervos e linfáticos associados (Cap. 57). As paredes são formadas por uma membrana serosa, a pleura, disposta como um saco fechado. A camada externa deste saco, a pleura parietal, reveste a metade da parede do tórax correspondente e grande parte do diafragma e estruturas que ocupam a região da linha mediana do tórax. A camada interna, a pleura visceral, é mais delicada e está firmemente aderida à superfície pulmonar, penetrando nas fissuras entre os lobos dos pulmões. As duas camadas são contínuas entre si ao redor das estruturas dos hilos dos pulmões. Elas se mantêm em contato íntimo, embora possam mover-se em todas as fases da respiração. O espaço potencial entre elas é a cavidade pleural, que é mantida a uma pressão negativa pelo recuo elástico interno do pulmão e pela tração externa da parede do tórax. Os pulmões não preenchem este espaço durante a respiração de repouso, mas se movem para dentro dos recessos pleurais, como o recesso costodiafragmático, que separa a parte costal e a parte diafragmática da pleura parietal, durante a respiração profunda.

A cavidade pleural esquerda é a menor das duas cavidades pleurais porque o coração se estende para a esquerda.

MEDIASTINO

O mediastino se situa entre a pleura direita e esquerda, próximo e sob o plano sagital mediano do tórax (Cap. 55). Estende-se anteriormente, a partir do esterno, até a coluna vertebral posteriormente. O plano horizontal que passa através da articulação manubrioesternal e do disco intervertebral entre a quarta e quinta vértebras torácicas separa o mediastino em uma porção superior e uma porção inferior.

Mediastino superior

O mediastino superior se localiza entre o manúbrio do esterno, anteriormente, e as vértebras torácicas altas, posteriormente, e é limitado lateralmente pelas pleuras. Seu limite inferior é um plano levemente oblíquo que passa para trás, a partir da articulação manubrioesternal até a parte mais inferior do corpo vertebral da quarta vértebra torácica. Ele contém as extremidades distais dos músculos esterno-hióideo, esternotireóideo e longo do pescoço de cada lado; o arco da aorta; o tronco braquiocefálico e as porções torácicas da artéria carótida comum esquerda e da artéria subclávia esquerda; as veias braquiocefálicas e a metade superior da veia cava superior; a veia intercostal suprema esquerda; os nervos vago, cardíaco, frênico e laríngeo recorrente esquerdo; a traquéia, o esôfago e o ducto torácico; os resquícios do timo e linfonodos.

Mediastino inferior

O mediastino inferior pode ser dividido em três partes: mediastino anterior, em frente ao pericárdio; mediastino médio, englobando o pericárdio e seu conteúdo (Cap. 56); e mediastino posterior, atrás do pericárdio.

Mediastino anterior O mediastino anterior existe somente no lado esquerdo onde a pleura esquerda desvia para o lado a partir da linha mediana anterior (medioesternal). É limitado anteriormente pelo esterno, lateralmente pelas pleuras e posteriormente pelo pericárdio. É estreito em cima, mas se expande um pouco para baixo. Sua parede anterior é formada pelo músculo transverso do tórax esquerdo e pelas cartilagens costais da quinta a sétima costelas. Contêm uma quantidade de tecido conjuntivo frouxo areolar, vasos linfáticos que ascendem a partir da superfície convexa do fígado, dois ou três linfonodos mediastinais e pequenos ramos mediastinais da artéria torácica interna.

Mediastino médio O mediastino médio é a parte mais ampla do espaço interpleural; contêm o coração fechado dentro do pericárdio, a parte ascendente da aorta, a metade superior da veia cava superior com a veia ázigo desembocando nela, a bifurcação da traquéia e os brônquios principais direito e esquerdo, o tronco pulmonar se dividindo em seus dois ramos, as veias pulmonares direitas e esquerdas e os nervos frênicos e alguns linfonodos bronquiais.

Mediastino posterior O mediastino posterior é um espaço triangular irregular, limitado anteriormente pelo pericárdio acima e pela face posterior do diafragma abaixo, posteriormente pela coluna vertebral da margem inferior da quarta à décima segunda vértebra torácica e lateralmente pela parte mediastinal da pleura parietal. Contêm a parte torácica da parte descendente da aorta, as veias ázigo e hemiázigo, os nervos vago e esplâncnicos, o ducto torácico e linfonodos.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

SUPRIMENTO ARTERIAL

A pele do tórax é irrigada por vasos cutâneos diretos e vasos musculocutâneos perfurantes que alcançam a pele primariamente através dos músculos intercostais, peitoral maior, latíssimo do dorso e trapézio. Os ramos das artérias toracoacromial, torácica lateral, torácica interna, intercostal anterior e posterior, toracodorsal, cervical transversa, dorsal da escápula e circunflexa da escápula são os principais contribuintes (Figs. 42.4, 54.1, 54.2).

Os músculos da parede do tórax recebem sua irrigação sanguínea através da artéria torácica interna (tanto diretamente quanto via artéria musculofrênica), da artéria intercostal suprema (ramo do tronco costocervical), da artéria torácica superior (ramo da artéria axilar), da parte torácica da aorta e da artéria subcostal (Fig. 53.2). Contribuições adicionais vêm de vasos que irrigam os músculos proximais do membro superior chamados de artérias supraescapular, cervical transversa (ramo superficial), toracoacromial, torácica lateral e subescapular.

O detalhe do suprimento arterial das vísceras torácicas é descrito com as vísceras.

DRENAGEM VENOSA

As veias intercostais acompanham as artérias de nomes similares nos espaços intercostais (Fig. 53.3). As pequenas veias intercostais anteriores são tributárias das veias torácica interna e musculofrênica: as veias torácicas internas drenam para sua própria veia braquiocefálica. As veias intercostais posteriores drenam posteriormente e a maioria drena diretamente ou indi-

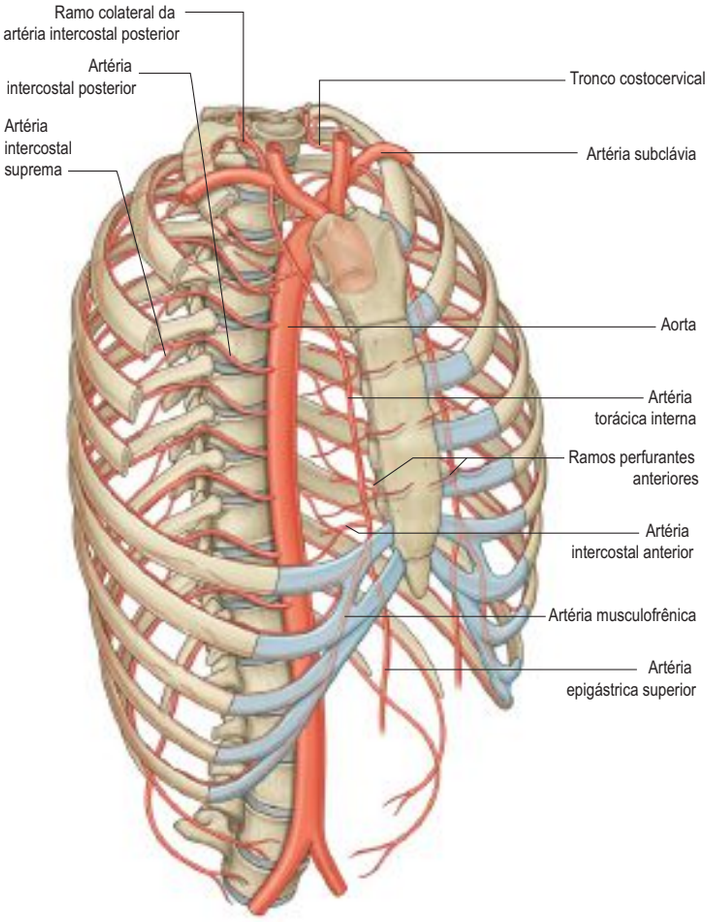


Fig. 53.2 Artérias da parede do tórax e da parte torácica da aorta. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

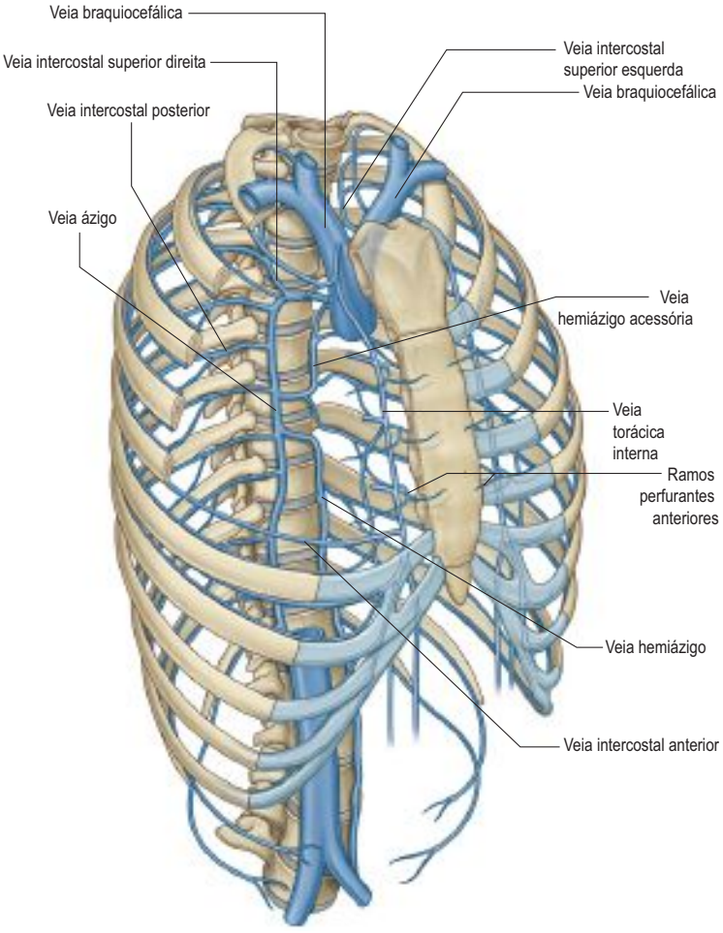


Fig. 53.3 Veias da parede do tórax e sistema ázigo. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

retamente para a veia ázigo, à direita, e para a veia hemiázigo ou hemiázigo acessória, à esquerda. As veias do sistema ázigo exibem uma grande variação em sua origem, seu curso, suas tributárias, suas anastomoses e suas terminações.

DRENAGEM LINFÁTICA

Vasos linfáticos superficiais da parede do tórax se ramificam subcutaneamente e convergem para os linfonodos axilares (Fig. 54.19). Vasos linfáticos provenientes dos tecidos profundos das paredes do tórax drenam principalmente para os linfonodos paraesternais, intercostais e diafragmáticos

INERVAÇÃO

NERVOS ESPINAIS TORÁCICOS

Existem 12 pares de nervos espinais torácicos. Os ramos anteriores, diferentemente das contrapartes cervical e lombar, mantêm uma grande distribuição segmentar para a parede do corpo (Figs. 15.12, 54.3, 54.20). Os 11 superiores (nervos intercostais) se posicionam entre as costelas e o décimo segundo (nervo subcostal) se posiciona abaixo da última costela. Cada um está conectado com um gânglio aderido do tronco simpático pelos ramos pré e pós-ganglionares (ramos comunicantes cinzentos e brancos respectivamente). Os nervos intercostais são distribuídos primariamente para as paredes do tórax e do abdome. A maior parte do ramo anterior do primeiro nervo espinal torácico passa pelo plexo braquial, junto com uma porção variável do segundo. Os próximos quatro inervam apenas a parede do tórax e os cinco mais inferiores inervam tanto a parede do tórax quanto a parede do abdome. O nervo subcostal é distribuído para a parede do abdome e para a pele da região glútea. Os ramos comunicantes unem os nervos intercostais nos espaços intercostais posteriormente e os últimos cinco nervos se comunicam livremente na parede do abdome. Os ramos posteriores dos nervos torácicos se dividem em ramos medial e lateral que inervam os músculos intrínsecos do dorso e a pele pós-vertebral sobrejacente, com base na segmentação (Cap. 42).

Os ramos supraclaviculares de C4 provenientes do plexo cervical inervam a pele sobre a clavícula e podem se comunicar com os ramos cutâneos anteriores do ramo anterior do segundo nervo espinal torácico (Cap. 28).

INERVAÇÃO AUTÔNOMA

O sistema nervoso autônomo no tórax consiste nos troncos simpáticos direito e esquerdo, nos nervos vagos e nos plexos cardíacos, esofágico e pulmonar.

Troncos simpáticos

Os gânglios do tronco simpático se posicionam anteriormente às cabeças das costelas; os gânglios estão dispostos de forma segmentar (Fig. 55.7). As fibras nervosas pré-ganglionares simpáticas se originam de neurônios do corno lateral da substância cinzenta da medula espinal dos níveis T1 a L2, e deixam a medula espinal através das raízes anteriores correspondentes como ramos comunicantes brancos. Seus alvos variam. Alguns entram no tronco simpático onde fazem sinapse com seus gânglios segmentares ou ascendem ou descendem no tronco para realizar sinapses com os gânglios cervicais ou lombares. Muitas fibras pré-ganglionares que se originam nos segmentos medulares baixos da parte torácica da medula espinal (T5-T12) não fazem sinapse localmente, mas entram na cavidade abdominal como nervos esplâncnicos e realizam sinapses com os gânglios pré-vertebrais, mais especificamente com o gânglio celíaco, ou ao redor das células cromafins da medula da glândula suprarrenal (Cap. 72). As fibras nervosas com destino aos gânglios cervicais são derivadas de neurônios pré-ganglionares em T1.

Nervos vagos no tórax

As fibras pré-ganglionares parassimpáticas se originam a partir dos corpos das células neuronais no núcleo posterior do nervo vago (motor) na medula. Estas se destinam às vísceras torácicas, realizam seu percurso através dos ramos pulmonares, cardíacos e esofágicos do nervo vago e fazem sinapses em pequenos gânglios nas paredes das vísceras. As fibras nervosas que são conduzidas através dos ramos cardíacos se juntam aos plexos cardíacos e realizam sinapse com os gânglios distribuídos sobre os átrios: quando

estimulados, eles diminuem o ciclo cardíaco (Cap. 60). Os ramos pulmonares contêm as fibras nervosas que transmitem sinais para os gânglios do plexo pulmonar tendo atividade motora (broncoconstrição) nas fibras musculares não estriadas circulares dos brônquios e bronquíolos e atividade secretomotora nas glândulas do epitélio respiratório.

Plexos autônomos no tórax

Plexo cardíaco O plexo cardíaco possui um componente superficial inferior ao arco da aorta, situado entre ele e o tronco pulmonar, e uma parte profunda entre o arco da aorta e a bifurcação da traqueia (Cap. 56). A parte superficial é formada pelo nervo cardíaco cervical superior, ramo do gânglio cervical superior simpático esquerdo e pelos dois ramos cardíacos cervicais inferiores do nervo vago esquerdo. A parte profunda é formada pelos ramos cardíacos do gânglio cervical superior e torácico alto e pelos nervos vago e laríngeo recorrente. Os únicos nervos cardíacos que não se juntam são aqueles que unem à parte superficial do plexo. Ramos do plexo cardíaco também formam os plexos coronários direito e esquerdo e o plexo atrial.

Plexo pulmonar Os plexos pulmonares se localizam anterior e posteriormente a outras estruturas do hilo dos pulmões (Cap. 57). São formados pelos ramos cardíacos do segundo ao quinto (ou sexto) gânglio torácico simpático, pelos ramos cardíacos do nervo vago e pelos nervos cardíacos cervicais (simpáticos). O plexo esquerdo também recebe ramos provenientes do nervo laríngeo recorrente esquerdo.

Plexo esofágico O plexo esofágico contorna o esôfago abaixo do nível das raízes dos pulmões (Cap. 55). As fibras vagais passam através do plexo ou são emitidas diretamente pelo nervo vago no tórax. Todas as fibras transmitem sinais para a parede do esôfago e possuem ação motora no músculo liso na porção inferior do esôfago e ação secretomotora nas glândulas mucosas do esôfago. As fibras simpáticas vasomotoras se originam dos seis segmentos medulares torácicos superiores. Aquelas dos segmentos mais altos fazem sinapses com os gânglios cervicais; fibras pós-ganglionares inervam os vasos da parte cervical e torácica do esôfago. As fibras dos segmentos mais baixos passam diretamente pelo plexo esofágico ou pelo gânglio celíaco, onde fazem sinapse; fibras pós-ganglionares inervam os vasos da porção distal do esôfago.

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE

MAMA

Em mulheres, a posição da papila mamária é dependente do tamanho e da forma das mamas. No homem, a papila mamária geralmente está localizada no quarto espaço intercostal na linha medioclavicular. Em adultos jovens de ambos os gêneros, as papilas mamárias estão posicionadas geralmente a 20-23 cm da incisura jugular na linha medioclavicular e separados por 20-23 cm no plano horizontal.

PONTOS DE REFERÊNCIA ESQUELÉTICOS

Anteriormente, a clavícula e a articulação esternoclavicular não são apenas palpáveis, mas também visíveis em todos os indivíduos, exceto nos mais obesos (Fig. 53.4). O esterno pode ser sentido em toda sua extensão na linha mediana, mas lateralmente sua palpação pode ser dificultada pela presença do músculo peitoral maior. A incisura jugular na extremidade superior do esterno é facilmente encontrada e a traquéia pode ser sentida profundamente nela. Os anéis cartilagíneos são geralmente palpáveis: passando um dos dedos sobre a traqueia, ou colocando dois dedos dentro da incisura, é possível avaliar se a traqueia está posicionada na linha mediana ou desviada para algum lado. A incisura jugular se localiza no nível da junção entre a segunda e a terceira vértebras torácicas. O ângulo manubrioesternal é mais proeminente em homens do que em mulheres e pode ser sentido na junção do manúbrio do esterno com o corpo do esterno. Este é um ponto de referência óssea particularmente útil porque indica a extremidade medial das segundas cartilagens costais e o nível da junção entre a quarta e a quinta vértebras torácicas. A articulação xifosternal e o processo xifoide podem ser sentidos na extremidade inferior do esterno. A articulação geralmente se situa no nível da nona vértebra torácica. Lateralmente a ela é possível sentir a margem costal, formada neste ponto pelas extremidades anteriores das sétimas cartilagens costais. O restante da margem costal é formado pela fusão das extremidades anteriores da oitava, nona e décima cartilagens costais, enquanto posteriormente as extremidades livres da décima primeira e décima segunda costela podem ser palpadas. Em indivíduos magros, é possível palpar todas as costelas, desde a primeira descendo até a margem costal. Entretanto, uma musculatura bem desenvolvida ou a mama da mulher prejudicam a palpação das costelas anteriormente e do corpo da primeira costela (que se localiza predominantemente atrás da clavícula).

Posteriormente (Fig. 53.5), os processos espinhosos das vértebras torácicas são facilmente palpáveis; os ângulos posteriores das costelas podem ser sentidos lateralmente aos processos espinhosos. A anatomia de superfície do dorso e os pontos de referência esquelética são descritos nos Capítulos 42 e 43.

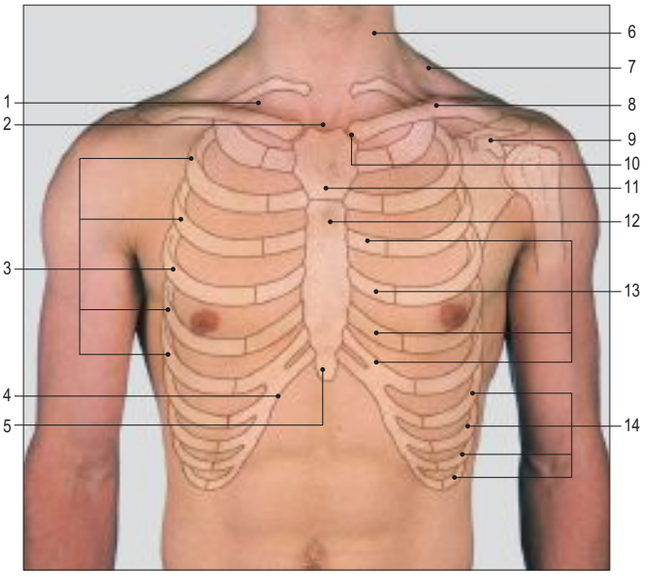


Fig. 53.4 Vista anterior do tronco demonstrando as estruturas ósseas e tecidos moles. (Foto com permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.) **1.** Fossa supraclavicular. **2.** Incisura jugular. **3.** Costelas verdadeiras. **4.** Margem costal. **5.** Processo xifoide. **6.** Músculo esternocleidomastóideo. **7.** Músculo trapézio. **8.** Clavícula. **9**. Processo coracoide. **10.** Articulação esternoclavicular. **11.** Manúbrio do esterno. **12.** Corpo do esterno. **13.** Cartilagens costais. **14.** Costelas falsas.

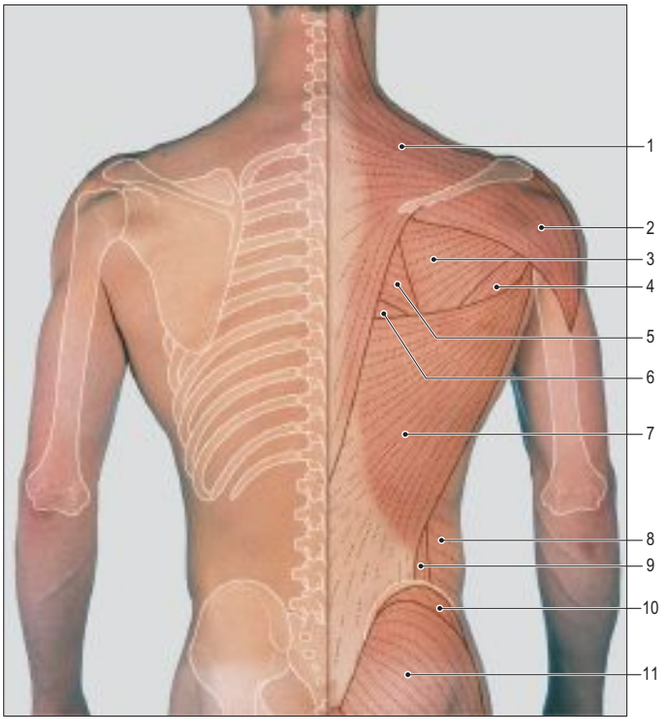


Fig. 53.5 Vista posterior do tronco demonstrando a anatomia de superfície das estruturas ósseas e tecidos moles. (Foto com permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.) **1.** Músculo trapézio. **2.** Músculo deltoide. **3.** Músculo infraespinal. **4.** Músculo redondo maior. **5.** Músculo romboide maior. **6.** Trígono da ausculta. **7.** Músculo latíssimo do dorso. **8.** Músculo oblíquo externo do abdome. **9**. Trígono lombar inferior. **10.** Músculo glúteo médio. **11.** Músculo glúteo máximo.

PONTOS DE REFERÊNCIA MUSCULOTENDÍNEOS

Com relação à parte muscular, o músculo peitoral maior, o contorno dos músculos serrátil anterior e latíssimo do dorso, o trapézio, o oblíquo externo

do abdome e o reto do abdome são todos facilmente visíveis. A visualização dos músculos da parte anterior da parede do tórax das mulheres pode ser bastante dificultada pela presença das mamas.

VÍSCERAS INTRATORÁCICAS

Anteriormente, a articulação manubrioesternal se posiciona sobre a concavidade do arco da aorta e marca o nível em que a traqueia se bifurca e que a veia ázigo desemboca na veia cava superior. As cartilagens costais das segundas costelas encontram o esterno neste ponto, e assim a articulação oferece um ponto acurado para iniciar a contagem das costelas. O plano transverso do tórax, que inclui o ângulo do esterno, demarca a margem inferior do mediastino superior e o ponto em que o arco da aorta recebe a parte ascendente da aorta (anteriormente) e continua como a parte descendente da aorta (posteriormente). Neste local, as pleuras direita e esquerda estão em contato uma com a outra; esse é, então, um ponto de partida útil quando se deseja delinear superficialmente a pleura parietal (Fig. 53.6 A,B).

Coração

As projeções de superfície são descritas abaixo se referindo a um adulto normal. Deve ser levado em conta que elas são consideravelmente modificadas em função da idade, do gênero, da estatura e proporções, pela ventilação e postura. As projeções da posição das valvas na superfície não são os melhores locais para a ausculta da circulação através delas. O ápice do coração quase corresponde ao batimento apical, que é frequentemente visível e sempre palpável no quinto espaço intercostal, ligeiramente medial à linha medioclavicular, 9 cm da linha mediana em homens adultos normais. O batimento apical é encontrado no ponto mais inferolateral em que a pulsação pode ser sentida; contudo, o verdadeiro ápice do coração está há uma curta distância, mais inferolateralmente, e não mantém contato com a parede do tórax durante a sístole.

A face esternocostal do coração, projetada sobre a parede anterior do tórax, é um trapezoide. A área cardíaca superficial obtusa delineada através de uma percussão leve é uma área aproximadamente triangular e corresponde a área do coração não coberta pelo pulmão. As margens do coração, embora sejam frequentemente consideradas fixadas, são de fato variáveis e dependem grandemente da posição do diafragma, da gordura e da constituição corporal do paciente.

As margens seguintes são geralmente bem reconhecidas. A margem mais superior forma uma linha suavemente inclinada a partir da segunda cartilagem costal esquerda até a terceira cartilagem costal direita. A margem direita é uma linha delicadamente curva, convexa à direita a partir da terceira cartilagem costal direita até a sexta cartilagem costal direita, geralmente 1-2 cm lateral à margem do esterno. A margem inferior ou aguda do coração se estende da sexta cartilagem costal direita até o ápice do coração, que se situa no quinto espaço intercostal esquerdo, aproximadamente na linha medioclavicular. A margem esquerda ("obtusa") se estende superomedialmente, lateralmente convexa, a partir do ápice do coração para encontrar a segunda cartilagem costal esquerda a 1 cm da margem do esterno. A linha oblíqua unindo a extremidade esternal da terceira cartilagem costal esquerda e da sexta cartilagem costal direita representa a parte anterior do sulco coronário, que separa o átrio direito do ventrículo direito (o átrio esquerdo se situa atrás do coração). As margens esquerda e direita podem ser identificadas através de uma percussão mais forte.

A projeção de superfície da parte anterior do sulco coronário é uma linha oblíqua que une as extremidades esternais da terceira cartilagem costal esquerda e da sexta cartilagem costal direita e separa as áreas atrial e ventricular. Embora, em diferentes planos, a projeção das valvas cardíacas também estejam situadas ao longo ou bem próximo desta linha (Fig. 56.6).

O hilo do pulmão se localiza parcialmente atrás da margem superior da terceira cartilagem costal esquerda e parcialmente atrás do terço esquerdo do esterno. É representado por uma linha horizontal, de 2,5 cm de comprimento, que cruza a cartilagem e o esterno. Linhas paralelas a partir das extremidades dessa linha, até a segunda cartilagem costal esquerda, indicam o local do tronco pulmonar.

O óstio da aorta está abaixo e um pouco à direita do óstio do tronco pulmonar, e é delineado por uma linha de 2,5 cm de comprimento que se estende da extremidade medial do terceiro espaço intercostal esquerdo e desce para a direita. Duas linhas paralelas a partir das extremidades dessa linha, se inclinando para a metade direita da articulação manubrioesternal, indicam a localização da parte ascendente da aorta.

O óstio atrioventricular direito é representado por uma linha de 4 cm de comprimento que tem seu início próximo da linha mediana, logo abaixo do nível da quarta cartilagem costal direita, seguindo para baixo e levemente à direita. O centro dessa linha deve ser o nível da metade do quarto espaço intercostal direito.

O óstio atrioventricular esquerdo está atrás da metade esquerda do esterno, oposto à quarta cartilagem costal esquerda, e é representado por uma linha de 3 cm de comprimento que desce para a direita.

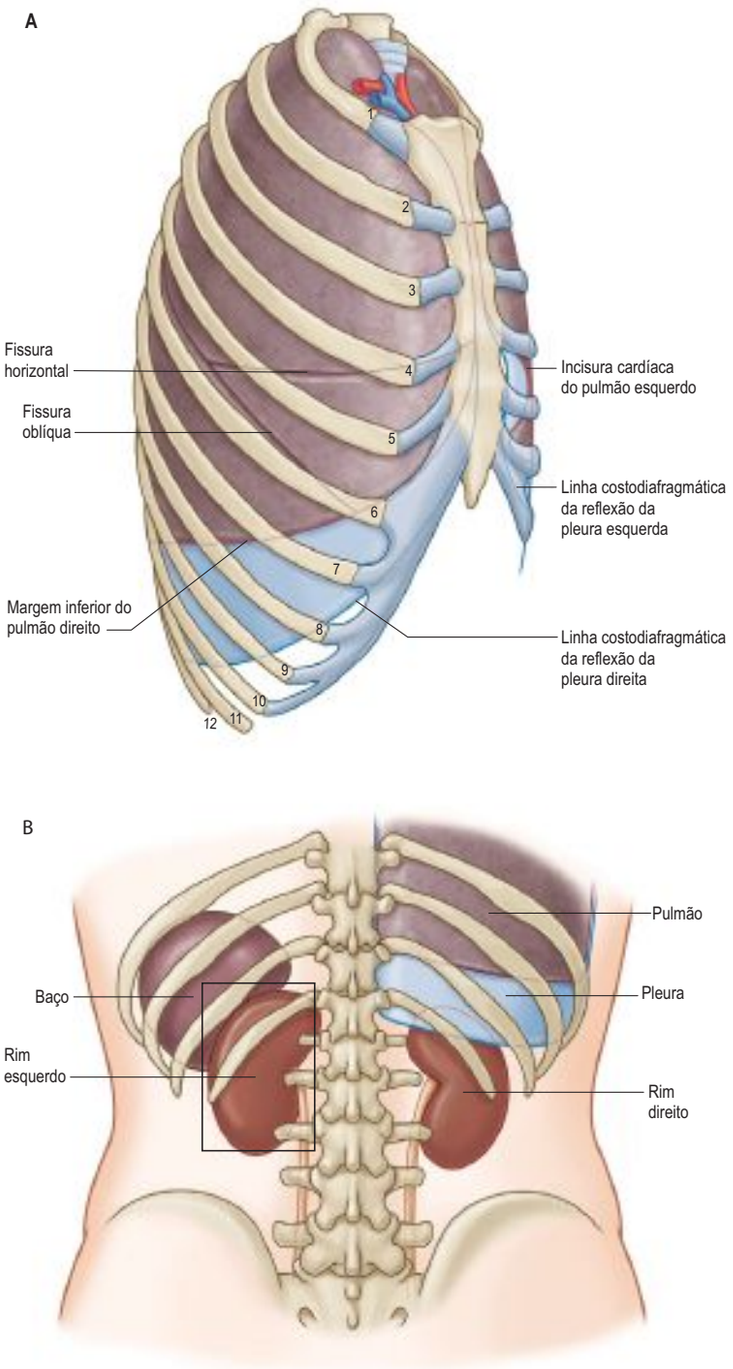


Fig. 53.6 A, Relações da pleura e dos pulmões com a parede do tórax: face lateral direita. **B,** Limites inferiores do pulmão e da pleura: vista posterior. As porções inferiores do pulmão e da pleura são mostradas no lado direito.

Os locais de ausculta das valvas cardíacas não correspondem diretamente com a anatomia de superfície das valvas, porque a intensidade dos sons é influenciada pela direção do fluxo de sangue, que conduz o som dentro dele. Deste modo, os locais apropriados para posicionar a campânula ou o diafragma do estetoscópio são: a extremidade esternal do segundo espaço intercostal esquerdo (área da valva do tronco pulmonar); a extremidade esternal do segundo espaço intercostal direito (área da valva da aorta); próximo ao ápice do coração (área da valva atrioventricular esquerda); e sobre a margem inferior esquerda do esterno, no nível do quinto espaço intercostal (área da valva atrioventricular direita) (Fig. 56.6).

Grandes vasos

O arco da aorta se localiza, predominantemente, atrás do manúbrio do esterno. Iniciando-se na valva da aorta (atrás da margem inferior da cartilagem costal esquerda), a parte ascendente da aorta se curva para a frente,

para cima e para a direita, para se tornar o arco da aorta atrás da metade direita do manúbrio do esterno no nível da segunda cartilagem costal direita. Continua subindo por trás do lado direito do manúbrio do esterno, formando um arco sobre o plano transtorácico e descendo de forma que o botão aórtico protrai logo à esquerda do manúbrio do esterno no primeiro espaço intercostal. O tronco pulmonar e a bifurcação da traquéia se situam dentro de sua concavidade. O tronco braquiocefálico surge aproximadamente atrás do ponto central do manúbrio do esterno e ascende para a articulação esternoclavicular direita. A veia cava superior desce predominantemente por trás, mas também logo à direita da margem direita do manúbrio e entra no átrio direito no nível da terceira cartilagem costal direita. A pequena veia braquiocefálica direita desce quase verticalmente por trás da extremidade esternal da clavícula exatamente lateral a articulação esternoclavicular direita, enquanto a veia braquiocefálica esquerda, muito maior, passa quase horizontalmente por trás da parte superior do manúbrio do esterno. Ambas se unem atrás da primeira cartilagem costal direita para formar a veia cava superior, que desce como uma fita de 2 cm de largura, ao longo da margem direita do esterno, alcançando o átrio direito no nível da terceira cartilagem costal direita.

Pulmões e pleuras

Anteriormente, o ápice do pulmão está aproximadamente 2,5 cm acima do centro do terço medial da clavícula; posteriormente, se situa no nível da sétima vértebra cervical. As projeções de superfície da cúpula e da margem costovertebral do pulmão correspondem àquelas da pleura parietal. A projeção de superfície anterolateral do pulmão pode ser representada por uma linha curva que cruza a linha medioclavicular no nível da sexta costela e a linha axilar média no nível da oitava costela. Durante a inspiração, a margem inferior do pulmão se move para baixo, do nível da décima vértebra torácica ao nível da décima segunda vértebra torácica (estes são níveis aproximados). Durante a expiração máxima, a margem inferior do pulmão retrai anteriormente a uma distância curta do recesso costomediastinal retroesternal; lateralmente, a margem inferior do pulmão pode se elevar 5 cm acima da reflexão da pleura parietal (recesso costodiafragmático).

Traqueia, brônquios

A traqueia se origina no nível da cartilagem cricóidea (C6), e geralmente se estende pela linha mediana. É palpável dentro da incisura jugular, onde pode ser sentida rolando um dedo sobre sua superfície convexa ou também determinando sua extensão lateral com dois dedos. A movimentação para um lado indica que o mediastino também foi deslocado em excesso para aquele lado devido à perda do volume pulmonar, ou por ter sido pressionado, por exemplo, devido a um pneumotórax ou efusão pleural. A traqueia se bifurca no nível do ângulo do esterno; o ponto de referência posterior para a bifurcação da traquéia é a quarta vértebra torácica.

Fissuras

A cada lado, os lobos superior e inferior do pulmão são separados pela fissura oblíqua. Isso pode ser demarcado por uma linha se estendendo da extremidade posterior da terceira costela, para baixo e para a frente, cruzando a quinta costela na linha axilar média e, em seguida, a sexta cartilagem costal na linha medioclavicular (7-8 cm lateral à linha mediana). Como uma aproximação conveniente, a fissura oblíqua segue a margem medial da escápula quando o braço está completamente abduzido. A fissura oblíqua esquerda é um pouco mais vertical do que a direita.

A fissura horizontal, entre os lobos médio e superior, se situa no nível da quarta cartilagem costal à direita. Começa a partir da margem anterior do pulmão e passa posterolateralmente para encontrar a fissura oblíqua: a fissura horizontal, então, se estende da quinta costela na linha axilar média para a quarta costela na margem direita do esterno. Os lobos superior e médio se situam anteriormente à fissura oblíqua e, assim, são examinados melhor pela região anterior do tórax, enquanto os lobos inferiores se situam posteriormente e devem ser examinados na região posterior do tórax. O lobo médio do pulmão pode ser projetado sobre a parede do tórax como uma superfície triangular, onde os três pontos do triângulo são representados pela quarta costela na margem paraesternal direita, pela quinta costela na linha axilar média e pela sexta costela na linha medioclavicular.

Reflexões pleurais

Começando na linha mediana na articulação manubrioesternal, as reflexões anteriores da pleura parietal podem ser encontradas superiormente junto com a linha que desvia da linha mediana e se estende para cima e para fora até o ápice da cavidade pleural. Este ponto se situa 3-4 cm acima da extremidade anterior da primeira costela, nivelado com a extremidade posterior da costela; seu ponto de referência de superfície está geralmente 2,5 cm acima do centro do terço médio da clavícula. A pleura parietal está intimamente fundida com a face interna da cavidade torácica, e pode ser seguida lateral e inferiormente até a face interna da parede do tórax, até o nível da décima costela na linha axilar média. Seguindo medialmente, a pleura reveste o diafragma; essa posição irá, então, variar de acordo com fase da ventilação.

As reflexões costodiafragmáticas das pleuras podem ser delineadas anteriormente a partir da linha axilar média em direção a linha mediana. No lado direito, a pleura cruza a oitava costela na linha medioclavicular, passa pela articulação xifosternal e sobe até a articulação manubrioesternal. No lado esquerdo, a pleura não alcança a linha mediana, mas gira superiormente na extremidade anterior da sexta costela, 3-5 cm a partir da linha mediana, e passa para cima no nível da quarta cartilagem costal. Esse desvio produz uma área entre o coração e o esterno onde a pleura está ausente; uma punção cardíaca com agulha pode ser realizada nesse local sem risco de causar uma derrame pleural. As pleuras direita e esquerda se encontram no nível da quarta cartilagem costal e mantêm contato até o nível da segunda cartilagem costal.

Observada a partir do dorso, a margem medial da pleura pode ser delineada ao longo de uma linha unindo os processos transversos da segunda à décima segunda vértebra torácica. Estende-se horizontal e lateralmente e cruza a décima segunda e décima primeira costelas para encontrar a décima costela na linha axilar média (Fig. 53.6 A,B).

CAPÍTULO
54

Parede torácica e mama

A parede torácica envolve a cavidade torácica. A pele e o tecido mole recobrem um arcabouço musculoesquelético que consiste em 12 pares de costelas, os quais se articulam com 12 vértebras torácicas posteriormente e (exceto pelos dois últimos pares de costelas) com o esterno anteriormente, através de suas cartilagens costais; músculos intrínsecos e músculos os quais conectam a parede torácica com os membros superiores e a coluna vertebral; numerosos vasos sanguíneos e linfáticos e nervos, os quais suprem os componentes do arcabouço musculoesquelético e a pele e o tecido mamário sobrejacentes.

PELE E TECIDO MOLE

PELE

Suprimento sanguíneo

Artérias

A pele do tórax é suprida por uma combinação de vasos cutâneos diretos e perfurantes musculocutâneos, os quais atingem a pele principalmente através dos músculos intercostais, peitoral maior, latíssimo do dorso e trapézio. Ramos a partir da artéria toracoacromial, a artéria torácica lateral, a artéria torácica interna, as artérias intercostais anteriores e posteriores, e as artérias toracodorsal, cervical transversa/dorsal da escápula e circunflexa da escápula são os principais vasos contribuintes (Figs. 42.4, 54.1, 54.2).

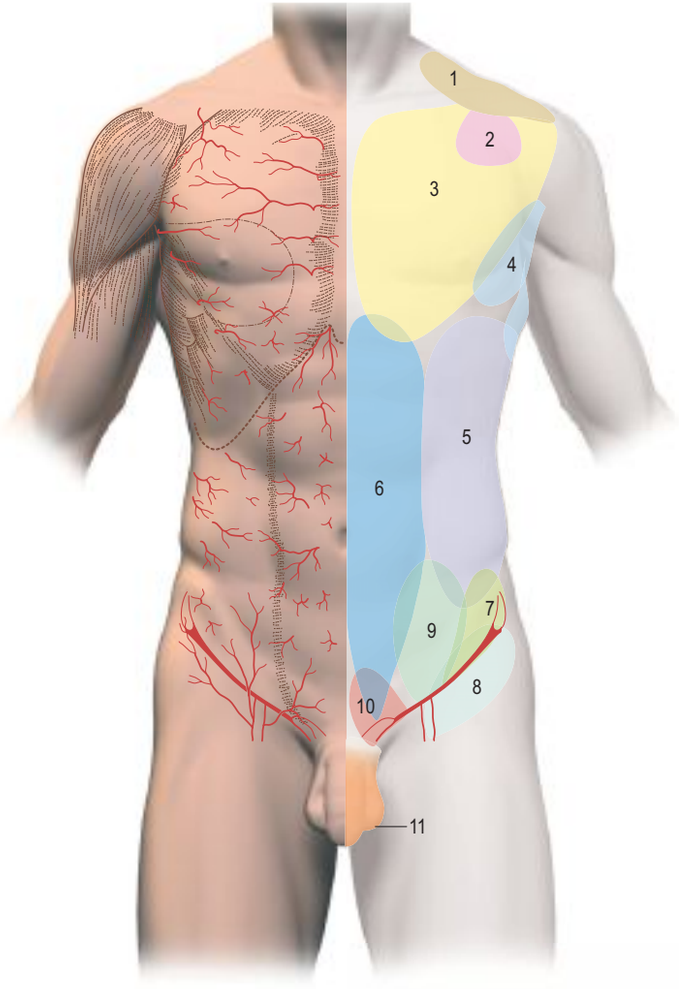
A face anterior da pele do tórax é suprida pela artéria toracoacromial, pelas artérias torácicas internas, pelos ramos perfurantes a partir das artérias intercostais e ramos derivados das artérias torácicas laterais e artérias torácicas superficiais. A artéria toracoacromial supre a pele principalmente através de perfurantes musculocutâneos a partir de seu ramo peitoral, os quais atingem a pele através do músculo peitoral maior. Além disso, os ramos cutâneos diretos surgem dos ramos acromial e deltóideo. A artéria torácica interna envia ramos perfurantes diretos para a pele dos seis espaços intercostais superiores, acompanhados pelos ramos cutâneos dos nervos intercostais anteriores. Os ramos atingem a pele após passar através do músculo peitoral maior e seguindo lateralmente na gordura subcutânea como vasos cutâneos diretos: o segundo ramo perfurante intercostal é geralmente o maior.

A face lateral da pele torácica é suprida pelos ramos torácico lateral, torácico superficial e cutâneo lateral das artérias intercostais. A artéria torácica lateral dá origem a ramos cutâneos diretos para a parede torácica lateral, além dos ramos musculocutâneos que passam através do músculo peitoral maior.

A face posterior da pele torácica é suprida pelos ramos dorsal, cutâneo medial e cutâneo lateral das artérias intercostais posteriores (os quais atingem a pele passando através dos músculos eretores da espinha e latíssimo do dorso), ramos perfurantes musculocutâneos a partir da artéria cervical superficial e da artéria cervical transversa/dorsal da escápula (através do músculo trapézio), ramos perfurantes musculocutâneos a partir da artéria toracodorsal e das artérias intercostais (através do músculo latíssimo do dorso) e ramos cutâneos diretos a partir da artéria circunflexa da escápula .

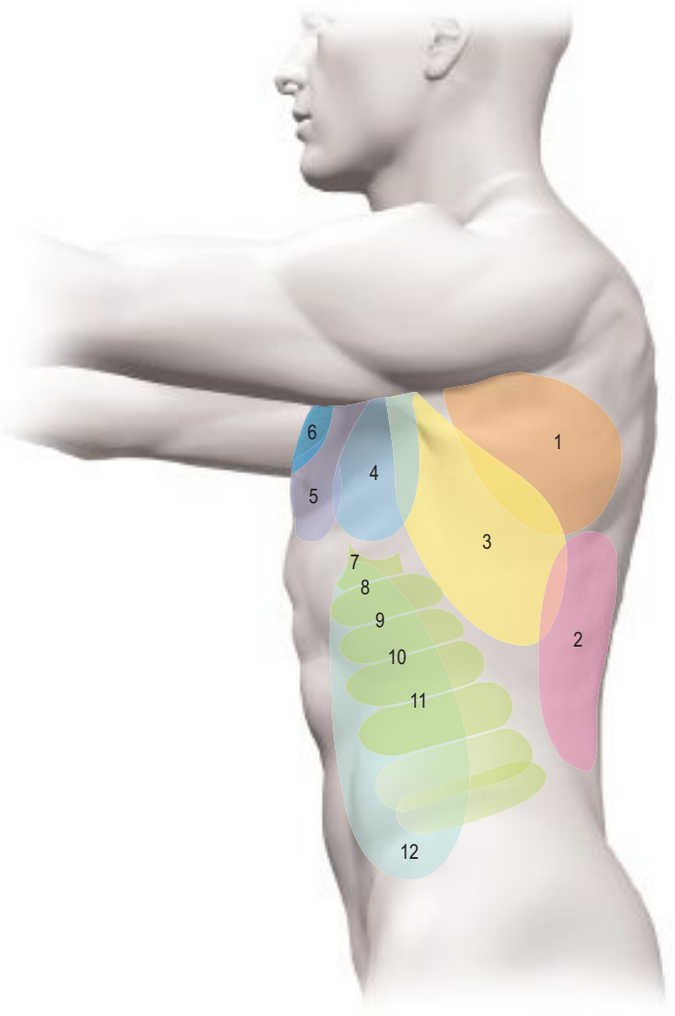
Veias

As veias intercostais acompanham as artérias nomeadas de forma similar nos espaços intercostais (Fig. 53.3). As pequenas veias intercostais anteriores são tributárias das veias torácicas internas e musculofrênicas; as veias torácicas internas drenam para a veia braquiocefálica apropriada. As veias intercostais posteriores drenam para trás e a maioria drena diretamente ou indiretamente para a veia ázigo à direita e para as veias hemiázigo ou hemiázigo acessória à esquerda. As veias ázigo exibem uma grande variação em sua origem, trajeto, tributárias, anastomoses e terminação (Cap. 55).



1 Artéria cervical transversa
2 Ramo cutâneo direto da artéria toracoacromial
3 Ramos perfurantes anteriores derivadas da artéria torácica interna
4 Artéria torácica superficial
5 Ramos perfurantes intercostais
6 Ramos perfurantes musculocutâneos derivados das artérias epigástricas superior e inferior
7 Artéria circunflexa ilíaca profunda
8 Artéria circunflexa ilíaca superficial
9 Artéria epigástrica inferior
10 Artéria pudenda externa superficial
11 Artéria pudenda externa profunda

Fig. 54.1 Territórios anatômicos dos vasos sanguíneos cutâneos na região anterior do tronco. (Permissão de Cormack GC, Lamberty BGH, 1994, The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone).



1 Artéria circunflexa da escápula
2 Ramos perfurantes musculocutâneos através do m. latíssimo do dorso derivados das artérias intercostais e lombares
3 Ramos perfurantes musculocutâneos através do m. latíssimo do dorso derivados da artéria toracodorsal
4 Ramos cutâneos derivados das artérias toracodorsal e torácica lateral
5 Artéria toracoacromial
6 Artéria torácica interna
7–11 Ramos cutâneos laterais derivados das artérias intercostais
12 Ramos perfurantes musculocutâneos através do m. oblíquo externo do abdome derivados das artérias intercostais

Fig. 54.2 Territórios anatômicos dos vasos sanguíneos cutâneos na região lateral do tronco. (Permissão de Cormack GC, Lamberty BGH, 1994, The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

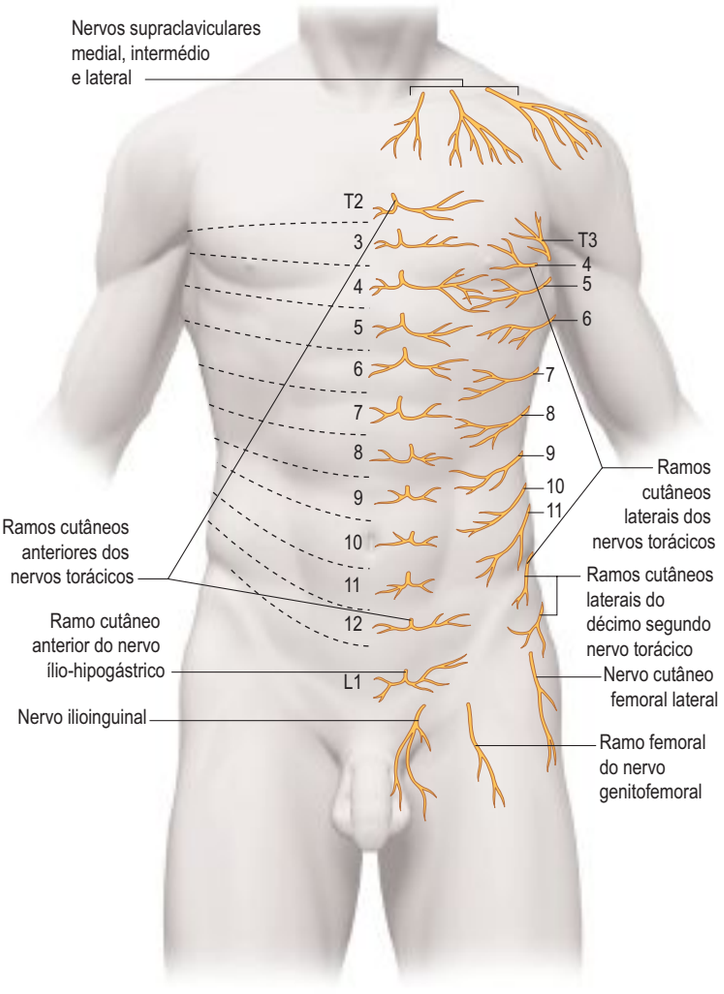


Fig. 54.3 A distribuição segmentar aproximada dos nervos cutâneos na região anterior do tronco. A contribuição do primeiro nervo espinal torácico não está mostrada e a considerável sobreposição que ocorre entre segmentos adjacentes não está indicada.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos superficiais da parede torácica se ramificam em posição subcutânea e convergem para os linfonodos axilares (p. 928, Figs. 54.19 e 54.21). Os vasos linfáticos derivados dos tecidos mais profundos das paredes torácicas drenam principalmente para os linfonodos paraesternais, intercostais e diafragmáticos.

Inervação

A pele do tórax é suprida por ramos cutâneos de nervos cervicais e torácicos em zonas consecutivas e curvas, sendo a superior quase horizontal e a inferior oblíqua. No aspecto anterior e superior do tórax, a terceira e a quarta áreas cervicais se juntam à primeira e segunda áreas torácicas (Figs. 42.3, 54.3) porque os nervos intervenientes fornecem o suprimento sensitivo e motor para o membro superior. Existe um "espaço" posterior similar, porém menos extenso: a maior parte da pele posterior do tórax é suprida pelos ramos posteriores dos nervos torácicos. A margem subcostal é suprida pelo sétimo nervo torácico.

Os ramos anteriores do primeiro ao décimo primeiro nervos torácicos passam por dentro dos espaços intercostais. Cada nervo intercostal origina um ramo cutâneo lateral, o qual surge por trás do ângulo das costelas e se divide em ramos anterior e posterior, e termina próximo ao esterno em um ramo cutâneo anterior (Fig. 54.18).

Ramos do nervo supraclavicular, que se originam a partir da terceira e quarta raízes nervosas cervicais, suprem a pele na região peitoral superior. A maior parte do primeiro nervo torácico se une ao plexo braquial: ele dá origem a um pequeno ramo inferior, o qual se torna o primeiro nervo intercostal. O ramo cutâneo lateral do segundo nervo intercostal supre a pele da axila e é conhecido como o nervo intercostobraquial. A margem costal é suprida por um ramo derivado do sétimo nervo torácico, e o décimo nervo torácico supre a pele do abdome ao nível do umbigo. Do sétimo ao décimo primeiro nervos torácicos suprem a pele da parede torácica à medida que eles passam anteriormente e inferiormente; eles continuam por baixo das cartilagens costais e suprem a pele e os tecidos subcutâneos da parede do abdome. O nervo subcostal segue pela borda inferior da décima-segunda costela e supre a pele da parede inferior do abdome (Fig. 54.3).

TECIDOS MOLES

Fáscia superficial

A fáscia superficial se encontra abaixo da pele. Ela consiste principalmente em gordura e é apenas frouxamente aderida á pele, um arranjo que permite algum movimento das estruturas subjacentes. Pequenos vasos sanguíneos e nervos perfuram a fáscia superficial para suprir a pele.

A mama se encontra no interior da fáscia superficial e é descrita adiante neste capítulo.

Fáscia profunda

A fáscia profunda é uma firme membrana fibrosa que permite algum movimento das estruturas umas por sobre as outras.

Fáscia clavipeitoral

A fáscia clavipeitoral é uma lâmina da fáscia profunda que se estende entre a clavícula e o músculo peitoral menor, circunda o músculo subclávio e se estende medialmente à primeira costela.

OSSOS E CARTILAGENS

As 12 vértebras torácicas e seus discos intervertebrais associados estão descritos em detalhes no Capítulo 42.

ESTERNO

O esterno consiste em um manúbrio superiormente, um corpo médio (mesosterno) e um processo xifoide inferiormente (Figs. 54.4 e 54.5). Até a puberdade, o mesosterno consiste em quatro esternébras, as quais, a partir de suas relações costais, parecem ser intersegmentares. O comprimento total do esterno é de aproximadamente 17 cm em homens, e menor em mulheres. A relação entre os comprimentos do manúbrio e do mesosterno difere entre os sexos. O crescimento pode continuar além da terceira década e possivelmente durante toda a vida.

Em posição natural, o esterno se inclina para baixo e ligeiramente para a frente. Ele é convexo na frente, côncavo na parte de trás e mais largo na junção com as primeiras cartilagens costais. Ele é estreito na articulação manubrioesternal, abaixo da qual ele se alarga para sua articulação com as quintas cartilagens, e estreita novamente abaixo desta.

O esterno contém tecido ósseo trabecular altamente vascularizado envolvido por uma camada de tecido ósseo compacto que é mais espessa no manúbrio, entre as incisuras claviculares. Centralmente, o tecido ósseo é constituído de forma mais leve, enquanto lateralmente as trabéculas são mais espessas e mais largas. A porção central contém medula óssea hematopoiética.

Manúbrio

O manúbrio encontra-se nivelado com a terceira e a quarta vértebras torácicas. Ele é largo e espesso na parte de cima, e se estreita em sua junção com o corpo. A superfície anterior é lisa, transversalmente convexa e verticalmente côncava, e a superfície posterior é côncava e lisa. A borda superior é espessa e contém uma incisura jugular central entre duas fossas ovais, as incisuras claviculares, as quais estão direcionadas para cima e posterolateralmente para articulação com as extremidades esternais das clavículas. As fibras do ligamento interclavicular estão afixadas à incisura jugular. A borda inferior, oval e áspera, mantém uma delgada camada de cartilagem para articulação com o corpo. As bordas laterais são marcadas acima por uma depressão para a primeira cartilagem costal e abaixo por uma pequena hemiface articular, a qual se articula com parte da segunda cartilagem costal. A estreita borda curvada desce medialmente entre estas faces.

Ao contrário de todas as outras articulações esternocostais, a articulação manubriocostal entre o manúbrio e a primeira cartilagem costal é uma forma incomum de sinartrose.

Corpo

O corpo encontra-se ao nível da quinta à nona vértebras torácicas. Ele é mais longo, mais estreito e mais delgado que o manúbrio, e é mais largo próximo à sua extremidade inferior. A superfície anterior é quase plana e está voltada levemente para cima. Ele apresenta três cristas transversais variáveis, as quais marcam os níveis de fusão de suas quatro esternebras. Um forame esternal, de tamanho e formato variáveis, pode ocorrer entre a terceira e a quarta esternébras. A superfície posterior, levemente côncava, também apresenta três linhas transversais pouco distintas. A extremidade superior oval se articula com o manúbrio no nível do ângulo do esterno (articulação manubrioesternal), a qual se encontra oposta à margem inferior do corpo da quarta vértebra. A articulação manubrioesternal é marcada por um sulco transverso posterior e é palpável anteriormente como uma crista (Fig. 54.5).

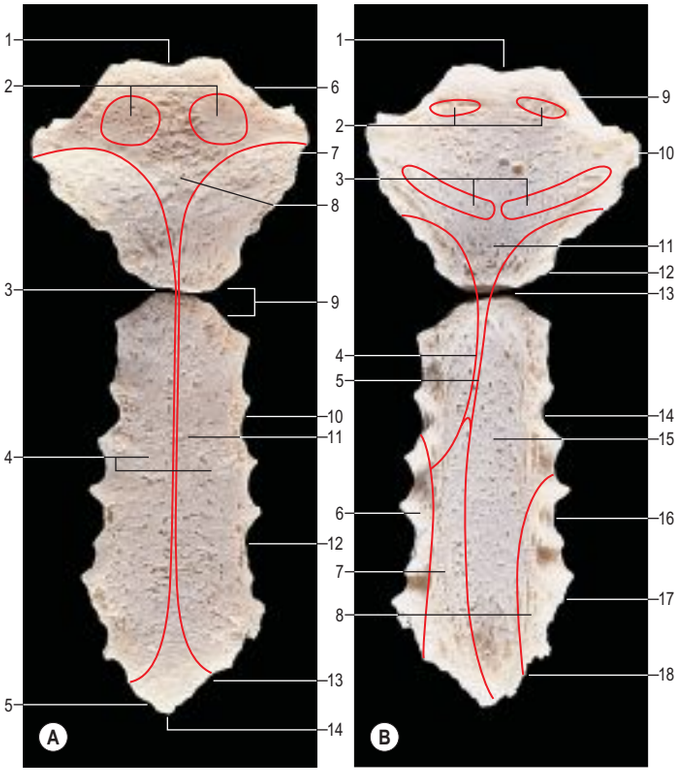


Fig. 54.4 O esterno. **A,** Vista anterior. **B,** Vista posterior.
Parte A: 1. Incisura jugular. **2.** Inserção para o músculo esternocleidomastóideo. **3.** Ângulo do esterno e articulação manubrioesternal. **4.** Inserção para o músculo peitoral maior. **5.** Incisura para a sétima cartilagem costal. **6.** Incisura clavicular. **7.** Incisura para a primeira cartilagem costal. **8.** Manúbrio. **9.** Incisura para a segunda cartilagem costal. **10.** Incisura para a terceira cartilagem costal. **11.** Corpo do esterno. **12.** Incisura para a quarta cartilagem costal. **13.** Incisura para a sexta cartilagem costal. **14.** Articulação xifesternal.
Parte B: 1. Incisura jugular. **2.** Inserção para o músculo esterno-hióideo. **3.** Inserção para o músculo esternotireóideo. **4.** Borda da área coberta pela pleura esquerda. **5.** Borda da área coberta pela pleura direita. **6.** Inserção para o músculo transverso do tórax. **7.** Área em contato com o pericárdio. **8.** Inserção para o músculo transverso do tórax. **9.** Incisura clavicular. **10.** Incisura para a primeira cartilagem costal. **11.** Manúbrio. **12.** Incisura para a segunda cartilagem costal. **13.** Ângulo do esterno e articulação manubrioesternal. **14.** Incisura para a terceira cartilagem costal. **15.** Corpo do esterno. **16.** Incisura para a quarta cartilagem costal. **17.** Incisura para a quinta cartilagem costal. **18.** Incisura para a sétima cartilagem costal.

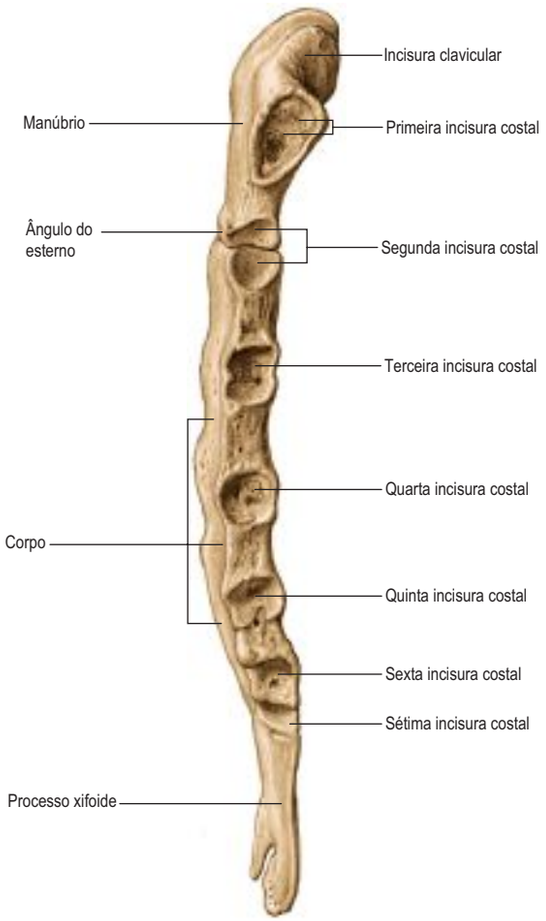


Fig. 54.5 O esterno, vista lateral esquerda. (De Sobotta 2006.)

A extremidade inferior do corpo é estreita e contínua com o processo xifoide. Sobre cada borda lateral, em seu ângulo superior, uma pequena incisura se articula com parte da segunda cartilagem costal (Fig. 54.4). Abaixo desta, quatro incisuras costais se articulam com a terceira à sexta cartilagens costais. O ângulo inferior apresenta uma pequena face, a qual – juntamente com o processo xifoide – se articula com a sétima cartilagem costal. Entre estas depressões articulares, uma série de bordas curvas diminui em comprimento para baixo e forma os limites anteriores dos espaços intercostais.

Processo xifoide

O processo xifoide encontra-se no epigástrio. Ele é o menor e mais variável elemento esternal, e pode ser largo e delgado, pontiagudo, bífido, perfurado, curvado ou dobrado. O processo xifoide é cartilagíneo na juventude, mas mais ou menos ossificado em adultos. Ele é contínuo com a extremidade inferior do corpo na articulação xifesternal. Anteriormente aos seus ângulos superolaterais, existem hemifaces que se articulam com partes das sétimas cartilagens costais (Fig. 54.5).

Fixações musculares As partes esternais dos músculos peitoral maior e esternocleidomastóideo estão fixadas à superfície anterior do manúbrio. O músculo esternotireóideo está fixado à superfície posterior, oposto à primeira cartilagem costal e as fibras mais mediais do músculo esterno-hióideo estão fixadas acima do músculo esternotireóideo. As cápsulas articulares das articulações esternocostais e as fibras esternais do músculo peitoral maior estão fixadas à superfície anterior do corpo. O músculo transverso do tórax está fixado à sua superfície posterior. As membranas intercostais externas estão fixadas às margens do corpo entre as incisuras costais. As fibras mais mediais do músculo reto do abdome e as aponeuroses dos músculos oblíquo externo e interno do abdome estão fixadas à superfície anterior do processo xifoide. A linha alba está aderida à sua extremidade inferior e as aponeuroses dos músculos oblíquo interno e transverso do abdome estão fixadas a suas bordas. Abas do diafragma estão fixadas em sua face posterior e o esterno aqui estabelece relações com o fígado.

Suprimento sanguíneo A artéria torácica interna fornece o principal suprimento sanguíneo para o esterno. Uma rede esternal de vasos derivada das artérias torácicas internas fornece uma rede de artérias perfurantes ao nível de cada espaço intercostal. Uma rede anterior formada por anastomoses entre os ramos esternais superior anterior e inferior anterior e pelos arcos lateroesternais e anteroesternais fornece ramos que seguem diretamente para dentro do esterno. Uma rede similar de vasos existe posteriormente e é formada por anastomoses entre os vasos superiores posteriores e inferiores posteriores, e os arcos lateroesternais e retroesternais. A rede posterior é mais altamente desenvolvida do que o sistema anterior; estas redes são particularmente desenvolvidas no nível do quarto e do quinto espaços intercostais.

A rede venosa é menos desenvolvida e formada principalmente por grandes vasos. A rede inframedular de seios forma uma rede no tecido ósseo e em seguida drenam para o sistema venoso. São veias transcorticais e drenam para as redes esternais periféricas ou para dentro da veia torácica interna.

Inervação O manúbrio é suprido pelo ramo anterior do nervo supraclavicular e pelo ramo cutâneo anterior do primeiro nervo intercostal, enquanto o corpo do esterno é suprido amplamente por ramos anteriores dos nervos intercostais. O ramo anterior do nervo frênico segue anteromedialmente a partir do diafragma e supre a porção inferior do esterno com seu equivalente contralateral.

Ossificação O esterno é formado pela fusão de duas barras esternais cartilagíneas que flanqueiam o plano mediano. O arranjo e o número de centros de ossificação variam de acordo com o nível de integridade e tempo de fusão das barras esternais e com a largura do osso adulto. A fusão incompleta deixa um forame esternal. O manúbrio é ossificado a partir de um a três centros que aparecem no quinto mês de vida fetal. As primeira e segunda esternebras geralmente se ossificam a partir de centros únicos que aparecem por volta da mesma época (Fig. 54.6A). Centros na terceira e quarta esternébras são comumente pareados e aparecem no quinto e sexto meses, respectivamente, mas um de cada par pode estar retardado até o sétimo ou mesmo oitavo mês, e o centro da quarta esternébra pode estar ausente. O processo xifoide começa a se ossificar no terceiro ano ou mais tarde. Em alguns esternos, todos os centros são únicos e medianos; em outros, o centro do manúbrio é único e os centros das esternébras são todos pares, simétricos ou assimétricos. A união entre os centros do mesoesterno começa na puberdade e progride de baixo para cima: em torno dos 25 anos de idade, eles estão todos unidos (Fig. 54.6B).

Ossículos supraesternais, pareados ou únicos, às vezes ocorrem. Eles podem se fundir ao manúbrio ou se articular posteriormente na margem lateral da incisura jugular. Quando bem formados, eles são piramidais e sua base é articular. Os ossículos são cartilagíneos ao nascimento e se ossificam durante a adolescência.

***Pectus excavatum* e *pectus carinatum*.** O *pectus excavatum* ocorre até certo ponto em cerca de 1 em 500 dos nascidos vivos. É uma depressão do esterno e das cartilagens costais que resulta em um tórax em formato de funil. As cartilagens costais inferiores e o corpo do esterno estão deprimidos e existe um certo encurvamento assimétrico das costelas posteriormente. Frequentemente, existe uma postura anormal com lordose lateral, e alguns pacientes também desenvolvem uma escoliose. A deformidade é encontrada ao nascimento ou ocorre logo no início da vida: a maioria dos indivíduos afetados apresenta sinais da anormalidade nos primeiros 12 meses de vida. A etiologia é desconhecida, mas alguns casos estão associados a doenças como a síndrome de Marfan, na qual o tecido conjuntivo se apresenta anormal.

O *pectus carinatum* é a protrusão anterior do esterno ou também conhecido como "peito de pombo". A deformidade é menos comum do que o *pectus excavatum*, e embora presente no início da infância, ela geralmente progride durante a adolescência e em seguida permanece da mesma forma a partir dos 18 anos de idade por toda a vida adulta.

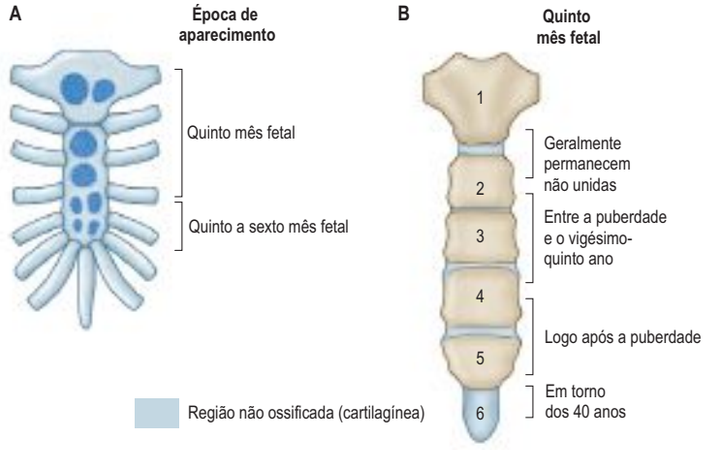


Fig. 54.6 A ossificação do esterno. **A,** Antes do nascimento. **B,** Ao nascimento.

CLAVÍCULA

A clavícula está descrita no Capítulo 46.

COSTELAS

As costelas são 12 pares de arcos elásticos (Fig. 54.7). Elas se articulam posteriormente com a coluna vertebral e formam a maior parte do esqueleto torácico. Seu número pode estar aumentado por costelas cervicais ou lombares, ou reduzido devido à ausência do décimo segundo par. Os primeiros sete pares estão conectados ao esterno por cartilagens costais, e são referidos como as costelas verdadeiras. As cinco costelas restantes são chamadas de falsas costelas: as cartilagens da oitava à décima costelas normalmente se unem à cartilagem costal suprajacente, enquanto as décima-primeira e décima segunda costelas, as quais são livres em suas extremidades anteriores, são às vezes denominadas de costelas "flutuantes". A décima costela também pode ser uma costela flutuante; a incidência varia de 35% a 70% nas diferentes raças.

As costelas são separadas pelos espaços intercostais, os quais são mais profundos na frente e entre as costelas superiores. Estas últimas são menos oblíquas que as costelas inferiores; a obliqüidade é máxima na nona costela, e diminui em direção à décima-segunda. As costelas aumentam de comprimento da primeira para a sétima, e em seguida diminuem em direção à décima-segunda. Elas diminuem em largura de cima para baixo; nas dez costelas superiores, a largura maior é anterior. As duas primeiras e as três últimas costelas apresentam características especiais, enquanto as demais se conformam em um plano comum.

As costelas consistem em tecido ósseo trabecular altamente vascularizado, envolvido por uma delgada camada de tecido ósseo compacto e contendo grandes quantidades de medula óssea vermelha.

Costela típica

Uma típica costela apresenta uma haste com extremidades anterior e posterior (Fig. 54.8). A extremidade anterior, ou costal, apresenta uma pequena depressão côncava para a extremidade lateral de sua cartilagem. A haste tem uma convexidade externa e é sulcada internamente próximo à sua borda inferior, a qual é aguda, enquanto sua borda superior é arredondada. A extremidade posterior, ou vertebral, apresenta uma cabeça, um colo, e um tubérculo. A cabeça apresenta duas faces articulares, separadas por uma crista transversal. A face articular inferior e maior se articula com o corpo da vértebra correspondente, e sua crista se fixa ao disco intervertebral acima dela. O colo é a parte plana abaixo da cabeça, anterior ao processo transverso correspondente. Ele é oblíquo e está voltado em

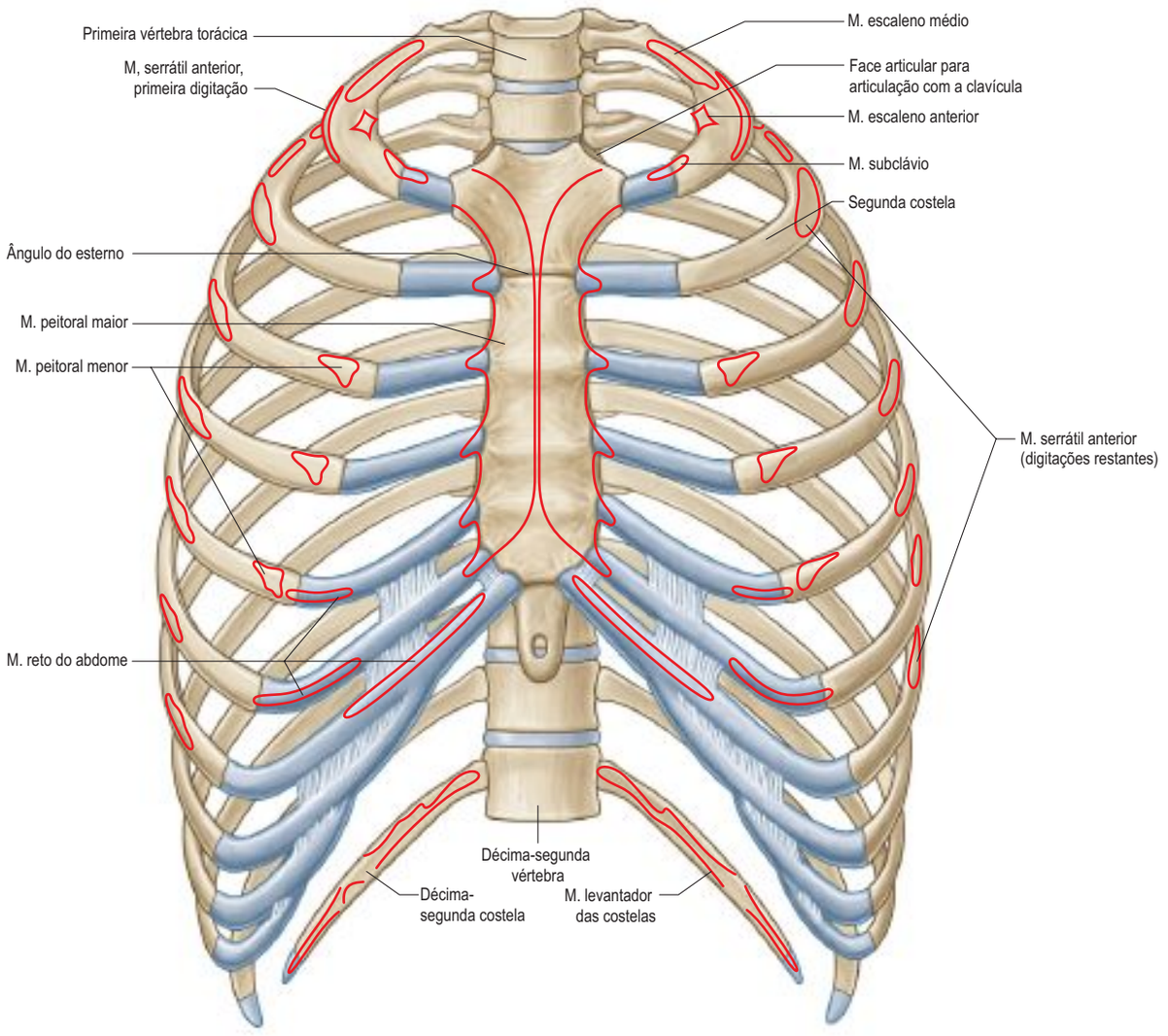


Fig. 54.7 O esqueleto do tórax, vista anterior, mostrando os locais de inserções musculares.

direção anterossuperior. Sua superfície posteroinferior é áspera e perfurada por forames. Sua borda superior é a crista do colo, de conformação aguda, e sua borda inferior é arredondada. O tubérculo, o qual é mais proeminente nas costelas superiores, está posteroexterno à junção do colo com o corpo e está dividido em a área medial articular e uma área lateral não articular. A parte articular apresenta uma pequena face oval para o processo transverso da vértebra correspondente. A área não articular é tornada áspera devido a ligamentos. O corpo é delgado e plano e tem superfícies externa e interna, e margens superior e inferior. Ele é curvo, inclinado ao ângulo posterior (5-6 cm a partir do tubérculo) e torcido em torno de seu longo eixo. A parte por trás do ângulo se inclina superomedialmente e, desta forma, sua superfície externa é posteroinferior. Em frente ao ângulo, ela está voltada levemente para cima. Ela é convexa e lisa, e próximo ao tubérculo ela é atravessada por uma linha áspera, orientada inferolateralmente, em direção ao ângulo posterior. A superfície interna lisa é marcada pelo sulco da costela, delimitado abaixo pela margem inferior. A margem superior do sulco continua por trás da borda inferior do colo, mas termina anteriormente na junção entre os terços médio e anterior do corpo, anterior ao qual o sulco está ausente.

Fixações e relações Um ligamento radiado da cabeça da costela está fixado ao longo da borda anterior da cabeça e um ligamento intra-articular da cabeça da costela está fixado à crista da cabeça da costela. A superfície anterior da cabeça está relacionada à parte costal da pleura parietal e, nas costelas inferiores, ao tronco simpático. A superfície anterior do colo está dividida por uma crista transversal pouco distinta para a membrana intercostal interna e é contínua com o lábio interno da margem superior do corpo. A área acima da crista, a qual é mais ou menos triangular, está separada da membrana por tecido adiposo. A área inferior lisa é recoberta pela parte costal da pleura parietal. A superfície posterior do colo fornece fixação para o ligamento costotransversário e é perfurado por forames vasculares. O ligamento costotransversário superior está fixado à crista do colo, a qual se estende lateralmente para o interior do lábio externo da margem superior do corpo. A borda inferior arredondada do colo continua lateralmente para dentro da borda superior do sulco da costela e fornece fixação para a membrana intercostal interna. A área articular do tubérculo nas seis costelas superiores é convexa e está voltada em direção posteromedial. Nas subsequentes três ou quatro costelas ela é quase plana e está voltada para baixo, para trás e levemente medialmente. O ligamento costotransversário lateral está fixado na área não articular.

A crista na superfície externa do corpo (próxima ao seu ângulo posterior) fornece fixação a uma continuação para cima da fáscia toracolombar e para as fibras laterais do músculo iliocostal do tórax . Da segunda à décima costelas, a distância entre o ângulo e o tubérculo aumenta. Medialmente ao ângulo, a superfície externa fornece fixação a um músculo levantador das costelas e é coberta pelo músculo eretor da espinha. Próximo à extremidade esternal desta superfície, uma linha oblíqua pouco distinta – o "ângulo" anterior – separa as fixações dos músculos oblíquo externo do abdome e serrátil anterior (ou latíssimo do dorso, no caso da nona e décima costelas). O músculo intercostal interno está fixado ao sulco da costela na superfície interna, e separa o osso e o feixe neurovascular intercostal. Em sua extremidade vertebral, o sulco está voltado para baixo, com suas bordas no mesmo plano. O corpo se alarga próximo ao ângulo posterior e o sulco atinge sua superfície interna. O músculo intercostal mais interno está fixado à borda superior do sulco, e esta inserção ocasionalmente se estende para o quarto anterior da costela. Posteriormente, a borda superior se encontra com a borda inferior do colo. O músculo intercostal interno está fixado à borda costal inferior aguda. A borda superior tem dois lábios posteriormente: um lábio interno e um lábio externo. Os músculos intercostais internos e os músculos intercostais íntimos estão fixados ao lábio interno. O músculo intercostal externo está fixado ao lábio externo.

Suprimento sanguíneo e inervação As costelas típicas recebem seu suprimento sanguíneo anteriormente através de ramos derivados da artéria torácica interna (primeiros seis espaços intercostais) ou da artéria musculofrênica (os espaços subsequentes), e posteriormente das artérias intercostais derivadas diretamente da aorta. A drenagem venosa ocorre para a veia intercostal correspondente e em seguida para o sistema ázigo.

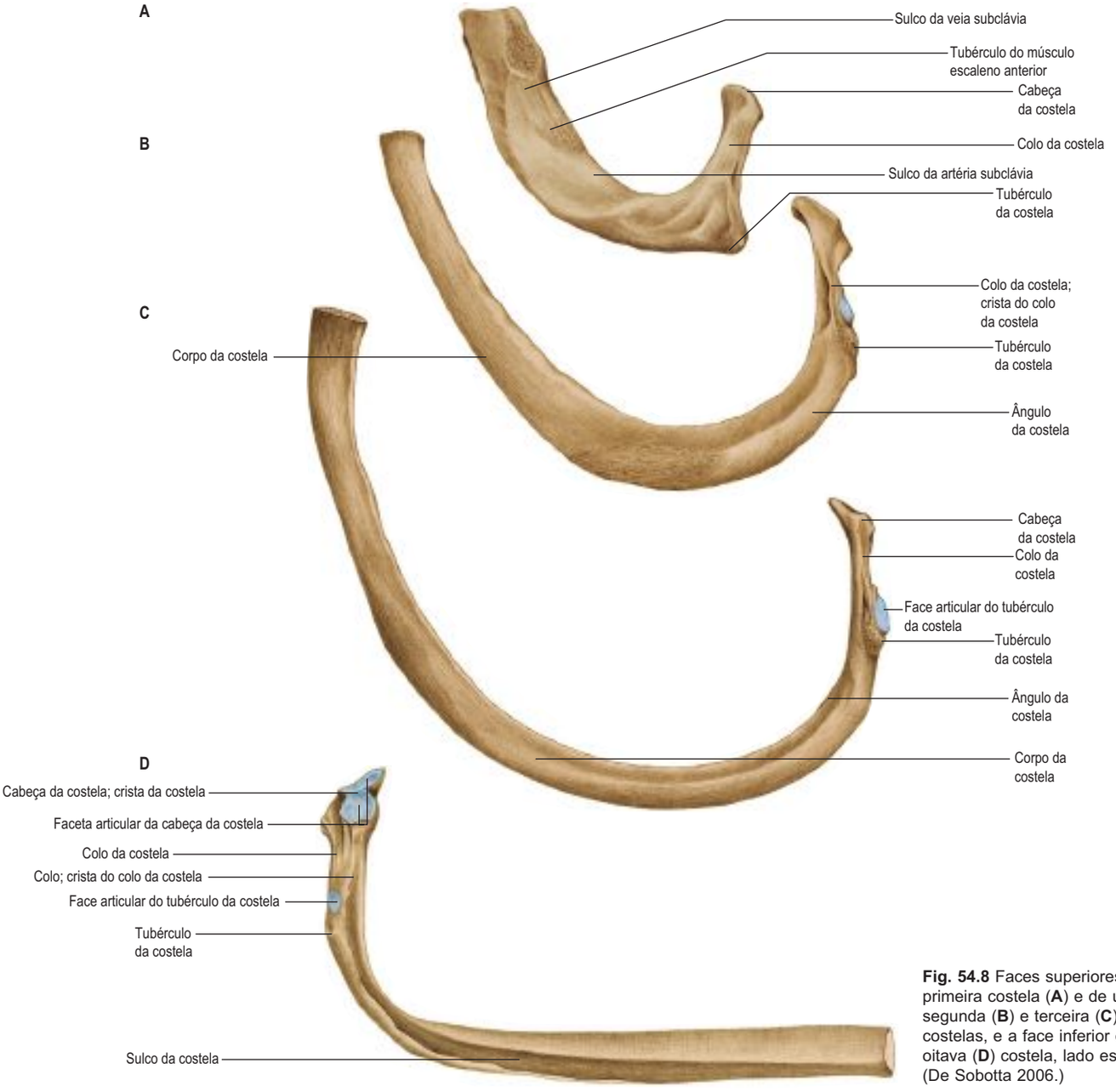


Fig. 54.8 Faces superiores de uma primeira costela (**A**) e de uma segunda (**B**) e terceira (**C**) costelas, e a face inferior de uma oitava (**D**) costela, lado esquerdo. (De Sobotta 2006.)

As costelas típicas são inervadas de modo segmentar por ramos derivados dos nervos intercostais correspondentes.

Costela cervical

Uma costela cervical, o elemento costal da sétima vértebra cervical, pode ser uma mera epífise em seu processo transverso, porém mais frequentemente ela apresenta uma cabeça, um colo e um tubérculo. Quando o corpo está presente, ela é de comprimento variável, e se estende anterolateralmente para dentro do triângulo posterior do colo, onde ela pode terminar livremente ou se unir à primeira costela ou cartilagem costal, ou até mesmo ao esterno. Uma costela cervical pode ser parcialmente fibrosa, mas seus efeitos não estão relacionados ao tamanho de sua parte óssea. Se ela for longa o suficiente, suas relações são aquelas de uma primeira costela torácica: o plexo braquial (usualmente o tronco inferior) e os vasos subclávios são superiores e aptos a sofrer compressão em um ângulo estreito entre a costela e o músculo escaleno inferior. Por isso, as costelas cervicais podem ser primeiramente reveladas por sintomas nervosos e vasculares, particularmente aqueles causados por pressão sobre o oitavo nervo cervical e o primeiro nervo espinal torácico.

Uma costela cervical ou pleurapófise pode apresentar uma sinostose ou diartrose com as "raízes" anterior (parapofisial) ou posterior (diapofisial) do chamado sétimo processo transverso cervical ou, mais comumente, com ambas.

Primeira costela

Mais agudamente curvada e comumente mais curta, a primeira costela é larga e plana, suas superfícies são a superior e a inferior, e suas bordas são a interna e a externa (Fig. 54.8). Ela se inclina obliquamente para baixo e para a frente em relação à sua extremidade esternal. A obliquidade das primeiras costelas é responsável pela aparência dos ápices do pulmão e da pleura no pescoço.

A cabeça da primeira costela é pequena e arredondada. Ela apresenta uma face articular quase circular, e se articula com o corpo da primeira vértebra torácica. O colo é arredondado e ascende posterolateralmente. O tubérculo, amplo e proeminente, é orientado para cima e para trás; medialmente, uma face articular oval se articula com o processo transverso da primeira vértebra torácica. No tubérculo, a costela é curvada, sua cabeça está voltada levemente para baixo, e de modo que o ângulo e o tubérculo coincidam. A superfície superior do corpo achatado é atravessada obliquamente por dois sulcos rasos, separados por uma tênue crista, a qual normalmente termina na borda interna como uma pequena projeção pontiaguda, o tubérculo do músculo escaleno anterior, ao qual o músculo está fixado. O sulco anterior ao tubérculo do músculo escaleno anterior forma um leito para a veia subclávia, e a área áspera entre este e a primeira cartilagem costal fornece fixação para o ligamento costoclavicular e, mais anteriormente, para o músculo subclávio. A artéria subclávia e (geralmente) o tronco inferior do plexo braquial passam pelo sulco atrás do

tubérculo. Atrás deste, o músculo escaleno médio está fixado até o tubérculo da costela.

A borda externa é convexa, espessa posteriormente e delgada anteriormente. Ela é coberta na parte de trás pelo músculo escaleno posterior, descendo para a segunda costela. A primeira digitação do músculo serrátil anterior está, em parte, fixado a ela, atrás do sulco da artéria subclávia. A borda interna é côncava e delgada, e o tubérculo do músculo escaleno anterior está próximo ao seu ponto médio. A membrana suprapleural, a qual cobre a cúpula cervical da pleura, está fixada à borda interna. A superfície inferior é lisa. A extremidade anterior é maior que em qualquer outra costela.

Suprimento sanguíneo e inervação A primeira costela é suprida pela artéria torácica interna e pela artéria intercostal suprema. A drenagem venosa é através da veia intercostal. A costela é inervada pelo primeiro nervo intercostal.

Ossificação A primeira costela tem um centro primário para o corpo e centros secundários de ossificação para a cabeça da costela e para o tubérculo da costela.

Segunda costela

A segunda costela tem duas vezes o comprimento da primeira costela e apresenta uma curvatura similar. A área não articular do tubérculo é pequena. O ângulo é pouco acentuado e próximo ao tubérculo. O corpo não é torcido, mas no tubérculo ela é convexa para cima, como na primeira costela, mas um pouco menos. A superfície externa do corpo é convexa e superolateralmente é marcada centralmente por uma impressão muscular áspera que se continua posteromedialmente em direção ao tubérculo como uma estreita crista encrespada. A superfície interna, lisa e côncava, está voltada inferomedialmente e existe um curto sulco da costela posteriormente.

As partes inferiores da primeira e segunda digitações do músculo serrátil anterior estão fixadas a uma proeminência áspera que se estende da parte de trás do ponto médio da superfície externa (Fig. 54.8). Os lábios distintos da borda superior estão amplamente separados atrás; os músculos escaleno posterior e serrátil posterior superior estão fixados ao lábio externo em frente ao ângulo.

Suprimento sanguíneo e inervação O suprimento sanguíneo da segunda costela é fornecido pela artéria torácica interna e pela artéria intercostal suprema. A drenagem venosa é através da veia intercostal superior, a qual drena para a veia braquiocefálica, e das veias intercostais anteriores, as quais drenam para a veia torácica interna. O tecido ósseo é inervado por ramos do primeiro nervo intercostal.

Ossificação A segunda costela é ossificada a partir de um centro primário para o corpo, o qual aparece próximo ao ângulo, no final do segundo mês. Os centros secundários para a cabeça e para as partes articular e não articular do tubérculo aparecem em torno da puberdade, unindo-se ao corpo logo após os 20 anos de idade.

Décima, décima-primeira, e décima-segunda costelas

A décima costela tem uma única face articular em sua cabeça que pode se articular com o disco intervertebral acima, além da borda superior da décima vértebra torácica próximo a seu pedículo. A nona e a décima costelas são comumente unidas anteriormente por uma articulação fibrosa. Entretanto, a décima costela pode ser livre, em cujo caso ela é pontiaguda como as décima-primeira e décima-segunda costelas.

A décima-primeira e a décima-segunda costelas apresentam uma grande face articular na cabeça, mas não apresentam colo ou tubérculo. Suas extremidades anteriores pontiagudas são revestidas por cartilagem. A décima-primeira costela tem um ângulo pouco pronunciado e um raso sulco da costela. A décima-segunda costela não apresenta nenhum desses aspectos, é muito mais curta, e se inclina cranialmente para sua extremidade vertebral. As superfícies internas de ambas as costelas estão voltadas ligeiramente para cima, sendo um pouco mais na décima-segunda costela.

Numerosos músculos e ligamentos estão fixados à décima-segunda costela (Fig. 54.9). O músculo quadrado do lombo e sua camada de cobertura anterior pela fáscia toracolombar estão fixados à parte inferior de sua superfície anterior em sua metade a dois terços mediais; a parte superior está relacionada ao recesso costodiafragmático da pleura. O músculo intercostal interno (medialmente) e o diafragma (lateralmente) estão fixados à borda superior ou próximos a ela. A borda inferior fornece fixação para a lamela média da fáscia toracolombar e, lateralmente ao músculo quadrado do lombo, ao ligamento arqueado lateral e à lamela posterior da fáscia toracolombar. O ligamento lombocostal está fixado posteriormente, próximo à cabeça, conectando-o ao primeiro processo transverso lombar. O músculo levantador das costelas mais inferiormente situado, o músculo longuíssimo do tórax e o músculo iliocostal estão fixados à metade medial da superfície externa, e os músculos serrátil posterior inferior, latíssimo do dorso e oblíquo externo do abdome estão fixados em sua metade lateral. O músculo intercostal externo está fixado ao longo da borda superior. Estas fixações variam: as dos músculos intercostal interno, levantador das costelas e eretor da espinha se misturam, e as dos músculos latíssimo do dorso, diafragma e oblíquo externo do abdome podem alcançar a cartilagem costal. O limite inferior do saco pleural cruza em frente à costela, aproximadamente no ponto onde ela é cruzada pela borda lateral do músculo iliocostal. Sua extremidade lateral encontra-se normalmente abaixo da linha da reflexão costodiafragmática da pleura, e consequentemente não é coberta pela pleura.

Suprimento sanguíneo e inervação A décima e a décima-primeira costelas são supridas pela artéria intercostal posterior e ramos derivados da artéria musculofrênica. A décima-segunda costela é suprida pela artéria subcostal. A drenagem venosa é através das veias intercostais posteriores e subcostais, as quais por sua vez drenam para o sistema ázigo. Existe uma drenagem adicional através das veias intercostais anteriores (tributárias da veia musculofrênica). A décima e a décima-primeira costelas são inervadas pelo nervo intercostal correspondente, e a décima-segunda costela é inervada pelo nervo subcostal.

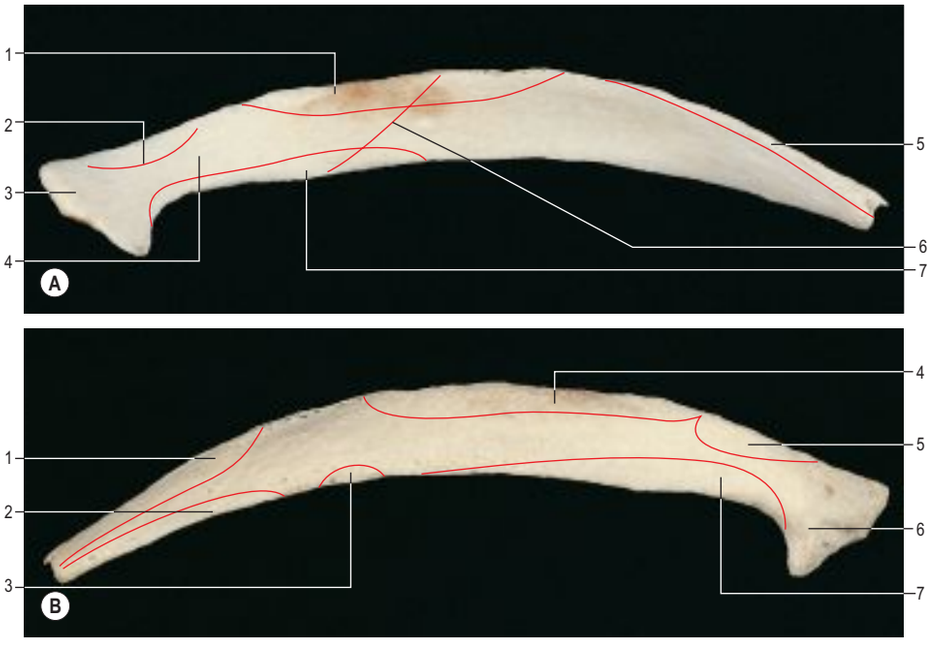


Fig. 54.9 A décima-segunda costela do lado esquerdo.
A, Vista anterior. **B,** Vista posterior.
A: 1. Inserção do músculo intercostal interno. **2.** Inserção do ligamento costotransversário. **3.** Cabeça da costela. **4.** Área coberta pela pleura. **5.** Inserção do músculo diafragma. **6.** Linha de reflexão pleural. **7.** Inserção do músculo quadrado do lombo. **B: 1.** Inserção do músculo latíssimo do dorso. **2.** Inserção do músculo oblíquo externo do abdome. **3.** Inserção do músculo serrátil posterior inferior. **4.** Inserção do músculo intercostal externo. **5.** Inserção do músculo levantador das costelas. **6.** Cabeça da costela. **7.** Inserção do músculo eretor da espinha.

Ossificação A décima costela se ossifica a partir de um centro primário no corpo e de centros secundários para a cabeça e partes articulares do tubérculo. A décima-primeira e a décima-segunda costelas, sem tubérculos, têm dois centros cada uma.

Cartilagens costais

As cartilagens costais são as partes anteriores persistentes e não ossificadas dos modelos cartilagíneos dos quais as costelas se desenvolvem. Elas são barras planas de cartilagem hialina que se estendem das extremidades anteriores das costelas e contribuem significativamente para a mobilidade e elasticidade torácicas (Fig. 54.7). Os sete pares superiores se unem ao esterno; do oitavo ao décimo pares se articulam com a borda inferior da cartilagem situada acima; as duas mais inferiormente situadas têm extremidades livres e pontiagudas na parede do abdome. Elas aumentam em comprimento da primeira para a sétima, e então diminuem em direção à décima-segunda. Elas diminuem em largura da primeira para a última, como os espaços intercostais. As cartilagens costais são largas em sua continuidade costal e se afilam à medida que elas seguem para a frente. A primeira e a segunda são da mesma largura, e da sexta até a oitava aumentam onde suas margens estão em contato. A primeira desce um pouco, a segunda é horizontal, e a terceira sobe ligeiramente; as outras são anguladas e se inclinam para cima, em direção ao esterno ou à cartilagem acima, um pouco anterior às suas costelas.

Cada cartilagem costal tem duas superfícies, bordas e extremidades. A superfície anterior é convexa, voltada em direção anterossuperior. O disco articular esternoclavicular, o ligamento costoclavicular e o músculo subclávio estão fixados à primeira cartilagem costal. O músculo peitoral maior está fixado à face medial das primeiras seis cartilagens e as outras estão cobertas pelas fixações parciais dos músculos anteriores do abdome. A superfície posterior é côncava e realmente em posição posteroinferior. O músculo esternotireóideo está fixado à primeira cartilagem, o músculo transverso do tórax está fixado da segunda à sexta cartilagens e o músculo transverso do abdome está fixado às seis cartilagens mais inferiores. Os músculos intercostais internos e as membranas intercostais externas estão fixadas às bordas superior côncava e inferior convexa. As bordas inferiores da quinta (às vezes), e sexta à nona cartilagens se projetam em pontos de maior convexidade. Faces articulares oblongas sobre estas projeções se articulam com faces articulares sobre leves projeções das bordas superiores das cartilagens subjacentes. A extremidade lateral de cada cartilagem é contínua com sua costela. A extremidade medial da primeira é contínua com o esterno; as das seis cartilagens subsequentes são arredondadas e se articulam com rasas incisuras costais nas margens laterais do esterno; as da oitava à décima são pontiagudas, cada uma conectada com a cartilagem acima; as da décima-primeira e décima-segunda são pontiagudas e livres. Com a exceção da sinartrose entre a primeira costela e o esterno, todas estas articulações são sinoviais.

Na velhice, as cartilagens costais tendem a se ossificar superficialmente, perdem sua flexibilidade e se tornam frágeis.

Fraturas de costelas

O recolhimento elástico das costelas, o qual suspende o esterno, pode explicar a raridade das fraturas esternais. Apesar de sua flexibilidade, as costelas são muito mais frequentemente fraturadas, sendo as costelas do meio as mais vulneráveis. Devido ao estresse traumático ser frequentemente o resultado de compressão do tórax, o local comum de fratura é justamente em frente ao ângulo, o qual é o ponto mais fraco da costela. O impacto direto pode fraturar uma costela em qualquer ponto; as extremidades do osso quebrado podem ser direcionadas para dentro e potencialmente pode causar injúria a vísceras torácicas ou abdominais superiores.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO MANUBRIOESTERNAL

A articulação manubrioesternal se encontra entre o manúbrio e o corpo do esterno, e geralmente é uma sínfise. As superfícies ósseas são cobertas por cartilagem hialina e conectadas por uma fibrocartilagem, a qual pode sofrer ossificação no idoso. Às vezes, a parte central do disco é absorvida e a articulação parece sinovial. A articulação manubrioesternal está conectada por uma membrana fibrosa que envolve todo o osso. Em indivíduos ocasionais acima de 30 anos de idade, o manúbrio está unido ao corpo do esterno por tecido ósseo, mas a cartilagem interveniente pode estar apenas superficialmente ossificada; a ossificação se torna completa apenas no idoso. Uma sinostose precoce tem sido atribuída a uma sincondrose persistente em lugar de uma sínfise. No recém-nascido, a união é por fibras colágenas e elásticas, sem condrócitos.

Movimentos A sínfise permite uma pequena variação de angulação entre os eixos longitudinais do manúbrio e do corpo do esterno, e também um deslocamento anteroposterior limitado. Um estudo destes movimentos em 62 atletas homens resultou (em posição de pé) em valores médios de 162,7° (inspiração total) e 164,7° (expiração total) para o ângulo manubrioesternal: ambos os movimentos contribuem para as excursões respiratórias do esterno.

ARTICULAÇÃO XIFESTERNAL

A articulação entre o processo xifoide e o corpo do esterno é uma sínfise. Ela é geralmente transformada em uma sinostose em torno do quarto ano, mas às vezes permanece inalterada mesmo na velhice.

ARTICULAÇÃO ESTERNOCLAVICULAR

A articulação esternoclavicular está descrita no Capítulo 46.

ARTICULAÇÕES COSTOVERTEBRAIS, ESTERNOCOSTAIS E INTERCONDRAIS

As cabeças das costelas se articulam com os corpos vertebrais (articulações da cabeça das costelas); seus colos e tubérculos se articulam com os processos transversos (articulações costotransversárias).

Articulações das cabeças das costelas

As cabeças das típicas costelas se articulam com faces articulares (frequentemente denominadas de hemifacetas) sobre as margens dos corpos vertebrais torácicos adjacentes e com os discos intervertebrais entre eles (Fig. 54.10). A primeira e da décima à décima-segunda costelas se articulam com uma única vértebra através de uma simples articulação sinovial. Nas outras, um ligamento intra-articular divide a articulação, produzindo um duplo compartimento sinovial, de modo que a articulação seja classificada como composta e complexa. Frequentemente descrita de forma imprecisa como planas, suas superfícies articulares são ligeiramente ovoides e as articulações sinoviais superior e inferior encontram-se anguladas de forma obtusa uma em relação à outra. Os ligamentos são os capsulares, os radiados e o intra-articular.

Cápsulas fibrosas A cápsula fibrosa conecta a cabeça da costela à circunferência da face articular formada por um disco intervertebral e as hemifacetas de duas vértebras adjacentes. Algumas das fibras superiores atravessam seus forames intervertebrais para se misturar com as faces

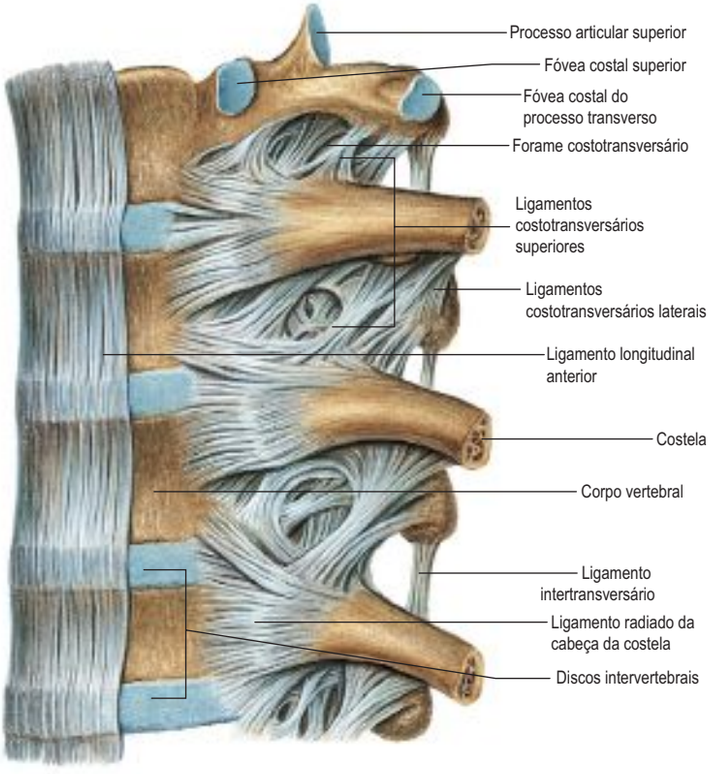


Fig. 54.10 Ligamentos da coluna vertebral e articulações costovertebrais, partes laterais do ligamento longitudinal anterior removidas, vista lateral esquerda. (De Sobotta 2006.)

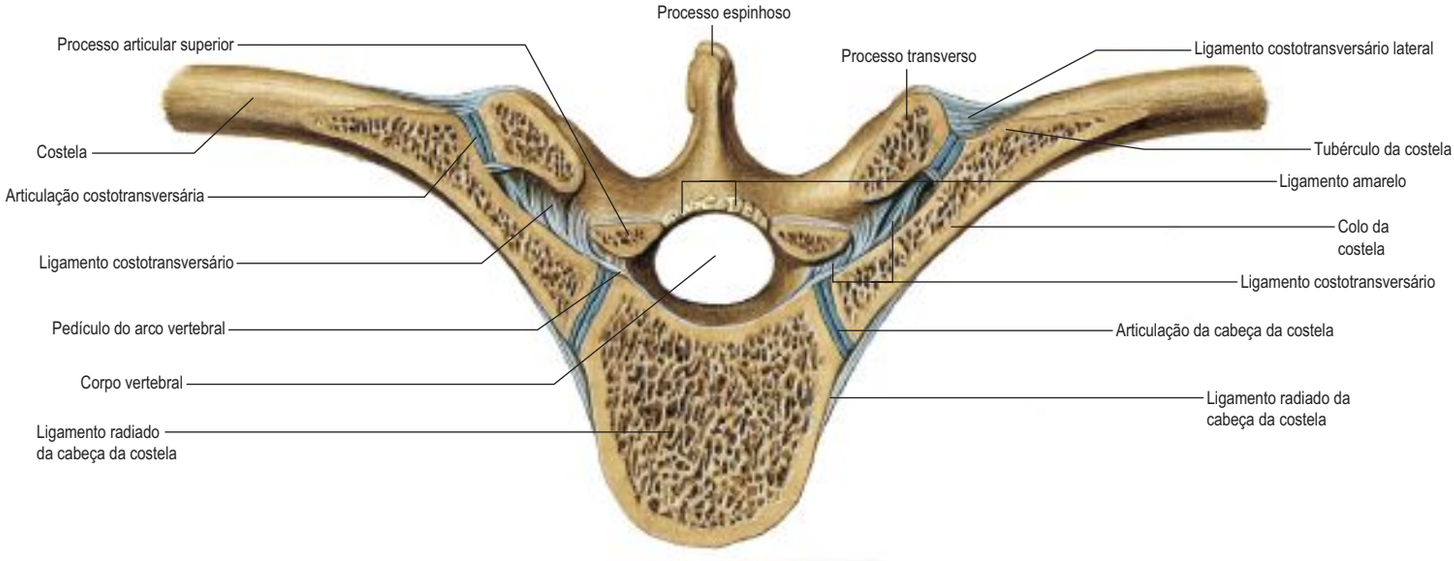


Fig. 54.11 Articulações costovertebrais, vista superior.

posteriores dos discos intervertebrais; as fibras posteriores são contínuas com os ligamentos costotransversários.

Ligamentos radiados Os ligamentos radiados conectam as partes anteriores de cada cabeça da costela aos corpos de duas vértebras e seu disco intervertebral interveniente. Cada um está fixado à cabeça por trás de sua superfície articular. As fibras superiores ascendem para o corpo vertebral acima, e inferiormente para o corpo abaixo. As fibras médias, mais curtas e menos distintas, são horizontais e fixadas ao disco. O ligamento radiado associado à primeira costela está fixado à sétima vértebra cervical e à primeira vértebra torácica. Nas articulações da décima e da décima-segunda costelas, as quais se articulam com vértebras únicas, o ligamento radiado está fixado à vértebra correspondente e à vértebra acima.

Ligamento intra-articular O ligamento intra-articular é uma curta faixa plana, fixada lateralmente à crista entre as face articulares costais e medialmente ao disco intervertebral, dividindo a articulação. O ligamento está ausente da primeira articulação e da décima à décima-segunda articulações.

Articulações costotransversárias

A face articular de um tubérculo da costela se articula reciprocamente com o processo transverso de sua vértebra correspondente (Fig. 54.11). A décima-primeira e a décima-segunda costelas não apresentam esta articulação. Nas cinco ou seis articulações superiores, as superfícies articulares são reciprocamente curvadas, mas abaixo destas elas são mais planas (Fig. 54.12). Seus ligamentos são o capsular, o costotransversário, os costotransversários superior e lateral, e o acessório.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é delgada e fixada às periferias articulares e tem um revestimento sinovial.

Ligamento costotransversário O ligamento costotransversário preenche o forame costotransversário entre o colo da costela e seu processo transverso correspondente adjacente. Suas numerosas fibras curtas se estendem para trás a partir da superfície áspera posterior no colo para a superfície anterior do processo transverso. Um ligamento costotransversário é rudimentar ou ausente na décima-primeira e décima-segunda costelas.

Ligamento costotransversário superior O ligamento costotransversário superior apresenta camadas anterior e posterior. A camada anterior está fixada entre a crista do colo da costela e a face inferior do processo transverso acima, e se mistura lateralmente com a membrana intercostal interna; ele é atravessado pelos vasos e nervo intercostais. A camada posterior está fixada posteriormente sobre o colo da costela, ascendendo posteromedialmente para o processo transverso acima, e se mistura lateralmente com o músculo intercostal externo. A primeira costela não apresenta este ligamento. O corpo da décima-segunda costela, próximo á sua cabeça, está conectada à base do primeiro processo transverso lombar através de um ligamento lombocostal em série com os ligamentos costotransversários superiores.

Ligamento acessório Um ligamento acessório está usualmente presente. Ele se encontra medialmente ao ligamento costotransversário superior e está separado deste pelo ramo posterior de um nervo espinal torácico

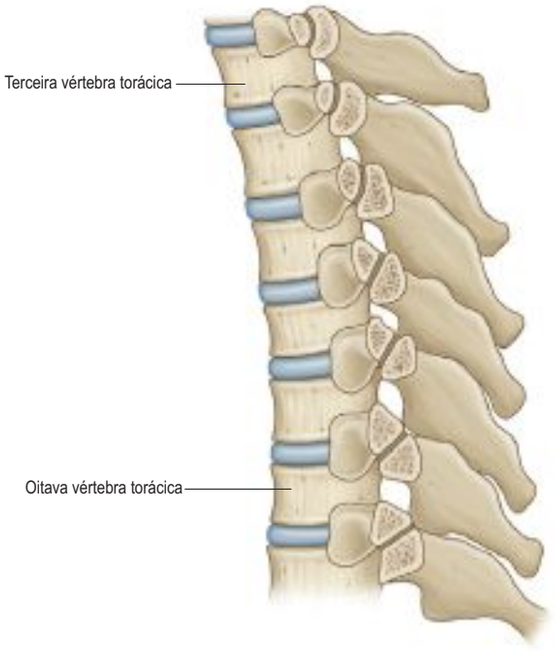


Fig. 54.12 Corte através da terceira à nona articulações costotransversárias. Compare as faces articulares côncavas nos processos transversos superiores com as faces aticulares menos curvadas nos processos transversos inferiores.

e vasos acompanhantes. Estes faixas são variáveis em suas fixações, mas comumente passam de uma depressão medial ao tubérculo da costela para o processo articular inferior imediatamente acima. Algumas fibras também passam para a base do processo transverso.

Ligamento costotransversário lateral O ligamento costotransversário lateral é curto, espesso e forte, e passa obliquamente do ápice do processo transverso para a parte não articular áspera do tubérculo da costela adjacente. Os ligamentos das costelas superiores ascendem a partir de seus processos transversos e são mais curtos e mais oblíquos que aqueles das costelas inferiores, os quais descem.

Movimentos As cabeças das costelas encontram-se tão firmemente presas aos corpos vertebrais pelos ligamentos radiados e intra-articulares, que apenas um leve deslizamento pode ocorrer. Fortes ligamentos que ligam os colos e tubérculos das costelas aos processos transversos também limitam os movimentos nas articulações costotransversárias a leves deslizamentos, guiados pelo formato e direção das superfícies articulares (Fig. 54.12). As faces articulares nos tubérculos das seis costelas superiores são ovais e verticalmente convexos e se ajustam a concavidades correspondentes às superfície anteriores dos processos transversos; consequentemente, movimentos dos tubérculos para cima e para baixo envolvem a rotação

dos colos das costelas em torno de seus longos eixos. As faces articulares do sétimo ao décimo tubérculos são quase planas, e estão voltadas para baixo, medialmente, e para trás; suas superfícies opostas estão sobre as faces superiores dos processos transversos, de modo que, quando estes tubérculos ascendem, eles também se movem posteromedialmente. Ambos os conjuntos de articulações se movem simultaneamente e nas mesmas direções: consequentemente, o colo da costela se move como se estivesse numa articulação isolada, na qual as duas articulações formassem suas extremidades.

Nas seis costelas superiores, o colo se movimenta levemente para cima e para baixo, mas seu movimento principal é um movimento de rotação ao redor de longo eixo, o que significa que a rotação para baixo de sua face anterior está associada a depressão, e a rotação para cima a elevação, da haste e da extremidade anterior da costela. Da sétima à décima costelas, o colo ascende posteromedialmente ou desce anterolateralmente, aumentando ou diminuindo o ângulo infraesternal, respectivamente; uma leve rotação acompanha estes movimentos.

Articulações esternocostais

As cartilagens costais se articulam com pequenas concavidades nas bordas esternais laterais (articulações esternocostais) (Fig. 54.13). O pericôndrio e o periósteo são contínuos. A primeira articulação esternocostal é uma variedade incomum de sinartrose, e é frequentemente chamada de forma imprecisa de sincondrose. A segunda à sétima cartilagens costais se articulam por articulações sinoviais, embora cavidades articulares estejam frequentemente ausentes, particularmente nas articulações inferiores. Uma fibrocartilagem recobre as superfícies articulares e também une as cartilagens costais e o esterno naquelas articulações onde as cavidades estão ausentes. A sétima articulação esternocostal pode ser sinovial ou "sinfisial". Os ligamentos envolvidos são os capsulares, esternocostais radiados, intra-articulares e costoxifóideos.

Cápsulas fibrosas As cápsulas fibrosas circundam a segunda à sétima articulações esternocostais. Elas são delgadas, mescladas aos ligamentos esternocostais e são reforçadas acima e abaixo por fibras que conectam as cartilagens costais ao esterno.

Ligamentos esternocostais radiados. Os ligamentos esternocostais radiados são largas faixas delgadas que se irradiam a partir das superfícies anterior e posterior das extremidades esternais das cartilagens costais das costelas verdadeiras até as superfícies esternais correspondentes. Suas fibras superficiais se misturam com os ligamentos adjacentes acima e abaixo, e com aqueles do lado oposto e com fibras tendíneas do músculo peitoral maior; coletivamente, estes tecidos formam uma espessa membrana fibrosa ao redor do esterno que é mais acentuada inferiormente.

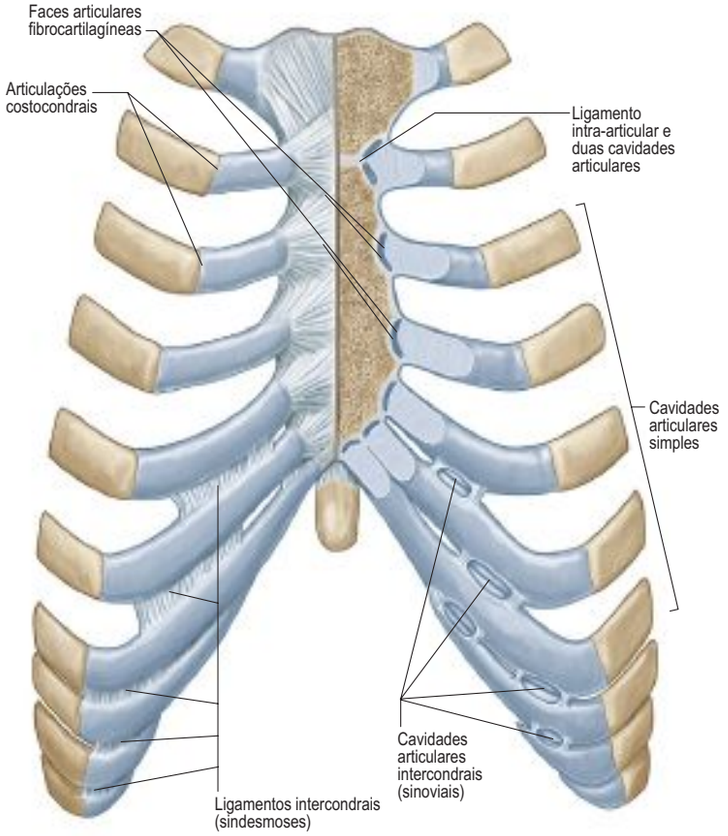


Fig. 54.13 Articulações esternocostais e intercondrais, face anterior.

Ligamentos intra-articulares Os ligamentos intra-articulares são constantes apenas entre as segundas cartilagens costais e o esterno. O ligamento associado com a segunda cartilagem costal se estende da cartilagem costal até a fibrocartilagem que une o manúbrio e o corpo do esterno e, consequentemente, é intra-articular. Ocasionalmente, a terceira cartilagem esternal é conectada com o primeiro e o segundo segmentos esternais por um ligamento similar. As faixas fibrocartilagíneas podem ocorrer na terceira articulação e nas articulações inferiores. As cavidades articulares podem estar ausentes em qualquer idade.

Ligamentos costoxifóideos Os ligamentos costoxifóideos conectam as superfícies anterior e posterior da sétima (e às vezes da sexta) cartilagem costal às mesmas superfícies do processo xifoide. Eles variam de comprimento e largura, e o posterior é menos distinto.

Movimentos Movimentos levemente deslizantes, suficientes para a ventilação, ocorrem nas articulações esternocostais.

Articulações intercondrais

As bordas contíguas da sexta à nona cartilagens costais se articulam através da aposição de pequenas faces articulares. Cada articulação é envolvida em uma pequena cápsula fibrosa, revestida por uma membrana sinovial, com ligamentos intercondrais laterais e mediais. Às vezes, a quinta cartilagem – e menos comumente, a nona cartilagem – se articula em suas bordas inferiores com cartilagens adjacentes; esta conexão é geralmente efetivada por fibras ligamentosas. As articulações entre a nona e a décima cartilagens nunca é sinovial, e às vezes está ausente.

Articulações costocondrais

Artificialmente separada de sua costela, uma cartilagem costal tem uma extremidade arredondada que se ajusta a uma depressão recíproca na costela. O periósteo e o pericôndrio são contínuos através das junções costocondrais, e o colágeno das matrizes óssea e cartilagínea se misturam. Não ocorre nenhum movimento nas articulações costocondrais.

MÚSCULOS

Os músculos intrínsecos da parede torácica são os intercostais, subcostais, transverso do tórax, levantadores das costelas e serrátil posterior. Os músculos escapulares e os músculos que conectam o membro superior, a parede torácica e as vértebras, isto é, trapézio, latíssimo do dorso, romboides maior e menor, levantador da escápula, peitorais maior e menor, subclávio, supraespinal e infraespinal, redondo maior e redondo menor, são descritos em detalhe no Capítulo 46.

MÚSCULOS INTRÍNSECOS DA PAREDE TORÁCICA

Músculos intercostais

Os músculos intercostais são delgadas camadas múltiplas de fibras musculares e tendíneas que ocupam os espaços intercostais; seus nomes são derivados de sua relação espacial, isto é, os intercostais externos, internos e íntimos (Fig. 54.14).

Intercostais externos

Onze pares de músculos intercostais externos se estendem dos tubérculos das costelas, onde eles se misturam com as fibras posteriores dos ligamentos costotransversários superiores, até quase as cartilagens costais, onde cada um continua para diante ao esterno como uma camada aponeurótica, a membrana intercostal externa. Cada músculo passa da borda inferior de uma costela para a borda superior da costela abaixo: suas fibras são direcionadas obliquamente para baixo e lateralmente à região posterior do tórax, e para baixo, para a frente e medialmente na região anterior do tórax. Nos dois ou três espaços superiores, eles não atingem realmente as extremidades da costela, e nos dois espaços inferiores eles se estendem para as extremidades livres das cartilagens costais. Os intercostais externos são mais espessos que os intercostais internos.

Inervação Os músculos intercostais externos são supridos pelos nervos intercostais adjacentes.

Ação Acredita-se que os músculos intercostais externos atuem com os músculos intercostais internos (Cap. 58).

Intercostais internos

Onze pares de músculos intercostais internos se iniciam anteriormente no esterno, nos espaços entre as cartilagens das costelas verdadeiras e nas extremidades anteriores das cartilagens das "falsas" costelas. Sua maior

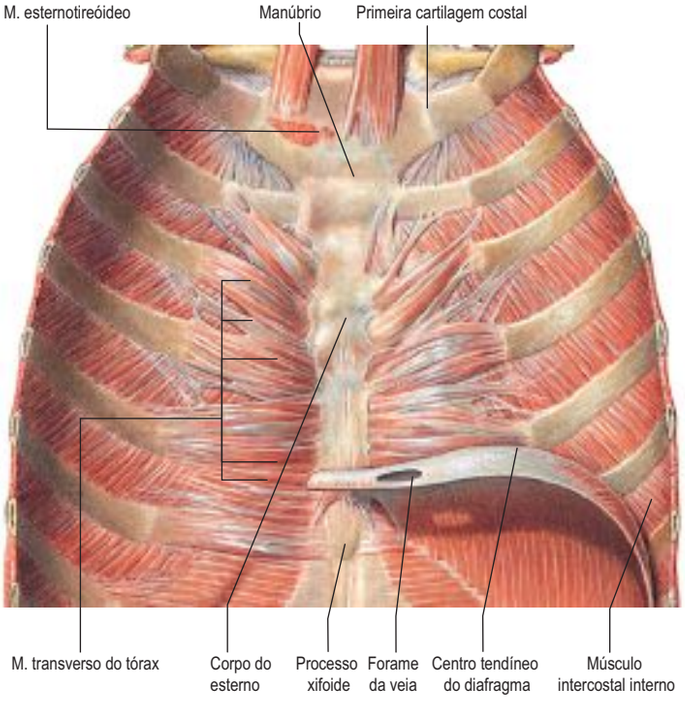


Fig. 54.14 O músculo transverso do tórax do lado esquerdo, exposto e visualizado a partir de sua face posterior. Observe que a borda inferior do músculo transverso do tórax está em contato com a borda superior do músculo transverso do abdome no intervalo entre as origens esternal e costal do diafragma. (De Sobotta 2006.)

espessura se encontra nesta parte intercartilagínea ou paraesternal. Eles se continuam para trás até os ângulos posteriores das costelas, onde cada um é substituído por uma camada aponeurótica, a membrana intercostal interna, que é contínua posteriormente com as fibras anteriores de um ligamento costotransversário superior, e anteriormente com a fáscia entre os músculos intercostais internos e externos. Cada músculo desce a partir do assoalho de um sulco da costela e de uma cartilagem costal adjacente, e se insere na borda superior da costela abaixo: suas fibras são direcionadas obliquamente, quase em ângulos retos com relação às dos músculos intercostais externos.

Inervação Os músculos intercostais internos são supridos pelos nervos intercostais adjacentes.

Ação Acredita-se que os músculos intercostais internos atuem com os músculos intercostais externos (Cap. 58).

Intercostais íntimos

Os intercostais íntimos foram inicialmente considerados como lâminas internas dos músculos intercostais internos e fibras nas duas camadas de fato coincidem em direção. Cada músculo está fixado às faces internas de duas costelas adjacentes. São insignificantes e às vezes ausentes, em níveis torácicos mais altos, mas se tornam progressivamente mais substanciais abaixo destes, estendendo-se tipicamente através dos dois quartos medianos dos espaços intercostais inferiores. Posteriormente, os intercostais íntimos, nos espaços onde eles são bem desenvolvidos, podem unir-se com os músculos subcostais correspondentes. Os músculos intercostais íntimos estão relacionados internamente à fáscia endotorácica e à pleura parietal e externamente aos nervos e vasos intercostais.

Inervação Os músculos intercostais íntimos são supridos pelos nervos intercostais adjacentes.

Ação Acredita-se que os músculos intercostais íntimos atuem com os músculos intercostais internos (Cap. 58).

Subcostais

Os músculos subcostais consistem em fascículos musculares e aponeuróticos, e são geralmente bem desenvolvidos apenas na parte inferior do tórax. Cada um desce da superfície interna de uma costela, próximo ao seu ângulo, até a superfície interna da segunda ou terceira costela abaixo. Suas fibras seguem paralelamente àquelas dos músculos intercostais internos e, como os músculos intercostais íntimos, eles se encontram entre os vasos e nervos intercostais e a pleura.

Inervação Os subcostais são supridos pelos nervos intercostais adjacentes.

Ação Os subcostais abaixam as costelas.

Transverso do tórax

O músculo transverso do tórax se espalha sobre a superfície interna da parede anterior do tórax (Fig. 54.14). Ele surge a partir do terço inferior da superfície posterior do esterno, do processo xifoide e das cartilagens costais das três ou quatro costelas verdadeiras inferiores, próximo a suas extremidades esternais. As fibras divergem e ascendem lateralmente como abas que passam para por dentro das bordas inferiores e das superfícies internas das cartilagens costais da segunda, terceira, quarta, quinta e sexta costelas. As fibras mais baixas são horizontais, e são contíguas com as fibras mais altas do músculo transverso do abdome; as fibras médias são oblíquas, e as mais altas são quase verticais. O músculo transverso do tórax varia em suas inserções, não somente entre indivíduos, mas mesmo nos lados opostos do mesmo indivíduo. Como os músculos intercostais íntimos e subcostais, o transverso do tórax separa os nervos intercostais da pleura.

Inervação O músculo transverso do tórax é suprido pelos nervos intercostais adjacentes.

Ação O músculo transverso do tórax puxa para baixo as cartilagens costais nas quais ele está inserido.

Levantadores das costelas

Os músculos levantadores das costelas são fortes feixes, 12 de cada lado, que surgem a partir das pontas dos processos transversos da sétima vértebra cervical e da primeira à décima-primeira vértebras torácicas. Eles passam obliquamente para baixo e lateralmente, paralelos às bordas posteriores dos músculos intercostais externos. Cada um está inserido à borda superior e à superfície externa da costela imediatamente abaixo da vértebra da qual ela se origina, entre o tubérculo e o ângulo (levantadores curtos das costelas). Cada um dos quatro músculos inferiores se divide em dois fascículos: um está inserido como já descrito, e o outro desce para a segunda costela abaixo (levantadores longos das costelas).

Inervação Os músculos levantadores das costelas são supridos pelos ramos laterais dos ramos posteriores dos nervos espinais torácicos correspondentes.

Ação Os músculos levantadores das costelas elevam as costelas, mas sua importância na ventilação é controversa. Acredita-se também que atuem a partir de suas inserções costais como rotadores e flexores laterais da coluna vertebral.

Serrátil posterior

Serrátil posterior superior

O músculo serrátil posterior superior (Fig. 54.15) é um delgado músculo quadrilátero, externo à parte posterior superior do tórax. Ele surge através de uma delgada aponeurose a partir da parte inferior do ligamento nucal, dos processos espinhosos da sétima vértebra cervical e das duas ou três vértebras torácicas superiores e seus ligamentos supraespinais. Ele desce lateralmente e termina em quatro digitações inseridas nas bordas superiores e superfícies externas da segunda, terceira, quarta e quinta costelas, bem lateralmente a seus ângulos. Ele é superficial à parte torácica da fáscia toracolombar e profundo aos músculos romboides. O número de digitações pode variar de três a seis, e o músculo pode até estar ausente.

Inervação O músculo serrátil posterior superior é inervado pelos segundo, terceiro, quarto e quinto nervos intercostais.

Ação As inserções do músculo serrátil posterior superior indicam claramente que ele poderia elevar as costelas: seu papel na espécie humana é incerto.

Serrátil posterior inferior

O músculo serrátil posterior inferior é um delgado músculo irregularmente quadrilátero na junção das regiões torácica e lombar. Ele surge a partir dos processos espinhosos das duas vértebras torácicas inferiores e das duas ou três vértebras lombares superiores e seus ligamentos supraespinais através de uma delgada aponeurose que se mescla com a parte lombar da fáscia toracolombar. Ele ascende lateralmente, e suas quatro digitações passam por dentro das bordas inferiores e superfícies externas das quatro costelas inferiores, um pouco lateral a seus ângulos. Eles podem ter menos digitações e, em raros casos, o músculo inteiro pode estar ausente.

Inervação O músculo serrátil posterior inferior é inervado pelos ramos anteriores do nono, décimo, décimo primeiro e décimo segundo nervos espinais torácicos.

Ação O músculo serrátil posterior inferior puxa as costelas inferiores para baixo e para trás, embora possivelmente não na ventilação.

Mecanismo de movimento da caixa torácica

A respiração envolve a mudança do volume torácico através da alteração das dimensões vertical, transversal, e anteroposterior do tórax (Cap. 58). O diafragma é o músculo fundamental neste processo. Suas fibras mus-

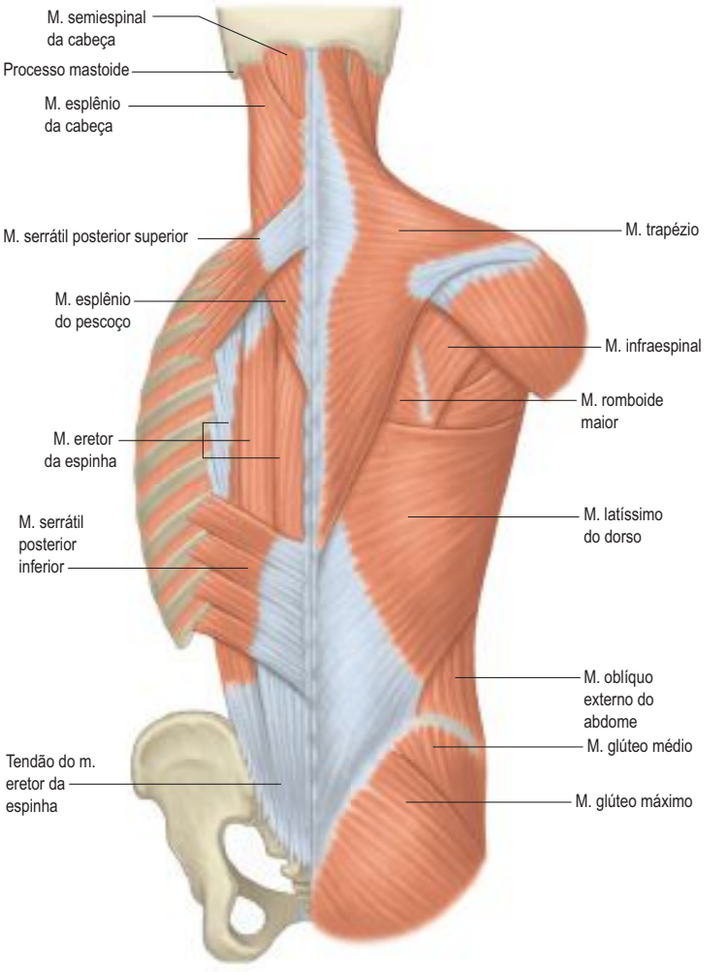


Fig. 54.15 Músculos superficiais (extrínsecos) do dorso.

culares descem de suas inserções esternocostais anteriores relativamente "altas" abruptamente para o centro tendíneo e obliquamente para suas complexas inserções posteriores "baixas" (Fig. 58.1). O centro tendíneo é fixo: quando o diafragma se contrai, ele permite que a parte inferior da caixa torácica se movimente inferior e anteriormente sem qualquer alteração para a curvatura do diafragma. Os músculos intercostais mantêm a rigidez da parede torácica. Os músculos intercostais externos e internos, transverso do tórax, subcostais, levantadores das costelas, serrátil posterior superior e serrátil posterior inferior podem elevar ou abaixar as costelas e por isso podem atuar como músculos acessórios da ventilação.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA DA PAREDE TORÁCICA

ARTÉRIAS

Os músculos da parede torácica recebem seu suprimento sanguíneo da artéria torácica interna, seja diretamente ou através da artéria musculofrênica, da artéria intercostal suprema, da parte torácica da parte descendente da aorta e das artérias subcostais e torácicas superiores. Contribuições adicionais advêm de vasos que suprem os músculos proximais do membro superior, isto é, as artérias supraescapular, cervical superficial, toracoacromial, torácica lateral e subescapular.

Artéria torácica interna

A artéria torácica interna surge inferiormente a partir da primeira parte da artéria subclávia, aproximadamente 2 cm acima da extremidade esternal da clavícula, oposta à raiz do tronco tireocervical (Figs. 53.2, 53.3). Ela desce por trás das primeiras seis cartilagens costais a 1 cm da borda lateral do esterno e se divide ao nível do sexto espaço intercostal em artérias musculofrênica e epigástrica superior.

Relações Primeiramente, a artéria torácica interna desce anteromedialmente por trás da extremidade esternal da clavícula, das veias jugular interna e braquiocefálica e da primeira cartilagem costal. À medida que entra no tórax, o nervo frênico a atravessa obliquamente a partir de sua face lateral, geralmente na frente. A artéria em seguida desce quase verticalmente até sua bifurcação, dispondo-se por trás do músculo peitoral maior, das primeiras seis cartilagens costais, das membranas intercostais externas, dos músculos intercostais internos e terminações dos seis nervos intercostais superiores. Ela está separada da pleura, abaixo da segunda ou terceira cartilagem, por uma forte camada de fáscia, e abaixo desta pelo músculo transverso do tórax. A artéria é acompanhada por uma cadeia de linfonodos e por veias comitantes que se unem nas proximidades da terceira cartilagem costal em uma única veia medial à artéria. Seus ramos intermediários são os esternais, os intercostais anteriores e os perfurantes.

Ramos esternais Os ramos esternais estão distribuídos para o músculo transverso do tórax, para o periósteo da superficial posterior do esterno e para a medula óssea vermelha do esterno. Estes ramos, juntamente com pequenos ramos da artéria pericardicofrênica, se anastomosam com ramos das artérias intercostais posteriores e bronquiais para formar um plexo mediastinal subpleural.

Ramos intercostais anteriores As artérias intercostais anteriores estão distribuídas pelos seis espaços intercostais superiores. Eles passam lateralmente ao longo das bordas do espaço e se anastomosam com as artérias intercostais posteriores e seus ramos colaterais. Os ramos intercostais anteriores usualmente surgem a partir da artéria torácica interna como vasos únicos que se dividem imediatamente em dois ramos, um que passa para a parte superior e outro que passa para a parte inferior de cada espaço intercostal. Ocasionalmente, um ramo passa para o espaço acima, e um para o espaço abaixo (os ramos intercostais anteriores às vezes podem surgir como dois ramos separados a partir da artéria torácica interna). As artérias se encontram primeiramente entre a pleura e os músculos intercostais internos, em seguida entre os músculos intercostais íntimos e os intercostais internos. Elas suprem os músculos intercostais e enviam ramos através deles para os músculos peitorais, mama e pele.

Ramos perfurantes Os ramos perfurantes atravessam os cinco ou seis espaços intercostais superiores com os ramos cutâneos anteriores dos nervos intercostais correspondentes. Eles perfuram e suprem o músculo peitoral maior, e em seguida se curvam lateralmente para se tornar vasos cutâneos diretos que suprem a pele. Estes vasos cutâneos fornecem a base anatômica para levantar cirurgicamente um retalho de pele nesta região, o retalho deltopeitoral, que é usado para a reconstrução de áreas de tecido perdido na cabeça e no pescoço. Os segundo a quarto ramos suprem a mama, e tornam-se aumentados durante a lactação.

Artéria musculofrênica A artéria musculofrênica passa inferolateralmente por trás da sétima à nona cartilagens costais, atravessa o músculo diafragma próximo ao nono espaço intercostal e termina próximo ao último espaço intercostal. Ela se anastomosa com a artéria frênica inferior e com as duas artérias intercostais posteriores mais inferiores, e com ramos ascendentes das artérias circunflexas ilíacas profundas. Duas artérias intercostais anteriores se ramificam a partir dela para cada um dos sétimos aos nonos espaços intercostais, e são distribuídas similarmente para seus equivalentes nos espaços mais altos. A artéria musculofrênica também supre a parte inferior do pericárdio e os músculos do abdome.

Artéria intercostal suprema

A artéria intercostal suprema surge a partir do tronco costocervical. Ela desce entre a pleura e os colos da primeira e segunda costelas, e se anastomosa com a terceira artéria intercostal posterior. Cruzando o colo da primeira costela, ela se encontra medialmente ao ramo anterior do primeiro nervo espinal torácico, o qual ela cruza em um nível mais baixo, e lateralmente ao gânglio estrelado. No primeiro espaço, ela dá origem à primeira artéria intercostal posterior, a qual tem uma distribuição similar às artérias intercostais posteriores inferiores. Ela desce para se tornar a segunda artéria intercostal posterior, geralmente se unindo a um ramo a partir da terceira. A artéria não é constante, e é mais comum à direita; quando ausente, ela é substituída por um ramo direto da aorta.

Artérias intercostais posteriores

Existem geralmente nove pares de artérias intercostais posteriores (Fig. 54.16). Elas surgem a partir da face posterior da parte torácica da parte descendente da aorta e são distribuídas para os nove espaços intercostais inferiores. As artérias intercostais posteriores direitas são maiores, porque a aorta se desvia para a esquerda: elas cruzam os corpos vertebrais por trás do esôfago, ducto torácico e veia ázigo, pulmão direito e pleura. As artérias intercostais posteriores esquerdas se voltam para trás sobre os corpos vertebrais em contato com o pulmão esquerdo e pleura; as duas superiores são cruzadas pela veia intercostal superior esquerda, e as inferiores pelas veias hemiázigo e hemiázigo acessória. O trajeto subsequente das artérias é o mesmo em ambos os lados. O tronco simpático se encontra anteriormente a todas as artérias, e os nervos esplâncnicos descem em frente às artérias inferiores.

Cada artéria cruza seu espaço intercostal obliquamente em direção ao ângulo da costela acima e se continua para a frente no sulco da costela. Primeiramente entre a pleura e a membrana intercostal interna até o ângulo da costela, ela passa entre os músculos intercostais internos e os músculos intercostais íntimos (Fig. 54.17), anastomosando-se com um ramo intercostal anterior da artéria torácica interna ou da artéria musculofrênica. Cada artéria tem uma veia acima e um nervo abaixo, exceto nos espaços superiores, onde o nervo se encontra acima da artéria. A terceira artéria intercostal posterior se anastomosa com a artéria intercostal suprema e pode fornecer o principal suprimento do segundo espaço. As duas artérias inferiores continuam anteriormente para dentro da parede do abdome, onde elas se anastomosam com as artérias subcostais, epigástricas superiores e lombares. Cada artéria intercostal posterior tem ramos posteriores, colaterais, musculares e cutâneos.

Ramo posterior Cada ramo posterior segue posteriormente entre os colos das costelas adjacentes; um corpo vertebral e um ligamento costotransversário superior se encontram medialmente e lateralmente, respectivamente. Cada ramo posterior dá origem a um ramo espinal que entra no canal vertebral através do forame intervertebral e supre as vértebras, medula espinal e meninges, e se anastomosa com as artérias espinais acima e abaixo e com seu vaso contralateral. Em seguida, ela se divide em um ramo musculocutâneo dorsal medial e um lateral (ocasionalmente, estes surgem separadamente da artéria intercostal posterior, em vez de se originar de um tronco comum). O ramo medial cruza um processo transverso com o ramo posterior medial de um nervo espinal torácico para suprir os músculos espinal e longuíssimo do tórax e uma área de pele suprajacente. O ramo lateral supre os músculos longuíssimo do tórax e iliocostal, e as faces mediais dos músculos latíssimo do dorso e trapézio, além de uma área de pele suprajacente.

Ramo colateral Um ramo colateral surge próximo ao ângulo da costela e desce até a borda superior da costela subjacente, ao longo da qual ele segue para se anastomosar com um ramo intercostal anterior da artéria torácica ou da artéria musculofrênica.

Ramos musculares Os ramos musculares suprem os músculos intercostais e peitorais e o serrátil anterior; em seguida se anastomosam com a artéria torácica superior da artéria axilar. Os ramos cutâneos laterais acompanham os mesmos ramos dos nervos espinais torácicos. Os ramos mamários laterais dos vasos no segundo e quarto espaços suprem os músculos peitorais, o tecido mamário e a pele: eles aumentam durante a lactação.

Ramo cutâneo lateral O ramo cutâneo lateral é originado na parte posterior do espaço intercostal e segue anteriormente por alguns centímetros com uma veia acompanhante e o ramo cutâneo lateral do nervo intercostal equivalente. Este feixe neurovascular perfura os músculos intercostais e emerge mais abaixo entre as interdigitações dos músculos serrátil anterior e oblíquo externo do abdome. Ele se divide em ramos anterior e posterior, os quais contribuem para o suprimento sanguíneo da pele lateral do tronco; estes vasos são menos significativos nos três espaços intercostais superiores.

Ramos não denominados Outros ramos sem nome suprem os tecidos da parede torácica, por exemplo, o periósteo costal e a medula óssea das costelas, os tecidos das articulações sinoviais e sinartrodiais e a pleura parietal.

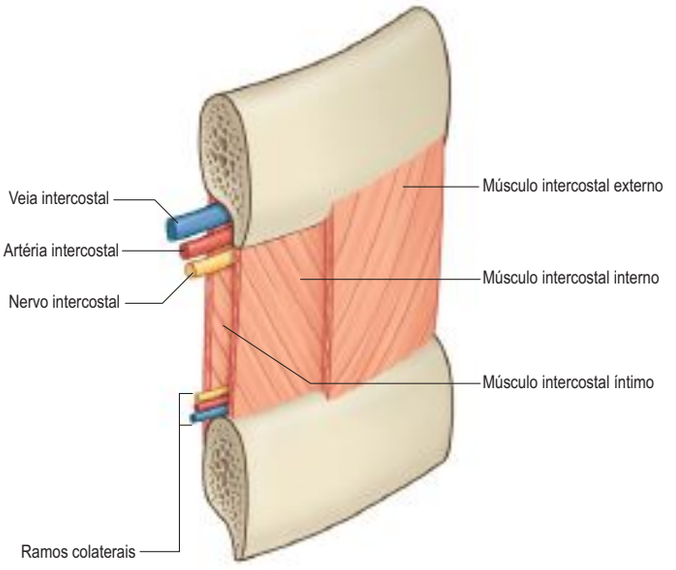


Fig. 54.16 Dissecção de parte de um espaço intercostal, mostrando a posição dos vasos e nervos intercostais relativos aos músculos intercostais.

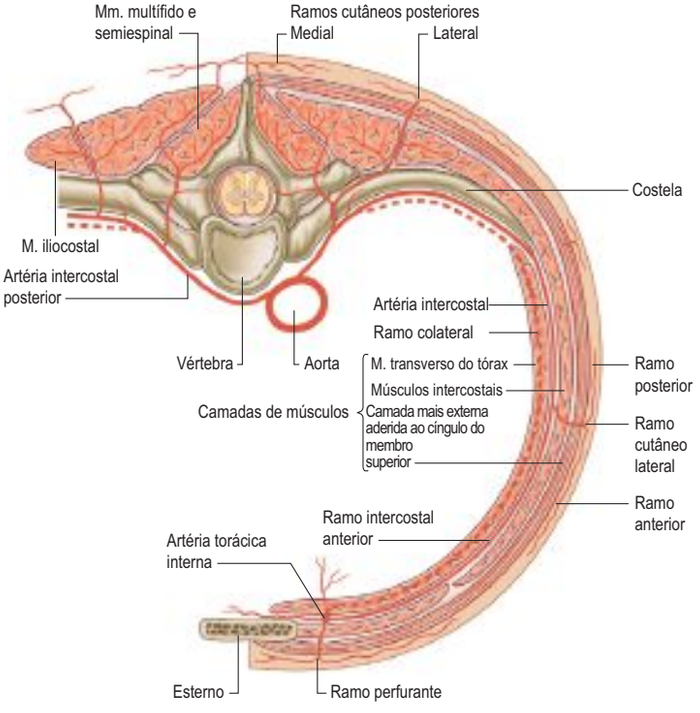


Fig. 54.17 Corte transversal esquemático através de uma metade de um espaço intercostal inferior para mostrar os ramos de uma típica artéria intercostal. O arranjo usual de ramificações do ramo cutâneo posterior está mostrado à direita da coluna vertebral e uma variação comum é mostrada à esquerda. (Permissão de Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

VEIAS

Veias torácicas internas

As veias torácicas internas são veias comitantes da metade inferior da artéria torácica interna. Próximo às terceiras cartilagens costais, as veias se unem e ascendem medialmente à artéria para terminar em sua veia braquiocefálica apropriada (Fig. 28.14). As tributárias correspondem aos ramos da artéria e incluem uma veia pericardicofrênica. As veias torácicas internas apresentam várias válvulas.

Veia intercostal superior esquerda

A veia intercostal superior esquerda drena as segunda e terceira (às vezes quarta) veias intercostais posteriores esquerdas. Ela ascende obliquamente para a frente através da face esquerda do arco da aorta, lateralmente ao nervo vago esquerdo e medialmente ao nervo frênico esquerdo, para se abrir na veia braquiocefálica esquerda (Fig. 28.14). Ela geralmente recebe as veias bronquiais esquerdas, às vezes a veia pericardicofrênica esquerda, e se conecta inferiormente com a veia hemiázigo acessória.

Veias intercostais posteriores

As veias intercostais posteriores acompanham suas artérias em 11 pares. Próximo à coluna vertebral, cada veia recebe uma tributária posterior que devolve o sangue dos músculos do dorso e da pele, e dos plexos venosos vertebrais (Fig. 55.4 A e B). Em ambos os lados, a primeira veia intercostal posterior ascende anteriormente ao colo da primeira costela, arqueando para a frente, acima da cúpula pleural, para terminar na veia braquiocefálica ou vertebral ipsilateral. Do lado direito, a segunda, a terceira e frequentemente a quarta veias formam uma veia intercostal superior direita que se une ao arco da veia ázigo. As veias derivadas dos espaços inferiores drenam diretamente para a veia ázigo. Do lado esquerdo, a segunda, a terceira – e às vezes a quarta – veias formam uma veia intercostal superior esquerda. As veias do quarto ou quinto ao oitavo espaços intercostais terminam na veia hemiázigo acessória, e as veias do nono ao décimo primeiro espaços intercostais terminam na veia hemiázigo.

As veias intercostais posteriores são assim chamadas para distingui-las das pequenas veias intercostais anteriores, as quais são tributárias das veias torácicas internas e musculofrênicas.

DRENAGEM LINFÁTICA

Os vasos linfáticos superficiais da parede torácica se ramificam em posição subcutânea e convergem para os linfonodos axilares (Fig. 54.19). Os vasos superficiais aos músculos trapézio e latíssimo do dorso se unem para formar 10 a 12 troncos, os quais terminam nos linfonodos subescapulares. Aqueles na região peitoral, incluindo os vasos da pele que recobre a periferia da mama e seu plexo subareolar, seguem para trás, coletando os vasos linfáticos superficiais ao músculo serrátil anterior, para chegar aos linfonodos peitorais. Os vasos próximos à margem lateral do esterno passam por entre as cartilagens costais até os linfonodos paraesternais, mas também se anastomosam através do esterno. Alguns poucos vasos da região peitoral superior ascendem sobre a clavícula para os linfonodos cervicais profundos inferiores. A linfa advinda dos tecidos mais profundos das paredes torácicas é drenada principalmente para os linfonodos paraesternais, intercostais ou diafragmáticos.

Linfonodos paraesternais (ou torácicos internos)

Existem quatro ou cinco linfonodos paraesternais ao longo de cada artéria torácica interna, nas extremidades anteriores dos espaços intercostais. Eles drenam os vasos linfáticos aferentes da mama, estruturas profundas da parede anterior do abdome supraumbilical, a superfície hepática superior (através de um pequeno grupo de linfonodos atrás do processo xifoide) e partes profundas da parede torácica anterior. Seus vasos eferentes se unem com os dos linfonodos traqueobronquiais e braquiocefálicos para formar o tronco broncomediastinal. Estes últimos podem se abrir, a cada lado, diretamente na junção jugulossubclávia ou em uma grande veia próxima à junção, ou podem se juntar ao tronco subclávio ou ao ducto linfático direito, ou ao ducto torácico à esquerda.

Linfonodos intercostais

Os linfonodos intercostais ocupam os espaços intercostais próximo às cabeças e colos das costelas. Eles recebem os vasos linfáticos profundos derivados das faces posterolaterais do tórax e da mama, alguns dos quais são interrompidos por pequenos linfonodos intercostais laterais. Os vasos eferentes dos linfonodos nos quatro a sete espaços inferiores se unem em um tronco que desce para a confluência abdominal de troncos linfáticos ou para o início do ducto torácico. Os vasos eferentes dos linfonodos nos espaços superiores esquerdos terminam no ducto torácico; os dos espaços superiores direitos terminam em um dos troncos linfáticos direitos.

Linfonodos diafragmáticos

Localizados na superfície torácica do músculo diafragma, estes linfonodos estão organizados em grupos anterior, laterais direito e esquerdo e posterior.

Grupo anterior O grupo anterior consiste em dois ou três pequenos linfonodos por trás da base do processo xifoide, que drenam a superfície hepática convexa, e um ou dois linfonodos a cada lado próximo à junção da sétima costela com a sétima cartilagem costal, os quais recebem vasos linfáticos anteriores a partir do músculo diafragma. O grupo anterior drena para os linfonodos paraesternais.

Grupos laterais Os grupos laterais contêm, cada um, dois ou três linfonodos, e se encontram próximos ao ponto onde os nervos frênicos entram no músculo diafragma. À direita, alguns linfonodos se encontram no interior do pericárdio fibroso, anteriormente à extremidade intratorácica da veia cava inferior. Seus vasos aferentes drenam a parte central do diafragma; aqueles à direita também drenam a superfície convexa do fígado, e seus vasos eferentes atingem os linfonodos mediastinais posteriores, paraesternais e braquiocefálicos.

Grupo posterior O grupo posterior consiste em poucos linfonodos que se encontram na face posterior dos pilares do diafragma e se conectam com os linfonodos aórticos laterais e mediastinais posteriores.

Drenagem linfática dos tecidos profundos

Os vasos coletores dos tecidos torácicos profundos incluem os vasos linfáticos que drenam os músculos inseridos nas costelas. A maioria termina nos linfonodos axilares, e alguns do músculo peitoral maior também drenam para os linfonodos paraesternais. Os vasos intercostais drenam os músculos intercostais e a pleura parietal; aqueles derivados da parede torácica anterior e da pleura terminam nos linfonodos paraesternais, e seus equivalentes posteriores drenam para linfonodos intercostais.

Os vasos derivados do diafragma formam dois plexos, torácico e abdominal, os quais se anastomosam livremente, especialmente em áreas cobertas pelas pleuras e pelo peritônio, respectivamente. O plexo torácico se une com vasos linfáticos que drenam a pleura costal e mediastinal. Seus vasos eferentes são os anteriores, que drenam para os linfonodos diafragmáticos anteriores próximos às junções entre as sétimas costelas e cartilagens; os médios, que drenam para linfonodos no esôfago e ao redor da extremidade da veia cava inferior; e os posteriores, que drenam para os linfonodos ao redor da aorta no ponto onde ela sai do tórax. O plexo abdominal se anastomosa com os vasos linfáticos hepáticos e perifericamente com os do tecido subperitoneal. Os vasos eferentes de sua metade direita terminam em um grupo de linfonodos sobre a artéria frênica inferior, ou nos linfonodos aórticos laterais direitos. Aqueles derivados da metade esquerda do plexo diafragmático abdominal passam para os linfonodos pré-aórticos e aórticos laterais, e para linfonodos próximos à parte terminal do esôfago.

INERVAÇÃO DA PAREDE TORÁCICA

RAMOS ESPINAIS ANTERIORES TORÁCICOS

Existem 12 pares de ramos anteriores torácicos. Os 11 superiores se encontram entre as costelas (nervos intercostais), e o décimo segundo se encontra abaixo da última costela (nervo subcostal) (Figs. 54.3, 54.18). Cada um está conectado ao gânglio adjacente do tronco simpático através de ramos comunicantes cinzentos e brancos; o ramo comunicante cinzento se une ao nervo proximalmente ao ponto no qual o ramo comunicante branco o deixa. Os nervos intercostais estão distribuídos principalmente para as paredes torácica e abdominal. Os dois primeiros nervos fornecem fibras para o membro superior, além de seus ramos torácicos, sendo que os quatro seguintes suprem apenas a parede torácica, e os cinco inferiores suprem as paredes torácica e abdominal. O nervo subcostal é distribuído para a parede abdominal e para a pele da região glútea. Os ramos comunicantes ligam os nervos intercostais posteriormente nos espaços intercostais, e os cinco nervos inferiores se comunicam livremente na parede abdominal.

Primeiro a sexto ramos anteriores torácicos

O primeiro ramo anterior torácico se divide de maneira desigual. Um grande ramo ascende através do colo da primeira costela, lateralmente à artéria intercostal suprema e entra no plexo braquial. O ramo menor é o primeiro nervo intercostal; ele segue no primeiro espaço intercostal e termina na frente do tórax como o primeiro nervo cutâneo anterior do tórax. Ele emite um ramo cutâneo lateral, o qual penetra na parede torácica em frente ao músculo serrátil anterior e supre a pele da axila; ele pode

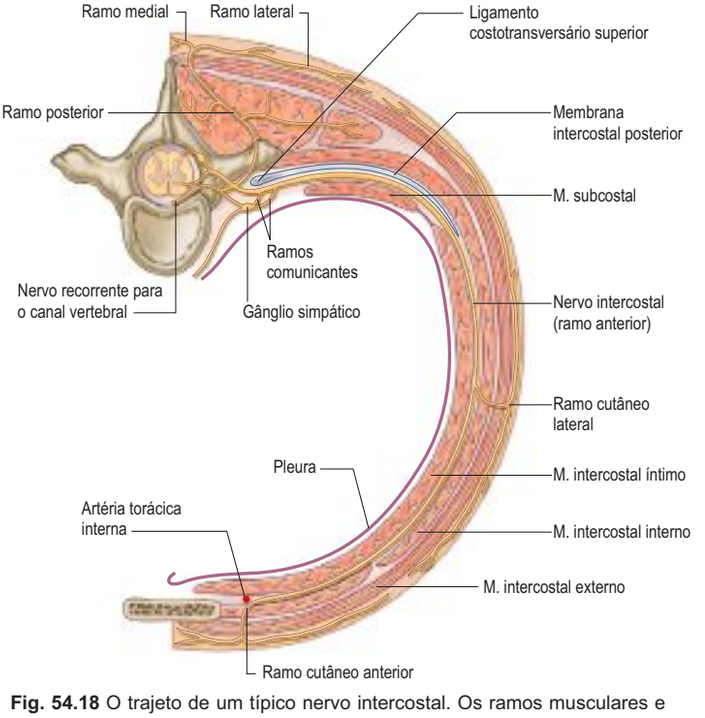


Fig. 54.18 O trajeto de um típico nervo intercostal. Os ramos musculares e colaterais não estão mostrados.

se comunicar com o nervo intercostobraquial e às vezes se une ao nervo cutâneo medial do braço. O primeiro ramo torácico frequentemente recebe um ramo de conexão a partir do segundo, o qual ascende à frente do colo da segunda costela.

Os segundo ao sexto ramos anteriores torácicos passam para a frente em seus espaços intercostais abaixo dos vasos intercostais. Posteriormente, eles se encontram entre a pleura e as membranas intercostais externas, mas na maior parte de seu trajeto eles seguem entre os músculos intercostais internos e os músculos subcostais e intercostais íntimos. Próximo ao esterno, eles cruzam anteriormente aos vasos torácicos internos e ao músculo transverso do tórax, perfuram os músculos intercostais internos, as membranas intercostais externas e o músculo peitoral maior, e terminam como os nervos cutâneos anteriores do tórax, suprindo a pele da parede torácica anterior. O segundo nervo cutâneo anterior pode estar conectado aos nervos intercostais mediais do plexo cervical, e pequenos ramos derivados do sexto nervo intercostal suprem a pele abdominal na parte superior do ângulo infraesternal.

Ramos Numerosos filetes nervosos delicados suprem os músculos intercostais, o serrátil posterior superior e o transverso do tórax. Anteriormente, alguns cruzam as cartilagens costais de um espaço intercostal para outro.

Cada nervo intercostal emite um ramo colateral e um ramo cutâneo peitoral lateral antes que ele atinja o ângulo das costelas adjacentes (Fig. 54.18). O ramo colateral segue a borda inferior de seu espaço no mesmo local intermuscular como o nervo principal, ao qual ele se pode unir antes que seja distribuído como um nervo cutâneo anterior adicional. O ramo cutâneo peitoral lateral acompanha o nervo principal por um certo percurso e em seguida perfura os músculos intercostais obliquamente. Com exceção dos ramos cutâneos peitorais laterais do primeiro e do segundo nervos intercostais, cada um se divide em ramos anterior e posterior que subsequentemente perfuram o músculo serrátil anterior. Os ramos anteriores seguem adiante por sobre a borda do músculo peitoral maior para suprir a pele suprajacente; aqueles do quinto e do sexto também fornecem pequenos ramos para um número variável de digitações superiores do músculo oblíquo externo do abdome. Os ramos posteriores seguem para trás e suprem a pele por sobre a escápula e o músculo latíssimo do dorso.

O ramo cutâneo peitoral lateral do segundo nervo intercostal é o nervo intercostobraquial (Fig. 46.30). Ele cruza a axila para alcançar a face medial do braço e se une a um ramo do nervo cutâneo medial do braço. Em seguida, ele perfura a fáscia do braço, e supre a pele da metade superior das partes posterior e medial do braço, comunicando-se com o ramo cutâneo posterior do nervo radial. Seu tamanho é inversamente proporcional ao tamanho do nervo cutâneo medial. Um segundo nervo intercostobraquial frequentemente se ramifica a partir da parte anterior do terceiro nervo cutâneo lateral e envia filetes para a axila e para a face medial do braço.

Sétimo e décimo primeiro ramos anteriores torácicos

Os ramos anteriores do sétimo ao décimo primeiro nervos torácicos são contínuos anteriormente a partir dos espaços intercostais para a parede abdominal; seu trajeto subsequente é descrito no Capítulo 62.

Lesões dos nervos intercostais

A subluxação das articulações intercondrais entre as cartilagens costais inferiores pode prender os nervos intercostais, causando dor abdominal referida. O ramo cutâneo posterior de um nervo intercostal pode se tornar encarcerado à medida que ele penetra na fáscia do músculo eretor da espinha. Isto produz uma área de entorpecimento, usualmente com parestesias dolorosas, a qual se estende aproximadamente por 10 cm a partir da linha mediana lateralmente e 10 cm em comprimento (notalgia parestésica); a área entre a borda medial da escápula e a coluna vertebral é comumente afetada. Os ramos cutâneos anteriores dos nervos intercostais podem ficar encarcerados à medida que penetram na fáscia do músculo reto do abdome, e isto produz uma área de entorpecimento no abdome, geralmente com parestesias dolorosas, a qual se estende a partir da linha mediana lateralmente a 10 ou 12 cm (síndrome do músculo reto do abdome).

Décimo segundo ramo anterior torácico (nervo subcostal)

O ramo anterior do décimo segundo nervo torácico (nervo subcostal) é maior que os outros e oferece um ramo comunicante para o primeiro ramo anterior lombar (às vezes denominado de nervo dorsolombar). Como os nervos intercostais, ele logo emite um ramo colateral e em seguida acompanha os vasos subcostais ao longo da borda inferior da décima-segunda costela, passando por trás do ligamento arqueado lateral e do rim, e em frente da parte superior do músculo quadrado do lombo. Ele perfura a aponeurose da origem do músculo transverso do abdome e passa para a frente, entre este músculo e o músculo oblíquo interno do abdome, para ser distribuído na mesma maneira como os nervos intercostais inferiores. O nervo subcostal se conecta com o nervo ílio-hipogástrico do plexo lombar e envia um ramo para o músculo piramidal. Seu ramo cutâneo lateral perfura os músculos oblíquos externo e interno do abdome, e supre a aba inferior deste último. Ele geralmente desce ao longo da crista ilíaca a 5 cm por trás da espinha ilíaca anterossuperior (Fig. 61.4) e é distribuído para a pele da região glútea anterior; alguns filetes atingem um nível tão baixo, de modo a alcançar até o trocanter maior do fêmur.

RAMOS ESPINAIS POSTERIORES TORÁCICOS

Os ramos posteriores torácicos seguem em direção posterior, próximos às articulações dos processos articulares vertebrais, e se dividem em ramos medial e lateral. O ramo medial emerge entre a articulação e a borda medial do ligamento costotransversário superior e o músculo intertransversário. O ramo lateral segue no intervalo entre o ligamento e o músculo antes de se inclinar posteriormente sobre a face medial do músculo levantador das costelas.

Os ramos mediais dos seis ramos posteriores torácicos superiores passam entre e suprem os músculos semiespinal do tórax e o multífido; em seguida, eles perfuram os músculos romboides e o trapézio, e atingem a pele próximo aos processos espinhosos das vértebras (Fig. 43.6). Os ramos mediais dos seis ramos posteriores torácicos inferiores estão distribuídos principalmente para os músculos multífido e longuíssimo do tórax; ocasionalmente, eles originam filetes para a pele na região mediana. Os ramos laterais aumentam de tamanho de cima para baixo. Eles seguem através ou abaixo do músculo longuíssimo do tórax até o intervalo entre este músculo e o iliocostal do pescoço, e suprem estes músculos e os levantadores das costelas; os cinco ou seis inferiores também emitem ramos cutâneos, os quais perfuram os músculos serrátil posterior inferior e latíssimo do dorso, alinhados com os ângulos das costelas (Fig. 43.6). Os ramos laterais de um número variável dos ramos torácicos superiores também suprem a pele. O ramo lateral do décimo segundo envia um filete medialmente ao longo da crista ilíaca, em seguida segue para baixo até a pele da parte anterior da região glútea.

Ramos cutâneos mediais dos ramos posteriores torácicos descem por uma certa distância próximo aos processos espinhosos das vértebras antes de alcançar a pele. Os ramos laterais descem por uma distância considerável, a qual pode ser tanto quanto a extensão de quatro costelas, antes que eles se tornem superficiais, por exemplo, o ramo do décimo segundo ramo torácico atinge a pele apenas um pouco acima da crista ilíaca.

MAMA

As mamas formam uma característica sexual secundária das mulheres e são a fonte de nutrição para o recém-nascido. Elas também estão presentes em uma forma rudimentar em homens. As mamas são o local de alterações malignas em cerca de uma em dez mulheres. Para revisões da estrutura normal da mama, consulte Ellis *et al.* (1993).

Em mulheres adultas jovens, cada mama é uma eminência arredondada disposta no interior da fáscia superficial, significativamente anterior à região superior do tórax, mas que se espalha lateralmente por uma extensão variável (Figs. 54.19, 54.20B). O formato e o tamanho das mamas dependem de fatores genéticos, raciais e dietários, e da idade, do número de partos e do status menopausal do indivíduo. As mamas podem ser hemisféricas, cônicas, variavelmente pendulosas, piriformes, ou delgadas e planas. Na mulher adulta, a base da mama, isto é, sua superfície de inserção, se estende verticalmente a partir da segunda ou terceira à sexta costela, e no plano transversal da borda esternal medialmente, quase até à linha média axilar lateralmente. O quadrante superolateral é prolongado em direção à axila, ao longo da borda inferolateral do músculo peitoral maior, do qual ele se projeta um pouco, e pode estender-se através da fáscia profunda até o processo lateral da mama. O sistema fascial superficial do tronco se divide para envolver a mama para formar as lamelas anterior e posterior. Extensões posteriores do sistema fascial superficial conectam a mama à fáscia peitoral, parte do sistema fascial profundo. A prega inframamária é uma zona de aderência do sistema fascial superficial à parede torácica subjacente no crescente inferior da mama.

A mama se encontra sobre a fáscia peitoral profunda, a qual por sua vez recobre os músculos peitoral maior e serrátil anterior superiormente, e o músculo oblíquo externo do abdome e sua aponeurose (uma vez que este último forma a parede anterior da bainha do músculo reto do abdome) inferiormente. Entre a mama e a fáscia profunda, o tecido conjuntivo frouxo no "espaço submamário" permite algum grau de movimento à mama sobre a fáscia peitoral profunda. Um carcinoma mamário avançado pode, por invasão, causar aderência ou fixação da mama à musculatura subjacente. Ocasionalmente, pequenas projeções do tecido glandular podem atravessar a fáscia profunda e atingir o músculo subjacente em indivíduos normais.

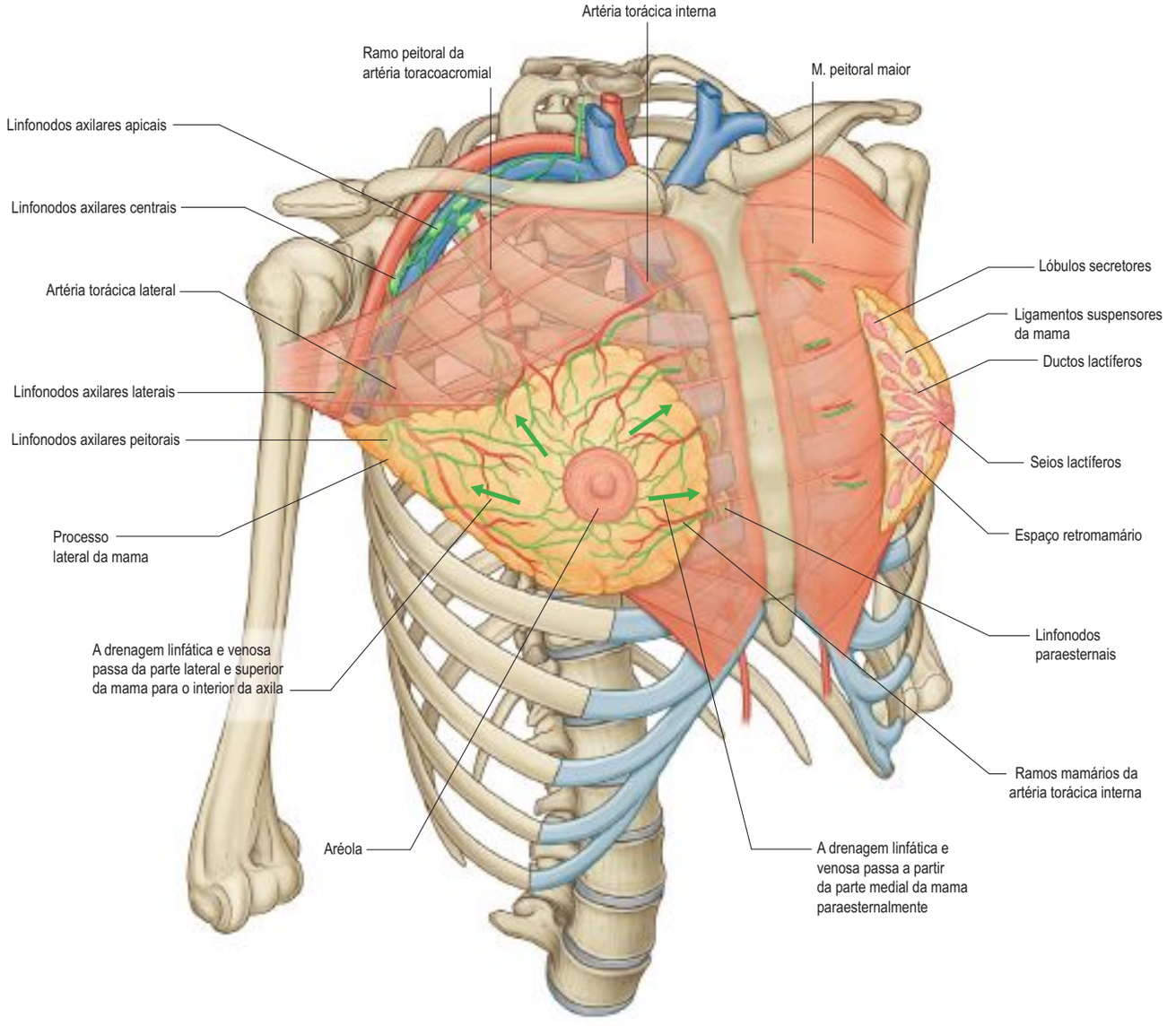


Fig. 54.19 As relações da mama. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005)

A papila mamária se projeta a partir do centro da mama anteriormente (Fig. 54.20C, D). Seu formato e sua projeção variam de cilíndrico e arredondado no topo, a hemisférico, ou até achatado, dependendo de fatores nervosos, hormonais, de desenvolvimento, ou outros. O nível da papila mamária varia amplamente. Em mulheres, seu local é dependente do tamanho e do formato das mamas, mas ela se dispõe sobre o quarto espaço intercostal na maioria das mulheres jovens. No homem, a papila mamária está geralmente situada no quarto espaço intercostal na linha medioclavicular. No adulto jovem de ambos os sexos, as papilas mamárias estão comumente posicionadas a 20-23 cm da incisura jugular na linha medioclavicular e 20-23 cm distantes do plano horizontal. Com a idade progressiva e o número de partos, as mamas das mulheres adotam um formato mais ptótico e a posição da papila mamária cai para o nível da prega inframamária ou se encontra abaixo deste marco superficial. Na mulher nulípara, ele é rosado, castanho claro ou mais escuro, dependendo de melanização geral do corpo. Ocasionalmente, a papila mamária pode não ficar proeminente durante o desenvolvimento pré-natal, em cujo caso ele fica permanentemente retraído e, deste modo, pode causar dificuldade na sucção.

PAPILA MAMÁRIA E ARÉOLA

A pele que recobre a papila mamária e a aréola circunjacente (o disco de pele que envolve a base da papila mamária) apresenta uma superfície enrugada (Fig. 54.20C). Ela contém numerosas glândulas sudoríferas e sebáceas que se abrem diretamente na superfície da pele. A secreção oleosa destas glândulas sebáceas especializadas atua como um lubrificante protetor e facilita a apreensão da papila mamária pelo recém-nascido durante a lactação: as glândulas são frequentemente visíveis em mulheres que pariram, organizadas circunferencialmente como pequenas elevações, os tubérculos areolares, ao redor da aréola, próximas à borda. Outras glândulas areolares, as quais são de estrutura intermediária entre glândulas mamárias e sudoríferas, se tornam aumentadas na gravidez e lactação como tubérculos subcutâneos. As glândulas sebáceas da aréola geralmente não estão associadas a folículos pilosos. A pele da papila mamária e da aréola é rica em melanócitos e, consequentemente, é tipicamente mais escura que a pele que recobre o restante da mama: o escurecimento subsequente ocorre durante o segundo mês de gestação, e posteriormente persiste em um grau variável.

TECIDOS MOLES

As mamas são compostas de lobos, os quais contêm uma rede de tecido glandular que consiste de ductos ramificados e lóbulos secretores terminais em meio a um estroma de tecido conjuntivo (Fig. 54.26A). A unidade secretora terminal dos lóbulos, conhecida como alvéolo mamário, é o componente funcional secretor de leite da mama, e que patologicamente dá origem a lesões malignas primárias no interior da mama. Embora os lobos sejam geralmente descritos como territórios discretos, eles se entrelaçam em três dimensões e misturam em suas margens; eles não podem ser distinguidos durante uma cirurgia. O estroma de tecido conjuntivo que envolve os lóbulos é denso e rico em fibras colágenas, enquanto o tecido conjuntivo intralobular tem uma textura frouxa que permite a rápida expansão do tecido secretor durante a gravidez (Fig. 54.26B). Faixas ou lâminas fibrosas que consistem em condensações de tecido conjuntivo se estendem entre a camada da fáscia profunda que recobre os músculos da parede torácica anterior e a derme. Estes ligamentos suspensores da mama (de Cooper) são frequentemente bem desenvolvidos na parte superior da mama e suportam o tecido mamário, ajudando a manter seu formato não ptótico. Em vários locais da mama normal, o tecido fibroso circunda os componentes glandulares e se estende para a pele e para a papila mamária, auxiliando a coerência mecânica da glândula. O estroma inter-

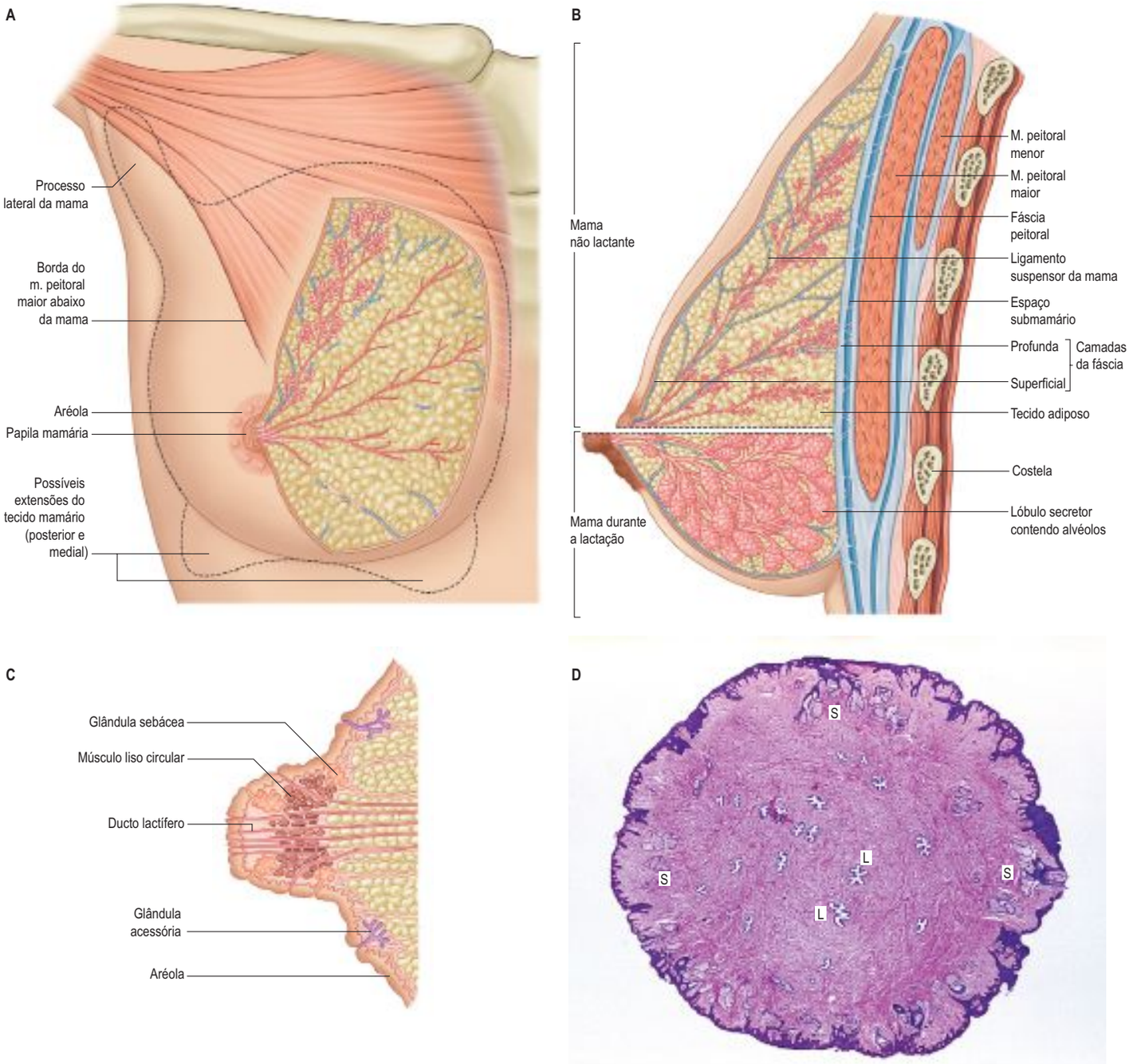


Fig. 54.20 A, Estrutura da mama. **B,** Alterações na mama durante a lactação. **C,** Corte da papila mamária. **D,** Corte transversal da papila mamária. Existe uma camada enrugada de epitélio estratificado pavimentoso queratinizado por sobre a superfície da papila mamária; 20 ou mais ductos lactíferos (L) se abrem na superfície; glândulas sebáceas (S) estão abaixo da epiderme. (**D**, por permissão de Dr JB Kerr, Monash University, a partir de Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology. London: Mosby.)

lobar contém quantidades variáveis de tecido adiposo, o qual é responsável por grande parte do aumento de tamanho da mama durante a puberdade.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

As mamas são supridas por ramos da artéria torácica interna e por algumas artérias intercostais. A artéria axilar fornece sangue através da artéria torácica superior, dos ramos peitorais da artéria toracoacromial, da artéria torácica lateral (através de ramos que se curvam ao redor da borda lateral do músculo peitoral maior para suprir a face lateral da mama) e da artéria subescapular. A artéria torácica interna supre os ramos perfurantes para a parte anteromedial da mama. As artéria intercostais anteriores da segunda à quarta fornecem ramos perfurantes mais lateralmente na região anterior do tórax: a segunda artéria perfurante é usualmente a maior e supre a região superior da mama, a papila mamária, a aréola, e o tecido mamário adjacente.

Veias

O sangue é drenado pelo plexo venoso circular ao redor da aréola e do tecido glandular da mama para as veias axilares, torácicas internas e intercostais através de veias que acompanham as artérias correspondentes. A variação individual é comum.

Drenagem linfática

O fluxo linfático da mama é de grande significado clínico porque a disseminação de metástases ocorre principalmente através das rotas linfáticas.

A drenagem linfática dominante da mama é derivada da rede dérmica. Os vasos linfáticos da mama se ramificam extensamente e não contêm valvas: consequentemente, o bloqueio linfático através de oclusão pelo tumor pode resultar em inversão do fluxo sanguíneo através dos canais linfáticos. A direção do fluxo linfático dentro da mama é paralelo às principais tributárias venosas e entra nos linfonodos regionais através da extensa rede periductal e perilobular de vasos linfáticos. A maioria destes vasos linfáticos drena para o grupo axilar de linfonodos regionais, seja diretamente ou através do plexo linfático retroareolar (Fig. 46.28). Os vasos linfáticos da derme também penetram no músculo peitoral maior para se unir aos canais que drenam os tecidos parenquimatosos mais profundos, e em seguida seguem os canais vasculares para terminar nos linfonodos subclaviculares. Os vasos linfáticos derivados da mama esquerda essencialmente terminam no ducto torácico e, subsequentemente, na veia subclávia esquerda. À direita, os vasos linfáticos drenam essencialmente para a veia subclávia direita, próximo à sua junção com a veia jugular interna. Parte da face medial da mama direita tem sua linfa drenada em direção ao grupo torácico interno de linfonodos. A cadeia torácica interna pode drenar inferiormente através das rotas linfáticas epigástricas superior e inferior para a virilha. Vasos linfáticos que se conectam através da linha mediana podem proporcionar um acesso do fluxo linfático para a axila oposta.

Os linfonodos axilares recebem mais de 75% da linfa derivada da mama (Fig. 54.21). Existem 20-40 linfonodos, agrupados artificialmente como peitorais (anteriores), subescapulares (posteriores), centrais e apicais. Sob o ponto de vista cirúrgico, os linfonodos são descritos em relação ao músculo peitoral menor. Aqueles que se encontram abaixo do músculo peitoral menor são os linfonodos baixos (nível 1), aqueles situados atrás do músculo são o grupo intermediário (nível 2), enquanto os linfonodos situados entre a borda superior do peitoral menor e a borda inferior da clavícula são os linfonodos superiores ou apicais (nível 3). Pode existir um ou dois outros linfonodos entre os músculos peitorais menor e maior; este grupo interpeitoral de linfonodos também é conhecido como linfonodos de Rotter. Os vasos linfáticos eferentes derivados diretamente da mama passam ao redor da borda axilar anterior através da fáscia axilar para os linfonodos peitorais; alguns podem passar diretamente para os linfonodos subescapulares. Alguns vasos passam da parte superior da mama para os linfonodos axilares apicais, às vezes interrompidos pelos linfonodos infraclaviculares ou por pequenos e inconstantes linfonodos interpeitorais. A maioria dos demais vasos drena para os linfonodos paraesternais a partir das partes medial e lateral da mama; eles acompanham os ramos perfurantes da artéria torácica interna. Os vasos linfáticos ocasionalmente seguem os ramos cutâneos laterais das artérias intercostais posteriores em direção aos linfonodos intercostais.

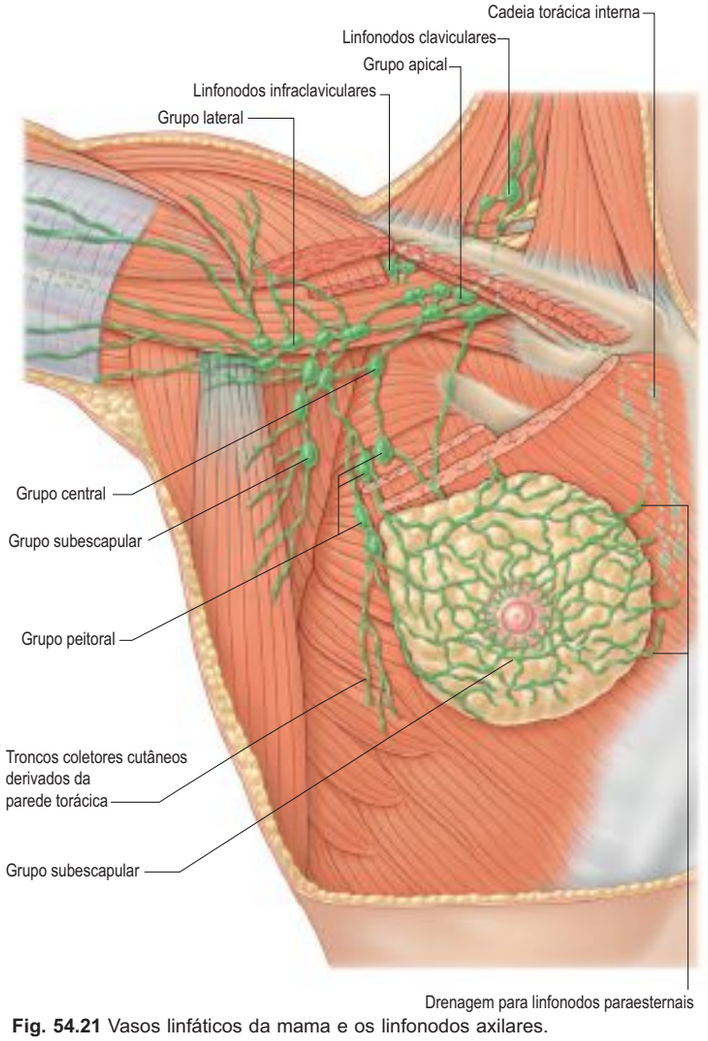


Fig. 54.21 Vasos linfáticos da mama e os linfonodos axilares.

Cirurgia axilar no câncer de mama

A dissecção dos linfonodos axilares pode ser realizada porque a presença de metástases em linfonodos axilares tem um forte significado prognóstico e pode influenciar as decisões sobre a terapia adjuvante. Entretanto, a dissecção dos linfonodos axilares pode levar a problemas pós-operatórios crônicos, tais como dor, formação de seroma, mobilidade reduzida do braço, sensação prejudicada e linfedema. Os vasos e nervos têm que ser cuidadosamente identificados na cirurgia como marcos anatômicos.

Drenagem linfática no câncer de mama e papel da biópsia do linfonodo sentinela

O mapeamento linfático com a biópsia do linfonodo sentinela se tornou uma importante técnica no estagiamento de pacientes com câncer de mama inicial. Um coloide radiomarcado é injetado no tecido subareolar do quadrante indicado da mama ou no tecido peritumoral e no tecido intradérmico por sobre o câncer de mama primário. No momento da cirurgia, um corante azul vivo é injetado após a anestesia geral ter estabilizado. A combinação do radioisótopo com o corante fornece o meio mais preciso de localizar o linfonodo sentinela (Rubio & Klimberg, 2001; Tanis *et al.*, 2001). O linfonodo sentinela representa o primeiro linfonodo de drenagem da axila, e é cirurgicamente removido para uma cuidadosa análise histopatológica para detectar a presença de metástases. O procedimento do linfonodo sentinela procura identificar este primeiro linfonodo drenante, e, se negativo para metástases de câncer, evita uma cirurgia mais radical em mulheres que não têm disseminação cancerígena, reduzindo assim a morbidade associada à dissecção axilar. Nas mulheres em que se descobre metástases no linfonodo axilar, um tratamento seletivo para a axila através de dissecção axilar completa ou radioterapia é oferecido. A maioria dos linfonodos sentinelas é encontrada na parte baixa da axila dentro do grupo do nível 1 de linfonodos, mas às vezes pode ser encontrado em linfonodos axilares de escalões mais altos. Isto ocorre em 5%-10% dos casos; os linfonodos são denominados de "metástases salteadas" ("*skip-metastases*"). Ocasionalmente, o linfonodo sentinela é identificado em uma posição extra-axilar – no interior do parênquima mamário em um linfonodo intramamário, na cadeia de linfonodos torácicos internos, ou na fossa supraclavicular.

INERVAÇÃO

A mama é inervada por ramos anteriores e laterais do quarto ao sexto nervos intercostais, os quais conduzem fibras sensitivas e simpáticas eferentes. A papila mamária é suprida pelo ramo anterior do ramo cutâneo lateral de T4, o qual forma um extenso plexo no interior da papila mamária; suas fibras sensitivas terminam próximo ao epitélio como terminações livres, corpúsculos de Meissner e terminações em disco de Merkel. Estas são essenciais na sinalização da sucção para o sistema nervoso central. As atividades secretoras da glândula são grandemente controladas pelos hormônios ováricos e hipofisiais, em vez de sê-lo por fibras motoras eferentes. A aréola tem menos terminações sensoriais.

MICROESTRUTURA

A microestrutura do tecido mamário varia com a idade, momento do ciclo menstrual, gravidez e lactação. A seguinte descrição relaciona-se à mama madura e em repouso. Ao longo da maior parte de seu comprimento, os ductos são revestidos por um epitélio cilíndrico (Fig. 54.22). Nos ductos maiores, este epitélio tem duas camadas de células, porém, nos ductos menores, apenas uma única camada de células cilíndricas ou cuboides está presente. As bases destas células estão em íntimo contato com numerosas células mioepiteliais de origem ectodérmica, similares àquelas de outros epitélios glandulares (Figs. 2.3, 52.26A). As células mioepiteliais são tão numerosas, que elas formam uma camada distinta que circunda os ductos e os presumíveis alvéolos, dando ao epitélio uma aparência biestratificada.

Os ductos lactíferos que drenam cada lobo da mama passam através da papila mamária e se abrem em sua extremidade como 15-20 orifícios. Próximo ao seu orifício, cada um destes ductos é levemente expandido como um seio lactífero, o qual, na mama em lactação, é mais dilatado ainda devido à presença do leite. Consequentemente, cada ducto lactífero está conectado a um sistema de ductos e lóbulos, circundado pelo estroma de tecido conjuntivo, coletivamente formando um lobo da glândula mamária . Os lóbulos consistem de porções das glândulas que têm potencial secretor. Sua estrutura varia de acordo com o estado hormonal. Na mama madura em repouso, cada lóbulo consiste de um agregado de dúctulos ramificados, em fundo cego, cujas porções terminais não apresentam alvéolos, os quais são os locais de secreção de leite na mama em lactação (Fig. 54.26B). Nos seios lactíferos, o revestimento epitelial estra-

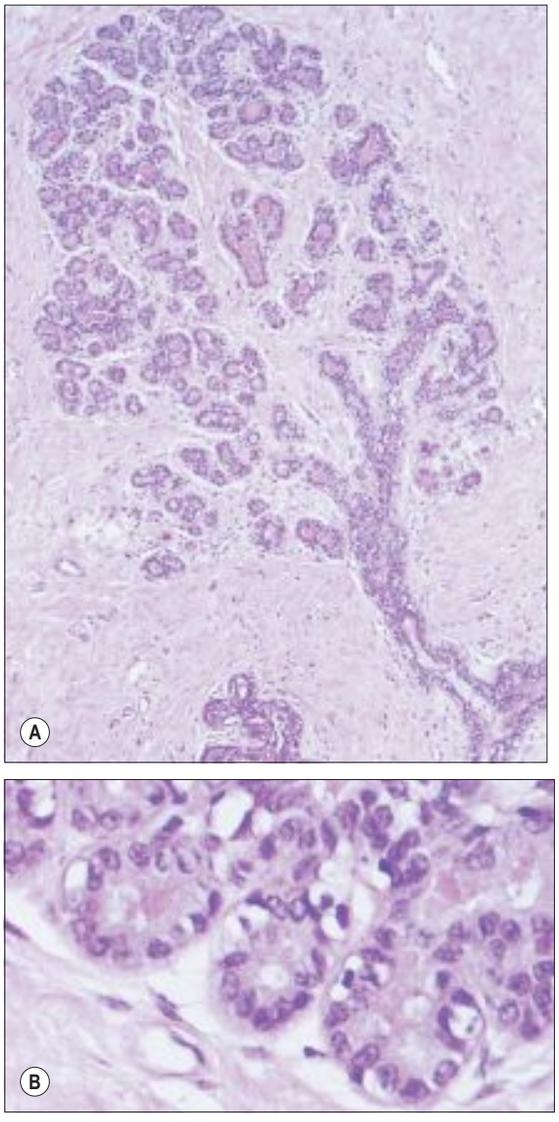


Fig. 54.22 A, Um lóbulo glandular circundado por tecido conjuntivo interlobular denso não modelado, rico em colágeno, na mama madura em repouso. Um ducto terminal (abaixo, à direita) se ramifica extensamente para terminar em ácinos rudimentares, os quais são mostrados em maior aumento no painel inferior (**B**). (Permissão de Young B, Heath JW, 2000. Wheater's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

tificado cúbico é substituído por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, contínuo com a epiderme, próximo às aberturas dos ductos lactíferos na papila mamária. Células pavimentosas descamadas ("escamas") podem às vezes bloquear as aberturas dos ductos na mama no estado não gravídico.

Internamente, a papila mamária é composta principalmente de tecido conjuntivo denso rico em colágeno, e contém numerosas fibras elásticas as quais enrugam a pele suprajacente. Abaixo da papila mamária e da aréola, feixes de células musculares lisas estão organizados radialmente e circunferencialmente em meio ao tecido conjuntivo. Sua contração, induzida por frio ou estímulos táteis (p. ex., na sucção), causa a ereção da papila mamária e o enrugamento da aréola circunjacente.

CÂNCER DE MAMA

O câncer de mama é uma doença comum, particularmente em mulheres pós-menopausa (Fentiman, 1993). A cada ano no Reino Unido, existem aproximadamente 40.000 novos casos diagnosticados e 14.000 mortes. Os cânceres de mama masculina perfazem 1% de todas as neoplasias mamárias e pode incluir tecido além dos limites areolares.

Os cânceres de mama surgem em meio aos epitélios dos lóbulos ou dos ductos. À medida que eles aumentam de tamanho e se infiltram no estroma, eles frequentemente levam a uma reação tecidual fibrosa. Nódulos mamários podem ser classificados como massas benignas ou malignas. Os nódulos mamários malignos podem apresentar os sinais clínicos de estruturas adjacentes infiltrantes, levando a uma massa dura e irregular com aderência da pele, fixação muscular, infiltração da pele ou edema da pele suprajacente (a chamada "*peau d'orange*", pele com aspecto de casca de laranja). Investigações por métodos de imagem padronizados da mama incluem a mamografia e a ultrassonografia. A mamografia é útil na detecção da presença de massas malignas como uma opacidade estrelada com distorção arquitetural do parênquima circunjacente. Os estágios precoces do câncer de mama pré-invasivo, o câncer ductal *in situ*, podem aparecer como uma microcalcificação na mamografia. Uma ultrassonografia da mama é útil na distinção de massas sólidas de massas císticas (ou preenchidas com fluido), e também podem auxiliar na distinção do câncer de mama de nódulos benignos pelas diferentes características atenuantes das ondas ultrassônicas e dos padrões do fluxo sanguíneo. Imagens por ressonância magnética são também úteis no diagnóstico, particularmente em mulheres com mamas mais densas e mais jovens, que atingem uma sensibilidade mais alta de detecção de câncer de mama, mas com especificidade mais baixa. Um diagnóstico citológico de um nódulo mamário pode ser alcançado utilizando a aspiração com agulha fina (AAF) para avaliar a composição celular de um nódulo. A AAF é também útil para drenar cistos mamários sintomáticos. Uma biópsia com agulha de largo calibre é um procedimento realizado sob anestesia local para obter vários fragmentos de espécimes para um diagnóstico histológico com a arquitetura tecidual mantida. Isto permite a distinção entre o câncer *in situ* e o câncer invasivo, e fornece uma indicação do subtipo de tumor através da avaliação das características patológicas. Biópsias mamárias assistidas a vácuo (mamotomia) baseadas na aspiração com agulha de largo calibre permite que algumas lesões benignas e indeterminadas sejam excisadas para uma completa análise histológica, e em alguns pacientes pode evitar a necessidade de uma cirurgia aberta convencional.

Se um nódulo mamário tiver de ser cirurgicamente removido, a incisão deve ser baseada, quando possível, nas linhas de tensão da pele relaxada, para os melhores resultados cosméticos. Em mulheres com lesões malignas consideráveis onde a cirurgia de conservação da mama deva ser tentada, a incisão cutânea deve ser planejada com consideração da possível necessidade de uma subsequente mastectomia, caso as margens da excisão estejam incompletamente extirpadas devido a critérios patológicos. A maioria das mulheres com cânceres de mama isolados, com até 4 cm de diâmetro, são tratadas através da conservação da mama, em vez de mastectomia. Esta é uma combinação da cirurgia (excisão do tumor e amostragem ou eliminação dos linfonodos axilares) juntamente com radioterapia por feixes. Pacientes com tumores maiores são tratados por mastectomia radical modificada com remoção dos linfonodos axilares. Durante a dissecção axilar para remover os linfonodos axilares, o nervo para o músculo serrátil anterior, os vasos toracodorsais, o nervo para o músculo latíssimo do dorso e os nervos peitorais medial e lateral são todos identificados e cuidadosamente preservados. Os limites da dissecção axilar são o nervo para o músculo serrátil anterior medialmente, o pedículo toracodorsal lateralmente, e a veia axilar superiormente (Fig. 46.30). O limite posterior da dissecção é a superfície anterior do músculo subescapular. O limite superomedial de uma dissecção axilar do nível I se estende até a borda lateral do músculo peitoral menor no ápice da axila, uma dissecção de nível II se estende até a borda medial do músculo peitoral menor, e uma dissecção do nível III se estende além da borda medial, até que se atinja o ponto onde a axila está limitada pela primeira costela (esta última é facilmente distinguida por sua superfície lateral plana, facilmente palpável na cirurgia). A falha em preservar o nervo para o músculo serrátil anterior resultará em uma escápula alada. O nervo intercostobraquial é frequentemente sacrificado em uma operação de remoção de linfonodos axilares, e isto pode resultar em anestesia de uma estreita faixa de sensação na borda medial superior do braço.

Cirurgia reconstrutiva para o câncer de mama

A reconstrução da mama pode ser realizada no momento da mastectomia devido a um câncer de mama, ou em um estágio mais tardio (Serletti & Moran, 2000). Durante uma mastectomia onde uma imediata reconstrução da mama é planejada, o tecido glandular mamário é removido através de uma incisão cutânea para uma mastectomia convencional, ou em associação com a preservação da pele nativa da mama, uma forma de mastectomia denominada de mastectomia com preservação cutânea (*skin-sparing mastectomy*). A seleção do paciente é importante para minimizar os riscos de recorrência de câncer de mama na pele da elevação mamária reconstruída ou em linfonodos associados. Em uma reconstrução mamária com base na imediata colocação de um implante, um dilatador de tecido é colocado abaixo do plano submusculofascial, que consiste no músculo peitoral maior, em continuidade lateralmente sob o serrátil anterior com a fáscia interveniente, e a fáscia do abdome inferiormente. As fibras inferiores da inserção do músculo peitoral maior até a sexta costela necessitam ser destacadas, de outro modo o implante será colocado muito alto na parede torácica. O dilatador de tecido tem que distender o espaço potencial abaixo deste plano musculofascial para adequar o espaço criado pela

mama removida abaixo do plano subcutâneo e da fáscia profunda que recobre o músculo peitoral maior. O dilatador de tecido é subsequentemente substituído por um implante mamário de silicone ou de salina.

A pele e o componente de volume da mama também podem ser substituídos por um retalho musculocutâneo do latíssimo do dorso, com ou sem um implante mamário de silicone ou de salina subjacente. O músculo latíssimo do dorso e um retalho sobrejacente de pele são levantados de seu pedículo vascular dominante, isto é, a artéria e veia toracolombares, as quais entram no músculo em sua superfície profunda e enviam ramos perfurantes através do músculo para a pele suprajacente. O retalho é transferido em um arco a partir do dorso para a frente do tórax, e modelado para fazer uma nova mama. Um implante é usualmente necessário para fornecer uma reposição de volume adicional, em cujo caso ele é colocado abaixo do retalho. O defeito do retalho doador no dorso é imediatamente suturado e existe uma mínima incapacidade funcional após a transferência do músculo latíssimo do dorso. Em mulheres compatíveis, a gordura subcutânea coletada conjuntamente com o músculo latíssimo do dorso pode conter material suficiente para evitar a necessidade de um implante como uma reconstrução autóloga do tecido mamário.

A pele e o componente de volume da mama podem ser substituídos por um retalho musculocutâneo transverso pediculado do músculo reto do abdome (retalho TRAM – ***t**ransverse **r**ectus **a**bdominis **m**usculocutaneous flap*). Em um retalho TRAM pediculado, o músculo reto do abdome e uma elipse transversal de pele da parte inferior do abdome são levantados sobre a artéria epigástrica superior, a qual entra na superfície profunda do músculo, abaixo da cartilagem costal. As mulheres adequadas para um procedimento baseado em um retalho abdominal apresentam um panículo abdominal suficiente para formar o tecido doador a fim de recriar a elevação mamária sem um implante. Técnicas de cirurgia microvascular agora permitem a livre transferência da pele com panículo da região abdominal inferior e da gordura subcutânea baseada no suprimento cutâneo da artéria epigástrica inferior profunda com mínima ruptura do músculo reto do abdome. Artérias perfurantes cutâneas próximas ao nível do umbigo passam para a pele em duas fileiras (uma fileira medial e uma fileira lateral). Se a artéria epigástrica superior é usada como o pedículo para o retalho, a artéria epigástrica inferior profunda é ligada e o retalho é girado sobre o pedículo e tunelado no interior do tórax, onde ele é moldado em uma nova mama. Se a artéria epigástrica inferior profunda é usada como o pedículo, a artéria epigástrica superficial é dividida e o retalho é transferido como um retalho livre; a artéria e a veia epigástricas inferiores profundas são anastomosadas a vasos do receptor no tórax (geralmente os vasos torácicos internos, acessados através da remoção da terceira cartilagem costal) ou ao vaso perfurante intercostal anterior dominante no segundo (ou terceiro) espaço intercostal. Um retalho com uma artéria perfurante advinda da artéria epigástrica inferior profunda (retalho DIEP – ***d**eep **i**nferior **e**pigastric artery **p**erforator flap*) pode ser obtido através da dissecção de uma única perfurante cutânea através do reto do abdome para sua origem a partir da artéria epigástrica inferior profunda, um procedimento que elimina a necessidade de sacrificar o músculo.

A vantagem do retalho TRAM sobre o retalho com o músculo latíssimo do dorso é que existe volume suficiente para reconstruir mesmo uma mama grande sem a necessidade de um implante. O defeito do retalho doador na parede abdominal é suturado diretamente; onde o músculo foi coletado no retalho TRAM pediculado, uma malha pode ser incorporada no interior do reparo da bainha do músculo reto do abdome para reduzir o risco potencial de fraqueza muscular causado pela ruptura cirúrgica do músculo reto do abdome, o que poderia produzir uma saliência do conteúdo abdominal ou uma hérnia.

DESENVOLVIMENTO

As interações entre epitélio e mesênquima que darão origem ao tecido glandular da mama, em ambos os sexos, podem ser primeiramente visualizadas em torno da quinta ou sexta semana, quando duas faixas ventrais de ectoderma espessado, as cristas mamárias ou linhas mamárias, se estendem a partir da axila até a região inguinal. Normalmente, a invaginação do brotamento mamário torácico ocorre em torno do 49.º dia, e a linha mamária remanescente involui.

As invaginações ectodérmicas torácicas se ramificam em 15-20 brotamentos sólidos, os quais se tornarão os ductos lactíferos e seus lobos/lóbulos com alvéolos na glândula completamente formada. Eles são circundados por mesênquima derivado da somatopleura, o qual forma o tecido conjuntivo, a gordura e a vascularização, sendo invadido pelos nervos mamários. A contínua proliferação celular, o alongamento e a subsequente ramificação produz os alvéolos e define o sistema ductal. A formação da papila mamária começa no 56.º dia, os ductos primitivos (brotamentos mamários) se desenvolvem no 84.º dia, e a canalização ocorre em torno do 150.º dia. Durante os 2 últimos meses de gestação, os ductos se tornam canalizados; no ponto de desenvolvimento original da glândula, a epiderme forma uma pequena fosseta mamária, na qual os túbulos lactíferos se abrem (Fig. 54.23). No período perinatal, a papila mamária é formado através de proliferação mesenquimal. Caso este processo falhe, os ductos se abrem em fossetas rasas. Raramente, a papila

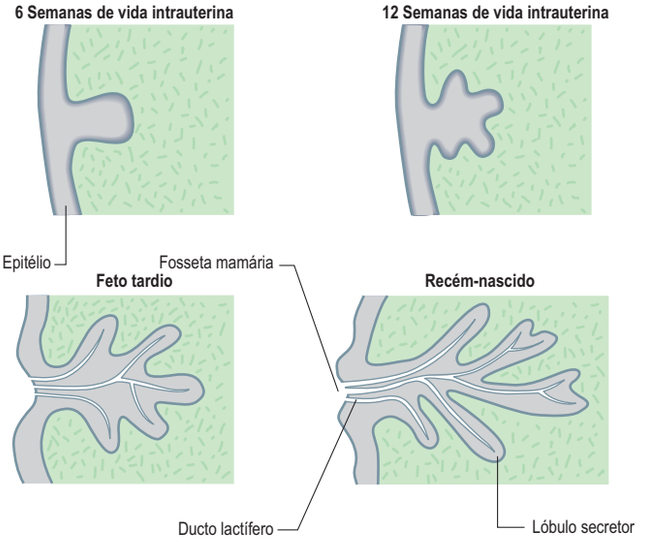


Fig. 54.23 Desenvolvimento inicial do epitélio mamário.

mamária pode não se desenvolver (atelia), um fenômeno que ocorre mais comumente no tecido mamário acessório.

Ao nascimento, as mamas alcançam um estágio de desenvolvimento similar em ambos os sexos: a combinação da prolactina fetal com os estrógenos maternos pode dar origem a uma hiperplasia transitória e à secreção do "leite de bruxa". Em homens, as mamas normalmente permanecem não desenvolvidas, enquanto em mulheres na puberdade, na gestação tardia, e durante o período de lactação, elas sofrem alterações subsequentes no desenvolvimento, as quais são dependentes de hormônios. A mama feminina é um órgão único pelo fato de permanecer em uma forma rudimentar (*i.e.*, fetal) até a puberdade, em cujo período seu desenvolvimento continua sob a influência dos hormônios sexuais. A forma adulta é atingida na adolescência tardia, isto é, a mama é então capaz de funcionar como um órgão produtor de leite. Na menopausa, a mama involui, tornando-se um órgão predominantemente adiposo, com uma mínima quantidade de parênquima glandular.

Tecido mamário e papilas mamárias acessórias

A polimastia (mamas supranumerárias) e a politelia (papilas mamárias supranumerárias) podem se desenvolver em homens e mulheres em qualquer lugar ao longo da extensão das cristas mamárias (linhas mamárias; Fig. 54.24). De modo inverso, o tecido mamário pode não se desenvolver completamente (amastia) ou pode haver o desenvolvimento das papilas mamárias, mas sem tecido mamário (amazia). O desenvolvimento de mamas supranumerárias ocorre na maioria dos casos na região torácica, imediatamente inferior à mama normal (90%), mas também pode ocorrer nas regiões axilar (5%) e abdominal (5%). A politelia ocorre ao longo da mesma linha mamária, mas não há desenvolvimento de tecido glandular subjacente. Cerca de 1% da população feminina apresenta esta condição, mas ela é mais comum em homens, onde a papila mamária acessória por ser confundida com uma verruga.

Inversão congênita da papila mamária

A inversão congênita das papilas mamárias ocorre em cerca de 3% da população feminina. A condição é quase sempre bilateral. A maioria dos casos é umbilicada, isto é a papila mamária pode ser facilmente puxada para a frente a partir de sua posição deprimida, abaixo da superfície areolar. A condição é considerada como devida à falha na proliferação do tecido mesenquimal, a qual falha em projetar a papila mamária para fora. Os casos remanescentes são devidos à invaginação da papila mamária. À parte de implicações psicológicas, a inversão da papila mamária pode causar uma mastite recorrente e uma dificuldade com a amamentação. A anormalidade pode ser corrigida cirurgicamente.

ALTERAÇÕES RELACIONADAS À IDADE

Pré-puberdade

A mama neonatal contém ductos lactíferos, mas não apresenta alvéolos. Até a puberdade, ocorrem poucas ramificações dos ductos, e qualquer leve aumento mamário reflete o crescimento do estroma fibroso e de gordura.

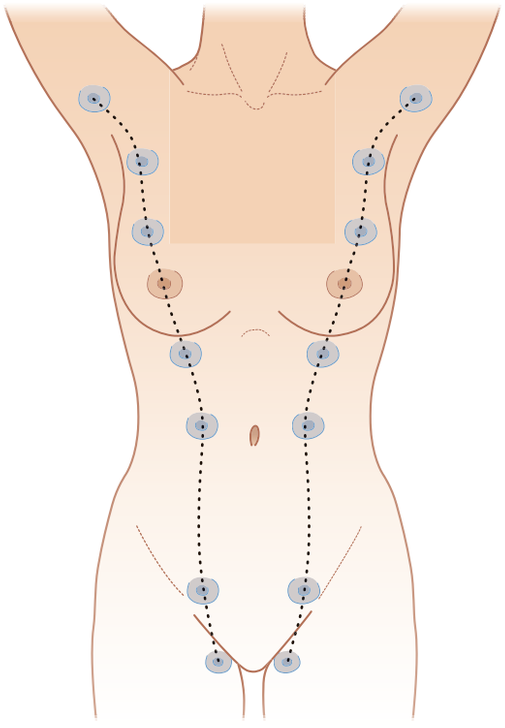


Fig. 54.24 As linhas mamárias.

Puberdade

Na mulher pós-púbere, os ductos, estimulados pelos estrógenos ováricos, tornam-se ramificados. As extremidades dos ramos formam sólidas massas esféricas de células poliédricas de aspecto granular, os potenciais alvéolos. Os estrógenos também promovem a diferenciação de adipócitos a partir de células mesenquimais no estroma interlobar: o aumento da mama na puberdade é grandemente uma consequência do acúmulo lipídios nesses adipócitos.

Da puberdade em diante, o desenvolvimento mamário externamente reconhecível (telarca) pode ser dividido em cinco fases separadas (Fig. 54.25): elevação do brotamento mamário (fase I); o tecido glandular subareolar está presente, e tanto a papila mamária como a mama se projetam da parede torácica como uma massa única (fase II); a aréola aumenta de diâmetro e se torna pigmentada, e existe uma proliferação do tecido mamário palpável (fase III); a pigmentação e o aumento subsequentes ocorrem na aréola, de modo que a papila mamária e a aréola formem uma massa secundária anterior à principal parte da mama (fase IV); um leve contorno da mama se desenvolve (fase V).

Alterações durante o ciclo menstrual

Ocorrem alterações nos tecidos mamários durante o ciclo menstrual. Na fase folicular (dias 3-14), o estroma se torna menos denso. Várias alterações, incluindo a expansão luminal, ocorrem nos ductos; existem ocasionais mitoses, mas não há secreção. Na fase luteínica (dias 15-28), existe um progressivo aumento na densidade do estroma e os ductos apresentam um lúmen aberto que contém secreção, associado ao achatamento das células epiteliais. A proliferação celular é máxima no 26.º dia do ciclo e consequentemente o sistema ductal sofre redução; a apoptose de células epiteliais é maior no 28.º dia do ciclo. Também existem altera-

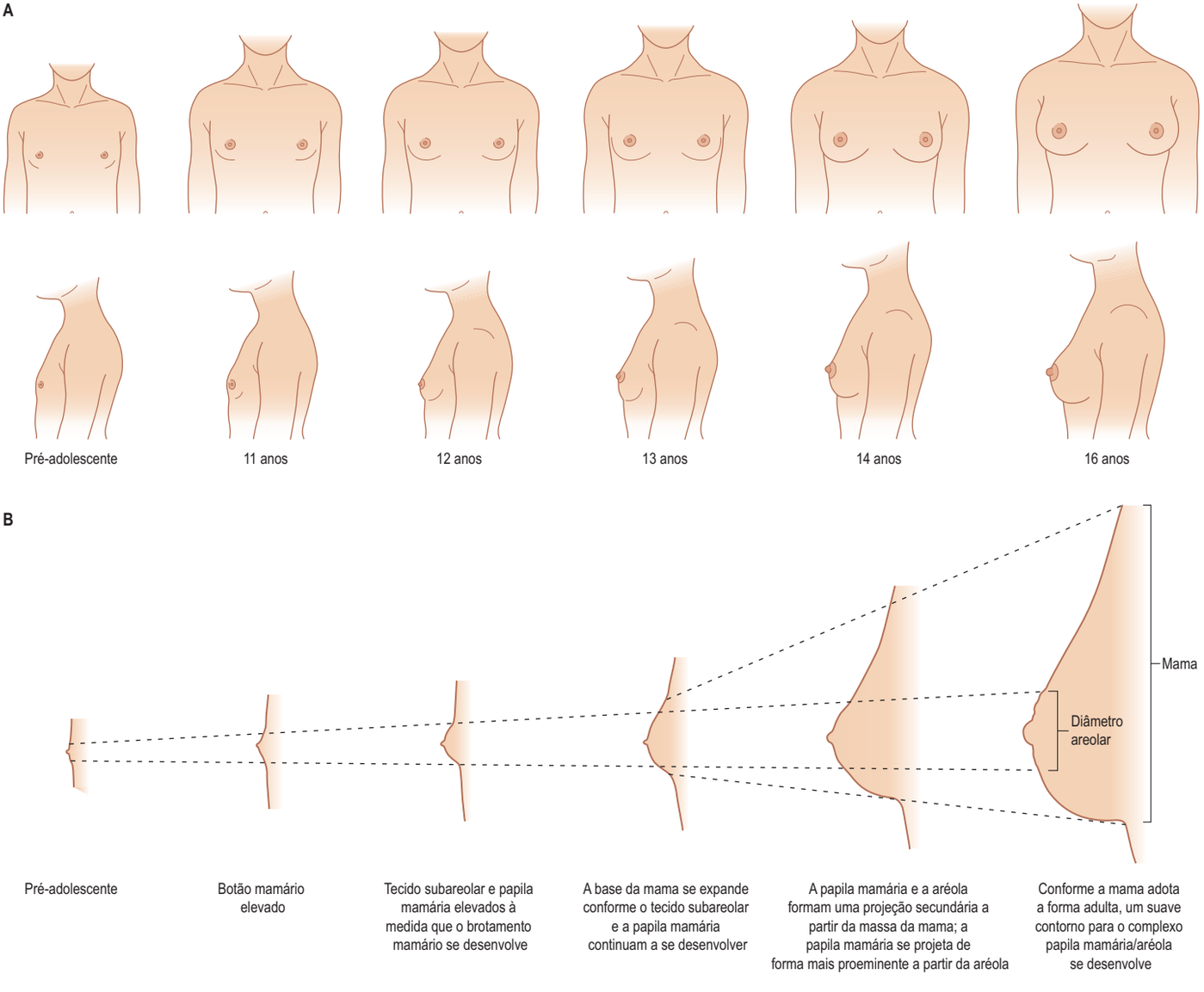


Fig. 54.25 Desenvolvimento pré-púbere e pós-púbere e estrutura da mama feminina, demonstrando as alterações no contorno da mama.

ções no fluxo sanguíneo, as quais são maiores no meio do ciclo, e um aumento no conteúdo de água do estroma na segunda metade do ciclo menstrual.

Pós-menopausa

A progressiva atrofia dos lóbulos e ductos ocorre após a menopausa, e há uma substituição do tecido glandular mamário por tecido adiposo. Alguns poucos ductos podem permanecer. O estroma se torna muito menos celularizado e as fibras colágenas diminuem em quantidade. A quantidade de tecido adiposo varia amplamente entre os indivíduos, e a mama pode retornar a uma condição similar ao estado pré-púbere.

ALTERAÇÕES ASSOCIADAS À GRAVIDEZ E À LACTAÇÃO

Gestação

À medida que os estrógenos e a progesterona produzidos primeiramente pelo corpo lúteo e mais tarde pela placenta aumentam durante a gestação, o epitélio ductal intralobular prolifera, e as células aumentam de tamanho: consequentemente, o número e a extensão dos ramos ductais aumentam. Os alvéolos se desenvolvem em suas porções terminais e se expandem conforme suas células e lumens são preenchidos com leite recém-sintetizado e secretado. As células mioepiteliais, as quais são inicialmente de formato fusiforme, se tornam células estreladas altamente ramificadas, especialmente ao redor dos alvéolos. As células mioepiteliais adjacentes se misturam para formar uma rede semelhante a uma cesta ao redor dos alvéolos e ductos, interposta entre a lâmina basal e as células luminais. Seu citoplasma contém filamentos de actina e miosina, e elas são contráteis. Existe uma redução concomitante de tecido adiposo no estroma. Os números de linfócitos, incluindo plasmócitos e eosinófilos aumentam de forma significativa. O fluxo sanguíneo através da mama aumenta.

A atividade secretora nas células alveolares aumenta progressivamente na última metade da gestação. Na gravidez avançada, e por alguns dias antes do parto, seu produto é diferente do futuro leite, e é conhecido como colostro, o qual tem um baixo conteúdo em lipídios, mas é rico em proteínas e imunoglobulinas. O colostro confere uma medida de imunidade passiva ao trato alimentar neonatal; ele também tem propriedades laxativas. A proliferação do parênquima glandular mamário resulta em um aumento global no tamanho da mama durante a gestação.

Lactação

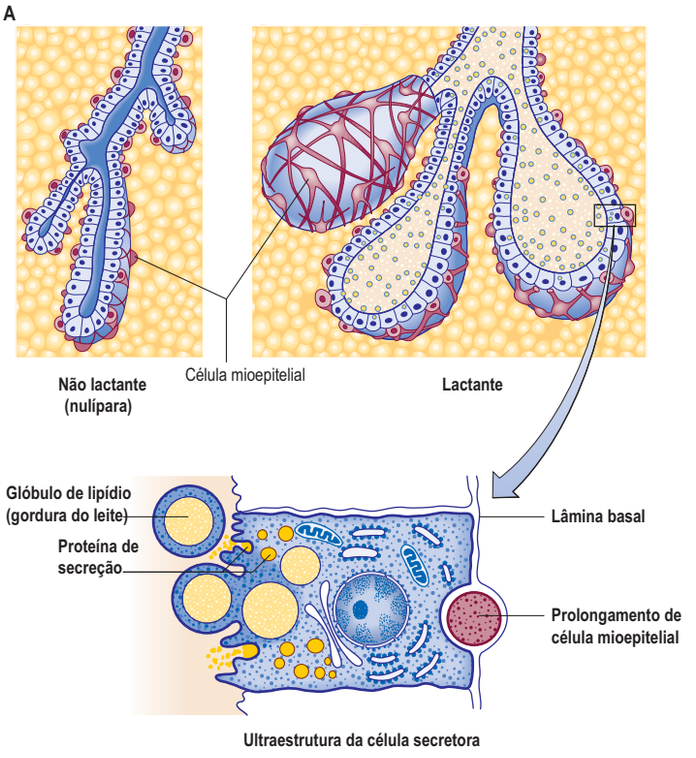
A verdadeira secreção de leite começa alguns dias após o parto como resultado de uma redução dos estrógenos e da progesterona circulantes, uma alteração que parece estimular a produção de prolactina pela adeno-hipófise.

O leite distende os alvéolos, de modo que as células se achatem á medida que a secreção aumenta (Figs. 54.20B, 54.26B e C). O citoplasma das células alveolares acumula grânulos revestidos por membrana contendo caseína e outras proteínas, e estas são liberadas pela membrana plasmática apical através da fusão das membranas (secreção merócrina, Cap. 2). Vacúolos lipídicos são formados diretamente no citoplasma apical como pequenas gotículas lipídicas que se fundem umas com as outras para criar grandes "vacúolos de lipídios do leite" de até 10 μm de diâmetro, os quais frequentemente se projetam da superfície celular. Estes são liberados como gotículas lipídicas intactas com um delgado envoltório formado pela membrana plasmática da superfície apical e pelo citoplasma adjacente (secreção apócrina). Sob estimulação hormonal pela oxitocina, as células mioepiteliais se contraem para expelir as secreções alveolares no sistema ductal em prontidão para a amamentação.

Após o início da lactação, existe uma gradual redução nos números de linfócitos e eosinófilos no estroma, embora plasmócitos continuem a sintetizar IgA para secreção no leite. As células alveolares capturam a IgA sintetizada por plasmócitos adjacentes através de endocitose em suas superfícies basais e a secretam pela região apical, como dímeros conjugados a um componente de secreção epitelial[1].

Pós-lactação

Quando a lactação cessa, a qual pode durar cerca de 3 anos e meio, ou até mesmo por um período maior, caso a amamentação frequente seja mantida, o tecido secretor sofre alguma involução, mas os ductos e alvéolos nunca retornam completamente ao estado pré-gravídico. Dois processos principais são responsáveis pela regressão do sistema alveolar-ductal: uma redução no tamanho das células epiteliais e uma redução nas quantidades de células mediada por apoptose (Cap. 1). Gradualmente, o tecido mamário reverte a seu estado de repouso. Caso ocorra uma outra gestação, o tecido glandular em repouso é reativado, e o processo descrito acima recomeça. Até os 50 anos de idade, quantidades progressivas de componentes do sistema elástico da matriz extracelular tendem a se depositar ao redor de vasos e ductos (elastose) e também no estroma. A elastose não continua normalmente ao longo da vida.



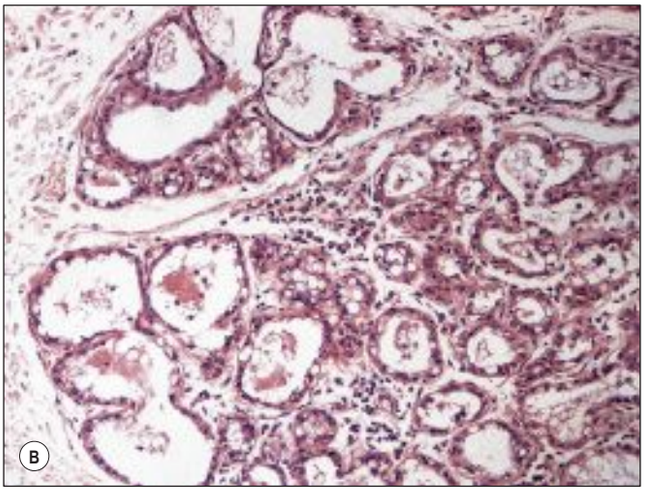


Fig. 54.26 Microestrutura do epitélio da mama. **A,** Observe que os prolongamentos das células mioepiteliais apresentam realmente cerca da metade do tamanho relativo mostrado no diagrama inferior. **B,** A parte periférica de um lóbulo de uma mama em lactação envolvido por um septo de tecido conjuntivo (à esquerda). Os alvéolos estão distendidos pela secreção do leite. As proteínas do leite aparecem como um material eosinofílico no lúmen, e a gordura do leite aparece como vacúolos citoplasmáticos pálidos no epitélio alveolar achatado. O tecido conjuntivo intralobular entre os alvéolos contém uma proeminente infiltração linfocitária, incluindo plasmócitos secretores de IgA.

MAMA MASCULINA

A mama masculina permanece rudimentar durante toda a vida. Ela é formada de pequenos ductos (sem lóbulos ou alvéolos) ou cordões celulares sólidos e um pouco de tecido fibroadiposo de suporte (Ellis *et al.*,

[1]**Nota da Tradução:** Para fins de clareza, este componente de secreção epitelial é uma proteína, chamada frequentemente de **peça de secreção**, que representa na verdade uma parte da molécula receptora de IgA, a qual permanece ligada a dois monômeros de IgA (formando, portanto, um dímero), constituindo a chamada **IgA de secreção**. Para mais detalhes, consulte livros-texto de imunologia.

1993). Um ligeiro aumento temporário pode ocorrer no recém-nascido, refletindo a influência dos hormônios maternos, e novamente na puberdade. A aréola é bem desenvolvida, embora limitada em área, e a papila mamária é relativamente pequena. Costuma-se dizer que os ductos não se estendem além da aréola em uma mama masculina, mas o tecido glandular pode ser mais extenso.

Ginecomastia

A ginecomastia é uma proliferação benigna do tecido mamário subareolar ou um excessivo crescimento do tecido mamário. Ela é geralmente bilateral, mas pode ser unilateral e está comumente associada a dor ou sensibilidade, o que é considerado como devido ao acúmulo de líquido nos ductos glandulares. As alterações histológicas são representadas por uma fibrose, seguida de hialinização. Ela às vezes deriva de um desequilíbrio bioquímico na relação entre estrógenos livres, andrógenos e globulina de ligação a hormônios sexuais. Por isso, ela é comumente vista após uma terapia antiandrógenos para doenças tais como o câncer de próstata, mas outras drogas, tais como a espironolactona, cimetidina, esteroides anabolizantes, e canabinoides, têm sido implicados. A ginecomastia pode ter uma base hormonal durante a puberdade e a velhice, ou na insuficiência hepática, onde a função hepática normal está associada ao metabolismo dos hormônios esteroides sexuais. Entretanto, a maioria dos casos não tem causa conhecida, e é denominada de ginecomastia idiopática.

ACESSO CIRÚRGICO ÀS VÍSCERAS TORÁCICAS

Toracocentese (aspiração pleural) A toracocentese ou aspiração pleural é uma etapa essencial na avaliação das efusões pleurais. Uma radiografia de tórax confirmará a localização e a extensão da efusão, e o exame clínico identificará a melhor posição para a aspiração: a linha medioescapular posterior é um local comum. A pele do espaço intercostal desejado é limpa e anestesiada, e a agulha de aspiração é inserida na borda inferior do espaço intercostal. A agulha não é inserida no meio do espaço intercostal porque os vasos intercostais seguem ao longo do meio do espaço intercostal posteriormente, e da axila para diante da parede torácica anterior eles estão protegidos apenas pela borda inferior da costela. Após uma analgesia local apropriada ter sido aplicada, a agulha é cuidadosamente avançada em uma direção perpendicular na porção inferior do espaço intercostal, até que ela entre no espaço pleural. Efusões mais complexas ou pequenas devem ser aspiradas sob orientação de um ultrassom.

Toracocentese com agulha A toracocentese com agulha é realizada em pacientes nos quais um pneumotórax de tensão letal seja suspeitado. Uma agulha é inserida no segundo espaço intercostal na linha medioclavicular no lado do pneumotórax de tensão, com o paciente em uma posição ereta. Um súbito escape de ar é ouvido quando a agulha entra na pleura parietal. Um dreno torácico deve ser inserido após este procedimento.

Inserção de dreno torácico O local de inserção de um dreno torácico é usualmente o quinto espaço intercostal, imediatamente anterior à linha axilar média sobre o lado afetado. Uma incisão horizontal de 2 cm é seguida por uma dissecção romba através dos tecidos subcutâneos até o topo da costela. A pleura parietal é puncionada com a ponta de um grampo e um dedo enluvado inserido no espaço pleural para liberar quaisquer aderências. O dreno torácico (tubo de toracostomia) é então inserido no espaço pleural e fixado a um recipiente selado subaquático, localizado abaixo do nível dos pulmões: o nível da água se eleva e abaixa no tubo com a ventilação.

Pericardiocentese A pericardiocentese é realizada para aspirar uma efusão pericárdica ou, em uma emergência, para descomprimir um tamponamento cardíaco, quando a pressão do sangue no espaço pericárdico impede que as câmaras cardíacas se encham durante o ciclo cardíaco, o que prejudica seriamente o débito cardíaco.

Uma punção pericárdica pode ser realizada no quinto ou sexto espaço intercostal esquerdo, próximo ao esterno (para evitar a artéria torácica interna), ou no ângulo costoxifóideo esquerdo. A agulha é passada a 1-2 cm à esquerda do ângulo costoxifóideo em 45° em relação à pele, e em seguida para cima e para trás, em direção à ponta da escápula, até que ela entre no saco pericárdico.

Colocação de derivações do eletrocardiógrafo O eletrocardiógrafo de 12 derivações (ECG) fornece informações tridimensionais sobre a atividade elétrica do coração. As derivações dos membros fornecem informações sobre a atividade elétrica no plano frontal. Elas são colocadas nos punhos esquerdo e direito, e no pé esquerdo, com o pé direito atuando como um ponto de aterramento neutro. As derivações do tórax fornecem informações sobre a atividade no plano horizontal. Elas são colocadas da seguinte maneira: V1, quarto espaço intercostal direito, posição paraesternal; V2 quarto espaço intercostal esquerdo, posição paraesternal; V3, ponto médio de V2 e V4 à esquerda; V4, quinto espaço intercostal, linha medioclavicular à esquerda; V5, quinto espaço intercostal, linha axilar anterior à esquerda; V6, quinto espaço intercostal, linha axilar média à esquerda.

Incisões de toracotomia As incisões de toracotomia podem ser posterolaterais, anterolaterais, ou envolvem um toracoesternotomia transversa.

Posterolaterais Uma incisão posterolateral é mais comumente usada na cirurgia torácica para ressecções pulmonares unilaterais, bulectomia, cirurgia de redução do volume pulmonar unilateral, ressecção da parede torácica e cirurgia esofágica (Fry, 2000). O paciente é colocado em uma posição de decúbito lateral com suporte adequado do cotovelo, axila, e joelho com acolchoamento. A abordagem padrão é através de uma incisão a partir da linha axilar anterior, a qual se curva em torno de 4 cm abaixo da ponta da escápula, e em seguida verticalmente entre a linha mediana posterior e a margem medial da escápula. A incisão é usualmente estendida até o nível da espinha da escápula. De modo geral, a incisão assume um formato em S no quinto espaço intercostal. O sexto ou sétimo espaço intercostal é usado em cirurgias de esôfago.

As porções inferiores dos músculos trapézio e latíssimo do dorso são divididas. O músculo serrátil anterior é retraído, e pode ser dividido em uma toracotomia alta. O músculo costal e a pleura são dissecados ao longo da margem inferior do espaço intercostal para evitar danos ao feixe neurovascular. Um pequeno corte de costela é removido no ângulo costovertebral para reduzir o risco de fratura, particularmente em pacientes com mais de 40 anos de idade. Esta técnica proporciona um bom acesso ao conteúdo torácico; o principal problema é a dor pós-operatória como consequência de uma tração musculoesquelética intraoperatória.

Anterolaterais Usando uma abordagem anterolateral, o paciente é colocado na posição de supino com seus braços a seus lados. Um rolo é colocado verticalmente sob o dorso e os quadris, de modo a elevar o lado a ser operado em aproximadamente 45°. A incisão é a partir da linha axilar média por sobre o quinto espaço intercostal ao longo da prega inframamária, e se curva para cima, em direção paraesternal. Os músculos peitorais são divididos e o subsequente acesso ao tórax é similar àquele usado na abordagem posterolateral. Entretanto, o acesso é limitado, e pode ser melhorado através da divisão das cartilagens costais.

"Incisão em concha" A toracoesternotomia transversa é conhecida como a "incisão em concha". Ela proporciona uma excelente exposição a ambos os lados do tórax e consequentemente é usada no transplante bilateral de pulmões e na cirurgia de redução de volume pulmonar com ressecções pulmonares bilaterais. O paciente é colocado na posição de supino com um rolo verticalmente ao longo da região torácica superior da coluna vertebral. As incisões anterolaterais bilaterais são feitas na prega inframamária, e o esterno é transeccionado. Isto permite que a porção superior do tórax seja deslocada para cima com um afastador de costelas, daí o nome de "incisão em concha". A principal desvantagem do procedimento em concha é a necessidade de seccionar o esterno: mesmo após um cuidadoso reparo com fios esternais, existe um risco de instabilidade do esterno.

Esternotomia A esternotomia é comumente necessária na cirurgia cardíaca. O paciente é colocado na posição de supino com ambos os braços estendidos ao lado. Uma incisão vertical é feita na linha mediana, a partir da incisura jugular até um ponto imediatamente abaixo do processo xifoide. Os tecidos ao redor do manúbrio e o processo xifoide são mobilizados. A fáscia peitoral na linha mediana é incisada e o esterno é dividido e suas duas bordas, retraídas. O esterno é fechado usando fios para suturas interósseas.

Toracotomia axilar O paciente é colocado na posição de decúbito lateral, com os braços abduzidos em 90° e suportados em um descanso para braços. A incisão é baseada ao longo do espaço intercostal desejado, o qual, para lesões torácicas superiores, é o segundo ou terceiro espaço. O músculo latíssimo do dorso é levantado e retraído, enquanto o músculo serrátil anterior é dividido na direção de suas fibras. A face anterior do serrátil anterior é dividida para expor os músculos intercostais, os quais por sua vez são divididos. O tamanho global da incisão é limitado e ela fornece um bom acesso para a região superior do tórax. A dor pós-operatória é menor do que com algumas outras abordagens, mas o nervo torácico longo (nervo de Bell) pode ser lesado, se o músculo serrátil anterior for dividido muito posteriormente.

Acesso toracoscópico Ocasionalmente, a cirurgia toracoscópica assistida por vídeo é necessária para avaliar o mediastino. O toracoscópio é usualmente introduzido através do quinto espaço intercostal na linha medioclavicular, com portais adicionais no terceiro e sexto espaços intercostais para avaliar o mediastino anterior. Para avaliar o mediastino posterior, o toracoscópio é inserido no sétimo espaço intercostal na linha medioclavicular.

REFERÊNCIAS

Ellis H, Colborn GL, Skandalakis JE 1993 Surgical embryology and anatomy of the breast and its related anatomic structures. Surg Clin North Am 73: 611–32.

Fentiman IS 1993 Detection and Treatment of Early Breast Cancer. London: Martin Dunitz.

Fry WA 2000 Thoracic incisions. In: Shields TW, LoCicero III J, Ponn RB (eds) General Thoracic Surgery, 5th edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins: 367–74.

Kurihara Y, Yakushiji YK, Matsumoto J, Ishikawa T, Hirata K 1999 The ribs: anatomic and radiologic considerations. Radiographics 19: 105–19.
Inclui algumas anormalidades da parede torácica e caixa torácica.

Rubio IT, Klimberg S 2001 Techniques of sentinel lymph node biopsy. Semin Surg Oncol 20: 214–23.

Serletti JM, Moran SL 2000 Microvascular reconstruction of the breast. Semin Surg Oncol 19: 264–71.

Tanis PJ, Nieweg OE, Valdes Olmos RA, Kroon BB 2001 Anatomy and physiology of lymphatic drainage of the breast from the perspective of sentinel node biopsy. J Am Coll Surg 192: 399–409.

Yap LH, Whiten SC, Forster A, Stevenson JH 2002 The anatomical and neurophysiological basis of the sensate free TRAM and DIEP flaps. Br J Plast Surg 55: 35–45.

CAPÍTULO 55

Mediastino

Estritamente falando, o mediastino é a região de separação entre os pulmões e inclui a parte mediastinal da pleura parietal. Entretanto, o termo é comumente aplicado à região entre os dois sacos pleurais delimitada anteriormente pelo esterno e posteriormente pela região torácica da coluna vertebral, e que estende verticalmente a partir da entrada do tórax até o músculo diafragma. Para propósitos descritivos, esta região é arbitrariamente dividida nos mediastinos superior e inferior, e este último é subdividido em partes anterior, média e posterior. O plano de divisão em mediastinos superior e inferior cruza a articulação manubrioesternal e a superfície inferior da quarta vértebra torácica (Fig. 55.1). Considerações detalhadas de alguns componentes mediastinais também estão incluídas nas descrições dos órgãos respiratórios (Cap. 57) e do coração (Cap. 56).

SUBDIVISÕES DO MEDIASTINO

MEDIASTINO SUPERIOR

O mediastino superior se encontra entre o manúbrio do esterno e as quatro vértebras torácicas superiores (Fig. 55.19A-C). Ele é delimitado abaixo pelo plano esternal, acima pelo plano da entrada torácica e lateralmente pelas pleuras mediastinais. Contém as extremidades inferiores dos músculos esterno-hióideo, esternotireóideo e longo do pescoço; remanescentes do timo; as artérias e veias torácicas internas, as veias braquiocefálicas e a metade superior da veia cava superior, o arco da aorta, as artérias braquiocefálica, carótida comum esquerda e subclávias, e a veia intercostal superior esquerda; os nervos vagos direito e esquerdo e frênicos, o nervo laríngeo recorrente esquerdo, os nervos cardíacos e a parte superficial do plexo cardíaco; a traqueia, o esôfago e o ducto torácico. Ele também contém os linfonodos paratraqueais, braquiocefálicos e traqueobronquiais associados com suas respectivas estruturas.

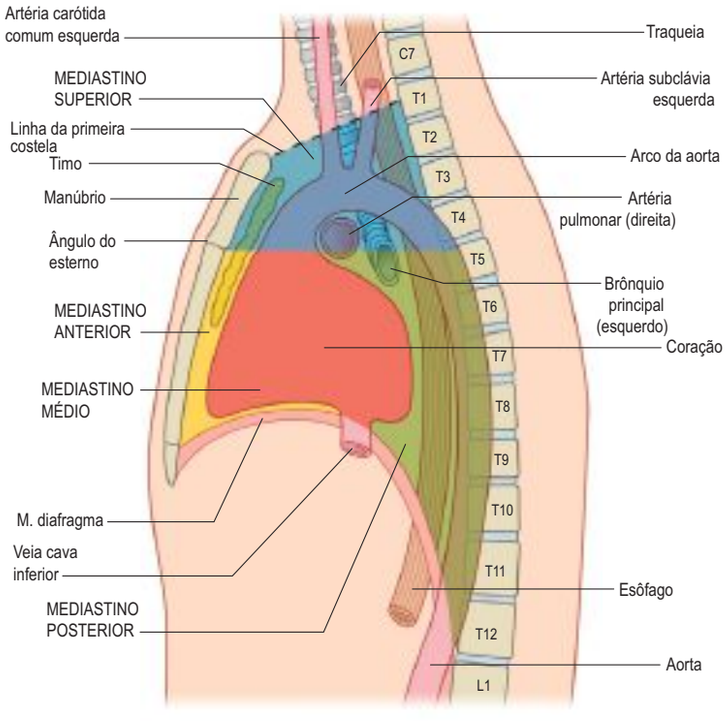


Fig. 55.1 As principais divisões do mediastino (veja o texto para maiores detalhes). Observe que nem todos os constituintes do mediastino foram representados.

MEDIASTINO INFERIOR

Mediastino anterior

O mediastino anterior se encontra entre o corpo do esterno e o pericárdio (Fig. 55.19D e E). Ele se estreita acima das quartas cartilagens costais, onde os sacos pleurais se aproximam um do outro, e contém tecido conjuntivo, os ligamentos esternopericárdicos, alguns linfonodos e os ramos mediastinais da artéria torácica interna. O mediastino anterior pode, às vezes, conter parte do timo ou seus remanescentes degenerados.

Mediastino médio

O mediastino médio é a parte mais larga do mediastino inferior (Fig. 55.19D e E). Ele contém o pericárdio, o coração e a parte ascendente da aorta; a metade inferior da veia cava superior que recebe o arco da veia ázigo posteriormente; a bifurcação da traquéia e os dois brônquios principais; o tronco pulmonar e as artérias pulmonares direita e esquerda, e veias pulmonares direitas e esquerdas; os nervos frênicos direito e esquerdo; a parte profunda do plexo cardíaco; e os linfonodos traqueobronquiais.

Mediastino posterior

O mediastino posterior é delimitado anteriormente pela bifurcação da traqueia, pelos vasos pulmonares, pelo pericárdio e pela parte posterior da face superior do músculo diafragma (Fig. 55.19D e E). Posteriormente, ele é delimitado pela coluna vertebral, a partir da borda inferior da quarta à décima-segunda vértebras torácicas, e a cada lado pela parte mediastinal da pleura. Ele contém a parte torácica da aorta descendente e as veias ázigo, hemiázigo e hemiázigo acessória; as cadeias simpáticas esquerda e direita, os nervos esplâncnicos e os nervos vagos esquerdo e direito; o esôfago; o ducto torácico e os linfonodos mediastinais posteriores.

COMUNICAÇÕES MEDIASTINAIS COM O PESCOÇO

Existem vias anatômicas entre a cavidade oral e o tórax através do espaço parafaríngeo e outros planos fasciais do pescoço. O espaço parafaríngeo é mais provável de ser infectado do que quaisquer dos outros espaços teciduais potenciais na cabeça e no pescoço: a infecção pode passar deste espaço para os espaços retrofaríngeos e pré-traqueais, de modo a atingir o mediastino superior, de onde ela pode trilhar para a parte anterior do mediastino inferior (Cap. 28).

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

O mediastino contém os grandes vasos (*i.e.*, o arco da aorta e seus ramos, a aorta torácica descendente, o tronco pulmonar e a veia cava superior), as artérias e veias pulmonares, torácicas internas e intercostais posteriores, e o sistema venoso ázigo.

Grandes vasos do mediastino superior

O arco da aorta, a parte torácica da aorta, o tronco pulmonar e a veia cava superior estão descritos no Capítulo 56.

Sistema venoso ázigo

Veia ázigo

A veia ázigo (do grego *azygos* = "ímpar") tipicamente se inicia a partir da face posterior da veia cava inferior, no nível – ou abaixo deste – das veias renais, embora a origem não seja constante (Figs. 55.2, 55.3 e 55.14B). Quando presente, a veia ázigo lombar ascende anteriormente às vértebras

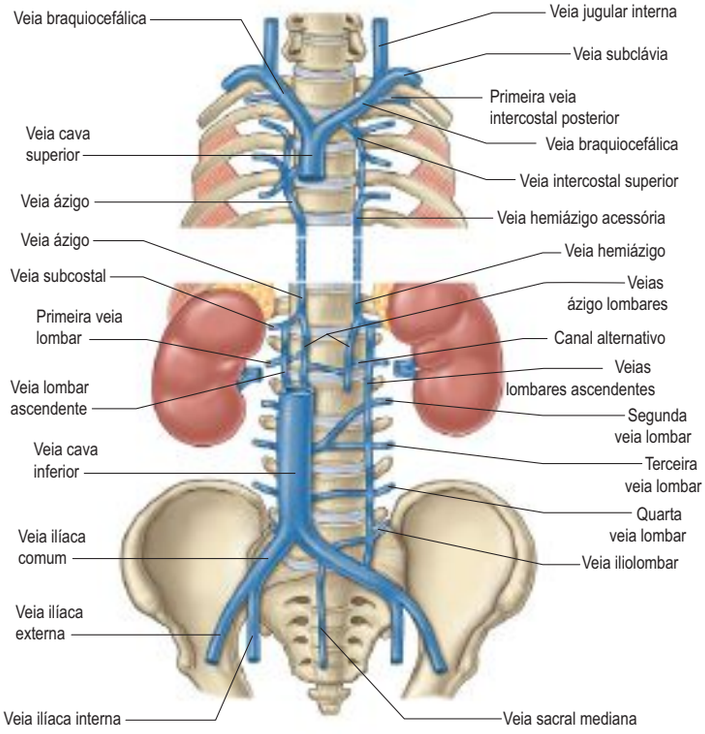


Fig. 55.2 As extremidades superior e inferior do sistema ázigo de veias e suas principais veias associadas. As partes intervenientes foram omitidas porque os diagramas frequentemente induzem a erros sob o ponto de vista topográfico. Existe uma considerável variação nas partes transtorácicas das veias ázigo e hemiázigo em termos de números de radículas, níveis de cruzamento transmediano etc.

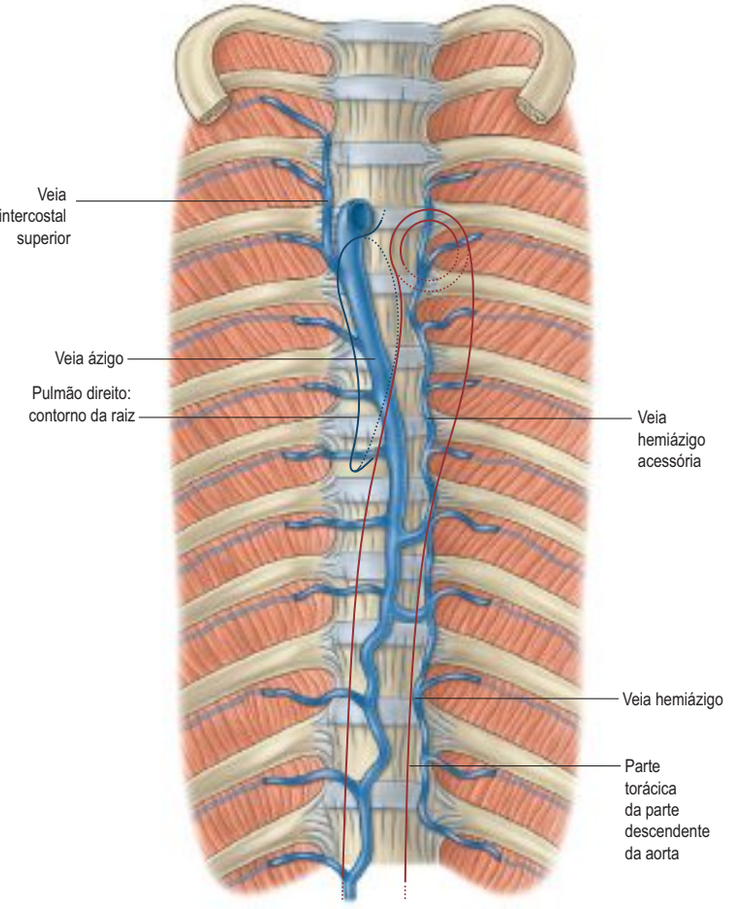


Fig. 55.3 Um trajeto frequente (talvez o mais comum) seguido pelas veias ázigo, hemiázigo e hemiázigo acessória em suas porções intratorácicas. Os contornos da raiz do pulmão direito e da parte torácica da parte descendente da aorta estão incluídos.

lombares superiores. Ela pode passar por trás do pilar direito do diafragma ou atravessá-lo, ou pode atravessar o hiato aórtico à direita da cisterna do quilo. Anteriormente ao corpo da décima-segunda vértebra torácica, a veia ázigo recebe um grande vaso formado pelas veias lombar ascendente direita e subcostais, o qual passa adiante e à direita da décima-segunda vértebra torácica por trás do pilar direito: na ausência de uma veia ázigo lombar, este tronco comum pode formar a veia ázigo propriamente dita. Qualquer que seja sua origem, a veia ázigo ascende no mediastino posterior até o nível da quarta vértebra torácica, onde ela se arqueia para a frente, acima do hilo do pulmão direito. Ela termina na veia cava superior, antes que esta última penetre no pericárdio. A veia ázigo se encontra anteriormente aos corpos das oito vértebras torácicas inferiores, ao ligamento longitudinal anterior e às artérias intercostais posteriores direitas. O nervo esplâncnico maior direito, e o pulmão e a pleura direitos, são relações laterais direitas. O ducto torácico e a aorta e, onde a veia se arqueia para a frente, o esôfago, a traqueia e o nervo vago direito são relações laterais esquerdas. Na parte inferior do tórax, a veia ázigo é coberta anteriormente por um recesso do saco pleural direito e pelo esôfago; ela emerge por trás do esôfago para ascender por trás do hilo do pulmão direito. A veia ázigo se encontra próxima à face póstero-lateral direita da parte torácica da parte descendente da aorta: as pulsações aórticas podem auxiliar o retorno venoso nas veias ázigo e hemiázigo.

Veia hemiázigo

A veia hemiázigo é formada do lado esquerdo a partir das três veias intercostais posteriores inferiores, um tronco comum formado pelas veias lombares ascendentes e subcostais, e pelas tributárias esofágicas e mediastinais (Fig. 55.2). Ela ascende anteriormente ao nível da coluna vertebral até o oitavo nível torácico, cruzando em seguida a coluna vertebral posteriormente à aorta, ao esôfago e ao ducto torácico, e termina na veia ázigo (Fig. 55.3). Sua extremidade inferior está frequentemente conectada à veia renal esquerda.

Veia hemiázigo acessória

A veia hemiázigo acessória desce à esquerda da coluna vertebral e recebe veias derivadas do quarto ou do quinto ao oitavo espaços intercostais esquerdo; ela cruza a sétima vértebra torácica para se unir à veia ázigo (Figs. 55.5 e 55.6). A veia hemiázigo acessória às vezes recebe as veias bronquiais esquerdas e pode se unir à veia hemiázigo; neste caso seu tronco comum se abre na veia ázigo.

Variações das veias do sistema ázigo

As veias do sistema ázigo variam grandemente em seu modo de origem, trajeto, tributários, anastomoses e terminação. A veia hemiázigo acessória é a mais variável, e pode drenar para a veia braquiocefálica esquerda, para a veia ázigo ou para a veia hemiázigo. O arranjo mostrado na Figura 55.3 representa um padrão comum. Comumente, existe uma veia ázigo principal 'do lado direito' e pelo menos algumas representativas das veias hemiázigo. Estas últimas variam, e uma ou outra pode estar ausente ou mal desenvolvida. Muito ocasionalmente, veias ázigo esquerda e direita independentes (a forma embrionária inicial) persistem, ou uma única veia ázigo pode ocorrer em uma posição na linha mediana sem tributárias hemiázigo. Conexões transvertebrais retroaórticas a partir das veias hemiázigo e hemiázigo acessória para a veia ázigo também são extremamente variáveis: pode haver até cinco conexões. Quando uma das veias hemiázigo está ausente, as veias intercostais relevantes cruzam os corpos vertebrais e terminam na veia ázigo. Estas rotas transvertebrais são frequentemente muito curtas, porque a veia ázigo é mais comumente anterior à coluna vertebral e frequentemente passa para a esquerda da linha mediana em parte de seu trajeto. Quando existe uma interrupção congênita da veia cava inferior (VCI), a veia ázigo pode se tornar tão grande quanto a VCI que foi substituída. Raramente, o arco da veia ázigo no ângulo traqueobronquial direito pode ser colocado mais superolateralmente em uma fissura ázigo acessória diagonal no lobo superior do pulmão direito como uma consequência de falha da descida embrionária.

Artérias e veias torácicas internas

Os vasos torácicos internos estão descritos no Capítulo 54.

Artérias e veias pulmonares

Os vasos pulmonares estão descritos no Capítulo 57.

Artérias e veias intercostais posteriores

As veias intercostais posteriores acompanham suas artérias em 11 pares; eles estão descritos no Capítulo 54.

LINFONODOS MEDIASTINAIS

Os linfonodos mediastinais (Figs. 55.4 e 56.3) são classificados em estações regionais de linfonodos por cirurgiões torácicos para os propósitos

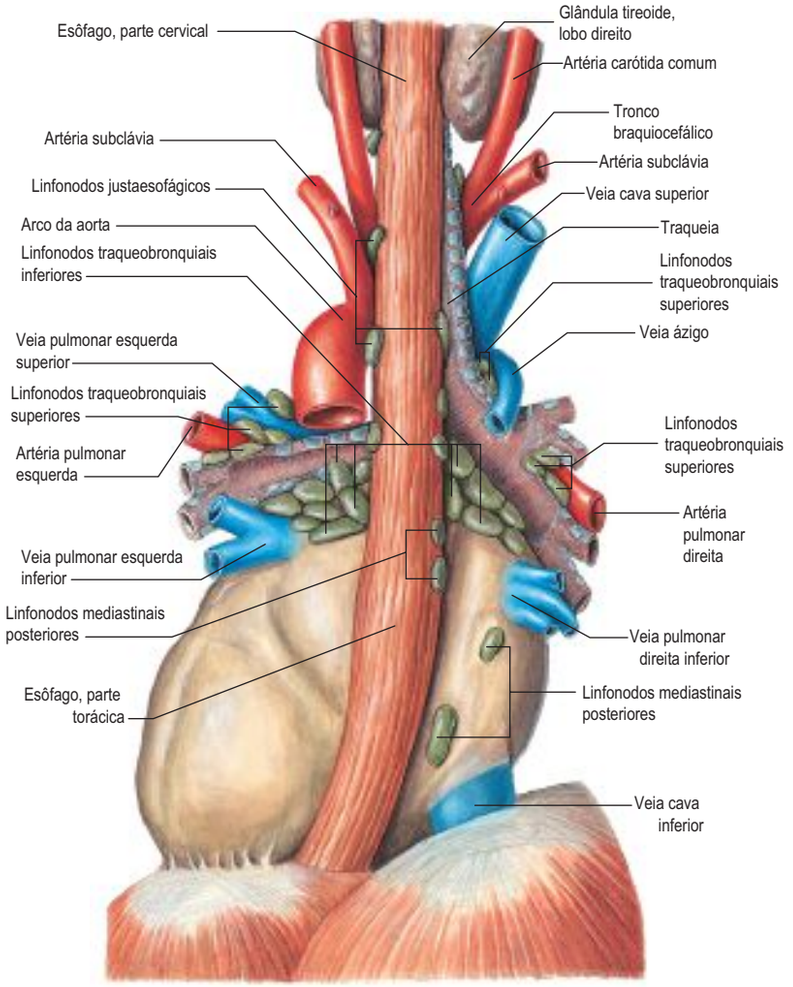


Fig. 55.4 Linfonodos torácicos. (De Sobotta, 2006.)

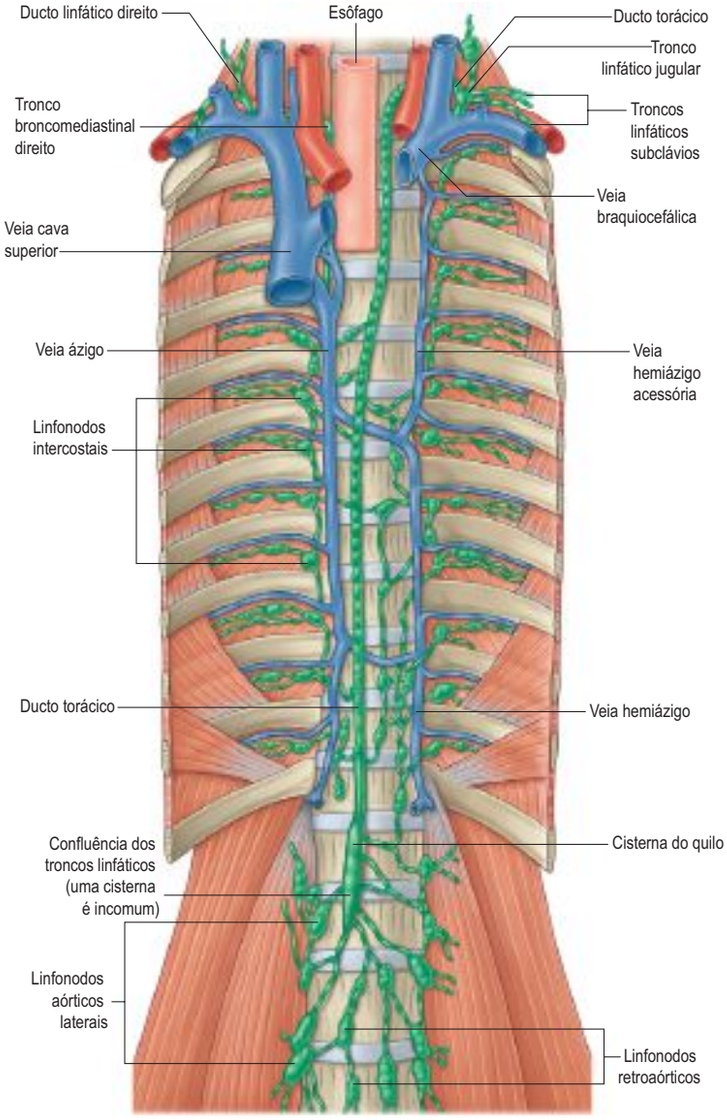


Fig. 55.5 O ducto torácico e o ducto linfático direito. A veia hemiázigo acessória está cruzando o plano mediano em uma posição mais baixa que o normal, e a veia hemiázigo uma posição mais alta que a usual. Observe também os comentários a respeito do trajeto mais comum da veia ázigo feitos na **Figura 55.2**.

de estagiamento do câncer pulmonar. As estações são definidas da seguinte maneira: **Estação 1:** os linfonodos mediastinais mais altos se encontram acima de uma linha horizontal no nível do qual a veia braquiocefálica esquerda cruza a traqueia. **Estação 2:** os linfonodos paratraqueais superiores se encontram abaixo da linha dos linfonodos mediastinais mais altos e acima de uma linha traçada horizontalmente ao nível da borda superior do arco da aorta. **Estação 3:** os linfonodos pré-vasculares e retrotraqueais se encontram atrás da traqueia, mas em frente aos grandes vasos. **Estação 4:** os linfonodos paratraqueais inferiores se encontram abaixo da margem superior do arco da aorta e abaixo da margem superior dos brônquios lobares superiores correspondente. Do lado direito, esta é a margem superior do brônquio lobar superior direito; a maioria dos linfonodos nesta área tende ser posicionada anterolateral à traqueia. Do lado esquerdo, os linfonodos estão localizados abaixo da margem superior do arco da aorta e acima da margem do brônquio lobar superior esquerdo. Eles se encontram medialmente ao ligamento arterioso e estão usualmente laterais à traqueia. **Estação 5:** os linfonodos subaórticos se encontram na janela aortopulmonar e estão situados lateralmente ao ligamento arterioso, ou à aorta, ou à artéria pulmonar esquerda, mas proximalmente à primeira divisão da artéria pulmonar esquerda. **Estação 6:** os linfonodos para-aórticos se encontram entre a margem superior do arco da aorta e lateralmente à parte ascendente da aorta e ao arco da aorta. **Estação 7:** os linfonodos subcarinais se encontram abaixo da carina da traqueia, mas não estão associados aos brônquios lobares inferiores. **Estação 8:** os linfonodos paraesofágicos se encontram a cada lado do esôfago, bem abaixo do nível dos linfonodos subcarinais. **Estação 9:** os linfonodos do ligamento pulmonar se encontram no interior do ligamento pulmonar.

O envolvimento destes linfonodos por células cancerosas tem importantes implicações prognósticas e influencia a escolha do tratamento (Mountain e Dresler, 1997). O sistema de estagiamento para o câncer de pulmão classifica o envolvimento dos linfonodos hilares ipsilaterais como N1, os linfonodos mediastinais ipsilaterais como N2, os linfonodos hilares/mediastinais contralaterais como N3 e os linfonodos supraclaviculares/escalenos como M1 (metástases distantes).

Estes grupos não estão nitidamente demarcados. Os linfonodos pulmonares se tornam contínuos com os linfonodos broncopulmonares, e estes por sua vez se misturam com os linfonodos traqueobronquiais inferiores e superiores, os quais são contínuos com o grupo paratraqueal. Os vasos aferentes dos linfonodos traqueobronquiais drenam os pulmões e os brônquios, a parte torácica da traqueia, o coração e alguns vasos eferentes dos linfonodos mediastinais posteriores. Seus vasos eferentes ascendem sobre a traqueia para se unir com vasos eferentes dos linfonodos paraesternais e braquiocefálicos, como os troncos broncomediastinais direito e esquerdo. O tronco direito pode ocasionalmente se unir a um ducto linfático direito ou a um outro tronco linfático do lado direito, e o tronco esquerdo pode se unir ao ducto torácico, mas usualmente eles se abrem independentemente na junção jugulosubclávia ipsilateral, ou próximo a esta (Cap. 28).

Mediastinoscopia

Na mediastinoscopia cervical, uma incisão transversal é feita na incisura jugular através da lâmina profunda da fáscia cervical profunda após a retração dos músculos esterno-hióideo e esternotireóideo, os quais se encontram no interior de sua lâmina superficial. O plano pré-traqueal é dissecado ao longo da superfície anterior da traqueia, e um espaço é criado entre a traqueia e a artéria braquiocefálica anteriormente para baixo do nível da carina e ao longo de ambos os lados da traqueia e dos brônquios principais. Isto permite a inserção do endoscópio para inspecionar e biopsiar massas de linfonodos na estação 2 (linfonodos paratraqueais superiores), estação 4 (linfonodos paratraqueais inferiores) e na estação 7 (linfonodos subcarinais). A parte anterior do mediastino superior é mais difícil de avaliar com o uso da mediastinoscopia, e frequentemente requer uma mediastinostomia anterior na qual o mediastinoscópio é inserido retroesternalmente ao

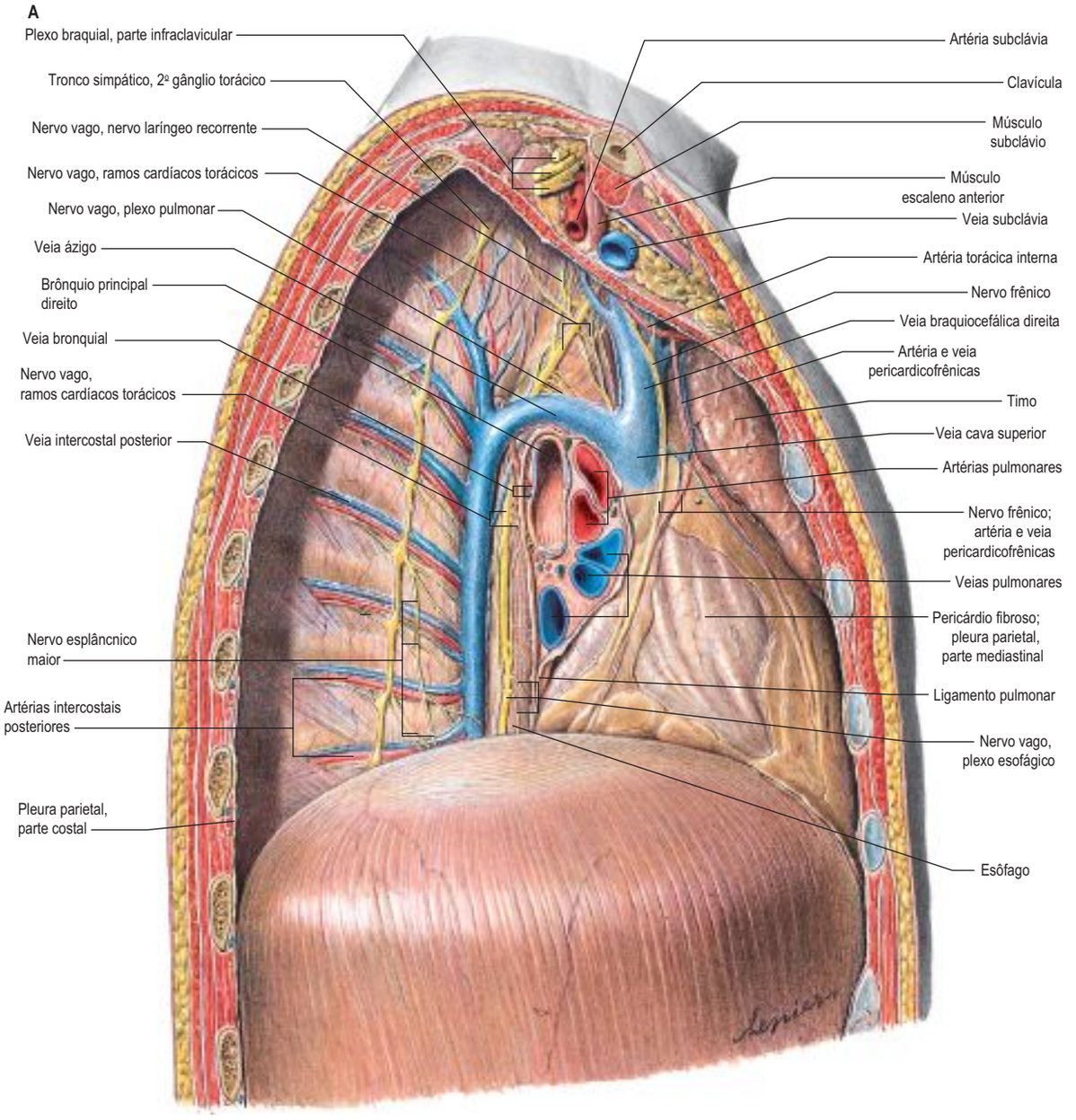


Fig. 55.6 O mediastino. **A,** Vista lateral direita. (De Sobotta, 2006.)

longo do plano pré-vascular. Os linfonodos nas estações 5 e 6 do mediastino podem ser acessados por meio desta técnica.

DUCTO TORÁCICO

Em adultos, o ducto torácico, incluindo a confluência dos troncos linfáticos (ou a cisterna do quilo, na pequena proporção de indivíduos nos quais esta última é sacular), tem 38-45 cm de comprimento, e se estende da segunda vértebra lombar até a base do pescoço (Fig. 55.5). Começando a partir do pólo superior da confluência próxima à borda inferior da décima-segunda vértebra torácica (Cap. 62), o ducto torácico atravessa o espaço retrocrural do músculo diafragma com a aorta, as veias ázigo e hemiázigo, em seguida ascende no mediastino posterior, à direita da linha mediana, entre a parte torácica da parte descendente da aorta (à sua esquerda) e a veia ázigo (à sua direita). A coluna vertebral, as artérias intercostais direitas derivadas da aorta, e os segmentos terminais das veias hemiázigo e hemiázigo acessória são relações posteriores. O músculo diafragma e o esôfago são anteriores; um recesso da cavidade pleural direita pode separar o ducto e o esôfago. No nível do corpo da quinta vértebra torácica, o ducto gradualmente se inclina para a esquerda, entra no mediastino superior e em seguida ascende para a entrada torácica ao longo da borda esquerda do esôfago. Nesta parte de seu trajeto, o ducto é primeiro cruzado anteriormente pelo arco da aorta e em sequência segue posteriormente para o segmento inicial da artéria subclávia esquerda, em contato íntimo com a pleura mediastinal esquerda. Passando para o interior do pescoço, ele arqueia lateralmente ao nível do processo transverso da sétima vértebra cervical. Seu arco se eleva a 3 a 4 cm acima da clavícula e se curva anteriormente à artéria e veia vertebrais, ao tronco simpático esquerdo, ao tronco tireocervical ou seus ramos, ao nervo frênico esquerdo e à borda medial do músculo escaleno anterior. Ele passa posteriormente à artéria carótida comum, ao nervo vago e à veia jugular interna esquerdos. Finalmente, o ducto desce anteriormente à primeira parte cervical arqueada da artéria subclávia esquerda e termina através da abertura na junção das veias subclávia e jugular interna esquerdas (Fig. 28.16A). Ele também pode se abrir em alguma das grandes veias, próximo à junção, ou ele pode se dividir em um número de vasos menores antes de terminar. Em raros indivíduos, não há um ducto torácico aparente à esquerda. Várias aberturas terminais às vezes ocorrem. Os padrões variam grandemente em diferentes estudos, mas os locais de terminação comumente relatados são a veia jugular interna, a junção jugulosubclávia e a veia subclávia. A terminação na veia braquiocefálica esquerda ocorre ocasionalmente.

Em sua origem abdominal, o ducto torácico apresenta usualmente 5 mm de diâmetro, diminuindo de calibre ao nível torácico médio, e em seguida em cerca da metade dos indivíduos é, mais uma vez, levemente dilatado antes de sua terminação. Ele é ligeiramente sinuoso, estreitado a intervalos, e parece varicoso. Pode se dividir em seu curso médio em dois vasos desiguais que logo se reúnem, ou em vários pequenos ramos que formam um plexo antes de continuar como um ducto único. A um nível mais alto, ele ocasionalmente se bifurca, com o ramo esquerdo terminando como de costume, e o ramo direito divergindo para se unir a um dos troncos linfáticos direitos ou, quando presente, a um ducto linfático direito. O vaso combinado normalmente se abre na veia subclávia direita. O ducto torácico apresenta várias valvas que correspondem a locais expos-

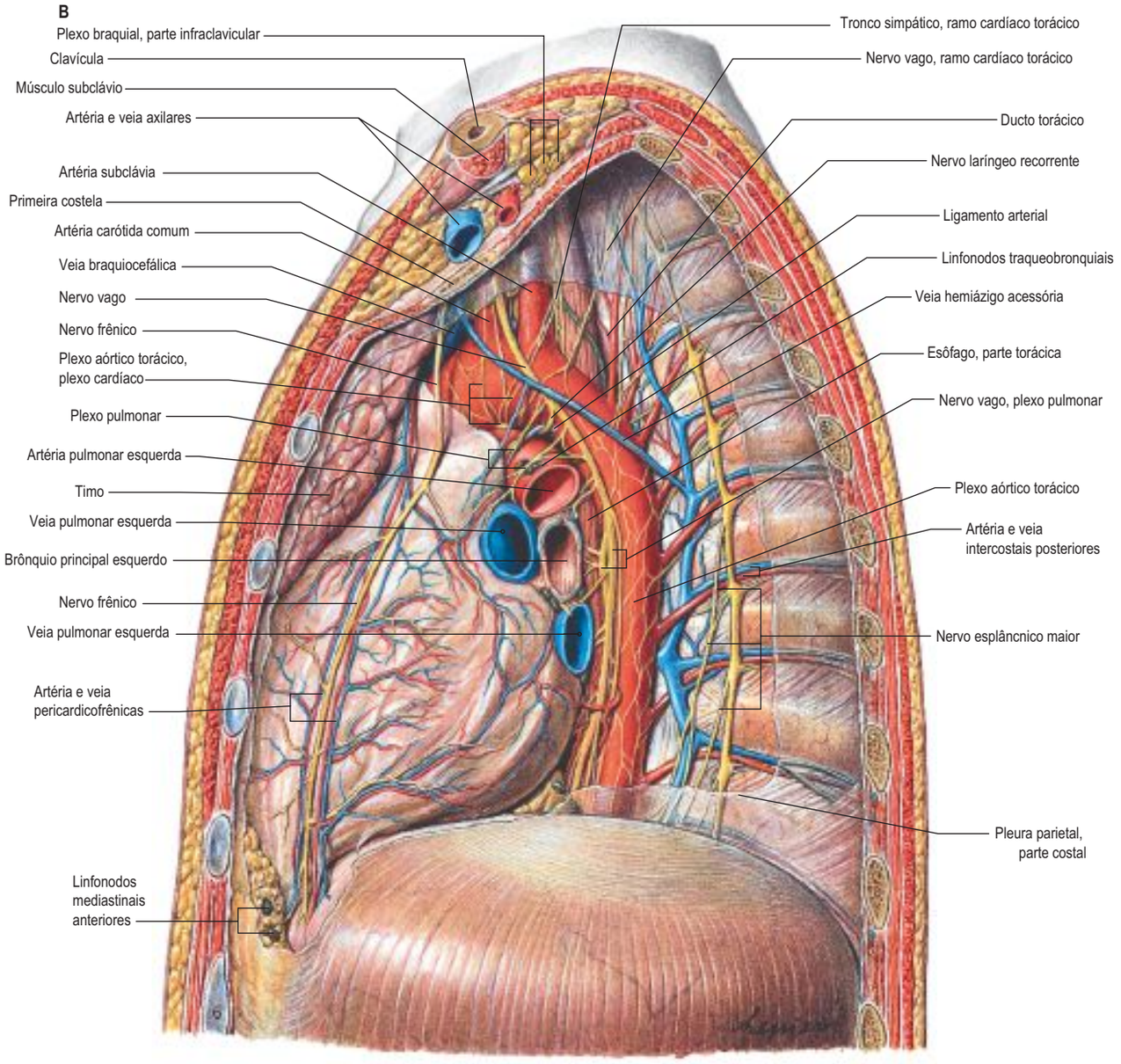


Fig. 55.6, cont. B, Vista lateral esquerda. (De Sobotta, 2006.)

tos a pressão. Em sua terminação, uma valva bicúspide está voltada para dentro da veia para prevenir ou reduzir o refluxo de sangue: após a morte, o sangue regurgita livremente para dentro do ducto.

Anomalias do ducto torácico podem ser delineadas por dissecção pelos vasos linfáticos inguinais, seguido por canulação e subsequente injeção de um meio de contraste oleoso (lipiodol), acompanhado de filmes radiográficos típicos ou TC.

TRIBUTÁRIOS

Os troncos linfáticos torácicos descendentes bilaterais, derivados de linfonodos intercostais dos seis ou sete espaços intercostais inferiores de ambos os lados, atravessam o espaço retrocrural e se unem nas faces laterais do ducto torácico no abdome, imediatamente após sua origem. Os troncos linfáticos lombares ascendentes bilaterais, derivados dos linfonodos aórticos laterais superiores, ascendem e perfuram seu pilar diafragmático correspondente, e em seguida se unem ao ducto torácico a um nível variável no interior do tórax. Os troncos intercostais superiores drenam os linfonodos intercostais nos cinco ou seis espaços intercostais superiores esquerdos. Os troncos mediastinais drenam vários grupos de linfonodos e fornecem vias para o ducto torácico a partir da face diafragmática convexa do fígado, músculo diafragma, pericárdio, coração e esôfago. O tronco subclávio esquerdo usualmente se une ao ducto torácico, mas pode se abrir independentemente na veia subclávia esquerda. O tronco jugular esquerdo usualmente se une ao ducto torácico, mas pode se abrir independentemente na veia jugular interna esquerda. O tronco broncomediastinal esquerdo ocasionalmente se une ao ducto torácico, mas usualmente tem uma abertura venosa independente.

Muitos dos troncos listados acima estão descritos como possuindo valvas bicúspides terminais, as quais possivelmente previnem o refluxo de linfa.

LESÃO DURANTE CIRURGIA DE ESÔFAGO

O ducto torácico é vulnerável a lesões após cirurgia torácica, particularmente cirurgias esofágicas (Wemyss-Holden *et al.*, 2001). A incidência é entre 0,2% e 3%, e aumenta com procedimentos trans-hiatais e toracoscópicos. A laceração do ducto torácico é uma complicação potencialmente fatal: os índices de mortalidade são mais de 50% com o tratamento conservador e 10-16% mesmo após uma ligação cirúrgica precoce do ducto. A ruptura do ducto torácico leva a um vazamento do quilo, o qual é rico em lipídios, proteínas e linfócitos, e por isso ocorre uma progressiva deficiência nutricional e imunológica. Felizmente, a incidência de uma real transecção do ducto torácico é rara, e casos nos quais existam algumas efusões quilosas pós-operatórias são usualmente o resultado de lesão a alguns dos tributários do ducto torácico, em vez de lesão no ducto propriamente. Estes são comumente autolimitantes e respondem ao tratamento conservador.

O trajeto variável do ducto torácico, acoplado à falha de sua identificação em uma cirurgia, pode levar a sua incisão ou transecção inadvertidas. A incidência maior de lesão com ressecção trans-hiatal pode ser atribuível a forças de tração durante a mobilização da parte distal do esôfago, enquanto o campo limitado de visão provavelmente contribui

para a maior incidência de lesão ao ducto torácico durante uma cirurgia toracoscópica. A lesão deve ser suspeitada no período pós-operatório se houver uma silhueta mediastinal aumentada em radiografias torácicas em série, ou se houver uma drenagem significativa de um líquido de cor creme a partir dos drenos torácico ou abdominal. Em casos de dúvida, uma confirmação eletroforética para a presença de quilomícrons no fluido pleural é diagnóstico.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do ducto torácico está descrito no Capítulo 59.

DUCTO LINFÁTICO DIREITO

O ducto linfático direito (Fig. 55.5) tem uma anatomia variável que inclui a duplicação do ducto e uma terminação do lado esquerdo, direito ou bilateral. A natureza plexiforme dos troncos dos quais o ducto torácico se desenvolve leva a um número de possíveis anormalidades. A mais comum é a duplicação do ducto por uma parte variável de seu trajeto e a subsequente fusão para formar um ducto único que drena para o tronco jugular interno esquerdo. Ocasionalmente, o ducto tem terminações duplas nas veias jugulares internas direita e esquerda, e raramente ele termina apenas na veia jugular interna direita.

SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

O sistema nervoso autônomo no tórax consiste nas cadeias simpáticas ganglionares direita e esquerda, nos nervos vagos esquerdo e direito, e nos plexos cardíaco, pulmonar e esofágico. O plexo cardíaco é descrito no Capítulo 56, o plexo pulmonar é descrito no Capítulo 57, e o plexo esofágico é descrito a seguir.

TRONCO SIMPÁTICO TORÁCICO

O tronco simpático torácico (Figs. 15.13, 55.7) contém gânglios em número quase igual ao dos nervos espinais torácicos (usualmente 11, ocasionalmente 12, raramente 10 ou 13). Quase sempre, o primeiro gânglio torácico é fundido ao gânglio cervical inferior, formando o gânglio cervicotorácico. Ocasionalmente, o segundo gânglio torácico pode estar incluído nesta fusão, e neste caso, o gânglio sucessivo é contado como o segundo a fim de fazer os outros gânglios corresponderem numericamente com outras estruturas segmentares. Exceto pelo segundo e pelos dois ou três inferiores, os gânglios torácicos se encontram opostos as cabeças das costelas, posteriormente à pleura costal. O segundo gânglio simpático torácico está comumente localizado no segundo espaço intercostal e os dois ou três gânglios mais baixos se encontram lateralmente aos corpos das vértebras correspondentes. Caudalmente, o tronco simpático torácico passa posteriormente ao ligamento arqueado medial (ou através do pilar do diafragma) para se tornar o tronco simpático lombar.

Os gânglios são pequenos e interconectados por segmentos intervenientes do tronco. A descrição clássica é que dois ou mais ramos comunicantes, denominados branco e cinzento, conectam cada gânglio com seu nervo espinal correspondente, os ramos brancos se unindo ao nervo distalmente aos cinzentos. Variações neste padrão não são incomuns, especialmente nos níveis torácicos superiores: estas variações são raramente bilateralmente simétricas. Ramos ascendentes e descendentes adicionais para níveis mais altos e mais baixos são emitidos respectivamente a partir do segundo gânglio simpático (54% e 46%), do terceiro gânglio (6% e 25%) e do quarto gânglio (5% e 8%) (Cho *et al.*, 2005). O ramo ascendente derivado do segundo gânglio é às vezes chamado de nervo de Kuntz. As variações anatômicas apresentadas pelos ramos comunicantes e na localização do segundo gânglio simpático poderiam explicar algumas

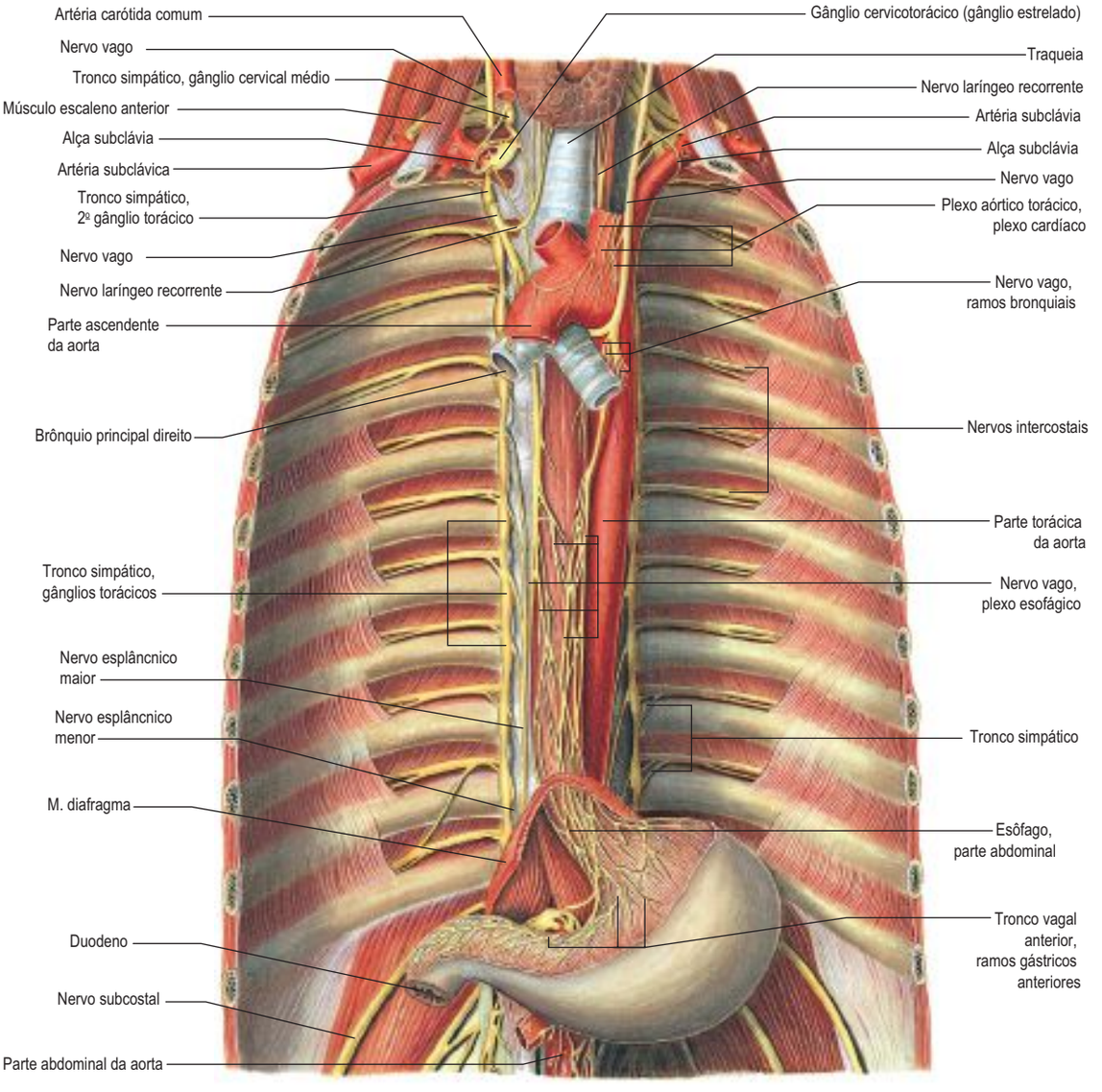


Fig. 55.7 O sistema nervoso autônomo torácico. (De Sobotta, 2006.)

falhas cirúrgicas e a recorrência de sintomas. Ocasionalmente, um ramo cinzento e um ramo branco se fundem para formar um ramo "misto".

Os ramos mediais derivados dos cinco gânglios superiores são muito pequenos, e fornecem filetes para a parte torácica da aorta e seus ramos; eles formam um delicado plexo aórtico torácico sobre a aorta, com filetes derivados do nervo esplâncnico maior. Ramos do segundo ao quinto ou sexto gânglios entram no plexo pulmonar posterior. Outros, derivados do segundo ao quinto gânglios, passam para a parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco. Pequenos ramos destes nervos pulmonares e cardíacos passam para o esôfago e a traqueia. Os ramos mediais derivados dos sete gânglios inferiores são grandes; eles suprem a aorta e se unem para formar os nervos esplâncnicos maior, menor e inferior (os dois últimos nem sempre são identificáveis).

O nervo esplâncnico maior consiste principalmente em fibras eferentes pré-ganglionares mielínicas e fibras aferentes viscerais e é formado por ramos do quinto ao nono ou décimo gânglios torácicos; as fibras nos ramos superiores podem ser seguidas até o primeiro ou segundo gânglios torácicos. Suas raízes variam de uma a oito, sendo quatro o número mais comum. Ele desce obliquamente sobre os corpos vertebrais, fornece ramos para a parte torácica da parte descendente da aorta e perfura o pilar do diafragma ipsilateral até terminar principalmente no gânglio celíaco, mas parcialmente no gânglio aorticorrenal e na glândula suprarrenal (ou adrenal). Um gânglio esplâncnico existe no nervo oposto à décima primeira ou décima segunda vértebra torácica em uma maioria de indivíduos.

O nervo esplâncnico menor, formado por ramos do nono e décimo (às vezes o décimo e o décimo primeiro) gânglios torácicos e pelo tronco entre eles, perfura o músculo diafragma com o nervo esplâncnico maior e se une ao gânglio aorticorrenal.

O nervo esplâncnico imo derivado do gânglio torácico mais baixo, entra no abdome com o tronco simpático para terminar no plexo renal.

O nervo esplâncnico maior está sempre presente, o menor está comumente presente, e o imo está frequentemente presente. Um quarto nervo esplâncnico (acessório) tem sido descrito.

Simpatetctomia torácica

A simpatectomia torácica endoscópica (STE) é o método de escolha para curar a hiperidrose moderada e severa das palmas das mãos, o enrubescimento facial fóbico, a doença de Raynaud severa em estágio terminal com úlceras periféricas e a distrofia simpática reflexa severa. O tratamento das duas últimas doenças pela STE é controverso porque o efeito é usualmente transitório. A STE é muito bem sucedida em pacientes em cura de hiperidrose e enrubescimento facial fóbico: síndromes dolorosas têm um resultado significativamente pior.

A operação envolve a realização de minúsculas incisões atrás da prega peitoral anterior na axila, e insuflar uma pequena quantidade de dióxido de carbono na cavidade torácica para permitir o acesso com um toracoscópio modificado. No tratamento do enrubescimento facial fóbico, ela é suficiente para dividir as fibras que seguem superiormente a partir do segundo gânglio torácico por sobre o colo da segunda costela, deixando o segundo gânglio quase intacto. O tratamento da hiperidrose palmar requer a ablação por termocoagulação do tronco simpático por sobre os colos da terceira e quarta costelas, tomando o cuidado para evitar qualquer propagação de energia térmica ao longo do tronco de modo a evitar a lesão do gânglio estrelado, situado mais superiormente (veja "síndrome de Horner" no parágrafo abaixo). O risco de sudorese compensatória é significativamente reduzido, embora não completamente excluído, por limitar o número de gânglios tratados a um mínimo absoluto. Como um procedimento adicional, a divisão das vias simpáticas inconstantes (nervo de Kuntz, ramos comunicantes adicionais ascendentes ou descendentes) na segunda, terceira e quarta costelas pode melhorar os resultados cirúrgicos.

O efeito é imediatamente evidente: o paciente acorda da anestesia com as mãos secas e quentes. Em muitos casos, mesmo a hiperidrose dos pés melhora, mas os mecanismos anatômicos/fisiológicos responsáveis ainda não são propriamente compreendidos (Gofeld e Faclier, 2006). As complicações cirúrgicas são muito raras: a síndrome de Horner é a mais temida, e é causada pela lesão do gânglio estrelado e pela interrupção das fibras simpáticas derivadas de T1, as quais ascendem ao redor das artérias que suprem a cabeça e o pescoço (Cap. 28).

Os efeitos colaterais incluem a sudorese compensatória (variando de raramente perceptível a bastante perturbadora) em outros locais do corpo devido ao exercício ou à exposição a altas temperaturas em até 70% dos pacientes. Isto é severo em 5% dos pacientes e pode ser mais frequente naqueles operados para a hiperidrose axilar (quando dois gânglios mais inferiores têm que ser divididos): alguns cirurgiões agora não consideram a hiperidrose axilar isolada como uma indicação para este procedimento. A sudorese gustatória ou olfatória também pode ocorrer em até um terço dos pacientes, mas raramente é considerado um problema. Outros efeitos colaterais documentados são a incapacidade de elevar a frequência cardíaca durante um treinamento físico, e em alguns casos isto tem levado a uma capacidade diminuída de realizar trabalhos e atividades diárias. Alguns pacientes também experimentam uma sensação desconfortável de não ser capaz de controlar sua temperatura corporal.

O NERVO VAGO NO MEDIASTINO

O nervo vago contém fibras parassimpáticas pré-ganglionares que surgem em seu núcleo posterior e seguem no nervo e em seus ramos pulmonares, cardíacos, esofágicos, gástricos, celíacos e outros. Algumas fibras parassimpáticas cardíacas podem se originar de neurônios no núcleo ambíguo ou próximo a este. A proporção de fibras parassimpáticas eferentes no nervo vago varia em diferentes níveis, mas é pequena em relação a seu conteúdo sensitivo e sensoriomotor. As fibras eferentes transmitem para minúsculos gânglios nas paredes viscerais.

Os ramos cardíacos se unem aos plexos cardíacos e transmitem para gânglios que estão distribuídos livremente por sobre ambos os átrios no tecido subepicárdico. As fibras terminais estão distribuídas para os átrios e para o feixe atrioventricular; elas estão concentradas ao redor do nó sinoatrial e, em um grau menor, do nó atrioventricular (Cap. 56). Os ramos cardíacos diminuem a velocidade do ciclo cardíaco e reduzem a força de contração. Tem-se afirmado que os nervos vagos podem influenciar o músculo ventricular apenas através de seu efeito sobre o nó atrioventricular, muito embora a inervação parassimpática pós-ganglionar dos ventrículos seja esparsa. Os ramos menores das artérias coronárias são inervados principalmente através do nervo vago, enquanto as artérias maiores, com uma dupla inervação, são principalmente supridas por fibras simpáticas. Os ramos pulmonares são motores para as fibras musculares lisas circulares dos brônquios e bronquíolos e, consequentemente, são broncoconstritores; as transmissões sinápticas ocorrem nos gânglios dos plexos pulmonares.

A distribuição do nervo vago para as vísceras abdominais está descrita em capítulos apropriados na seção sobre Abdome e pelve.

Nervo vago direito

O nervo vago direito desce posteriormente à veia jugular interna e cruza a primeira parte da artéria subclávia para entrar no tórax. Ele desce através do mediastino superior, inicialmente por trás da veia braquiocefálica direita, e em seguida à direita da traqueia e posteromedialmente à veia braquiocefálica direita e a veia cava superior. A pleura e o pulmão direitos estão lateralmente a ele acima, e estão separados dele abaixo pela veia ázigo, a qual se arqueia para a frente e acima do hilo do pulmão direito (Fig. 55.6). Ele passa por trás do brônquio principal direito e se encontra sobre a face posterior do hilo do pulmão direito, onde ele se divide nos ramos pulmonares (ou bronquiais) posteriores. Estes últimos se unem com os ramos derivados do segundo ao quinto ou sexto gânglios simpáticos torácicos para formar o plexo pulmonar posterior direito. Dois ou três ramos descem da parte inferior deste plexo sobre a face posterior do esôfago e se unem a um ramo vagal esquerdo para formar o plexo esofágico posterior. Um tronco vagal que contém fibras dos nervos vagos direito e esquerdo deixa o plexo e segue para baixo sobre a superfície posterior do esôfago. Ele entra no abdome passando através do hiato esofágico.

Nervo vago esquerdo

O nervo vago esquerdo entra no tórax entre as artérias carótida comum esquerda e subclávia, e por trás da veia braquiocefálica esquerda. Ele desce através do mediastino superior e cruza o lado esquerdo do arco da aorta para passar por trás do hilo do pulmão esquerdo (Fig. 55.6). Acima do arco da aorta, ele é cruzado anterolateralmente pelo nervo frênico esquerdo, e sobre o arco pela veia intercostal superior esquerda. Atrás do hilo, ele se divide nos ramos pulmonares (ou bronquiais) posteriores, os quais se unem com ramos do segundo ao quarto gânglios simpáticos torácicos para formar o plexo pulmonar posterior esquerdo. Dois ou três ramos descem anteriormente sobre o esôfago e se unem a um ramo derivado do plexo pulmonar posterior direito para formar o plexo esofágico anterior. Um tronco contendo fibras derivadas de ambos os nervos vagos desce anteriormente ao esôfago e entra no abdome através do hiato esofágico.

TIMO

O timo (Figs. 55.8 e 55.9) é um dos dois órgãos linfoides primários; o outro é a medula óssea. Ele é um órgão bilobado, encapsulado e macio; as duas partes se encontram unidas na linha mediana por tecido conjuntivo que se mescla com a cápsula de cada lobo. Estes lobos normalmente podem ter aderências com o pericárdio fibroso, o qual necessita de uma pericardiectomia limitada durante uma timectomia. O timo é visível à TC e a cortes axiais em RM imediatamente anterior à parte ascendente da aorta e inferiormente à veia braquiocefálica esquerda; a atenuação da TC em indivíduos mais jovens é homogênea e similar ou maior que a do

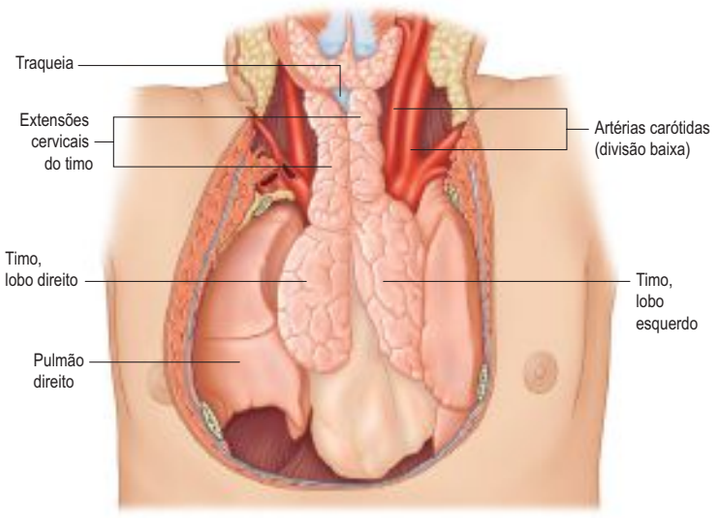


Fig. 55.8 O timo neonatal.

Fig. 55.9 Timo de uma menina de 9 anos de idade (à esquerda) e de um homem de 80 anos de idade (à direita). Note a infiltração fibroadiposa do timo do idoso. (Por cortesia do Professor M Kendall, Department of Physiology, GKT School of Medicine, London.)

músculo, e a intensidade do sinal com TC sobre imagens pesadas em T_2 é similar ou maior do que a da gordura.

RELAÇÕES

O timo é maior no início da vida, particularmente à época da puberdade, e persiste ativamente na velhice, apesar da considerável degeneração fibroadiposa, a qual às vezes obscurece a existência do tecido tímico. A maior parte do timo se encontra no mediastino superior e na parte anterior do mediastino inferior, e a borda inferior do timo atinge o nível das quartas cartilagens costais. Superiormente, extensões para o pescoço são comuns, refletindo as origens embriológicas (bilaterais) do timo a partir do terceiro par de bolsas faríngeas. Seus polos superiores se unem e se estendem para cima, no nível da incisura jugular; o polo esquerdo usualmente se estende mais alto e é visto primeiro por trás dos músculos infra-hióideos durante os estágios iniciais da timectomia transcervical (p. 949). Ele às vezes atinge os polos inferiores da glândula tireóide ou mesmo mais alto, e está conectado à glândula tireoide através do ligamento tireotímico. Seu formato é largamente moldado pelas estruturas adjacentes. Inferiormente, a extremidade inferior do lobo direito comumente se encontra entre o lado direito da parte ascendente da aorta e o pulmão direito, anteriormente à veia cava superior. Anteriormente, encontram-se o músculo esterno-hióideo, o músculo esternotireóideo e fáscia (no pescoço) e o manúbrio do esterno, os vasos torácicos internos e as três cartilagens costais superiores (no tórax). As pleuras se encontram lateralmente e os nervos frênicos estão anterolateral e inferiormente. Posteriormente, o timo está em contato com os vasos do mediastino superior (a veia braquiocefálica esquerda pode estar parcialmente embebida no órgão), a parte superior da traqueia e a superfície anterior do coração. Cirurgiões torácicos que realizam timectomias devem estar atentos sobre a variação anatômica onde os polos superiores podem estar situados posteriormente à veia braquiocefálica esquerda.

Um tecido tímico separado é frequentemente encontrado disseminado ao redor do órgão, e restos tímicos ectópicos são às vezes descobertos em localizações mediastinais incomuns. Pequenos nódulos acessórios podem ocorrer no pescoço; eles representam porções que se tornaram destacadas durante sua descida embriológica. Delgadas faixas de tecido tímico podem ocorrer ao longo da linha de descida e podem atingir até a cartilagem tireoide ou acima. O tecido conjuntivo que marca a via embriológica pode seguir entre o timo e as glândulas paratireoides.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O timo é suprido principalmente por ramos das artérias torácicas internas e tireóidea inferior, as quais também suprem o tecido conjuntivo mediastinal circunjacente. Um ramo derivado da artéria tireóidea superior às vezes está presente. Não há um hilo principal, mas ramos arteriais passam diretamente através da cápsula ou, mais frequentemente, em meio aos septos interlobares antes de entrar no timo na junção entre o córtex e a medula.

Veias

As veias tímicas drenam para as veias braquiocefálica esquerda, torácicas internas e tireóidea inferior, e ocasionalmente diretamente para a veia cava superior. Uma ou mais veias frequentemente emergem medialmente de cada lobo do timo para formar um tronco comum que se abre na veia braquiocefálica esquerda.

Drenagem linfática

O timo não apresenta vasos linfáticos aferentes. Os vasos linfáticos eferentes surgem a partir da medula e da junção corticomedular e drenam através dos espaços extravasculares em companhia das artérias e veias que suprem o timo. Os vasos linfáticos tímicos terminam nos linfonodos braquiocefálicos, traqueobronquiais e paraesternais.

INERVAÇÃO

O timo é inervado pela cadeia simpática através do gânglio cervicotorácico (estrelado) ou alça subclávia, e pelo nervo vago. Ramos derivados dos nervos frênico e cervical descendente estão distribuídos principalmente para a cápsula. Os dois lobos são inervados separadamente através de suas faces posteriores, laterais e mediais. Durante o desenvolvimento e antes de sua descida para o tórax, o timo é inervado pelo nervo vago no pescoço. Após sua descida, o timo recebe uma inervação simpática através de fibras que seguem ao longo dos vasos: terminações simpáticas pós-ganglionares se ramificam radialmente e formam um plexo com as fibras vagais na junção corticomedular.

A inervação está completa em torno do início da função tímica. Muitos dos nervos autônomos são indubitavelmente vasomotores, mas outros ramos terminais (pelo menos em roedores) se ramificam por entre as células do timo, particularmente na medula, sugerindo que eles possam ter outras funções. A medula contém um número de diferentes tipos de células não linfoides, incluindo células positivas para o polipeptídeo intestinal vasoativo e acetilcolinesterase, grandes células não mioides e células contendo oxitocina, vasopressina e neurofisina, de possível origem da crista neural. Os papéis do sistema nervoso e de outros elementos neuroendócrinos na biologia geral do timo são pouco compreendidos.

MICROESTRUTURA

O timo é responsável pelo fornecimento de linfócitos T (processados no timo) para todo o corpo e proporciona um microambiente único, no qual os precursores das células T (timócitos) sofrem o desenvolvimento, a diferenciação e a expansão clonal para liberar a resposta perfeitamente específica pelas células T, adquirindo simultaneamente a tolerância imunológica aos componentes do próprio corpo. Estas etapas envolvem íntimas interações entre os timócitos e outras células (principalmente células epiteliais e células apresentadoras de antígenos) e fatores químicos no ambiente tímico. O timo também é parte dos eixos neuroimunológico e neuroendócrino do corpo, e influencia e é influenciado pelos produtos destes eixos. Sua atividade, portanto, varia durante toda a vida sob a influência de diferentes estados fisiológicos, condições patológicas e insultos químicos, tais como hormônios, drogas e poluentes.

Arquitetura geral

É útil considerar as origens embriológicas do timo a fim de compreender sua organização celular. O timo é derivado de uma variedade de fontes, incluindo derivados epiteliais das bolsas faríngeas, mesênquima, células

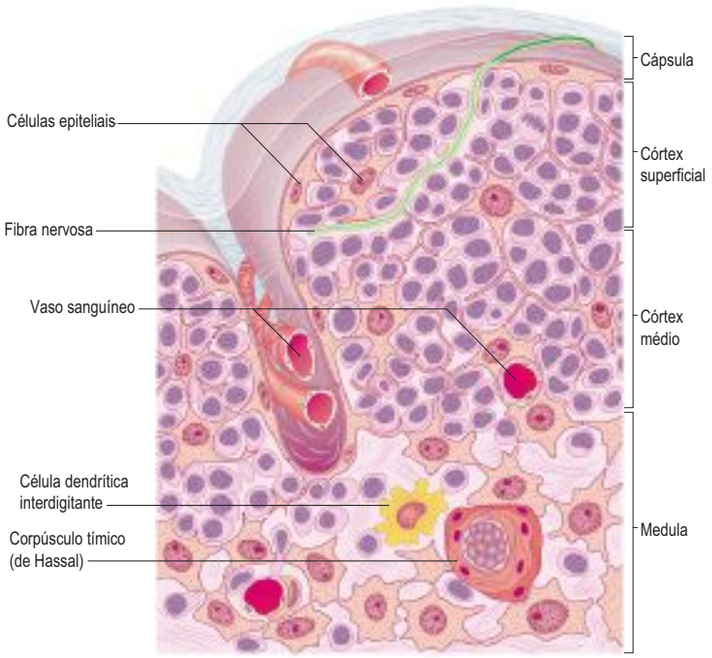


Fig. 55.10 Estrutura e organização celular do timo, mostrando um septo interlobular, a circulação cortical e os timócitos no interior de um arcabouço epitelial.

hematopoiéticas da linhagem linfoide e tecido vascular. Ao corte histológico, o timo pode ser visto como apresentando um córtex externo com células densamente compactadas, principalmente da linhagem dos linfócitos T (timócitos) e uma medula interna com poucas células linfoides (Fig. 55.10).

Ambos os lobos do timo apresentam uma cápsula de tecido conjuntivo frouxo, pouco fibroso, a partir da qual septos penetram em direção à junção entre córtex e medula e separam parcialmente os lóbulos irregulares (Fig. 55.12), os quais apresentam, cada um, 0,5-2,0 mm de diâmetro. Os septos de tecido conjuntivo formam uma rota de entrada e saída para vasos sanguíneos e nervos, e conduzem vasos linfáticos eferentes. A maioria das células migrantes entra ou sai do timo por esta rota.

Em cada lóbulo, o córtex é composto por um córtex superficial subcapsular (uma estreita faixa de células imediatamente abaixo da cápsula), e o córtex principal, o qual é muito mais extenso. A medula central de ambos os lobos tímicos é contínua de um lóbulo para o seguinte.

Arcabouço epitelial

Ao contrário de outras estruturas linfoides, nas quais o arcabouço de sustentação é principalmente o tecido reticular com fibras reticulares (colágeno do tipo III), o timo contém uma rede de células epiteliais interconectadas (Fig. 55.10) a qual cria um ambiente apropriado, devido ao contato célula a célula e à liberação de fatores parácrinos, no qual os linfócitos tímicos (células T) se desenvolvem e amadurecem. Embora diferentes em morfologia, todas as células epiteliais do timo compartilham de uma origem comum a partir do endoderma da faringe primitiva. Elas variam de tamanho e formato de acordo com suas posições no interior do timo. Tipicamente, elas apresentam núcleos pálidos e ovoides, um citoplasma bastante eosinofílico e adesões intercelulares através de desmossomas. Feixes de filamentos intermediários de citoqueratinas se encontram em seu citoplasma. As células subcapsulares formam um revestimento externo contínuo para o timo abaixo de sua cápsula fibrosa e seguem seu perfil lobulado, embainhando os vasos que passam para o órgão, e contribuindo para a barreira hematotímica funcional. Outras células epiteliais corticais formam uma trama frouxa de longos prolongamentos citoplasmáticos, enquanto células epiteliais medulares tendem a formar cordões mais sólidos, assim como também corpúsculos de Hassal: os linfócitos se encontram em meio aos interstícios da trama ou entre os cordões. Grandes células epiteliais podem estar associadas ao redor de 50 ou mais timócitos, e às vezes são chamadas de células-babás tímicas (*nurse cells*).

Os corpúsculos de Hassal são espirais de células epiteliais medulares em camadas concêntricas, de 30 a 100 μm de diâmetro, e são estruturas características da medula do timo (Figs. 55.10 e 55.11). Eles começam a se formar antes do nascimento e seus números aumentam durante toda a vida. Sua função não está clara, embora eles possam representar um local de remoção de timócitos mortos ou apoptóticos, porque seus centros são

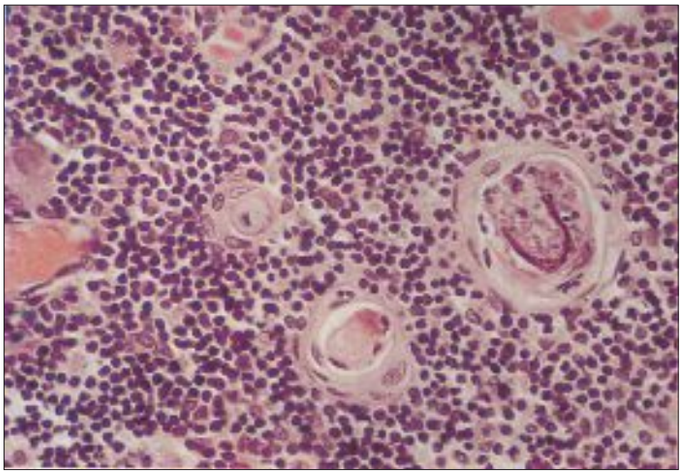


Fig. 55.11 A medula de um timo neonatal, mostrando três corpúsculos Hassal, com seu aspecto concêntrico e variados graus de maturidade, circundados por linfócitos intensamente compactados e algumas células epiteliais com núcleos maiores.

eosinófilos, parcialmente queratinizados e frequentemente contêm resíduos celulares. Corpúsculos com uma aparência similar foram descritos na tonsila palatina.

Outras células tímicas não linfocíticas

O timo também contém células da linhagem mieloide, fibroblastos e células mioides. As células da linhagem mieloide incluem monócitos na junção corticomedular; macrófagos maduros por todo o órgão, mas particularmente no córtex; e células dendríticas (apresentadoras de antígenos) interdigitantes na junção corticomedular e na medula. Algumas células dendríticas são de origem linfoide, em vez de origem mieloide. Fibroblastos são encontrados na cápsula, nos espaços perivasculares e na medula, mas são pouco frequentes no córtex, exceto no timo involuído. Células mioides, as quais são relativamente raras, estão situadas principalmente na medula e na junção corticomedular. Elas são grandes células arredondadas, e possuem um núcleo central circundado por feixes de miofilamentos irregularmente organizados. Suas funções são desconhecidas, embora tem sido sugerido que suas contrações poderiam auxiliar o movimento das células linfoides através ou para fora do timo.

Timócitos

O córtex é densamente compactado com pequenos timócitos (linfócitos tímicos, células T presumíveis). Eles ocupam os interstícios do retículo epitelial, o qual em cortes histológicos é amplamente obscurecido por estas células e formam 90% do peso total do timo neonatal. Uma distinta zona subcapsular abriga as células-tronco tímicas e linfoblastos sofrendo divisão mitótica. As primeiras células-tronco a entrar no timo no embrião advêm do saco vitelino e do fígado durante suas fases hematopoiéticas. No decorrer de períodos de desenvolvimento subsequentes, é provável que todos os linfócitos tímicos se originem na medula óssea antes de saírem do timo para a corrente sanguínea.

Os timócitos sofrem mitose em todas as zonas corticais à medida que células T em diferenciação amadurecem, movendo-se gradativamente para regiões mais profundas do córtex (Fig. 55.12). O processo de desenvolvimento e maturação dos timócitos para gerar células T depende do microambiente proporcionado pelas células epiteliais, células dendríticas, macrófagos e fibroblastos. As células T que falham em reconhecer moléculas do próprio MHC (histocompatibilidade) ou que reconhecem autoantígenos morrem por apoptose, de modo a atingir uma reatividade imunológica funcional e manter a autotolerância, respectivamente. Cerca de 95% dos timócitos corticais morrem no interior do timo; as células T sobreviventes migram através das paredes das vênulas e dos vasos linfáticos eferentes para entrar na circulação e povoar os tecidos linfoides secundários.

Microcirculação

Córtex

O padrão de fluxo sanguíneo difere no córtex e na medula. Os principais vasos sanguíneos entram no órgão na junção corticomedular e passam no interior de cada lobo, dando origem a pequenos capilares para o córtex e vasos maiores para a medula. A maioria dos capilares corticais faz alças em diferentes profundidades no córtex e se unem a vênulas na junção corticomedular; alguns continuam através do córtex e se unem a veias

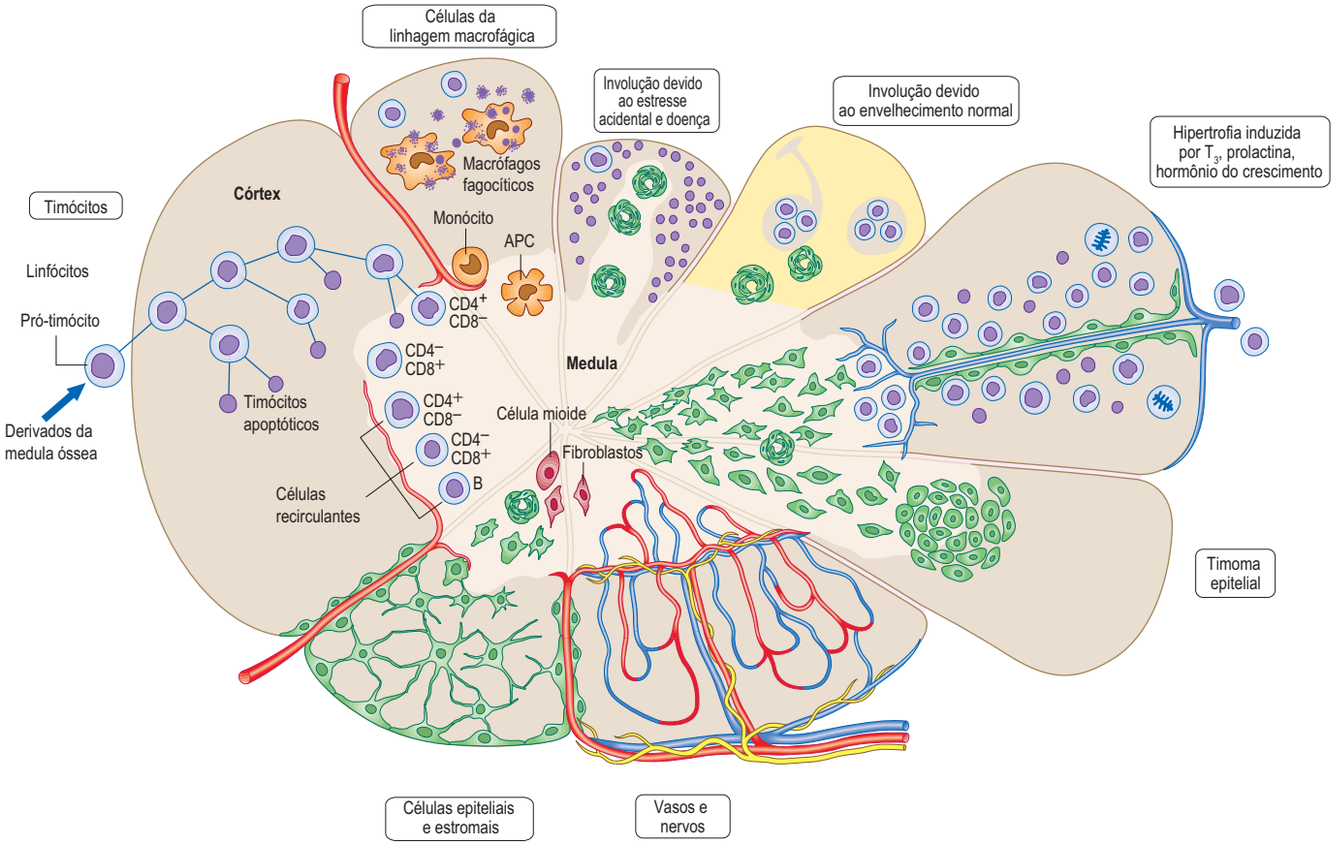


Fig. 55.12 A organização microscópica do timo em vários estágios da vida e sob diferentes condições. APC, célula apresentadora de antígenos; T_3, hormônio tireoidiano (tri-iodotironina).

maiores que seguem na cápsula, as quais saem do timo. Estes capilares corticais menores usualmente têm um estreito espaço perivascular, o qual às vezes contém pericitos e outras células, mas raramente nervos. Bainhas de células epiteliais tímicas da barreira hematotímica se encontram entre o espaço perivascular e os timócitos corticais.

Medula

Os vasos sanguíneos medulares não são tão bem protegidos por células epiteliais, e os da junção corticomedular são apenas parcialmente embainhados, usualmente em sua face cortical. Os vasos medulares são muito variáveis em tamanho e alguns podem ter curtas extensões de endotélio cuboide, similar aos dos linfonodos e do tecido linfoide associado às mucosas.

DESENVOLVIMENTO

A embriologia e o desenvolvimento pré-natal do timo estão descritos no Capítulo 35.

Alterações tímicas durante a vida pós-natal

Ao nascimento, o timo é mais frequentemente bilobulado. Ele apresenta 4-6 cm de comprimento, 2,5-5 cm de largura e 1 cm de espessura. A parte mais espessa do órgão ao nascimento não está na entrada torácica, mas imediatamente acima da base do coração. Durante a infância, o timo se estreita e se alonga, e a porção cervical se torna menos notável. A TC e estudos de imageamento do tórax revelam que o lobo direito do timo tipicamente mede 9 mm de espessura, e o esquerdo 11 mm, em crianças normais. Após os 20 anos de idade, ele diminui para 5-6 mm de espessura (Fig. 55.12).

Em relação ao corpo, o timo é maior ao nascimento, com uma massa de 10-15 g. Ele aumenta rapidamente para 20 g, e subsequentemente permanece com essa massa. Estudos da massa tímica, após morte súbita, registraram uma ampla variação de todas as idades, mas o padrão geral é que, após o primeiro ano de vida, quando existe um aumento, a massa média é bastante constante a 20 g até a sexta década de vida, quando ocorre uma redução. Entretanto, embora a massa do timo possa ser bastante constante, ele se torna progressivamente infiltrado por tecido adiposo, de modo que a quantidade total de tecido linfoide ativo se torne progressivamente menor com o tempo. Ao nascimento, os adipócitos individuais podem ser vistos nos septos de tecido conjuntivo, e números aumentados são encontrados no interior do córtex na segunda e terceira décadas. A infiltração adiposa está usualmente terminada em torno da quarta década, quando apenas a medula e pequenas áreas de córtex associado encontram-se preservadas. Este processo é independente do nível de obesidade do indivíduo.

Em crianças, o órgão é de formato mais piramidal e mais firme do que na vida adulta, quando a quantidade de tecido linfoide é grandemente reduzida. No estado fresco, ele é vermelho escuro, refletindo seu rico suprimento sanguíneo (Fig. 55.9). Com o envelhecimento, torna-se mais delgado e mais acinzentado, e é infiltrado por tecido adiposo amarelo. Cada um dos dois lobos é parcialmente dividido pela invaginação de septos rasos, de modo que, superficialmente, o órgão pareça lobulado. Conforme a atrofia adiposa progride, esta lobulação se torna mais distinta. O timo do idoso pode ser distinguido da gordura mediastinal circunjacente apenas pela presença de sua cápsula. Entretanto, mesmo em órgãos intensamente atrofiados existem usualmente áreas mais acinzentadas ao redor dos vasos sanguíneos formadas por tecido linfoide persistente. A produção e a diferenciação de timócitos persistem durante toda a vida: as células T derivadas do timo continuam a povoar o tecido linfoide periférico, o sangue e a linfa.

Timoma e miastenia grave

Os tumores tímicos podem comprimir a traqueia, o esôfago, e as grandes veias no pescoço, causando rouquidão, tosse, disfagia e ingurgitamento venoso da cabeça e do pescoço. Os timomas tendem a apresentar uma intensidade de sinal não homogênea à RM. Eles podem se desenvolver em um lobo do timo sem afetar o outro. Muitos pacientes afetados também apresentam miastenia grave e outras doenças autoimunológicas. A miastenia grave, uma doença autoimunológica crônica de adultos, apresenta-se como uma diminuição na força de contração repetitiva em certos músculos voluntários. Embora possa haver mais de uma doença com estes sinais, a miastenia grave é essencialmente uma doença autoimunológica na qual proteínas receptoras de acetilcolina das junções neuromusculares são atacadas por autoanticorpos. Os músculos comumente envolvidos são o levantador da pálpebra superior (o que leva à ptose) e os músculos extraoculares (o que leva à diplopia). Outros músculos na face, mandíbula, pescoço e membros podem estar envolvidos, e em casos severos os músculos ventilatórios encontram-se comprometidos. Cerca de 10% de indivíduos caucasianos com miastenia grave têm um timoma e 50% apresentam hiperplasia folicular medular, esta última acometendo predominantemente mulheres com idade menor de 40 anos e com forte expressão de HLA-B8-DR3, nas quais a timectomia frequentemente resulta em melhora sintomática. Na ausência de um timoma, o início da miastenia

grave ocorre após os 40 anos de idade em pacientes com um fenótipo HLA-B7-DR2, exceto por um grupo no qual a fraqueza muscular está restrita aos movimentos oculares e das pálpebras.

Timectomia

Na miastenia grave, a seleção dos pacientes para a timectomia começa com uma indicação por um neurologista. A associação mais forte entre a timectomia e um curso clínico melhorado tem sido vista em mulheres miastênicas com fraqueza muscular sistêmica; grupos controversos incluem os idosos e aqueles com apenas sintomas oculares. Uma nova abordagem transcervical para a timectomia vem sendo realizada mais comumente, mas a tradicional abordagem de divisão do esterno é ainda a técnica mais usada. Após uma incisão cervical transversal inferior, as inserções ligamentares dos músculos esternocleidomastóideos são divididas verticalmente com eletrocautério para permitir uma exposição melhorada ao interior do plano subesternal. A borda superior do retalho de pele é elevada no plano subplatismal até o nível da borda inferior da glândula tireoide. Os músculos infra-hióideos são separados longitudinalmente ao longo de sua rafe da linha mediana e os polos superiores do timo são detectados por trás. Tipicamente, o polo superior esquerdo maior é identificado primeiro e dissecado livremente para baixo, em direção ao ponto ao qual ele se mistura com o polo superior direito, logo acima da incisura jugular. O plano pré-tímico é criado por dissecção romba com o dedo, primeiramente anterior e em seguida abaixo à veia braquiocefálica esquerda, para dentro da localização subesternal. O timo é, em seguida, delicadamente retraído para a frente e para cima para mostrar as veias que drenam o timo diretamente para a veia braquiocefálica esquerda, as quais são divididas. A dissecção é, em seguida, executada ao longo da face posterior do timo dentro do mediastino. O timo geralmente permanece completamente encapsulado e é separado sem dificuldade do pericárdio (ocasionalmente, aderências necessitam de uma pericardiectomia limitada). Mais inferiormente, a depressão dos grandes vasos permite uma visualização direta da janela aortopulmonar para a completa remoção do timo em sua vizinhança. Alguns vasos sanguíneos que contribuem diretamente podem ser encontrados na forma de veias que drenam para a veia cava superior à direita, ou pequenos ramos de alguma das artérias torácicas internas. Estas podem ser separadas com o uso de eletrocautério, embora deva se tomar cuidado para evitar lesão aos nervos frênicos (por esta razão, geralmente não é dado um agente paralisante aos pacientes durante o curso do anestésico, de modo que o nervo frênico possa ser identificado durante a cirurgia).

Na maioria dos casos, o timo é removido completamente com ambos os polos superior e inferior intactos. Uma inspeção cuidadosa do tecido remanescente no mediastino é realizada para identificar quaisquer possíveis anomalias anatômicas que possam resultar em tecido tímico retido após a cirurgia. A anomalia mais comum é a localização não antecipada dos polos superiores do timo por trás da veia braquiocefálica. A janela aortopulmonar é também uma localização comum para o tecido tímico e esta área é, às vezes, difícil de ser exposta com uma abordagem transcervical. Quaisquer focos suspeitos de gordura no mediastino são removidos e, se necessário, enviados para cortes congelados para averiguar se eles contêm ou não tecido tímico.

O timo é essencial ao desenvolvimento normal dos tecidos linfoides durante a vida neonatal e a vida pós-natal inicial. A timectomia durante este período leva a uma condição progressivamente fatal, com hipoplasia dos órgãos linfoides periféricos, caquexia e uma incapacidade de montar uma resposta imunológica eficaz. Por volta da puberdade, quando os principais tecidos linfoides estão completamente desenvolvidos, a timectomia é menos debilitante, mas, no final das contas, ocorre uma redução nas respostas efetivas a novos antígenos.

Anomalias congênitas do timo

O timo não descido, corpos tímicos acessórios e raros cistos da terceira bolsa branquial não são de significado clínico (exceto onde a timectomia é indicada). Pacientes com agenesia, aplasia e hipoplasia tímicas, como em severas doenças de deficiências imunológicas combinadas, têm reduzidos os números de linfócitos, e a morte precoce devido a infecção é comum. A maioria dos casos é familiar, com genes autossômicos recessivos. Em crianças pequenas, um grande timo normal pode pressionar a traqueia, causando ataques de estridores ventilatórios.

Adenoma mediastinal de paratireoides

Quando o hiperparatireoidismo primário é diagnosticado, a excisão cirúrgica do adenoma de paratireoide causador (ocasionalmente múltiplos) é usualmente realizada se os sintomas estão presentes ou não. Aproximadamente 3% dos tumores de paratireoides são encontrados em órgãos no mediastino; 80% destes adenomas ectópicos são encontrados na parte superior ou anterior do mediastino inferior, derivados das glândulas inferiores que descem com o timo no embrião, e os restantes são encontrados no mediastino posterior. A localização pré-operatória pode ajudar a diminuir o tempo de exploração cirúrgica e a morbidade: a sensibilidade das imagens com tecnécio 99m sestamibi para identificação de adenomas de paratireoides excede 90%. A RM tem uma sensibilidade de até 75%, enquanto a TC e a ultrassonografia supraesternal são menos sensíveis (Iyer *et al.*, 1999). A amostragem venosa também pode ser usada em casos de dificuldade do diagnóstico.

Cistos mediastinais congênitos

Estes formam até 30% de todas as massas mediastinais e incluem, em ordem de frequência, cistos broncogênicos, cistos tímicos, cistos pericárdicos e pleurais, cistos de duplicação esofágica, meningoceles e cistos do duco torácico. De modo global, apenas cerca de um terço se torna sintomático, seja diretamente, como resultado de efeitos de pressão sobre estruturas circunjacentes (especialmente cistos esofágicos e tímicos), seja indiretamente, como resultado de infecção secundária (cistos broncogênicos).

ESÔFAGO

O esôfago (Figs. 55.4, 55.7, 55.13 e 55.14) é um tubo muscular, com tipicamente 25 cm de comprimento, o qual conecta a faringe ao estômago. Ele começa no pescoço, no nível da borda inferior da cartilagem cricóidea e da sexta vértebra cervical, e desce amplamente anterior à coluna vertebral pelos mediastinos superior e posterior, passa através do músculo diafragma, ao nível da décima vértebra torácica, e termina no óstio cárdico ao nível da décima primeira vértebra torácica. Geralmente vertical em seu trajeto, o esôfago apresenta duas curvaturas leves. Inicia-se no plano mediano, mas inclina-se para a esquerda até a altura da raiz do pescoço, retorna gradativamente para o plano mediano próximo à quinta vértebra torácica, e ao nível da sétima vértebra torácica, ele desvia novamente para a esquerda, antes de perfurar o músculo diafragma. O esôfago também se curva em um plano anteroposterior para seguir as curvaturas cervicotorácicas da coluna vertebral; também pode se curvar ligeiramente para a direita conforme é empurrado pela aorta antes de curvar-se para a esquerda para alcançar o hiato esofágico. Ele é a parte mais estreita do trato alimentar (exceto pelo apêndice vermiforme) e é estreitado no início (15 cm a partir dos dentes incisivos), onde é cruzado pelo arco da aorta (22,5 cm a partir dos dentes incisivos), onde é cruzado pelo brônquio principal esquerdo (27,5 cm a partir dos dentes incisivos), e à medida que passa pelo músculo diafragma (40 cm a partir dos dentes incisivos). Estas medidas são clinicamente importantes com relação à passagem de instrumentos ao longo do esôfago.

PARTE CERVICAL DO ESÔFAGO

A parte cervical do esôfago (Fig. 55.4) é posterior à traqueia e fixada a ela por tecido conjuntivo frouxo. Os nervos laríngeos recorrentes ascendem a cada lado no sulco traqueoesofágico ou próximo a ele. Posteriormente encontram-se a coluna vertebral, o músculo longo do pescoço e a lâmina pré-vertebral da fáscia cervical. Lateralmente, a cada lado, estão as artérias carótidas comuns e a parte posterior da glândula tireoide. Na parte inferior do pescoço, onde o esôfago se desvia para a esquerda, ele está mais próximo à bainha carótica esquerda e à glândula tireoide do que à sua direita. O ducto torácico ascende por uma curta distância ao longo de seu lado esquerdo (Fig. 55.5).

PARTE TORÁCICA DO ESÔFAGO

A parte torácica do esôfago (Figs. 55.13 e 55.14) está situada um pouco para a esquerda no mediastino superior entre a traqueia e a coluna vertebral. Ela passa por trás e à direita do arco da aorta para descer no mediastino posterior ao longo do lado direito da parte torácica da parte descendente da aorta. Abaixo, à medida que se inclina para a esquerda, cruza anteriormente à aorta e entra no abdome através do músculo diafragma ao nível da décima vértebra torácica. De cima para baixo, a traqueia, a artéria pulmonar direita, o brônquio principal esquerdo, o pericárdio (separando-o do átrio esquerdo) e o músculo diafragma encontram-se anteriormente. A coluna vertebral, o músculo longo do pescoço, as artérias intercostais posteriores direitas, o ducto torácico, a veia ázigo e as partes terminais das veias hemiázigo e hemiázigo acessória e, próximo ao músculo diafragma, a aorta encontram-se posteriormente. Um longo recesso do saco pleural direito se encontra entre o esôfago (em frente) a veia ázigo e a coluna vertebral (atrás) no mediastino posterior.

No mediastino superior, a parte terminal do arco da aorta, a artéria subclávia esquerda, o ducto torácico, a pleura esquerda e o nervo laríngeo recorrente são relações laterais esquerdas. No mediastino posterior, o esôfago está relacionado à parte torácica da parte descendente da aorta e à pleura esquerda. A pleura direita e a veia ázigos quando arqueia para a

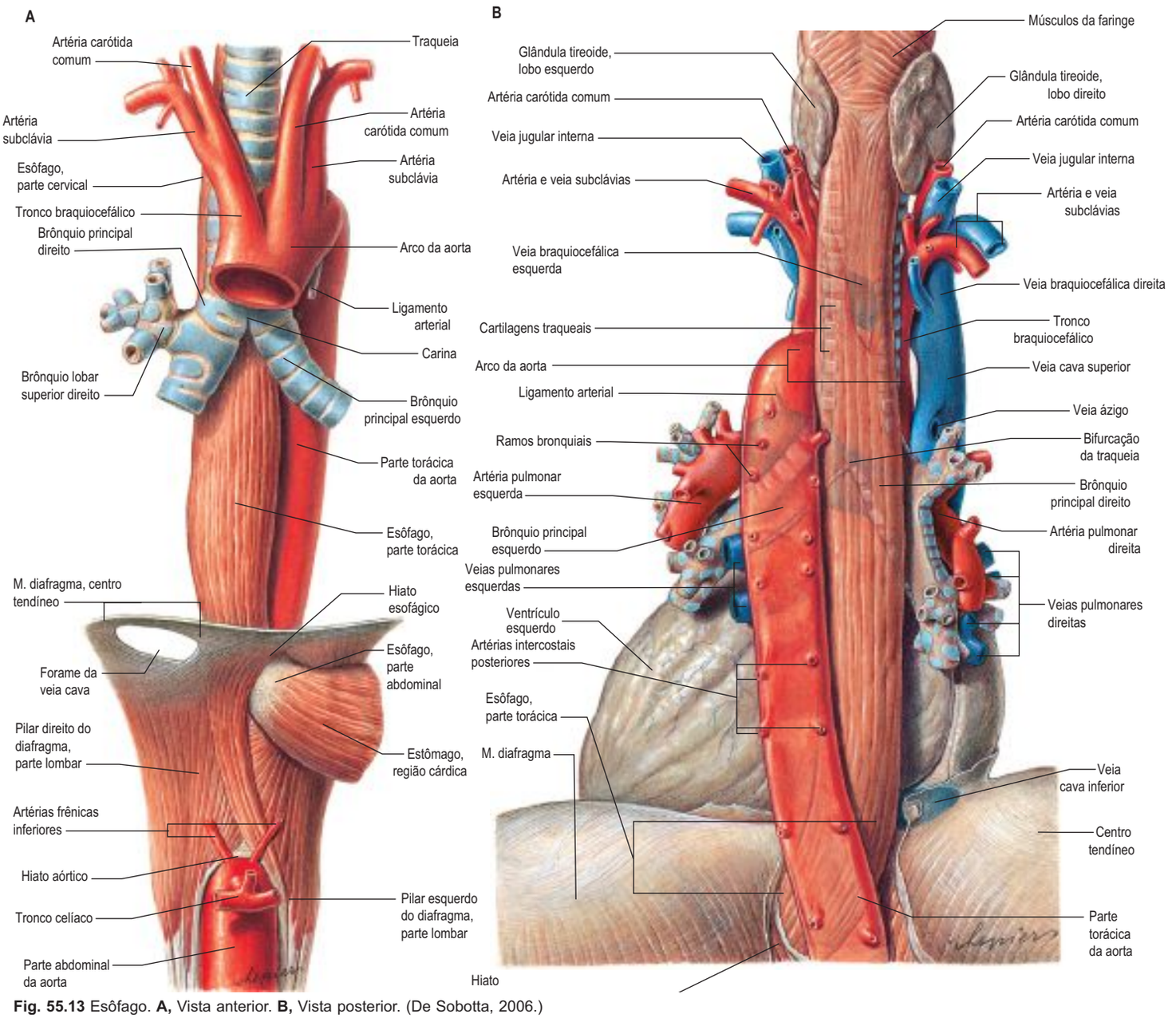


Fig. 55.13 Esôfago. **A,** Vista anterior. **B,** Vista posterior. (De Sobotta, 2006.)

frente acima do brônquio principal direito para juntar-se à veia cava são relações laterais direitas. Abaixo das raízes dos pulmões, os nervos vagos descem em contato com o esôfago, o direito principalmente por trás e o esquerdo na frente; os nervos vagos subsequentemente se unem para formar um plexo ao redor do esôfago. Em porção baixa no mediastino posterior, o ducto torácico encontra-se por trás e à direita do esôfago; em níveis mais altos, o ducto é posterior, cruzando para a esquerda do esôfago por volta da quinta vértebra torácica e em seguida, ascendendo para a esquerda. À direita do esôfago, logo acima do músculo diafragma, uma pequena bolsa infracardíaca serosa pode ocorrer; ela representa o ápice destacado do recesso pneumatoentérico direito.

PARTE ABDOMINAL DO ESÔFAGO

A parte abdominal do esôfago está descrita na seção sobre Abdome e Pelve.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

A parte cervical do esôfago é suprido pela artéria tireóidea inferior (Cap. 28). A parte torácica do esôfago é suprido por ramos bronquiais e esofágicos da parte torácica da aorta (Fig. 55.14A). Quatro ou cinco ramos esofágicos surgem a partir da superfície anterior da aorta e descem obliquamente para o esôfago, onde formam uma cadeia vascular que se anastomosa acima com os ramos esofágicos das artérias tireoides inferiores, e abaixo com os ramos ascendentes derivados das artérias frênicas e gástricas esquerdas.

Veias

O sangue derivado do esôfago é drenado para um plexo submucoso e daí para um plexo venoso periesofágico, a partir do qual veias esofágicas se originam. As veias derivadas da parte torácica do esôfago drenam predominantemente para a veia ázigo e, em um grau menor, para as veias hemiázigo, intercostais e bronquiais (Fig. 55.14B). As veias derivadas da parte cervical do esôfago drenam para a veia esofágica inferior na abertura esofágica na curvatura menor, que em seguida drena para a veia porta.

Varizes esofágicas

A cirrose ou a fibrose do fígado afeta a árvore vascular no interior do fígado e resulta em uma diminuição na complacência vascular hepática. Existe também um tônus vascular aumentado, possivelmente refletindo uma redução nos vasodilatadores endoteliais, tais como o óxido nítrico. A resistência portal aumenta, levando à formação de uma circulação colateral, e existe um aumento concomitante no fluxo sanguíneo sistêmico e esplâncnico. O desvio sistêmico do sangue ocorre entre as veias gástricas

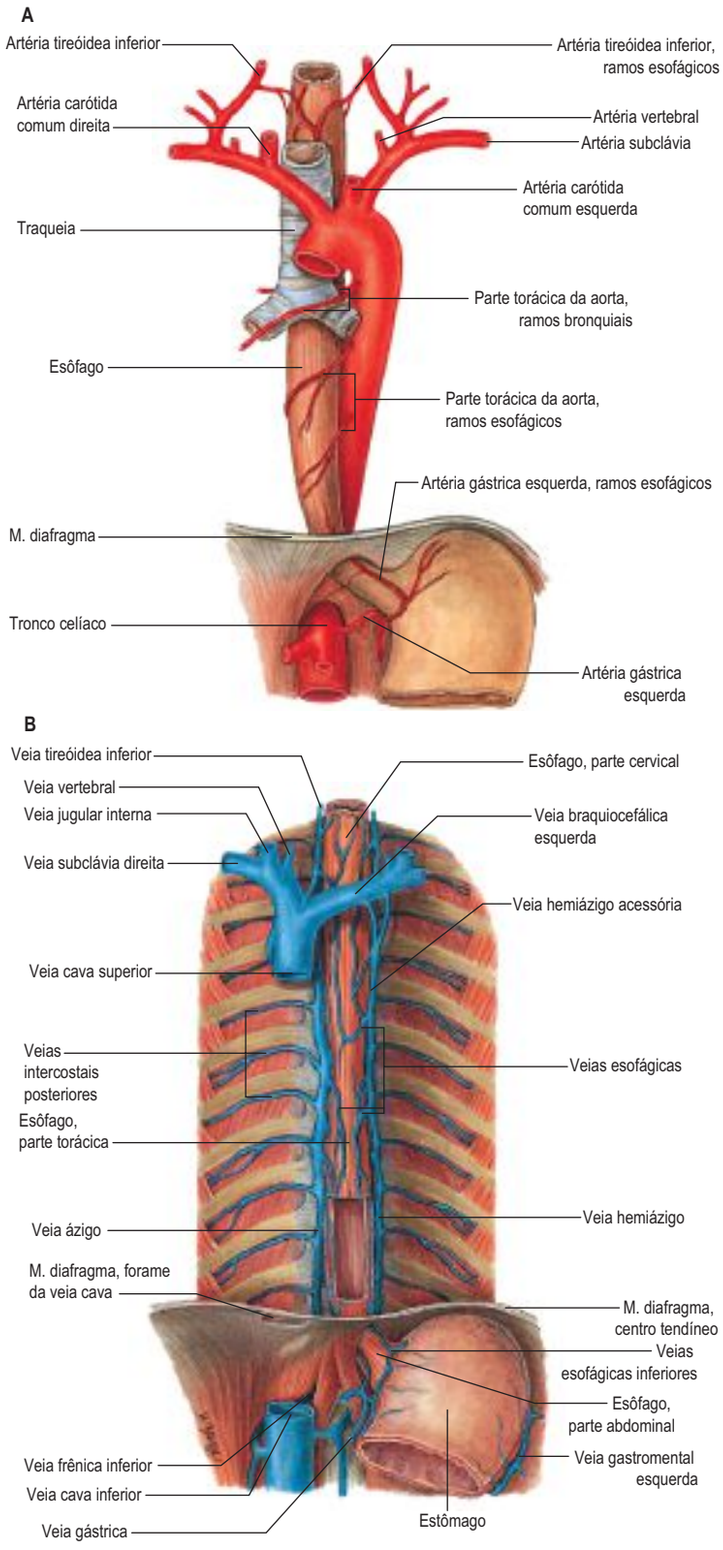


Fig. 55.14 Esôfago. **A,** Suprimento sanguíneo arterial. **B,** Drenagem venosa. (De Sobotta, 2006.)

curtas e as veias esofágicas, grandemente como o resultado da dilatação de canais embrionários pré-existentes.

As varizes na região distal do esôfago são facilmente visíveis à endoscopia, porque elas estão situadas superficialmente na lâmina própria. O sangue derivado das veias superficiais é drenado para um plexo venoso superficial, em seguida para um plexo venoso intrínseco mais profundo e finalmente para as veias periesofágicas através de veias perfurantes. O fluxo bidirecional é normalmente possível nesta região, um fenômeno que permite alterações de pressão durante a respiração e as manobras de Valsalva. Entretanto, na hipertensão portal, as valvas no interior dos vasos perfurantes se tornam incompetentes e o fluxo sanguíneo é retrógrado, causando dilatação das veias intrínsecas profundas. A maior pressão dentro desta região predispõe às varizes a uma hemorragia fatal e com sangue vivo. O tratamento é orientado em direção ao controle da formação de uma circulação colateral e à obliteração das varizes que são suscetíveis a hemorragia, e é alcançado por meio da injeção endoscópica paravaricosa de um esclerosante, o qual causa a obliteração das varizes como resultado da formação de trombos. A fibrose também é induzida na mucosa, o que reduz a formação de novos vasos colaterais. De modo alternativo, faixas de borracha podem ser aplicadas em uma tentativa de ligar as varizes. O sangramento das varizes está associado a uma taxa de mortalidade de 25%, refletindo os problemas de novos sangramentos e comorbidade.

Drenagem linfática

O esôfago tem um extenso sistema linfático contínuo, situado longitudinalmente na submucosa, o que presumivelmente explica a remota linfadenopatia paraesofágica no carcinoma esofágico. Os vasos eferentes derivados da parte cervical do esôfago drenam para os linfonodos cervicais profundos, diretamente ou através dos linfonodos paratraqueais. Os vasos derivados da parte torácica do esôfago drenam para os linfonodos mediastinais posteriores e os derivados da parte abdominal do esôfago drenam para os linfonodos gástricos esquerdos. Alguns podem passar diretamente para o ducto torácico.

INERVAÇÃO

A região superior do esôfago é suprida pelos ramos do nervo laríngeo recorrente e por fibras simpáticas pós-ganglionares que o atingem através do trajeto ao longo das artérias tireoides inferiores (Fig. 55.7) (Cap. 28). A região inferior do esôfago é suprida pelo plexo esofágico, uma rede autônoma de amplas tramas que circunda o esôfago abaixo do nível das raízes dos pulmões, e que contém uma mistura de fibras parassimpáticas e simpáticas.

As fibras motoras para as musculaturas estriada e lisa da parede esofágica seguem pelo nervo vago. Os axônios derivados dos corpos celulares de neurônios do núcleo ambíguo seguem pelo nervo laríngeo recorrente e suprem o músculo cricofaríngeo e a musculatura estriada do terço superior do esôfago. Os axônios com corpos celulares no núcleo posterior do nervo vago seguem através do plexo esofágico e suprem a musculatura lisa que constitui os dois terços inferiores do esôfago, após uma transmissão local na parede esofágica. Outros ramos são originados pelo nervo vago à medida que ele segue através do mediastino, e passam diretamente para o esôfago. O nervo vago também conduz fibras secretomotoras para as glândulas mucosas na submucosa esofágica, e fibras aferentes (sensitivas) viscerais para corpos celulares em seu gânglio inferior.

As fibras simpáticas vasomotoras destinadas ao esôfago emergem a partir dos quatro a seis segmentos superiores da região torácica da medula espinal. As fibras derivadas dos gânglios superiores passam para os gânglios cervicais médio e inferior, onde elas fazem sinapse com neurônios pós-ganglionares que dão origem a axônios que inervam os vasos da parte cervical do esôfago e da porção superior da parte torácica do esôfago. As fibras derivadas dos gânglios inferiores passam diretamente para o plexo esofágico ou para o gânglio celíaco (através do nervo esplâncnico maior), onde elas fazem sinapse; axônios pós-ganglionares inervam a região distal do esôfago. Fibras viscerais aferentes para dor seguem através dos feixes simpáticos para os primeiros quatro segmentos da região torácica da medula espinal: como estes segmentos também recebem aferentes do coração, às vezes é difícil distinguir entre a dor esofágica e a dor cardíaca.

MICROESTRUTURA

Os tecidos que formam a parede do esôfago torácico, do lúmen para fora, são a mucosa (que consiste em um epitélio, uma lâmina própria, e uma camada muscular da mucosa), a submucosa, a túnica muscular externa e a adventícia (Figs. 55.15 e 60.9).

Mucosa

A mucosa é espessa. Na junção gastroesofágica, uma linha limitante pregueada ou denteada separa a mucosa esofágica, de tonalidade rosada a acinzentada e lisa, da mucosa gástrica, de tonalidade rosa-avermelhada, a qual é recoberta por minúsculas saliências e depressões. Ao longo de sua extensão, o lúmen esofágico é marcado por profundos sulcos e cristas longitudinais, as quais desaparecem quando o lúmen é distendido, mas obliteram o lúmen em todos os outros momentos.

Epitélio

O epitélio é estratificado pavimentoso não queratinizado, contínuo com o da parte oral da faringe. Em seres humanos, esta camada protetora é

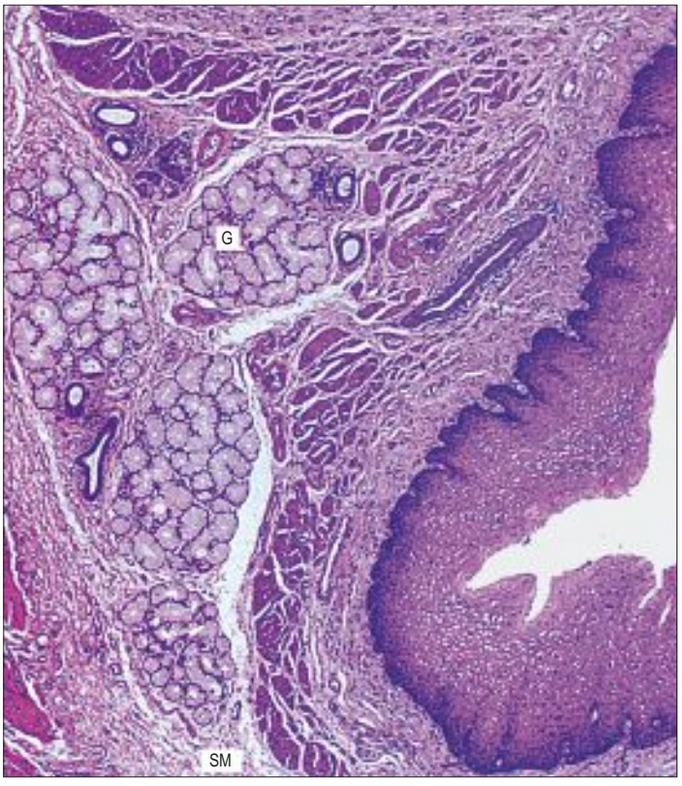


Fig. 55.15 A parede do esôfago. Observa-se o epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado reveste o lúmen (à direita) e glândulas mucosas (G) na submucosa, as quais secretam muco que lubrifica a passagem do alimento. (Permissão do Dr JB Kerr, Monash University, em Kerr JB 1999, Atlas of Functional Histology. London: Mosby.)

bastante espessa (300-500 μm) (Fig. 55.15) e não é afetado pela distensão esofágica. O limite entre o epitélio esofágico e sua lâmina própria é distinto, porém marcantemente desigual, porque altas papilas de tecido conjuntivo promovem a invaginação da base do epitélio, auxiliando na ancoragem do epitélio ao tecido subjacente (Fig. 55.15). Estas papilas são estruturas permanentes, que também não são afetadas pela distensão esofágica, e elas são ricas em vasos sanguíneos e fibras nervosas. Na base do epitélio existe uma lâmina basal, à qual as células epiteliais estão aderidas por hemidesmossomas, como ocorre na mucosa oral.

O epitélio esofágico é similar a outros epitélios estratificados pavimentosos. Ele pode ser dividido em uma camada basal de células proliferativas, uma camada parabasal de células que estão passando por diferenciação terminal e uma camada de células superficiais achatadas, ou escamas, as quais retêm seus núcleos. Os estratos mais superficiais de células contêm alguns grânulos de querato-hialina, além de filamentos de queratina. A população de células epiteliais é constantemente renovada por mitose nas células basais cuboides e pelas células parabasais mais profundas. À medida que elas migram em direção ao lúmen, tornam-se progressivamente poligonais e em seguida, mais achatadas, e são finalmente descamadas na superfície epitelial. Esta sequência de eventos normalmente leva 2-3 semanas e é notavelmente mais lenta que no estômago e nos intestinos.

O epitélio é uma proteção efetiva contra lesão mecânica durante a deglutição devido à sua espessura e a presença de muco em sua superfície. Entretanto, a proteção é limitada pela repetida exposição às secreções fortemente ácidas e ricas em proteases do estômago, à medida que ocorre anormalmente durante o refluxo. Normalmente, o esfíncter esofágico inferior previne o refluxo, mas caso o refluxo de fato ocorra, ulcerações e fibrose da parede esofágica, acompanhadas de uma dor considerável e dificuldades na deglutição, podem ocorrer. A exposição ao ácido pode ainda causar metaplasia epitelial esofágica para uma mucosa semelhante à do estômago (mucosa de Barrett) ou alterações neoplásicas mais evidentes.

Células de Langerhans As células de Langerhans estão presentes no epitélio esofágico. Elas são células dendríticas imaturas e se assemelham àquelas encontradas na epiderme. Elas realizam funções similares de processamento de antígenos e de apresentação de antígenos, as quais são importantes na imunoestimulação de células T virgens e na defesa da mucosa.

Lâmina própria

A lâmina própria esofágica contém grupos espalhados de folículos linfoides (tecido linfoide associado à mucosa), os quais são especialmente proeminentes próximo à junção gastroesofágica. Pequenas glândulas tubulosas mucosas ocorrem nesta região, na parte superior do esôfago, próxima à faringe.

Camada muscular da mucosa

A camada muscular da mucosa é composta principalmente de tecido muscular liso em disposição longitudinal e forma uma delgada lâmina muscular próxima ao epitélio, cujos contornos ela segue intimamente. Na extremidade faríngea do esôfago ela pode estar ausente ou representada apenas por feixes esparsos e espalhados; abaixo deste nível, torna-se progressivamente mais espessa. A orientação longitudinal de suas células muda para um arranjo mais plexiforme próximo à junção gastresofágica.

Submucosa

A submucosa conecta frouxamente a mucosa e a túnica muscular externa, e penetra nas cristas longitudinais do lúmen esofágico. Ela contém vasos sanguíneos maiores, nervos e glândulas mucosas. Suas fibras elásticas são importantes no refechamento do lúmen esofágico após uma dilatação esofágica.

Glândulas esofágicas

As glândulas esofágicas são pequenas glândulas tubulosas dispostas na submucosa, sendo que cada grupo envia um longo e único ducto através das camadas intervenientes da parede esofágica até a superfície. Elas são compostas em sua maioria de células mucosas, embora elas também contenham células serosas que secretam lisozima. Na região próxima à faringe e na extremidade inferior próxima ao estômago, as glândulas são mais simples em forma e restritas à lâmina própria da mucosa. As glândulas mucosas da mucosa da parte abdominal do esôfago se assemelham muito às glândulas cárdicas do estômago, e são por isso chamadas de glândulas cárdicas esofágicas.

Túnica muscular externa

A túnica muscular externa tem cerca de 300 μm de espessura e consiste de camadas longitudinal externa e circular interna, típicas do trato gastrintestinal. As fibras longitudinais formam uma camada contínua ao redor de quase toda a extensão do esôfago, exceto que em posição posterossuperior, 3-4 cm abaixo da cartilagem cricóidea, elas divergem como dois fascículos que ascendem obliquamente para a face anterior do esôfago. Aqui elas seguem para baixo, em direção à borda inferior do músculo constritor inferior da faringe, e terminam em um tendão que está inserido na parte superior da crista na parte posterior da lâmina da cartilagem cricóidea. O espaço em formato de V entre esses fascículos é preenchido pelas musculares circulares do esôfago, as quais são delicadamente recobertas abaixo por algumas fibras longitudinais em decussação, e acima pelo músculo constritor inferior da faringe sobreposto. A camada longitudinal é geralmente mais espessa do que a camada circular. Abas acessórias de músculo liso às vezes passam entre o esôfago e a pleura esquerda ou a raiz do brônquio principal esquerdo, traqueia, pericárdio ou aorta, e, às vezes, são consideradas como fixando o esôfago a estas estruturas. Superiormente, as fibras circulares são contínuas na parte de trás com o músculo constritor inferior da faringe. Em frente, as fibras mais superiores estão inseridas às margens laterais do tendão dos dois fascículos longitudinais do esôfago. Inferiormente, a musculatura circular é contínua com a camada oblíqua de fibras musculares na parede do estômago. No terço superior do esôfago, a túnica muscular externa é formada por musculatura esquelética; no terço médio, fascículos de músculo liso se misturam à musculatura esquelética, e isto aumenta em direção distal, de modo que o terço inferior contenha apenas musculatura lisa.

ESOFAGOSCOPIA E ULTRASSOM TRANSESOFÁGICO

O esôfago pode ser inspecionado visualmente por meio da esofagoscopia. Isto pode ser indicado em pacientes com sintomas esofágicos persistentes, tais como dor torácica atípica, disfagia, odinofagia (deglutição dolorosa) ou sintomas de refluxo. O procedimento é realizado com ou sem sedação. O endoscópio é passado oralmente sob visão direta com o paciente em uma posição de decúbito lateral. O endoscópio é manobrado para o interior da entrada esofágica e pede-se ao paciente para engolir. Uma vez que o endoscópio tenha passado pela entrada do esôfago, ele é avançado lentamente sob visão direta e a mucosa é cuidadosamente inspecionada. A mucosa normalmente tem uma tonalidade esbranquiçada ou rosada e na região inferior do esôfago muda de cor, torna-se avermelhada na junção escamocolunar (linha Z): isto está intimamente relacionado ao hiato esofágico e o deslocamento por mais de 2 cm é indicativo de uma hérnia

de hiato. Pode haver uma leve compressão extrínseca ao nível da aorta e ocasionalmente no brônquio principal esquerdo.

O ultrassom transesofágico endoscópico permite a avaliação da parede esofágica e de estruturas paraesofágicas, tais como linfonodos. Esta técnica é mais sensível que o escaneamento com TC na detecção de metástases em linfonodos mediastinais, porque permite que linfonodos com tamanho menor de 10 mm sejam avaliados para um possível envolvimento maligno. Linfonodos normais não podem ser facilmente identificados pelo ultrassom endoscópico, porque eles têm as mesmas características de ecogenicidade que o tecido circunjacente; um padrão hipoecoico ou não homogêneo ao ultrassom é considerado mais suspeito de malignidade. A aspiração com agulha fina guiada pelo ultrassom endoscópico permite um diagnóstico preciso dos linfonodos, mas apenas os linfonodos mediastinais adjacentes ao esôfago podem ser completamente avaliados. A aspiração transbronquial com agulha fina é uma abordagem alternativa para a amostragem de linfonodos mediastinais, com a escolha dos linfonodos baseada em achados de TC. O escaneamento com PET-TC está se tornando rapidamente a modalidade de escolha para o estagiamento de linfonodos mediastinais.

Ruptura de esôfago

A maioria das rupturas de esôfago é iatrogênica e ocorre durante a instrumentação do esôfago durante uma simples endoscopia, uma intervenção endoscópica e a colocação de um tubo nasogástrico. Outras causas são traumáticas, barotrauma, corpos estranhos e carcinoma esofágico. O barotrauma usualmente ocorre com intensos vômitos. Normalmente causa uma laceração longitudinal na parede posterior da parte torácica do esôfago. De modo geral, quase 60% das perfurações estão localizadas na parte torácica do esôfago, 25% na parte cervical do esôfago e 15% na parte abdominal do esôfago. A perfuração na parte cervical do esôfago ocorre na parede posterior, onde ela é mais fina, e frequentemente corresponde a uma área de mucosa onde não há cobertura com músculo, e a qual é delimitada pelos músculos constritor inferior da faringe e cricofaríngeo. A mortalidade devido a perfurações esofágicas é de 20% e resulta de mediastinite e infecção necrotizante. Os sintomas presentes incluem dor torácica, odinofagia, hematemese, enfisema cirúrgico subagudo, taquicardia e falta de ar e, no caso avançado, choque séptico. O diagnóstico (dentro de 24 horas) e o reparo precoces estão associados a um prognóstico melhor e a uma taxa de mortalidade entre 105% e 15%, enquanto o diagnóstico tardio tem um índice de mortalidade muito maior. Para uma perfuração nos dois terços superiores da parte torácica do esôfago, uma toracotomia direita no quinto e sexto espaços intercostais é realizada. O terço inferior é abordado através de uma toracotomia esquerda no sexto e sétimo espaços intercostais. A perfuração é fechada em camadas após todo o tecido necrosado ter sido desbridado.

ESTUDOS COM BÁRIO

Um enema de bário em duplo contraste com fluoroscopia permite a avaliação anatômica e funcional do esôfago (Fig. 55.18). Um exame padrão envolve a deglutição de uma solução de bário e grânulos de gás pelo paciente e as imagens podem ser obtidas nas posições ereta, em supino e recumbente encostada. A postura ereta dilata completamente o esôfago e é útil na avaliação de quaisquer constrições. O lúmen tubular estreito do esôfago é levemente endentado pelo arco da aorta e pelo brônquio principal esquerdo. A visão em supino permite uma melhor avaliação de alguma disfunção motora e varizes, e a mudança para a posição pronada provoca um refluxo gastroesofágico básico. Imagens digitais de repetição única e cine-loops de fluoroscopia podem ser obtidas. As imagens fluoroscópicas demonstram uma abertura defeituosa do esfíncter esofágico faríngeo e a natureza das contrações no corpo do esôfago. O esfíncter cardioesofágico pode ser avaliado na acalasia. Outras anormalidades, tais como a hérnia de hiato e áreas de estreitamento ou dilatação do esôfago, podem ser demonstradas. As imagens de alívio da mucosa são obtidas uma vez que a maior parte dos meios de contraste tenha passado para o estômago, e isto fornece um detalhe fino da mucosa. Imagens em cortes transversais são comumente usadas para o planejamento pré-operatório e estagiamento de tumores esofágicos, e são de valor no planejamento radioterápico.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do esôfago está descrito no Capítulo 35.

Fístula traqueoesofágica

A fístula traqueoesofágica está descrita no Capítulo 59.

Atresia esofágica

A vasta maioria de casos de atresia esofágica ocorre em conjunto com uma fístula traqueoesofágica, com uma incidência de 1:3.000-4.000 nascimentos. Existe uma alta incidência de anormalidades congênitas associadas, tais como anomalias cardíacas, genitourinárias e gastrintestinais, entre outras. O diagnóstico pré-natal é incomum devido à falta de aspectos específicos à ultrassonografia. Os únicos indicadores pré-natais são polidrâmnios e, raramente, uma ausência de gás no estômago; outros sinais clínicos são a presença de uma bolsa faríngea ao ultrassom. Os aspectos clínicos pós-natais são a regurgitação de alimentos; outros sintomas, tais como tosse recorrente e engasgos, estão relacionados à presença de uma fístula traqueoesofágica. A cirurgia corretiva é essencial; a sobrevivência geral é fortemente influenciada pela presença de anomalias cardíacas associadas.

MECANISMOS DOS ESFÍNCTERES ESOFÁGICOS

Estudos radiológicos mostram que o alimento deglutido para momentaneamente na extremidade gástrica do esôfago, antes de entrar no estômago (Fig. 55.18), sugerindo a presença de um esfíncter neste ponto. No passado, houve muita controvérsia quanto à razão para este comportamento, porque apenas um leve espessamento da túnica muscular foi encontrado em seres humanos. Existem agora amplas evidências fisiológicas e clínicas de que o fechamento depende de dois mecanismos principais. O mais importante destes é o esfíncter esofágico inferior, uma zona especializada de musculatura lisa circular que circunda o esôfago à medida que ele passa através do músculo diafragma e por grande parte de seu curto trajeto abdominal. Esta região do esôfago é mantida sob contração tônica, exceto durante a deglutição, quando ele relaxa brevemente para admitir a ingesta para o estômago, e durante vômitos (p. 954). Ele é controlado pelos plexos intramurais do sistema nervoso entérico; além disso, a liberação neural de óxido nítrico contribui para seu relaxamento. O segundo mecanismo é um esfíncter externo funcional fornecido pelo pilar do diafragma (usualmente o pilar direito), o qual envolve o esôfago à medida que ele passa para o interior do abdome e é fixado a ele pelo ligamento frenicoesofágico. Análises radiológicas, eletromiográficas e manométricas têm mostrado que suas fibras musculares se contraem ao redor do esôfago durante a inspiração e quando a pressão intra-abdominal é aumentada, auxiliando assim a prevenir o refluxo gastroesofágico, mesmo quando o esfíncter esofágico inferior é inibido experimentalmente com atropina. A relativa importância destes dois agentes na prevenção do refluxo esofágico ainda é uma questão para debate. Sob um ponto de vista clínico, existe uma boa correlação entre esta condição e a disfunção do esfíncter esofágico inferior em alguns casos, enquanto em outros a insuficiência do componente diafragmático – conforme visto na hérnia de hiato – parece ser um fator principal. A configuração anatômica do óstio cárdico também pode desempenhar algum papel nestes processos (p. 954).

Deglutição

A fase esofágica da deglutição está descrita no Capítulo 33.

Vômitos

O esfíncter esofágico inferior relaxa na fase inicial do vômito ao mesmo tempo que as fibras dos pilares do diafragma ao redor do esôfago relaxam. Existe uma subsequente contração rápida do músculo diafragma e dos músculos abdominais, com um resultante aumento na pressão intra-abdominal.

TRANSTORNOS DA MOTILIDADE ESOFÁGICA

As principais doenças da motilidade esofágica estão relacionadas às doenças dos esfíncteres esofágicos superior ou inferior (discutidos em detalhe na seção sobre refluxo gastroesofágico) e à acalasia. Problemas com o esfíncter esofágico superior usualmente têm uma etiologia neurológica. Doenças no tronco encefálico impedem o relaxamento do músculo cricofaríngeo (o esfíncter esofágico superior), o que leva à disfagia de sólidos e líquidos, com uma tendência a aspirar; a videofluoroscopia pode demonstrar a anormalidade.

A acalasia do cárdia é uma doença motora primária do esôfago, na qual existe uma insuficiência do relaxamento do esfíncter cardioesofágico e perda da peristalse no corpo do esôfago, com degeneração dos corpos celulares neuronais no plexo nervoso mioentérico. A apresentação clínica é com disfagia, regurgitação de alimento não digerido, dor torácica retroesternal e ocasional perda de peso. Uma simples radiografia de tórax pode mostrar uma dilatação do esôfago e retenção de produtos alimentares

como um alargamento mediastinal de duplo contorno de aspecto mosqueado. O enema de bário mostra uma clássica aparência de bico de pássaro como um resultado da falha de relaxamento do esfíncter esofágico inferior e uma ausência de peristalse. A manometria esofágica com medições da pressão confirma o diagnóstico e demonstra o relaxamento ausente ou prejudicado do esfíncter esofágico inferior. O tratamento consiste em dilatação por balão pneumático durante a endoscopia ou miotomia cirúrgica do cárdia por mínimo acesso. Uma alternativa em pacientes frágeis é a injeção intraesfinctérica de toxina botulínica. As vantagens são uma morbidade e mortalidade mais baixas, com um risco muito menor de perfuração esofágica.

O espasmo esofágico difuso pode se apresentar com disfagia e dor torácica. Ele é caracterizado por contrações esofágicas anormais durante a esofagografia com enema de bário e produz contrações segmentares simultâneas que obliteram o lúmen esofágico para produzir um "esôfago em saca-rolhas". A manometria também demonstra contrações tetânicas do esôfago. A doença não específica da motilidade esofágica ocorre com o envelhecimento (presbioesôfago) e é caracterizada por uma incidência diminuída de uma peristalse normal, ou até mesmo ausente, após a deglutição. Isto pode ser acompanhado por contrações repetitivas (terciárias) e falha no relaxamento do esfíncter esofágico inferior. Os transtornos da motilidade esofágica também incluem o espasmo esofágico e desordens causadas por esclerodermia ou outras doenças do tecido conjuntivo, nas quais existe uma atrofia da musculatura lisa e substituição fibrosa na submucosa e na lâmina própria.

REFLUXO GASTROESOFÁGICO

O refluxo gastroesofágico está descrito no Capítulo 65, pág. 1114.

HÉRNIA DE HIATO

A hérnia de hiato está descrita no Capítulo 58.

IMAGENS DO MEDIASTINO

As estruturas mediastinais podem ser visualizadas usando radiografias, TC e RM.

CONTORNOS MEDIASTINAIS NORMAIS EM UMA RADIOGRAFIA FRONTAL DE TÓRAX

Em uma radiografia posteroanterior padrão de tórax, o feixe de raios X passa de trás para a frente do tórax. O paciente em posição de pé prende a respiração durante a inspiração completa e eleva e abduz os braços por sobre a placa radiográfica, movimentos que protraem as escápulas e abaixam as extremidades mediais das clavículas para limpar os campos periféricos e ápices dos pulmões, respectivamente. Nesta vista, o coração e os grandes vasos sanguíneos aparecem como a "silhueta mediastinal" (Fig. 55.16). Formando sua borda esquerda, de cima para baixo, estão o arco da aorta – às vezes com a veia intercostal superior esquerda visível –, o tronco pulmonar e o ventrículo esquerdo. A parte descendente da aorta é projetada como uma margem paravertebral esquerda contínua até o músculo diafragma. A margem direita é delineada pela veia braquiocefálica direita, veia cava superior, átrio direito e parte torácica da veia cava inferior. Uma faixa paratraqueal direita (normalmente abaixo de 3 mm) é usualmente vista com a silhueta oval do arco da veia ázigo em sua margem inferior. Uma fissura pulmonar acessória, a fissura ázigo, é raramente vista e se estende do ápice do pulmão até o ângulo traqueobrônquial direito. A largura do arco da veia ázigo não deve ser mais do que 5 mm, mas pode medir até 10 mm no terceiro trimestre de gravidez como um resultado de um aumento fisiológico no volume de sangue. Aumentos ou deslocamentos de quaisquer dessas estruturas acentuam as saliências normais nas margens da silhueta mediastinal; deste modo uma aurícula esquerda aumentada é vista entre o tronco pulmonar e o ventrículo esquerdo. Em ambos os lados, opacidades causadas pelos vasos pulmona-

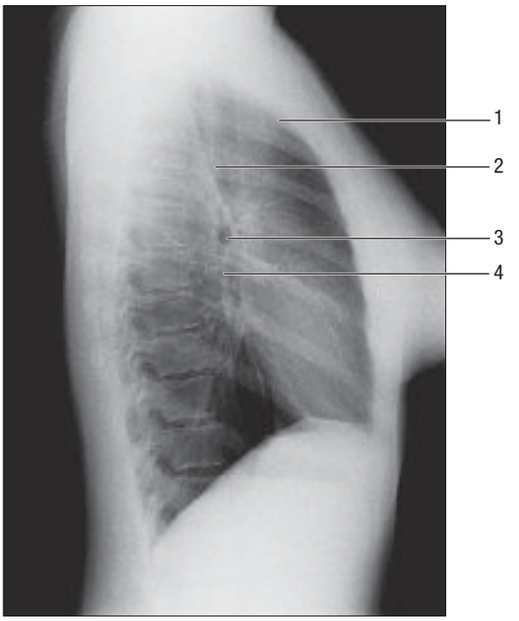


Fig. 55.17 Radiografia de tórax de uma mulher adulta, vista lateral. **1.** Linha retroesternal (gordura). **2.** Linha traqueal posterior. **3.** Brônquio principal direito. **4.** Brônquio intermédio*.

***Nota da Revisão Científica:** O brônquio intermédio é considerado como a porção do brônquio principal direito entre o brônquio lobar superior e a origem dos brônquios lobares médio e inferior. Este termo não consta da terminologia anatômica.

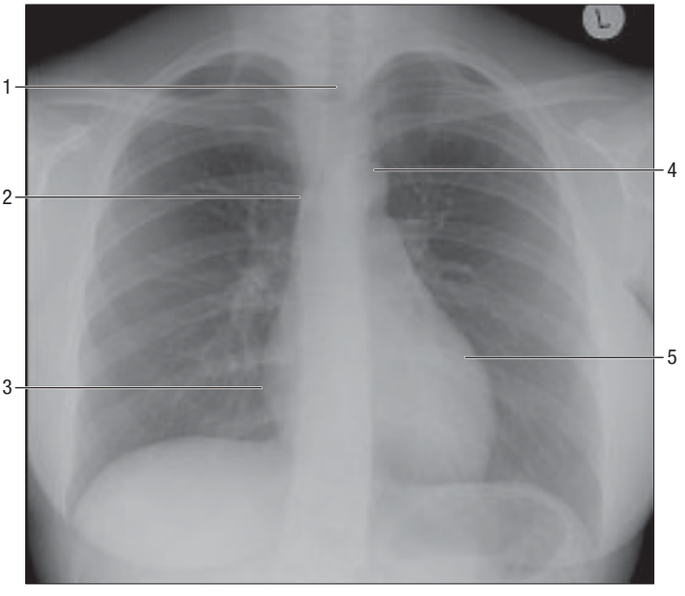


Fig. 55.16 Radiografia do tórax de uma mulher adulta, vista posteroanterior. **1.** Traqueia. **2.** Veia ázigo. **3.** Contorno do átrio direito. **4.** Arco da aorta. **5.** Contorno do ventrículo esquerdo.

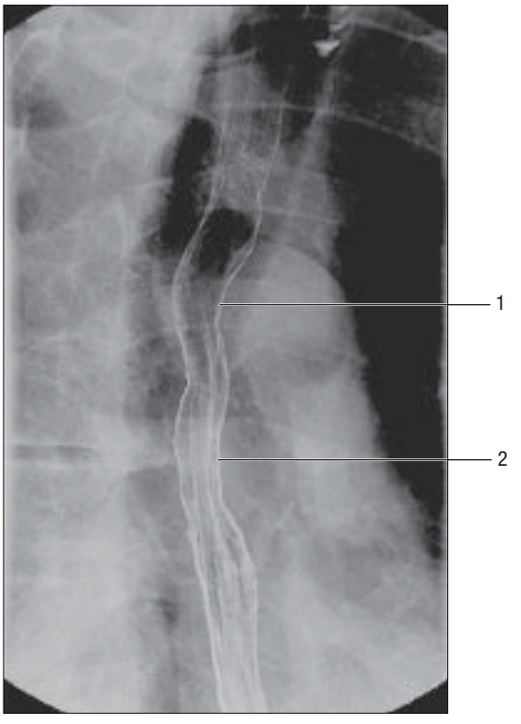


Fig. 55.18 Radiografia oblíqua do tórax durante o trânsito esofágico de parte de uma "refeição" de pasta de sulfato de bário. **1.** Endentação devido ao arco da aorta. **2.** Endentação devido ao brônquio principal esquerdo.

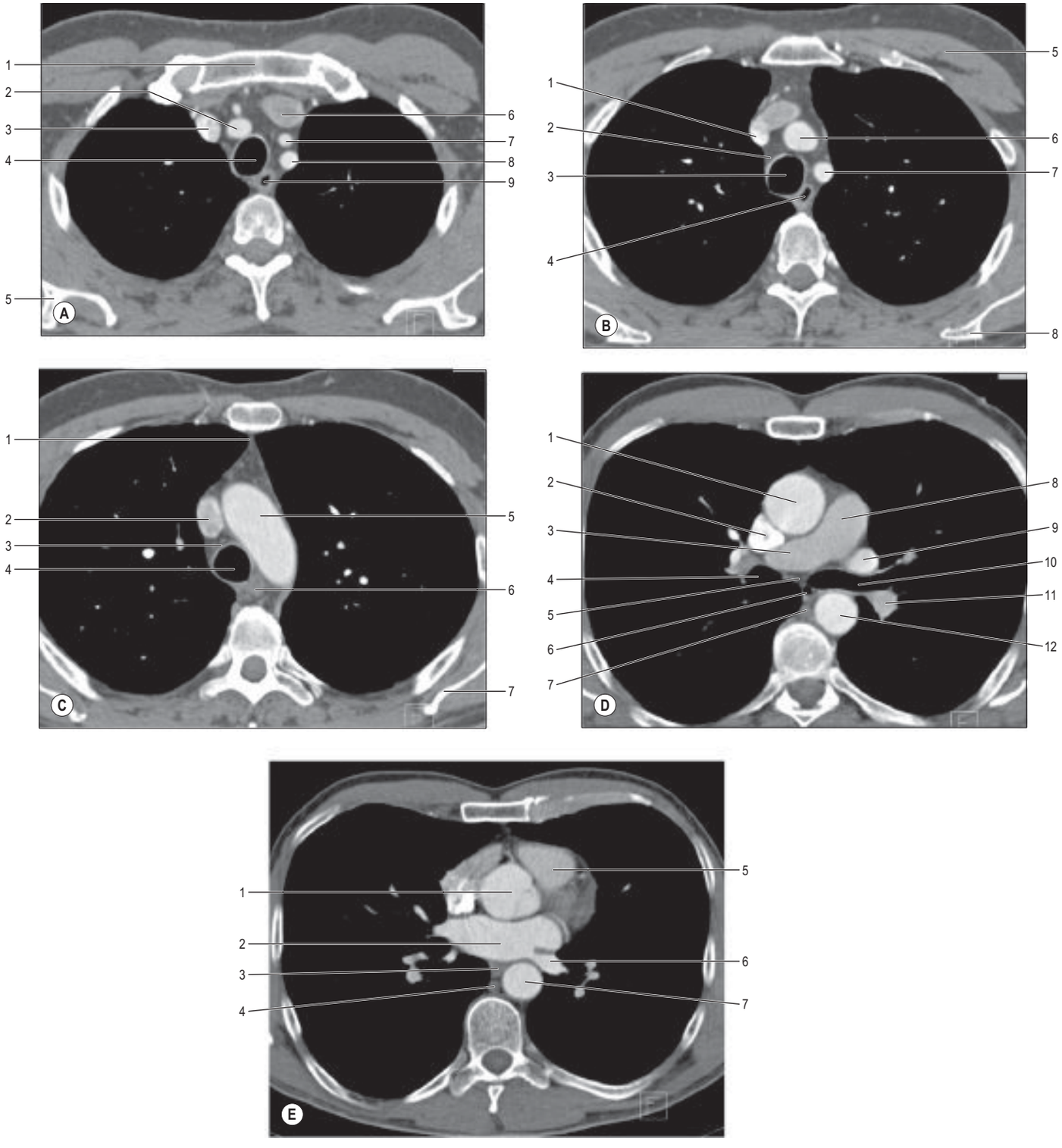


Fig. 55.19 Corte transversal do tórax, obtido por TC. **A,** No nível da junção da primeira costela. **1.** Manúbrio. **2.** Artéria braquiocefálica direita. **3.** Veia braquiocefálica direita. **4.** Traqueia. **5.** Escápula. **6.** Veia braquiocefálica esquerda. **7.** Artéria carótida comum esquerda. **8.** Artéria subclávia esquerda. **9.** Esôfago. **B,** Através da porção inferior da terceira vértebra torácica. **1.** Veia braquiocefálica. **2.** Espaço pré-traqueal. **3.** Traqueia. **4.** Esôfago. **5.** Músculo peitoral maior. **6.** Artéria braquiocefálica e artéria subclávia esquerda combinadas (variação normal). **7.** Artéria subclávia esquerda. **8.** Escápula. **C,** Através do meio da quarta vértebra torácica e do arco da aorta. **1.** Junção anterior. **2.** Veia cava superior. **3.** Espaço pré-traqueal. **4.** Traqueia. **5.** Arco da aorta. **6.** Esôfago. **7.** Escápula. **D,** Na borda superior da sexta vértebra torácica, abaixo da carina, ao nível do tronco pulmonar e da artéria pulmonar principal direita. **1.** Parte ascendente da aorta. **2.** Veia cava superior. **3.** Artéria pulmonar direita. **4.** Brônquio principal esquerdo. **5.** Espaço subcarinal. **6.** Esôfago. **7.** Veia ázigo. **8.** Tronco pulmonar. **9.** Veia pulmonar esquerda superior. **10.** Brônquio principal esquerdo. **11.** Ramo da artéria pulmonar esquerda. **12.** Parte descendente da aorta. **E,** Através da porção inferior da sétima vértebra torácica, passando pela raiz da aorta. **1.** Arco da aorta. **2.** Átrio esquerdo. **3.** Esôfago. **4.** Veia ázigo. **5.** Trato de saída do ventrículo direito. **6.** Veia pulmonar inferior esquerda. **7.** Parte descendente da aorta.

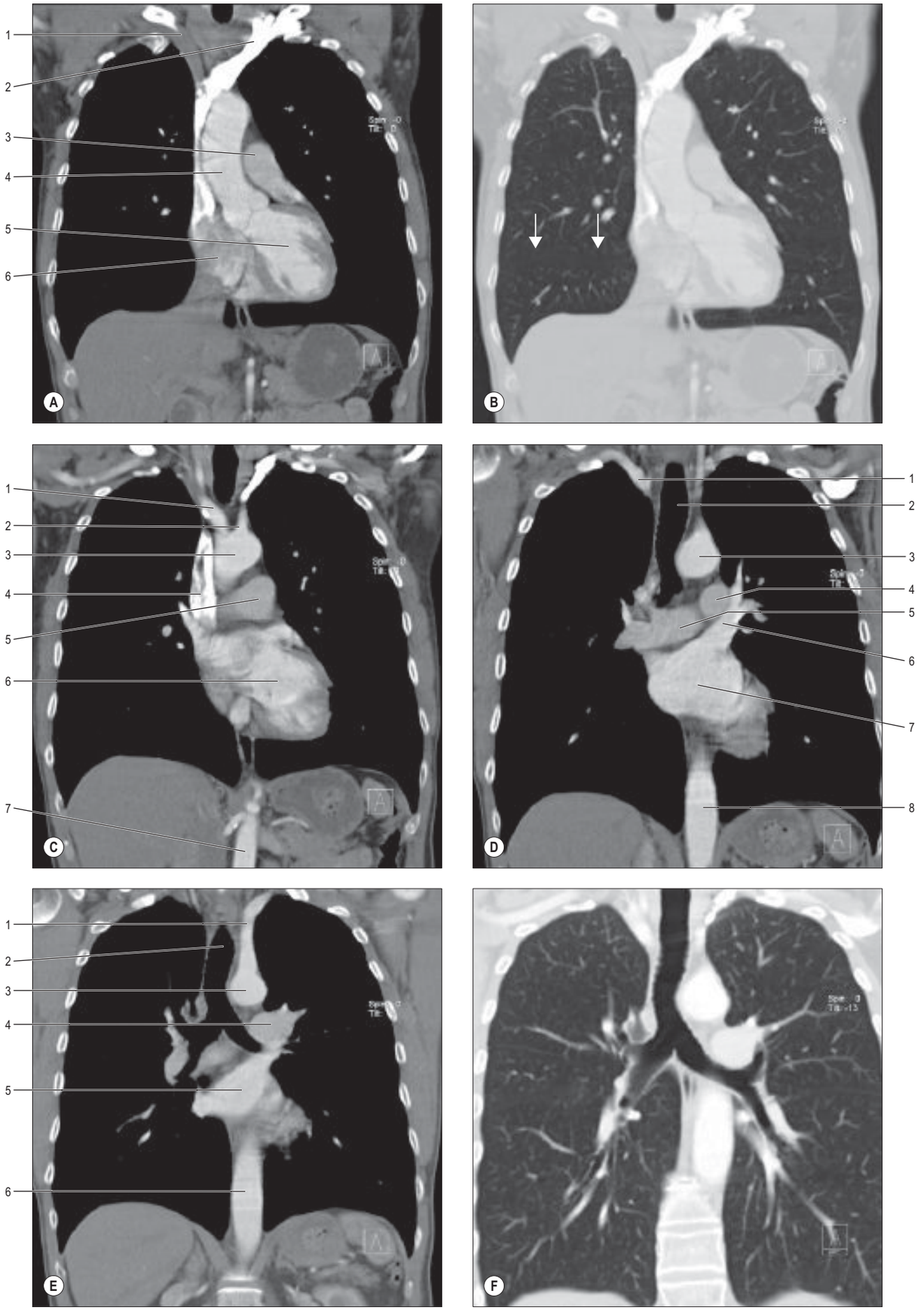


Fig. 55.20 Cortes coronais do mediastino. **A,** No nível da valva da aorta. **1.** Veia braquiocefálica direita. **2.** Veia braquiocefálica esquerda. **3.** Tronco pulmonar. **4.** Parte ascendente da aorta. **5.** Ventrículo esquerdo. **6.** Átrio direito. **B,** Como em **A**, com ajuste na janela pulmonar; fissura horizontal indicada pelas setas. **C,** No nível do arco anterior da aorta. **1.** Tronco braquiocefálico. **2.** Artéria carótida comum esquerda. **3.** Arco da aorta. **4.** Veia cava superior. **5.** Tronco pulmonar. **6.** Ventrículo esquerdo. **7.** Parte abdominal da aorta. **D,** No nível do átrio esquerdo e da metade do arco. **1.** Artéria subclávia direita. **2.** Traqueia. **3.** Arco da aorta. **4.** Artéria pulmonar esquerda. **5.** Artéria pulmonar direita. **6.** Veia pulmonar superior esquerda. **7.** Átrio esquerdo. **8.** Parte torácica da parte descendente da aorta. **E,** No nível do arco posterior e da carina da traqueia. **1.** Artéria subclávia esquerda. **2.** Traqueia. **3.** Arco da aorta. **4.** Artéria pulmonar esquerda. **5.** Átrio esquerdo. **6.** Parte torácica da parte descendente da aorta. **F,** como em **E**, com ajuste da janela pulmonar.

res associados às raízes dos pulmões formam os contornos dos hilos. Na parte superior do tórax, a projeção menos densa da traqueia é visível no plano mediano. A linha juncional anterior, onde os dois pulmões se aproximam acima do coração, é às vezes visível. A linha juncional posterior, a qual representa a aposição pleural atrás do esôfago, é também vista às vezes: ela se projeta para cima e para dentro do pescoço por causa da obliquidade da entrada torácica. O recesso ázigo-esofágico é uma área onde uma porção do pulmão direito está em contato com a veia ázigo e a linha da parede lateral. As linhas paraespinais também são visíveis paralelamente às margens direita e esquerda da região torácica da coluna vertebral.

CONTORNOS MEDIASTINAIS NORMAIS EM UMA RADIOGRAFIA LATERAL DE TÓRAX

Em uma vista lateral, a silhueta cardíaca é vista acima da parte anterior do músculo diafragma (Fig. 55.17). As silhuetas cardíacas anterior e posterior são formadas pelo ventrículo direito e pelo átrio esquerdo, respectivamente. Atrás encontra-se o espaço retrocardíaco (mediastino posterior) contendo a parte torácica da parte descendente da aorta e o esôfago: o esôfago pode ser visualizado com ar deglutido ou bário em uma radiografia de tórax ou fluoroscopicamente em um exame com enema de bário (Fig. 55.18). Acima, a traqueia – menos densa – e os brônquios principais são reconhecíveis.

O arco da aorta e os grandes vasos anteriores à traqueia produzem fracas sombras no mediastino superior. As veias braquiocefálicas são visíveis como uma saliência extrapleural diretamente atrás do manúbrio. O esôfago está diretamente atrás da traqueia; a linha paratraqueal posterior, vista na maioria das radiografias laterais, representa a justaposição das paredes esofágica anterior e traqueal posterior. A veia cava inferior é visível na maioria dos pacientes à medida que ela drena para o átrio direito.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DOS ESPAÇOS MEDIASTINAIS

Escaneamentos de TC fornecem excelentes vistas de cortes transversais da anatomia do mediastino e são complementadas pela RM (Figs. 55.19 e 55.20). O realce ou intensificação dados pelo contraste intravenoso dos vasos melhora o detalhamento do escaneamento e aumenta a distinção entre os vasos sanguíneos, os linfonodos e as opacidades dos tecidos moles. O escaneamento em cortes transversais de TC é bastante útil na avaliação dos espaços mediastinais, os quais incluem os espaços pré-traqueal, subcarinal, paratraqueal direito e traqueal posterior, e a janela aortopulmonar: estas áreas são onde as massas de linfonodos mediastinais estão localizadas, e por isso a importância no estagiamento do câncer de pulmão.

O espaço pré-traqueal, conforme visto em corte transversal, é delimitado pela traqueia posteriormente, pela veia cava superior e veia braquiocefálica direita anteriormente, e pela parte descendente da aorta e pelo seio do pericárdio à esquerda. A janela aortopulmonar está localizada abaixo do arco da aorta e acima da artéria pulmonar esquerda. A traqueia forma sua borda medial e os pulmões sua borda lateral. O espaço paratraqueal direito está entre o pulmão e a traqueia em suas faces anterolaterais, enquanto o espaço traqueal posterior é formado entre o pulmão e a face lateral posterior da traqueia. O espaço subcarinal está localizado abaixo da carina e delimitado pelos dois brônquios principais. À direita, o recesso ázigo-esofágico está localizado posteriormente ao espaço subcarinal e ao lado esquerdo está o esôfago. Todas estas áreas estão em continuidade direta umas com as outras e são atravessadas durante a mediastinoscopia cervical.

As áreas juncionais estão onde os dois pulmões se aproximam um do outro. A junção anterior ou pré-vascular está anterior aos grandes vasos e posterior à parede torácica, e entre os dois pulmões. A veia braquiocefálica esquerda, os linfonodos mediastinais mais altos, o timo e os nervos frênicos estão localizados na junção anterior. A junção posterior é uma área posterior à traqueia e é onde os pulmões se encontram próximos um ao outro. A área paraespinal é um espaço entre as margens laterais da coluna vertebral e os pulmões. Os vasos intercostais, a cadeia simpática e os gânglios simpáticos, e pequenos linfonodos estão localizados dentro do espaço paraespinal. O espaço retrocrural, entre os pilares do diafragma e os corpos vertebrais, é atravessado pela aorta, pelas veias ázigo e hemiázigo, pelo ducto torácico, pelas artérias intercostais, pelas cadeias simpáticas e pelos nervos esplâncnicos.

REFERÊNCIAS

Armstrong P 2000 The normal chest. In: Armstrong P, Wilson AG, Dee P, Hansell DM (eds) Imaging of Diseases of the Chest, 3rd edn. London: Mosby: 21–62.

Cho HM, Lee DY, Sung SW 2005 Anatomical variations of rami communicantes in the upper sympathetic trunk. Eur J Cardiothoracic Surg 27: 320–4.

Gofeld M, Faclier G 2006 Bilateral pain relief after unilateral thoracic percutaneous sympathectomy. Can J Anaesth 53: 258–62.

Iyer RB, Whitman GJ, Sahin AA 1999 Parathyroid adenoma of the mediastinum. Am J Radiol 173: 94.

Jaretzki A, Wolff M 1988 'Maximal' thymectomy for myasthenia gravis: surgical anatomy and operative technique. J Thorac Cardiovasc Surg 96: 711–6.

Masaoka A, Yamakawa Y, Niwa H et al 1996 Extended thymectomy for myasthenia gravis patients: a 20-year review. Ann Thorac Surg 62: 853–9.

Meyers BF, Cooper JD 2002 Transcervical thymectomy for myasthenia gravis Chest Surg Clin N Am 11: 363–8.

Mountain CF, Dresler CM 1997 Regional lymph node classification for lung cancer staging. Chest 111: 1718–23.

Paquet K-J 2000 Causes and pathomechanisms of oesophageal varices development. Med Sci Monit 6: 915–28.

Singh TP, Bala Sanju, Kalsey G, Singla Rajan K 2000 Applied anatomy of fascial spaces in the head and neck. J Anat Soc India 49: 78–88.

Spitz L 1996 Esophageal atresia: past, present and future. J Paediatr Surg 31: 19–25.

Wemyss-Holden SA, Launois B, Maddern GJ 2001 Management of thoracic duct injuries after oesophagectomy. Br J Surg 88: 1442–8.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 56

Coração e grandes vasos

PERICÁRDIO

O pericárdio contém o coração e as partes justacardíacas de seus grandes vasos. Ele consiste em dois componentes, o pericárdio fibroso e o pericárdio seroso. O pericárdio fibroso é um saco constituído por um resistente tecido conjuntivo, que circunda completamente o coração sem estar aderido a ele. Este saco fibroso se desenvolve a partir de um processo sequencial de cavitação da parede do corpo do embrião pela expansão da cavidade pleural secundária. Deste modo, suas paredes laterais são cobertas externamente pela parte mediastinal da pleura parietal. O pericárdio seroso consiste em duas lâminas de pericárdio seroso, uma dentro da outra: a lâmina (ou folheto) visceral se adere ao coração e forma sua cobertura externa conhecida como epicárdio, enquanto que a lâmina (ou folheto) parietal reveste a superfície interna do pericárdio fibroso. As duas superfícies serosas estão justapostas e separadas por uma camada de fluido. Este líquido permite o movimento da membrana interna e do coração aderido a ela, exceto nas áreas arteriais e venosas do pericárdio onde as duas lâminas serosas se mesclam. Estas últimas constituem duas linhas parietoviscerais de reflexão serosa. A separação das duas lâminas do pericárdio seroso cria um estreito espaço, a cavidade pericárdica, a qual proporciona uma separação completa entre o coração e seus arredores, assim permitindo a ele alguma liberdade para se movimentar e mudar de formato.

PERICÁRDIO FIBROSO E PERICÁRDIO SEROSO

O pericárdio fibroso é constituído por um compacto tecido conjuntivo denso modelado, rico em colágeno. O pericárdio seroso é uma camada única de células achatadas sobre uma delgada camada de tecido conjuntivo, a qual se funde com o pericárdio fibroso na lâmina parietal e com o tecido miocárdico intersticial na lâmina visceral. Do lado cardíaco, a camada conjuntiva contém gordura, especialmente ao longo da face ventricular do sulco coronário, da borda cardíaca inferior e dos sulcos interventriculares. Os principais vasos coronários e seus ramos maiores estão embebidos nesta gordura; a quantidade está relacionada à extensão geral da gordura corporal e aumenta gradualmente com a idade.

Pericárdio fibroso

O pericárdio fibroso é quase cônico e recobre o coração. Superiormente, ele é contínuo exteriormente com a adventícia dos grandes vasos; inferiormente, ele está aderido ao centro tendíneo do diafragma e a uma pequena área muscular de sua metade esquerda. Acima, o pericárdio fibroso não somente se funde externamente aos grandes vasos, mas é contínuo com a lâmina pré-traqueal da fáscia cervical. Anteriormente, ele também está aderido à superfície posterior do esterno pelos ligamentos esternopericárdicos superior e inferior, embora a extensão destes "ligamentos" seja extremamente variável, e o ligamento superior seja frequentemente indetectável. O pericárdio está ancorado de forma segura por estas conexões e mantém a posição torácica geral do coração, servindo como o "cinto de segurança cardíaco".

Anteriormente, o pericárdio fibroso está separado da parede torácica pelos pulmões e pelas coberturas pleurais. Entretanto, em uma pequena área por trás da metade inferior esquerda do corpo do esterno e das extremidades esternais das quarta e quinta cartilagens costais esquerdas, o pericárdio encontra-se em contato direto com a parede torácica. Até que regrida, a extremidade inferior do timo também se encontra anterior à região superior do pericárdio. Os brônquios principais, o esôfago, o plexo esofágico, a parte torácica da parte descendente da aorta e as partes posteriores da face mediastinal de ambos os pulmões são relações posteriores. Lateralmente encontram-se as coberturas pleurais da face mediastinal dos pulmões. O nervo frênico, com seus vasos acompanhantes, desce entre o pericárdio fibroso e a parte mediastinal da pleura a cada lado. Inferiormente, o pericárdio está separado do fígado e do fundo gástrico pelo diafragma.

A aorta, a veia cava superior, as artérias pulmonares direita e esquerda e as quatro veias pulmonares recebem extensões do pericárdio fibroso. A veia cava inferior, a qual atravessa o centro tendíneo, não apresenta tal cobertura.

Pericárdio seroso

O pericárdio seroso é um saco fechado no interior do pericárdio fibroso e tem uma lâmina visceral e uma lâmina parietal. A lâmina visceral, ou epicárdio, recobre o coração e os grandes vasos e está refletida para o interior da lâmina parietal, a qual reveste a superfície interna do pericárdio fibroso. As reflexões da lâmina serosa estão organizadas como dois "tubos" complexos: a aorta e o tronco pulmonar estão envolvidos em um, e as veias cavas superior e inferior e as quatro veias pulmonares estão envolvidas no outro. O tubo que circunda as veias tem o formato de uma letra J invertida. O fundo de saco no interior de sua curva encontra-se atrás do átrio esquerdo e é denominado de seio oblíquo do pericárdio. O seio transverso do pericárdio é uma passagem entre os dois "tubos pericárdicos (Fig. 56.1). Ele tem a aorta e o tronco pulmonar à frente e os átrios e as grandes veias atrás (Fig. 56.2B e D). O arranjo dos seios oblíquo e transverso do pericárdio, juntamente com aquele da cavidade "principal", é ainda afetado pelo desenvolvimento de complexos recessos pericárdicos tridimensionais entre estruturas adjacentes. Estes recessos podem ser agrupados de acordo com o posicionamento de seus orifícios. A partir da cavidade pericárdica principal, o recesso pós-caval se projeta para a esquerda, por trás da terminação atrial da veia cava superior. Ele está limitado acima pela artéria pulmonar direita e abaixo pela veia pulmonar direita superior. Seu orifício se abre superolateralmente para a direita. Os recessos venosos pulmonares direito e esquerdo se projetam, cada um, medialmente e para cima por trás do átrio esquerdo, entre as veias pulmonares superiores e inferiores de cada lado, endentando as paredes laterais do seio oblíquo do pericárdio. O recesso aórtico superior se estende a partir do seio transverso do pericárdio. De seu orifício, localizado inferiormente, ele ascende posteriormente à parte descendente da aorta, e em seguida à direita deste vaso, e termina ao nível do ângulo do esterno. O recesso aórtico inferior, que também se estende a partir do seio transverso do pericárdio, é um divertículo que desce de um orifício localizado superiormente para seguir entre a parte ascendente inferior da aorta e o átrio direito. O recesso pulmonar esquerdo, com seu orifício sob a prega da veia cava esquerda, passa para a esquerda entre a face inferior da artéria pulmonar esquerda e a borda superior da veia pulmonar esquerda superior. O recesso pulmonar direito se encontra entre a superfície inferior da parte proximal da artéria pulmonar direita e a borda superior do átrio esquerdo.

Uma prega triangular de pericárdio seroso é refletida a partir da artéria pulmonar esquerda para a veia pulmonar esquerda superior subjacente como a prega esquerda da veia cava superior. Ela contém um ligamento fibroso, um remanescente da veia cardinal comum esquerda obliterada (ducto de Cuvier esquerdo). Este ligamento desce anteriormente ao hilo do pulmão esquerdo a partir da parte superior da veia intercostal superior esquerda até a parte posterior do átrio esquerdo, onde ele é contínuo com a veia oblíqua do átrio esquerdo. A veia cardinal comum esquerda pode persistir como uma veia cava superior esquerda, a qual em seguida substitui a veia oblíqua do átrio esquerdo e desemboca no seio coronário. Quando ambas as veias cardinais comuns persistem como veias cavas superiores direita e esquerda, a anastomose transversa entre elas, a qual normalmente forma a veia braquiocefálica esquerda, pode ser pequena ou ausente. Quando existe uma veia cava superior esquerda, ela está unida pela veia intercostal superior esquerda.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

As artérias do pericárdio são derivadas das artérias torácica interna e musculofrênica, e da parte torácica da parte descendente da aorta. As veias são tributárias do sistema ázigo.

INERVAÇÃO

O pericárdio é inervado pelo nervo vago, juntamente com os nervos frênicos e os troncos simpáticos (Figs. 56.20 e 58.3). A dor pericárdica é tipicamente uma dor subesternal aguda e severa. Ela pode ser exacerbada ao se deitar de costas ou sobre o lado esquerdo, e aliviada ao se inclinar

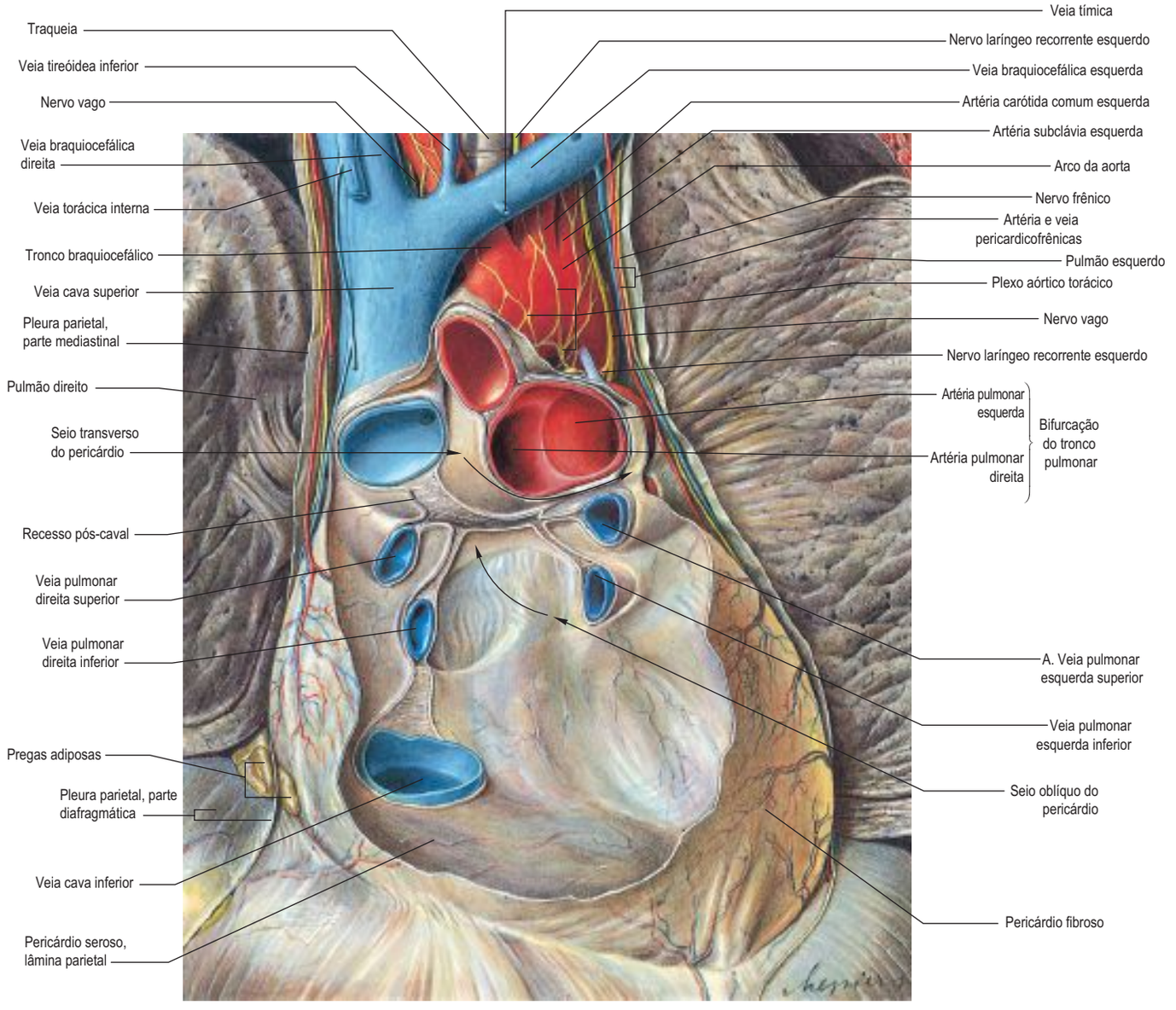


Fig. 56.1 Interior do saco pericárdico após secção dos grandes vasos em sua origem cardíaca e remoção do coração (visto de frente). Veja o texto para a denominação dos recessos adicionais da cavidade do pericárdio seroso geral e seu seio transverso. (De Sobotta, 2006.)

para a frente. Ocasionalmente se irradia para a margem superior do músculo trapézio.

TAMPONAMENTO CARDÍACO

O tamponamento cardíaco é a compressão externa do coração usualmente causada pelo acúmulo de líquido no espaço pericárdico. Isto causa compressão do átrio direito e reduz o retorno venoso, o que reduz o débito cardíaco. Ele pode ocorrer após trauma, uma extensão proximal a partir de um aneurisma dissecante da aorta, ou uma cirurgia cardíaca. Os pacientes desenvolvem hipotensão e colapso circulatório. O tratamento de emergência envolve primeiro o alívio do tamponamento através de aspiração pericárdica percutânea, seguida de cirurgia para que a causa primária seja tratada. A ecocardiografia pode ser útil na avaliação do tamponamento e também em guiar a aspiração pericárdica percutânea. A cirurgia é através de uma incisão subxifoide ou uma toracotomia anterior esquerda.

CORAÇÃO

A estrutura microscópica do músculo cardíaco está descrita em detalhes no Capítulo 6.

ORGANIZAÇÃO GERAL

O coração é um par de bombas musculares dotadas de valvas combinadas em um único órgão (Fig. 56.2A-D). Embora o arcabouço fibromuscular e os tecidos de condução destas bombas sejam estruturalmente entrelaçados, cada bomba (os chamados corações "direito" e "esquerdo") é fisiologicamente separada e está interposta em série em diferentes pontos na circulação dupla. Apesar desta disposição funcional em série, as duas bombas são usualmente descritas topograficamente em paralelo.

Das quatro câmaras cardíacas, os dois átrios recebem o sangue venoso como reservatórios fracamente contráteis para o enchimento final dos dois ventrículos, os quais em seguida fornecem a poderosa contração expulsiva que força o sangue para o interior dos principais troncos arteriais.

O coração direito inicia-se no átrio direito e recebe as veias cavas superior e inferior, juntamente com o principal influxo venoso derivado do coração propriamente dito através do seio coronário. Este sangue venoso sistêmico atravessa o óstio atrioventricular direito, guardado pela valva atrioventricular direita, para adentrar no componente de entrada do ventrículo direito. A contração do ventrículo, particularmente de seu componente trabecular apical, fecha a valva atrioventricular direita e, com pressão progressiva, ejeta o sangue através do trato de saída da musculatura ventricular direita para o tronco pulmonar. O sangue em seguida flui através do leito vascular pulmonar, o qual apresenta uma resistência relativamente baixa. Alterações na pressão, relações temporais e eventos valvares são descritos abaixo. Muitos aspectos estruturais do "coração direito", incluindo sua geometria global, arquitetura miocárdica e a construção e as forças relativas das valvas atrioventricular direita e do tronco pulmonar, estão de acordo com esta baixa resistência, estando associadas com alterações comparativamente baixas na pressão.

O coração esquerdo se inicia no átrio esquerdo, o qual recebe todo o influxo pulmonar de sangue oxigenado e algum influxo venoso coronário. Ele se contrai para preencher o ventrículo esquerdo através do óstio atrioventricular esquerdo, guardado pela sua valva atrioventricular esquerda. A

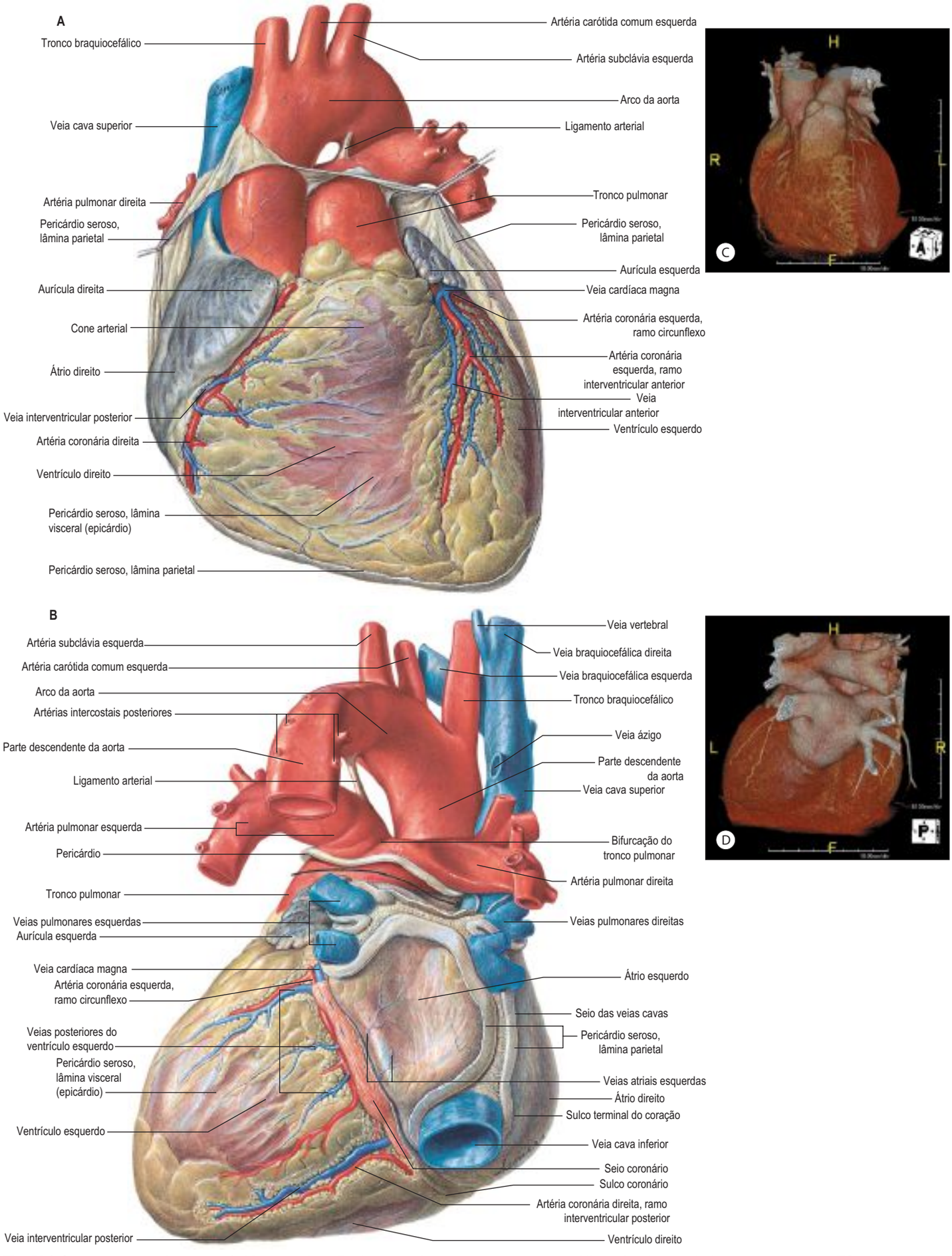


Fig. 56.2 O coração e grandes vasos: **A,** Vista anterior e **B,** vista posterior com as reconstruções tridimensionais a partir de escaneamento por TC com múltiplas fatias (**C** e **D**). (Figuras principais de Sobotta, 2006.)

valva é a entrada para o acesso ao ventrículo esquerdo. A contração ventricular aumenta rapidamente a pressão no componente trabecular apical, fechando a valva atrioventricular esquerda e abrindo a valva da aorta, permitindo ao ventrículo ejetar através do trato de saída ventricular esquerdo para o interior dos seios da aorta e da parte ascendente da aorta, e daí para toda a árvore arterial sistêmica, incluindo as artérias coronárias. Este vasto leito vascular apresenta uma alta resistência periférica que, com as grandes demandas metabólicas (especialmente as necessidades ininterruptas dos tecidos cerebrais), explica a organização estrutural mais substancial do "coração esquerdo". A fase de ejeção do ventrículo esquerdo é mais curta que a do ventrículo direito, mas suas flutuações na pressão são muito maiores. Devido às suas demandas funcionais contrastantes, o coração está longe de ser um simples par de bombas paralelas (estruturalmente combinadas), muito embora os ventrículos direito e esquerdo possam liberar mais ou menos o mesmo volume a cada contração. O coração tem uma complicada organização tridimensional em espiral, a qual é marcantemente enviesada quando comparada aos planos do corpo. Termos como "esquerdo" e "direito", "anterior" e "posterior", "superior" e "inferior", consequentemente, nem sempre auxiliam as descrições da anatomia cardíaca. Outra fonte potencial de confusão é o estudo usual de corações isolados inteiros ou dissecados, com a subsequente dificuldade de relatar os detalhes do coração da forma como ele se encontra posicionado no interior do corpo. A seguinte descrição preliminar enfatiza tais dificuldades a fim de evitar certos conceitos errôneos, antes de proceder uma informação da estrutura mais detalhada.

O coração direito, uma vez que forma a face ou "margem" direita, segue uma curva suave e cobre a maior parte da face anterior do coração esquerdo (exceto por uma faixa do lado esquerdo que inclui o ápice). Deste modo, o coração direito forma a maior parte da superfície anterior, e seu trato de saída ascende até que ele termine do lado esquerdo do trato de saída a partir do ventrículo esquerdo. Os locais das valvas atrioventricular direita e da valva do tronco pulmonar estão amplamente separados e sob diferentes planos, sendo que a cavidade plana do ventrículo direito – a qual tem formato em crescente ao corte – se espalha entre os dois. De modo inverso, o coração esquerdo (exceto pela faixa ao lado esquerdo acima mencionada) ocupa uma posição amplamente posterior, e quando visualizado pela frente é obscurecido pelas câmaras do coração direito. A entrada para o ventrículo esquerdo, a qual contém a valva atrioventricular esquerda, encontra-se muito próxima à sua saída (a valva da aorta), estando os dois envolvidos pelo amplo trato que liga os componentes de entrada e saída do ventrículo direito. Os planos dos óstios ventriculares esquerdos, embora relativamente inclinados, são mais coplanares do que os do coração direito. A cavidade ventricular esquerda é estreita e cônica, e sua ponta ocupa o ápice do coração. A maior parte da base do coração é formada pelo átrio esquerdo.

Tamanho, formato e características externas do coração

O coração é um órgão oco fibromuscular de formato um pouco cônico ou piramidal, com uma base, um ápice e uma série de faces e "margens". Envolvido pelo pericárdio, ele ocupa o mediastino médio entre os pulmões e suas coberturas pleurais (Fig. 56.1). Encontra-se colocado obliquamente por trás do corpo do esterno e das cartilagens costais e costelas adjacentes. Aproximadamente um terço da massa se encontra à direita da linha mediana.

Um coração adulto médio tem 12 cm da base até o ápice, 8-9 cm em seu diâmetro transverso mais largo, e 6 cm anteroposteriormente. Seu peso varia de 280 a 340 g (média de 300 g) em homens e de 230 a 280 g (média de 250 g) em mulheres. O peso cardíaco é 0,45% do peso corporal em homens e 0,40% em mulheres. O peso adulto é alcançado entre as idades de 17 e 20 anos. A posição oblíqua do coração pode ser enfatizada por compará-lo a uma pirâmide um tanto deformada, com a base voltada posteriormente e para a direita, e o ápice voltado anteriormente e para a esquerda. Uma linha do ápice até o centro aproximado da base, projetada posterolateralmente, emerge próxima à linha escapular média do lado direito. Algumas faces da "pirâmide" cardíaca são planas, outras mais ou menos convexas, sendo que estas faces se misturam ao longo de "bordas" muito mal definidas. A definição precisa das faces e das "bordas" intervenientes é, portanto, difícil. Na informação que se segue, a nomenclatura oficial (*Terminologia Anatômica*, 2001) e os termos mais genericamente usados a partir da prática clínica são dados como alternativas. O coração é descrito como tendo uma base e um ápice, sendo suas faces designadas como esternocostal (anterior), diafragmática (inferior) e pulmonar (direita e esquerda). Suas margens são denominadas superior, inferior (margem ou borda "aguda") e esquerda (margem ou borda "obtusa"). Alguns denominam a face direita como uma "margem", apesar de sua extensão. Uma fonte inevitável de confusão é o uso do termo "posterior", o qual pode ser substituído pelo termo inequívoco "diafragmático". Se posterior é para ser usado para uma face do coração, ele deve ser reservado para a base (entretanto, compondo esta dificuldade, existe um número de diferentes usos do termo "base do coração").

O coração está posicionado obliquamente no tórax. As estruturas septais atriais e ventriculares estão virtualmente alinhadas, porém se encontram inclinadas para a frente e para a esquerda em 45° em relação a um plano sagital. Os planos das valvas atrioventricular esquerda e direita, embora verticais e não precisamente coplanares, estão amplamente em ângulos retos com o plano septal. O átrio direito, consequentemente, não está somente voltado para a direita, mas também anterior e inferior ao átrio esquerdo. Ele também está parcialmente anterior ao ventrículo esquerdo, com um importante septo atrioventricular interveniente. O ventrículo direito forma a maior parte da face anterior da massa ventricular (Fig. 56.3), apenas sua extremidade inferior está à direita do ventrículo esquerdo, e sua extremidade superior esquerda (óstio do tronco pulmonar) está à esquerda e superior em relação à valva da aorta. O átrio esquerdo forma a maior parte da face posterior do coração, enquanto o ventrículo esquerdo encontra-se proeminente apenas inferiormente, seguindo juntamente com a margem esquerda até atingir o ápice. Os átrios encontram-se essencialmente à direita dos seus respectivos ventrículos e posteriormente a estes. Estas disposições gerais são da maior importância no planejamento ou na interpretação de radiografias, escaneamentos, angiocardiogramas e ecocardiogramas.

Sulcos na superfície do coração

A divisão do coração em quatro câmaras produz limites que são visíveis externamente como sulcos. Alguns são profundos e óbvios e contêm proeminentes estruturas. Outros são menos distintos, até mesmo dificilmente perceptíveis, e são às vezes obscurecidos, em parte, pelas principais estruturas que os cruzam. O sulco interatrial é um sulco raso que separa os dois átrios. Os limites laterais são definidos pelas margens dos átrios. O sulco coronário separa os átrios dos ventrículos. Este sulco, que contém os principais troncos das artérias coronárias, é oblíquo. Ele desce para a direita sobre a face esternocostal, separando o átrio direito (e sua aurícula) da margem direita oblíqua do ventrículo direito e seu cone arterial. Sua parte superior esquerda é obliterada onde ele é cruzado pelo tronco pulmonar e, atrás deste, pela aorta, da qual as artérias coronárias se originam. Continuando para a esquerda, o sulco se curva ao redor da margem esquerda e desce para a direita, separando a base dos átrios da face diafragmática dos ventrículos (Fig. 56.2A e D). Esta parte diafragmática do sulco coronário em seguida se curva ao redor da margem inferior em sua extremidade direita inferior para se tornar confluente com a parte esternocostal. Assim, o sulco passa do alto à esquerda para baixo à direita, com a parte diafragmática ficando um pouco à esquerda da parte esternocostal. Um corte que inclua o sulco coronário está a 45° do plano sagital e a um ângulo maior, porém variável, aos planos transverso e coronal. Ele atravessa, aproximadamente, as linhas de inserção das valavas atrioventriculares e (mesmo de maneira pouco precisa) as das valvas da aorta e do tronco pulmonar. Uma linha em ângulos retos em relação ao centro deste plano descerá para a frente e para a esquerda do ápice do coração.

Internamente, os ventrículos estão separados pelo septo interventricular. As margens murais do septo interventricular correspondem aos sulcos interventriculares anterior e posterior (diafragmático). O sulco interventricular anterior, visto sobre a face esternocostal, é próximo e quase paralelo à margem ventricular esquerda. Sobre a face diafragmática, o sulco interventricular posterior está mais próximo ao ponto médio da massa ventricular. Os sulcos interventriculares se estendem do sulco coronário até a incisura apical sobre a margem inferior, a qual se encontra um pouco mais à direita do verdadeiro ápice do coração.

Base, ápice, faces e margens do coração

Aspecto posterior do coração A verdadeira base do coração é um tanto quadrilátera, com extensões laterais curvas. Ela está voltada para trás e para a direita, separada das vértebras torácicas (quinta à oitava na posição recumbente, sexta à nona na postura ereta) pelo pericárdio, pelas veias pulmonares direitas, pelo esôfago e pela aorta. Ela é formada principalmente pelo átrio esquerdo, e apenas parcialmente pela parte posterior do átrio direito (Fig. 56.2B e D). Se estende superiormente até a bifurcação do tronco pulmonar e inferiormente até a parte posterior do sulco coronário, o qual contém o seio coronário e ramos das artérias coronárias. Está limitada à direita e à esquerda pelas superfícies arredondadas dos átrios correspondentes. Estes estão separados pelo raso sulco interatrial. O ponto de junção dos sulcos coronário, interatrial e interventricular posterior é denominado de cruz do coração. Duas veias pulmonares em cada lado se abrem no interior da parte atrial esquerda da base, enquanto as veias cavas superior e inferior se abrem no interior das partes superior e inferior da região basal do átrio direito. A área do átrio esquerdo entre as aberturas das veias pulmonares direitas e esquerdas forma a parede anterior do seio oblíquo do pericárdio (Fig. 56.1). Esta descrição da base anatômica reflete a posição usual do coração no tórax. Alguma confusão é produzida por outros usos correntes do termo "base". Ele é frequentemente aplicado ao segmento das junções atrioventricular e ventrículo-arterial visto após dissecções através do sulco coronário. Esta área é mais bem denominada de base dos ventrículos. Na prática clínica, a ausculta nas regiões paraester-

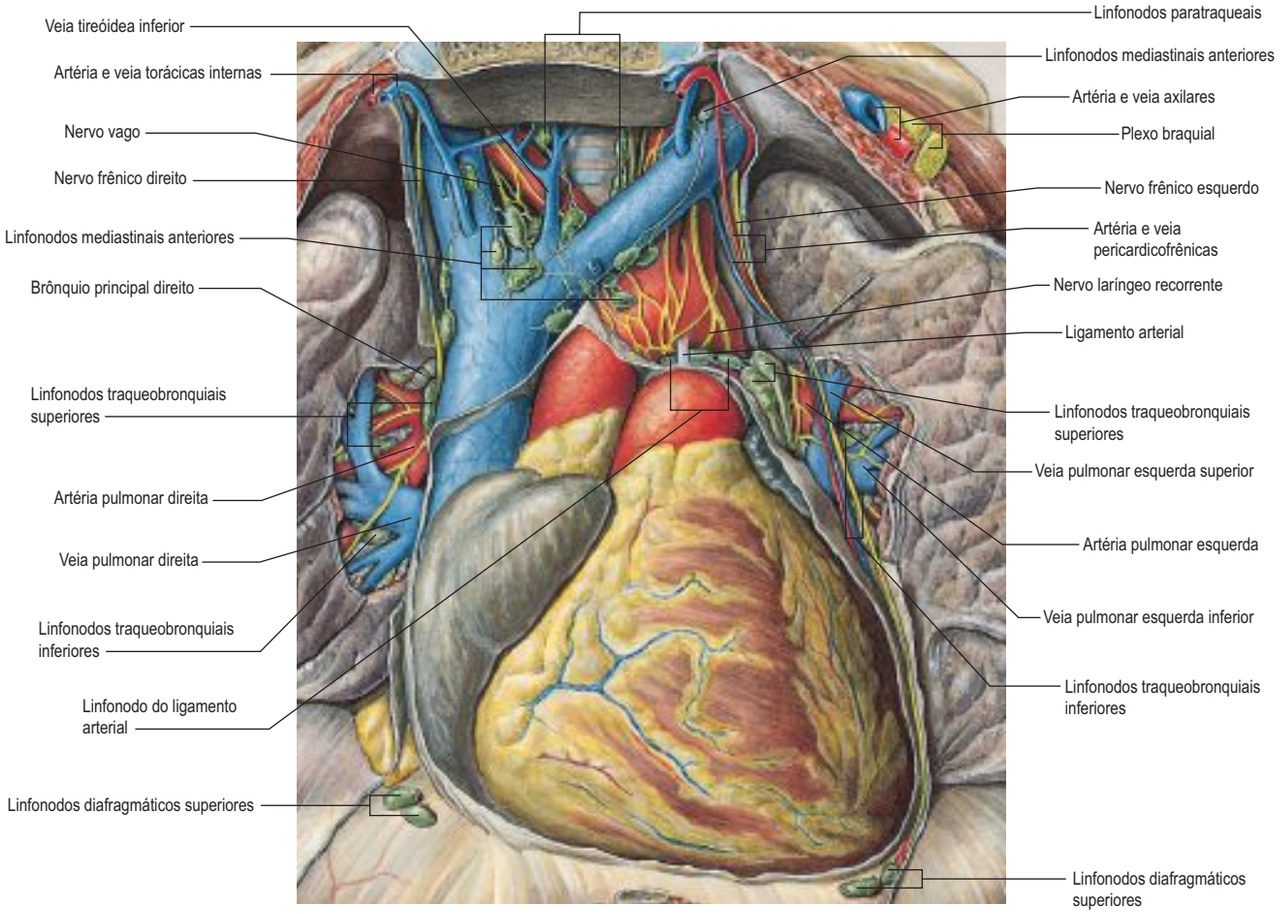


Fig. 56.3 Dissecção que mostra o coração, os grandes vasos e os pulmões *in situ*: o manúbrio do esterno foi retraído cranialmente e o timo foi totalmente removido. O pericárdio foi parcialmente removido e o hilo do pulmão foi dissecado para expor os linfonodos traqueobronquiais. (De Sobotta, 2006.)

nais dos segundos espaços intercostais, ou próximo a estes, é frequentemente descrita como ocorrendo na "base" clínica, para fazer o contraste com o "ápice" clínico. Tais descrições, apesar de pouco perfeitas sob o ponto de vista anatômico, quase certamente persistirão.

Ápice anatômico do coração Este é o ápice do ventrículo esquerdo cônico, o qual está direcionado para baixo, para a frente e para a esquerda. Sobrepostos a ele se encontram o pulmão esquerdo e a pleura. O ápice está localizado mais comumente atrás do quinto espaço intercostal esquerdo, próximo ou um pouco medial à linha medioclavicular.

Face esternocostal do coração Voltada para a frente e para cima, a face esternocostal tem uma convexidade aguda à direita e uma convexidade mais gradual à esquerda (Fig. 56.3). Ela consiste de uma área atrial acima e à direita, e uma parte ventricular abaixo e à esquerda do sulco coronário. A área atrial é ocupada quase inteiramente pelo átrio direito. O átrio esquerdo encontra-se largamente escondido pela parte ascendente da aorta e pelo tronco pulmonar. Apenas uma pequena parte da aurícula esquerda se projeta para a frente à esquerda do tronco pulmonar. Da região ventricular, cerca de um terço é constituído pelo ventrículo esquerdo e dois terços pelo ventrículo direito. O local do septo entre eles está indicado pelo sulco interventricular anterior. A face esternocostal está separada do corpo do esterno, dos músculos esternocostais e das terceira à sexta cartilagens costais pelo pericárdio. Devido à saliência do coração para a esquerda, encontra-se mais desta face por trás das cartilagens costais esquerdas do que por trás das direitas. Ela também está coberta pelas membranas pleurais e pelas delgadas margens anteriores dos pulmões, exceto por uma área triangular na incisura cardíaca do pulmão esquerdo. Os pulmões e suas coberturas pleurais são variáveis em seu grau de sobreposição ao coração.

Face diafragmática do coração Predominantemente horizontal, a face diafragmática do coração se inclina para baixo e para a frente um pouco em direção ao ápice (Fig. 56.2B e D). Ela é formada pelos ventrículos (principalmente o esquerdo) e se dispõe principalmente sobre o centro tendíneo, mas também – apicalmente – em uma pequena área da parte muscular esquerda do diafragma. Ela está separada da base anatômica pelo sulco coronário e é atravessada obliquamente pelo sulco interventricular posterior.

Face pulmonar esquerda do coração Voltada para cima, para trás e para a esquerda, a face pulmonar esquerda consiste quase inteiramente na margem esquerda do ventrículo esquerdo, mas uma pequena parte do átrio esquerdo e sua aurícula contribuem superiormente. Convexa e mais larga acima, onde ela é cruzada pelo sulco coronário, ela se estreita em direção ao ápice do coração. Está separada do nervo frênico esquerdo e de seus vasos acompanhantes pelo pericárdio, e da concavidade profunda do pulmão esquerdo pela pleura esquerda.

Face direita do coração A face direita é arredondada e formada pela parede atrial direita. Ela está separada da face mediastinal do pulmão direito pelo pericárdio e pelas coberturas pleurais. Sua convexidade se mistura abaixo com a curta parte intratorácica da veia cava inferior e acima com a veia cava superior. O sulco terminal é uma proeminente indicação entre os componentes atriais verdadeiros e os componentes venosos do átrio direito, curvando-se aproximadamente ao longo da junção das faces esternocostal e direita.

Margem superior do coração Esta é atrial (principalmente o átrio esquerdo). Anterior a ela estão a parte ascendente da aorta e o tronco pulmonar (Fig. 56.1). Em sua extremidade, a veia cava superior entra no átrio direito.

Margem direita do coração Correspondente ao átrio direito, o perfil da margem direita é ligeiramente convexo para a direita e se aproxima do vertical.

Margem inferior do coração Também conhecida como a margem aguda do coração, a margem inferior é bem definida, delgada e quase horizontal. Ela se estende do limite inferior da margem direita até o ápice e é formada principalmente pelo ventrículo direito, com uma pequena contribuição do ventrículo esquerdo próximo ao ápice.

Margem esquerda do coração Também conhecida como a margem obtusa, a margem esquerda separa as faces esternocostal e esquerda. Ela é arredondada e formada principalmente pelo ventrículo esquerdo, mas, até certo ponto superiormente, é formada pela aurícula do átrio esquerdo. Ela desce obliquamente, convexa para a esquerda, da aurícula até o ápice do coração.

Átrio direito

Aspectos gerais e externos

O septo interatrial é oblíquo, de modo que o átrio direito encontra-se anterior e à direita do átrio esquerdo (Fig. 56.2A-D), estendendo-se também inferiormente a ele. Suas paredes formam a face esternocostal superior direita, a face pulmonar direita convexa e um pouco do lado direito da base. A veia cava superior se abre em sua cúpula e a veia cava inferior em sua parte posterior inferior (Fig. 56.2B e D). Uma extensa bolsa muscular, a aurícula, se projeta anteriormente para se sobrepor à face direita da parte ascendente da aorta. A aurícula é uma larga estrutura triangular e tem uma ampla junção com o verdadeiro componente atrial do átrio direito (Fig. 56.2A e C). A junção entre a parte venosa (seio venoso) e o átrio propriamente dito é marcada externamente por um sulco raso, o sulco terminal, que se estende entre os lados direitos dos óstios das duas veias cavas. O sulco terminal corresponde, internamente, à crista terminal, a qual é o local de origem dos extensos músculos pectíneos que surgem em série em ângulos retos a partir da crista. Posteriormente, o sulco interatrial vertical desce para a cruz do coração.

Anteriormente, o átrio direito está relacionado à parte anterior da face mediastinal do pulmão direito, do qual ele está separado pela pleura e pelo pericárdio. Lateralmente, o átrio está relacionado também à face mediastinal do pulmão direito, mas anterior ao seu hilo e separado dele pela pleura, pelo nervo frênico direito, pelos vasos pericardicofrênicos e pelo pericárdio. Posteriormente e à esquerda, o septo interatrial e as paredes atriais dobradas circunjacentes separam o átrio direito do átrio esquerdo (o envolvimento mural está indicado por um extenso sulco interatrial). Posteriormente e à direita estão as veias pulmonares direitas. Medialmente estão a parte ascendente da aorta e, em um grau menor, a raiz do tronco pulmonar e sua bifurcação.

Superfície interna

A superfície interna do átrio direito pode ser dividida em três regiões: um componente venoso de paredes lisas posteriormente que leva, anteriormente, ao vestíbulo da valva atrioventricular direita e à aurícula (Fig. 56.4A e B). A parede do vestíbulo é lisa, mas sua junção com a aurícula é enrugada ao redor de toda a junção atrioventricular. A parte de paredes lisas recebe a abertura das veias cavas e do seio coronário. Ela representa o componente venoso (seio venoso) do coração em desenvolvimento. A parede do vestíbulo tem uma superfície encrespada e a da aurícula é trabeculada. Ambas são derivadas do átrio embrionário propriamente dito.

As veias cavas superior e inferior se abrem no interior do componente venoso. A veia cava superior retornam o sangue da cabeça, do pescoço, e dos membros superiores através de um óstio que está voltado inferoanteriormente e não apresenta valva, e também recebe sangue da parede torácica e do esôfago através do sistema ázigo. A veia cava inferior é maior do que sua equivalente superior: ela drena o sangue de todas as estruturas abaixo do diafragma, inclusive deste, para a parte inferior do átrio próximo ao septo. Anterior ao seu óstio encontra-se uma valva semelhante a uma cúspide, a válvula da veia cava inferior (Fig. 56.4A e B). De tamanho variável, esta válvula é encontrada ao longo da margem lateral, ou direita, da veia. Quando localizada inferiormente, ela segue para o seio do septo (veja a seguir), onde é contígua com a válvula do seio coronário. A parte lateral da válvula da veia cava inferior se torna contínua com a extremidade inferior da crista terminal. A válvula é uma prega do endocárdio que envolve algumas fibras musculares. Ela é grande durante a vida fetal, quando ela serve para direcionar o sangue ricamente oxigenado advindo da placenta através do forame oval do septo interatrial para o interior do átrio esquerdo. A válvula varia notavelmente de tamanho na vida pós-natal; ela é às vezes cribriforme ou filamentosa, mas frequentemente está ausente. Um recesso particularmente proeminente, atrás da válvula da veia cava inferior, é visto posteroinferiormente em relação ao óstio do seio coronário.

O seio coronário se abre no componente atrial venoso, entre o óstio da veia cava inferior, a fossa oval, e o óstio atrioventricular (Fig. 56.4A e B). O seio coronário é frequentemente guardado por uma delgada válvula semicircular que cobre a parte inferior do óstio (válvula do seio coronário). O ramo superior desta válvula se une à válvula da veia cava inferior; uma estrutura tendínea, o tendão da válvula da veia cava inferior, segue desta comissura para o seio do septo, o qual é o septo entre o seio coronário e a fossa oval. O tendão da válvula da veia cava inferior segue para a frente para se inserir no corpo fibroso central e é um dos marcos do trígono do nó sinoatrial (veja a seguir). O óstio do seio coronário forma um proeminente marco no átrio direito. O seio propriamente se encontra dentro do sulco coronário esquerdo (Fig. 56.2B e D) e é o canal de retorno da maior parte do sangue venoso derivado do coração, embora algumas veias atriais drenem diretamente para os átrios direito ou esquerdo. O seio coronário começa no ponto onde a veia oblíqua do átrio esquerdo se une à veia cardíaca magna. O seio recebe a veia interventricular posterior e veias cardíacas mínimas próximas à sua junção com o átrio direito.

Vários pequenos óstios venosos, que drenam as veias cardíacas mínimas do átrio, são encontrados espalhados ao redor das paredes atriais. Elas devolvem uma pequena fração de sangue advindo do coração e são mais numerosas na parede do septo. As veias anteriores do ventrículo direito e, às vezes, a veia marginal direita podem entrar no átrio através de óstios maiores.

O átrio propriamente dito e a aurícula estão separados do seio venoso pela crista terminal. Esta crista muscular lisa se inicia sobre a parte superior da superfície septal e, passando anteriormente ao óstio da veia cava superior, segue ao redor de sua margem direita para alcançar o lado direito do óstio da veia cava inferior. Ela marca o local da válvula venosa direita do coração embrionário e corresponde externamente ao sulco terminal. O nó sinoatrial está localizado no interior da parte superior do sulco, lateralmente e estendendo-se abaixo do óstio da veia cava superior (Fig. 56.4A e B).

Os músculos pectíneos, cristas musculares quase paralelas, se estendem anterolateralmente a partir da crista terminal e atingem o interior da aurícula, onde eles formam varias trabéculas.

A parede septal apresenta a fossa oval, uma depressão oval acima e à esquerda do óstio da veia cava inferior. Seu assoalho é o septo interatrial primário, ou septo primário (*septum primum*). O limbo da fossa oval é proeminente e, embora frequentemente considerada representante da margem do então chamado septo secundário (*septum secundum*), na realidade ela é meramente representativa das paredes dobradas para dentro das câmaras atriais. Ela é mais conspícua acima e em frente da fossa, e é usualmente deficiente inferiormente. Uma pequena fenda é às vezes encontrada na margem superior da fossa, ascendente sob a margem para se comunicar com o átrio esquerdo. Isto representa uma falha na obliteração do forame oval fetal, o qual permanece patente em até um terço de todos os corações normais.

Anteroinferiormente no átrio direito encontra-se o grande óstio atrioventricular oval, que leva ao óstio da valva atrioventricular direita. Uma zona triangular, o trígono do nó sinoatrial, é definida entre a inserção da válvula septal da valva atrioventricular direita, a margem anteromedial do óstio do seio coronário e o tendão subendocárdico da válvula da veia cava inferior, arredondado, colagenoso e palpável (Fig. 56.4A e B). O trígono é uma referencia de importância cirúrgica particular, indicando o local do nó atrioventricular e suas conexões atriais. Anterossuperior à inserção do tendão da válvula da veia cava inferior, a parede septal é formada pelo componente atrioventricular do septo membranáceo, interveniente entre o átrio direito e a saída subaórtica do ventrículo esquerdo (Fig. 56.5). A parede atrial se projeta anterossuperiormente acima do septo membranáceo. Esta área é a protuberância aórtica e marca o local do seio não coronário da aorta com sua cúspide valvular incluída.

Ventrículo direito

O ventrículo direito se estende do óstio atrioventricular direito (tricúspide) até quase ao ápice do coração. Em seguida, ele ascende para a esquerda para se tornar o cone arterial, atingindo o óstio do tronco pulmonar e sustentando as válvulas da valva do tronco pulmonar. Sob o ponto de vista topográfico, o ventrículo possui um componente de entrada o qual sustenta e circunda a valva atrioventricular direita; um componente apical grosseiramente trabeculado; e uma saída muscular ou cone arterial, o qual circunda as inserções das válvulas da valva do tronco pulmonar.

Aspectos externos

A superfície anterossuperior convexa do ventrículo direito forma uma grande parte da face esternocostal do coração, e está separada da parede torácica apenas pelo pericárdio (Fig. 56.2A-D). A pleura esquerda e, em um grau menor, a margem anterior do pulmão esquerdo estão interpostos acima e à esquerda. A superfície inferior é plana e está relacionada principalmente, com a interposição do pericárdio, ao centro tendíneo e a uma pequena parte muscular adjacente do diafragma. A parede esquerda e posterior é o septo interventricular. Esta é ligeiramente curvada e se projeta para o interior do ventrículo direito, de modo que, em cortes através do eixo cardíaco, o contorno do ventrículo direito seja em crescente. Alguns acreditam que uma delicada faixa colágena, o tendão do infundíbulo, conecte o infundíbulo muscular pulmonar posteriormente à raiz da aorta. A parede do ventrículo direito é significativamente mais delgada (3-5 mm em média) do que a do esquerdo, sendo a relação de espessura entre as duas paredes usualmente de 1:3.

Aspectos internos

Os componentes de entrada e saída do ventrículo, os quais sustentam e circundam as válvulas das valvas atrioventricular direita do tronco pulmonar respectivamente, estão separados no teto do ventrículo pela proeminente crista supraventricular (Fig. 56.4A). A crista é uma espessa estrutura muscular, altamente arqueada, que se estende obliquamente para a frente e para a direita a partir de um ramo septal, localizado no alto da parede septal interventricular, até um ramo mural ou parietal na parede ventricular direita anterolateral. A face posterolateral da crista fornece um local de inserção principal para a válvula anterior da valva atrioventricular direita. O ramo septal da crista pode ser contínuo com os ramos septais da trabécula septomarginal, ou envolvido por esta última. As regiões de entrada e saída se estendem apicalmente e a partir do proeminente componente

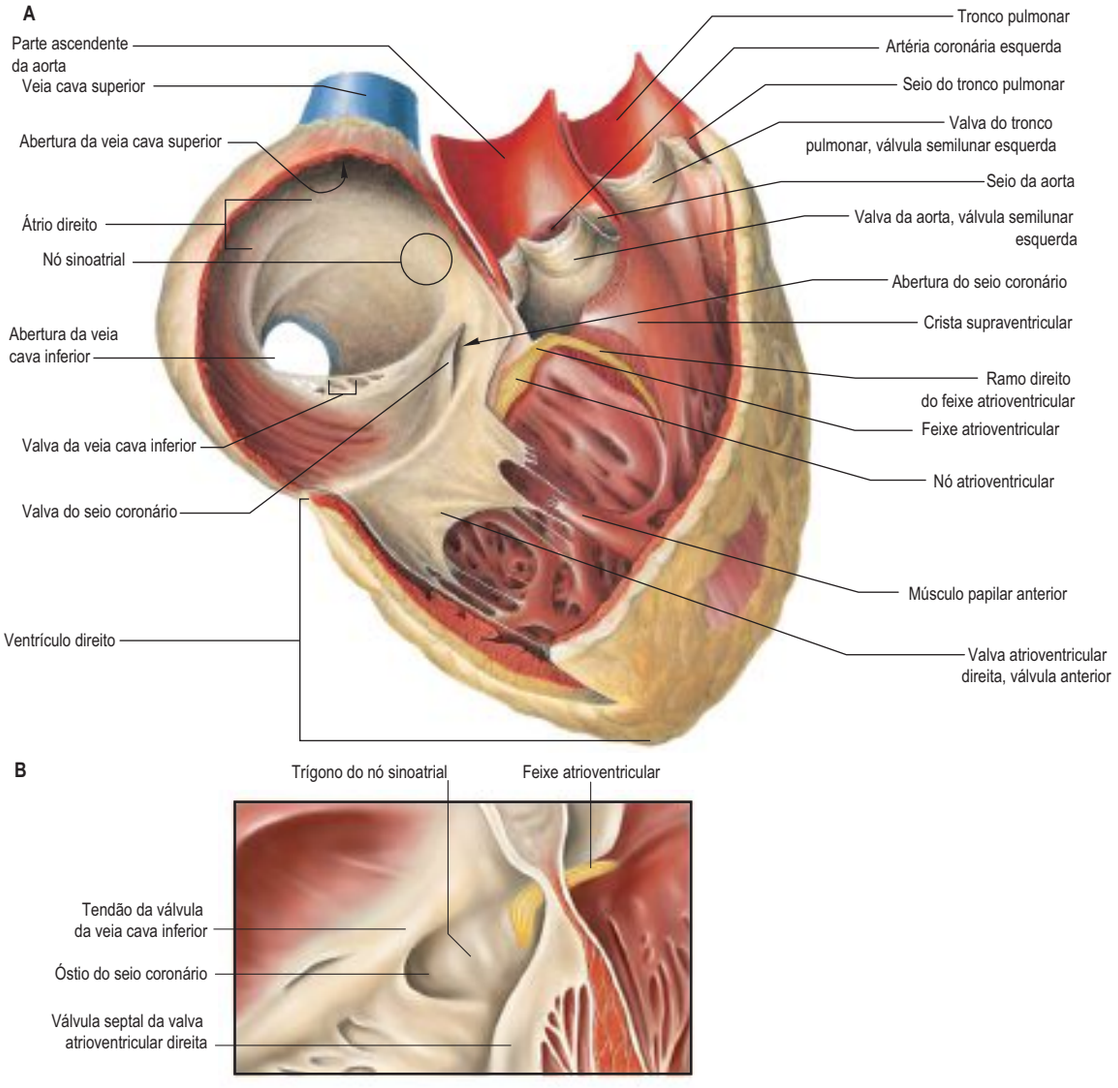


Fig. 56.4 A, O interior do coração, revelado através de incisão ao longo de sua superfície direita e parte da superfície inferior. O resto do coração foi girado para a esquerda. **B,** O trígono do nó sinoatrial, o qual é definido pelo tendão da válvula da veia cava inferior, pelo óstio do seio coronário e pela válvula septal da valva atrioventricular direita. (**A** de Sobotta, 2006.)

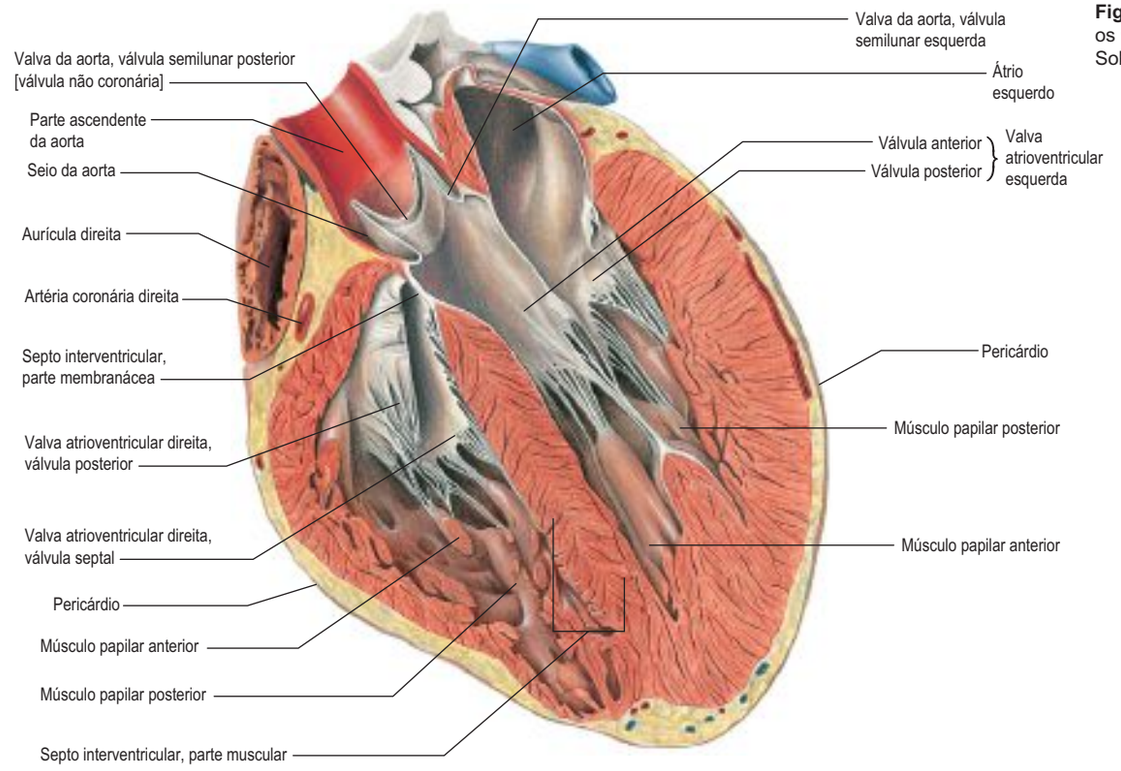


Fig. 56.5 Uma dissecção que abre os ventrículos, vistos de frente. (De Sobotta, 2006.)

grosseiramente trabeculado do ventrículo. O componente de entrada é em si também trabeculado, enquanto o componente de saída (ou cone arterial) tem paredes predominantemente lisas. A aparência trabeculada é causada por uma miríade de cristas e protrusões musculares irregulares, as quais são conhecidas coletivamente como as trabéculas cárneas, e são revestidas por endocárdio. Estas protrusões e sulcos intervenientes oferecem uma grande variação na espessura da parede; as protrusões variam em extensão desde meras cristas a trabéculas, as quais estão fixas em ambas as extremidades, mas às vezes apresentam-se livres. Outras protrusões conspícuas são os músculos papilares, os quais estão inseridos a uma extremidade sobre a parede ventricular e são contínuos à outra extremidade com cordas colagenosas, as cordas tendíneas, inseridas na borda livre e em outros locais da face livre das valvas atrioventriculares. Uma protrusão no ventrículo direito, a trabécula septomarginal ou faixa septal, é particularmente proeminente. Ela reforça a superfície septal onde, na base, ela divide em ramos que envolvem a crista supraventricular. Em direção ao ápice, ela sustenta o músculo papilar anterior da valva atrioventricular direita e, a partir deste ponto, cruza para a parede parietal do ventrículo como a "banda moderadora" (este nome alternativo registra uma antiga ideia de que a trabécula septomarginal previne a distensão excessiva do ventrículo). Uma série subsequente de proeminentes trabéculas, as trabéculas septoparietais, se estendem de sua superfície anterior e seguem por sobre a parede ventricular parietal. O trato de saída de paredes lisas, ou cone arterial, ascende para a esquerda acima das trabéculas septoparietais e abaixo do arco da crista supraventricular até o óstio do tronco pulmonar.

Valva atrioventricular direita

O aparelho valvar atrioventricular, em ambos os ventrículos direito e esquerdo, consiste no óstio e seu anel fibroso associado, nas válvulas, nas cordas tendíneas de sustentação – de vários tipos – e nos músculos papilares.

A interação harmoniosa de todos esses componentes, juntamente com as massas miocárdicas atrial e ventricular, depende dos tecidos de condução e da coesão mecânica fornecida pelo esqueleto cardíaco fibroelástico. Todas as partes se alteram substancialmente de posição, formato, angulação e dimensões durante um único ciclo cardíaco.

Óstio atrioventricular direito

O óstio atrioventricular direito é mais bem visualizado a partir da face atrial e mede em média 11,4 cm de circunferência em homens e 10,8 cm em mulheres. Ele apresenta uma linha clara de transição da parede ou septo interatrial até as linhas de inserção das válvulas. Suas margens não estão precisamente em um único plano. Ele é quase vertical, mas em 45° em relação ao plano sagital e ligeiramente inclinado para a vertical, de modo que ele esteja "voltado" (com sua face ventricular) anterolateralmente para a esquerda e um pouco inferiormente (Fig. 56.6). Quase triangular, suas margens são descritas como anterior, posterior e septal, correspondendo às linhas de inserção das válvulas.

Os tecidos conjuntivos ao redor do óstio das valvas atrioventriculares separam as massas miocárdicas atrial e ventricular completamente, exceto no ponto de penetração do feixe atrioventricular, e variam em densidade e disposição ao redor da circunferência valvar. Estendendo-se do trígono fibroso direito, que é componente do corpo fibroso central, está um par de tendões subendocárdicos curvados e afilados, ou "dentes" (filamentos coronários) que envolvem parcialmente a circunferência. Esta última é completada por um tecido conjuntivo mais frouxo, fibroelástico e deformável do sulco. Embora, a quantidade de tecido fibroso varie com o sexo e a idade, o tecido no interior da junção atrioventricular ao redor do óstio atrioventricular direito é sempre menos robusto que elementos similares encontrados nas inserções da valva atrioventricular esquerda. A "inserção" topográfica das válvulas livres na valva atrioventricular direita não corresponde completamente ao nível interno de inserção do centro fibroso da valva em relação ao tecido conjuntivo atrioventricular juncional: a linha de inserção da válvula é mais bem apreciada no coração quando examinado grosseiramente, e este aspecto também é mais facilmente discernido sob o ponto de vista clínico.

Válvulas da valva atrioventricular direita

É geralmente possível se distinguir três válvulas na valva atrioventricular direita, daí o nome. Elas estão localizadas anterior, septal e posteriormente, correspondendo aos setores marginais do óstio atrioventricular assim denominado. Cada uma é uma reduplicação do endocárdio que inclui um eixo colagenoso, contínuo na margem e em sua face ventricular com fascículos divergentes de cordas tendíneas (veja a seguir) e basalmente confluentes com o tecido conjuntivo dos anéis fibrosos. Todas as válvulas das valvas atrioventriculares apresentam, passando da margem livre até a margem inserida, as zonas áspera, clara e basal. A zona áspera é relativamente espessa, opaca e desigual em sua face ventricular, onde a maior parte das cordas tendíneas está inserida. A face atrial da zona áspera faz contato com a superfície comparável das válvulas adjacentes durante o fechamento completo da valva. A zona clara é lisa e translúcida, recebe

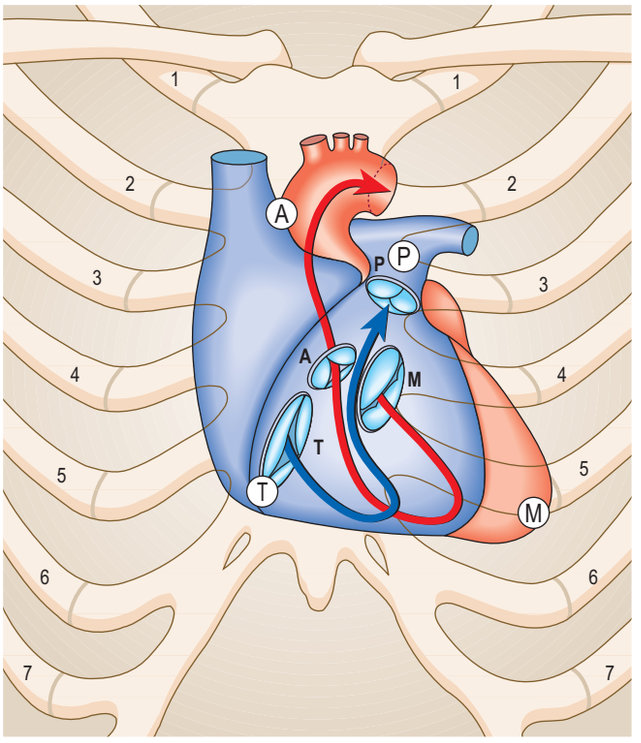


Fig. 56.6 Relação da face esternocostal e das valvas do coração com a caixa torácica. O coração direito está em azul, a seta indica os canais de influxo e de efluxo do ventrículo direito; o coração esquerdo está representado de forma similar em vermelho. As posições, os planos e os tamanhos relativos das valvas cardíacas estão mostrados. A posição das letras A, P, T e M indicam respectivamente as áreas de auscultação das valvas da aorta, do tronco pulmonar, atrioventricular direita (tricúspide) e atrioventricular esquerda (mitral) na prática clínica. Observe que, para o propósito da ilustração, os óstios das valvas da aorta, atrioventricular esquerda (mitral) e atrioventricular direita (tricúspide) são mostrados com alguma separação entre eles. Na realidade, as válvulas das três valvas estão em continuidade fibrosa (**Fig. 56.10**).

poucas cordas tendíneas e tem um centro fibroso mais delgado. A zona basilar, estendendo-se de 2 a 3 mm da inserção circunferencial das válvulas, é mais espessa, contém mais tecido conjuntivo e é vascularizada e inervada. Ela contém as inserções do miocárdio atrial.

A válvula anterior é o maior componente da valva atrioventricular direita. Ela se encontra inserida principalmente à junção atrioventricular na face posterolateral da crista supraventricular, mas se estende ao longo de seu ramo septal até o septo membranáceo, terminando na comissura anterosseptal. Uma ou mais incisuras frequentemente endentam sua margem livre. A inserção da válvula septal passa da comissura inferosseptal na parede ventricular posterior através do septo muscular e em seguida cruza o septo membranáceo até a comissura anterosseptal. A válvula septal define uma das bordas do trígono do nó sinoatrial, consequentemente ajudando a localização do nó atrioventricular, o qual se encontra no ápice do triângulo, e assegurando que esta área pode ser evitada durante uma cirurgia na valva atrioventricular direita (Figs. 56.4A e B, e 56.5).

A válvula inferior tem uma inserção completamente mural e guarda a superfície diafragmática da junção atrioventricular. Seus limites são as comissuras inferosseptal e anteroinferior.

Cordas tendíneas

As cordas tendíneas são estruturas colagenosas fibrosas que sustentam as válvulas das valvas atrioventriculares. Falsas cordas conectam os músculos papilares uns aos outros ou à parede ventricular incluindo o septo interventricular, ou passam diretamente entre pontos na parede (ou no septo interventricular, ou em ambos); elas são encontradas em números e dimensões irregulares no ventrículo direito. As verdadeiras cordas usualmente surgem a partir de pequenas projeções nas extremidades ou margens do terço apical dos músculos papilares, mas às vezes surgem a partir das bases dos músculos papilares ou diretamente das paredes ventriculares e do septo interventricular. Elas estão inseridas em várias partes das faces ventriculares ou das margens livres das válvulas. Foram classificadas em cordas de primeira, segunda e terceira ordem, de acordo com a distância da inserção a partir das margens das válvulas; este esquema tem pouco mérito funcional ou morfológico.

As cordas em formato de leque apresentam um curto tronco do qual ramos se irradiam para se inserir às margens (ou à face ventricular) das zonas de aposição entre válvulas e às extremidades de válvulas adjacentes. As cordas da zona áspera surgem a partir de um único tronco, o qual

normalmente se divide em três componentes que se inserem à margem livre, à face ventricular da zona áspera e a algum ponto intermediário na válvula, respectivamente. As cordas da borda livre são únicas, semelhantes a fios e frequentemente longas, passando do ápice ou da base de um músculo papilar até uma inserção marginal, normalmente próxima ao ponto médio de uma válvula ou a um de seus recortes. As cordas profundas, também longas, passam abaixo das margens, se ramificando em vários graus, atingem a zona áspera mais periférica ou até mesmo a zona clara. As cordas basais são cordas arredondadas ou faixas planas, longas e delicadas, ou curtas e musculares. Elas surgem da parede ventricular lisa ou trabeculada e se inserem no componente basal de uma válvula.

Músculos papilares

Os dois principais músculos papilares no ventrículo direito estão localizados nas posições anterior e posterior. Um terceiro músculo, menor, tem uma posição medial (septal) juntamente com vários músculos menores e variáveis inseridos no septo interventricular. O músculo papilar anterior é o maior. Sua base surge a partir da parede ventricular anterolateral direita, abaixo da comissura anteroinferior da válvula inferior, e ele também se funde com a extremidade direita da trabécula septomarginal. O músculo papilar posterior surge a partir do miocárdio abaixo da comissura inferosseptal e é frequentemente bífido ou trífido. O músculo papilar septal é pequeno, porém típico, e surge a partir do ramo septal posterior da trabécula septomarginal. Todos os principais músculos papilares fornecem cordas aos componentes adjacentes das válvulas que eles sustentam. Um aspecto do ventrículo direito é que a válvula septal encontra-se presa por cordas tendíneas individuais diretamente ao septo ventricular; tais inserções septais nunca são visualizadas no ventrículo esquerdo. Quando fechadas, as três válvulas se ajustam perfeitamente umas às outras, de modo que o padrão das zonas de aposição confirme o arranjo trifoliado da valva atrioventricular direita.

Abertura da valva atrioventricular direita

Apesar de seu nome, a valva atrioventricular direita atua mais como uma valva atrioventricular esquerda, porque a válvula septal, a menor das três válvulas, está fixada entre os trígonos fibrosos direito e esquerdo e os septos interatrial e interventricular. O restante do anel tricúspide é muscular. Durante a diástole, o ventrículo direito relaxa, o anel dilata e as grandes válvulas anterior e posterior se movem para longe do plano do anel e para o interior do ventrículo direito. Durante a sístole, o anel se estreita à medida que o ventrículo se contrai, e as duas principais válvulas se movem como velas para limitar uma válvula septal relativamente imóvel e o septo interventricular propriamente dito (Fig. 56.7).

Valva do tronco pulmonar

A valva do tronco pulmonar, que guarda o fluxo de saída do ventrículo direito, delimita superiormente o cone arterial e está situada a uma certa distância das outras três valvas cardíacas (Figs. 56.8, 56.9 e 56.10). Seu plano geral está voltado superiormente para a esquerda e ligeiramente posteriormente. Ela apresenta três válvulas semilunares inseridas por bordas convexas parcialmente à parede do cone arterial do ventrículo direito e parcialmente à origem do tronco pulmonar. A linha de inserções é curva, elevando-se na periferia de cada válvula próximo às suas zonas de aposição (as comissuras) e atingindo a crista sinotubular do tronco pulmonar (Fig. 56.11A-C). A remoção das válvulas mostra que as inserções semilunares fibrosas incluem três crescentes de musculatura infundibular no interior dos seios pulmonares, enquanto três segmentos grosseiramente triangulares da parede arterial estão incorporados dentro do trato de saída ventricular abaixo do ápice de cada inserção comissural. Não existe, portanto, um "anel" circular propriamente dito sustentando as válvulas da valva, e a inserção semilunar fibrosa é um requisito essencial para o fechamento justo dos nódulos e lúnulas das válvulas (veja a seguir) durante a diástole ventricular. É difícil denominar as válvulas e os seios correspondentes da valva do tronco pulmonar e do tronco pulmonar precisamente de acordo com as coordenadas do corpo, porque o óstio valvar está posicionado obliquamente. A nomenclatura oficial (*Terminologia Anatômica*, 2001) se refere a uma válvula semilunar anterior, uma válvula semilunar direita e uma válvula semilunar esquerda, baseada em sua posição no feto. A posição se altera com o desenvolvimento e no adulto existe uma válvula semilunar anterior direita, e as válvulas semilunares posterior e esquerda.

Cada válvula é uma prega do endocárdio, com um lâmina fibrosa interveniente, e variavelmente desenvolvido. O eixo é substancial ao longo da borda livre e da borda semilunar inserida; esta última é particularmente espessada na parte central mais profunda (nadir) da base de cada válvula (deste modo nunca formando um simples anel fibroso completo). A margem livre de cada válvula contém um espessamento central localizado de colágeno, o nódulo da válvula semilunar. Perfurações no interior das válvulas próximas à margem livre e próximas às comissuras estão frequentemente presentes, mas não apresentam significado funcional. Cada válvula semilunar está contida no interior de um dos três seios do tronco pulmonar.

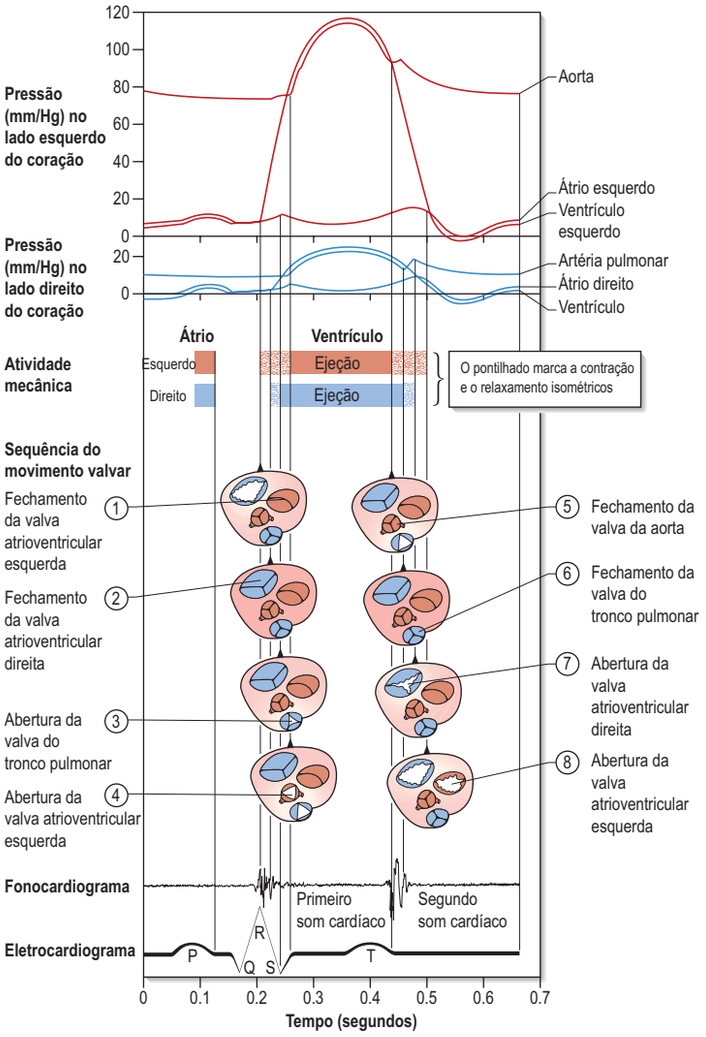


Fig. 56.7 Resumo de alguns dos principais eventos que ocorrem no ciclo cardíaco e os quais são mencionados em vários pontos por todo capítulo. A sístole se inicia com o aparecimento do primeiro som cardíaco (veja o fonocardiograma) e termina com o aparecimento do segundo som cardíaco, quando a diástole se inicia e este ciclo se repete.

Abertura da valva do tronco pulmonar

Durante a diástole, a valva do tronco pulmonar é fechada e todas as três válvulas da valva estão firmemente justapostas. A valva do tronco pulmonar é difícil de visualizar à ecocardiografia e usualmente apenas a válvula semilunar direita é visível quando a valva está fechada; a sístole atrial pode causar um movimento levemente posterior das válvulas valvares. A valva do tronco pulmonar se abre passivamente durante a sístole ventricular e em seguida se fecha rapidamente ao final da sístole (Fig. 56.7).

Átrio esquerdo

Embora menor em volume do que o direito, o átrio esquerdo tem paredes mais espessas (3 mm em média). Sua cavidade e suas paredes são formadas largamente pelas partes proximais das veias pulmonares, as quais são incorporadas ao átrio durante o desenvolvimento. O único derivado evidente da parte esquerda do átrio embrionário é a aurícula, juntamente com o vestíbulo da valva atrioventricular esquerda. O átrio esquerdo é quase cuboide e se estende por trás do átrio direito, separado deste pelo septo posicionado obliquamente; deste modo, o átrio direito está em frente e anterolateral à parte direita do átrio esquerdo. A parte esquerda está oculta anteriormente pelos segmentos iniciais do tronco pulmonar e da aorta: parte do seio transverso do pericárdio se encontra entre ela e estes troncos arteriais. Anteroinferiormente, e à esquerda, ela se une à base do ventrículo esquerdo no óstio da valva atrioventricular esquerda. Sua face posterior forma a maior parte da base anatômica do coração e é aproximadamente quadrangular, recebendo as terminações das (normalmente) duas veias pulmonares advindas de cada pulmão. Ela forma a parede anterior do seio obliquo do pericárdio (Fig. 56.1). Esta superfície termina no raso sulco interatrial vertical, o qual desce até a cruz do coração (*crux cordis*). A aurícula do átrio esquerdo é estreitada em sua junção atrial e todos os músculos pectíneos do átrio esquerdo estão contidos em seu interior. Ela é caracteristicamente mais longa, mais estreita e mais curvada que a aurícula direita, sendo suas margens mais profundamente endenta-

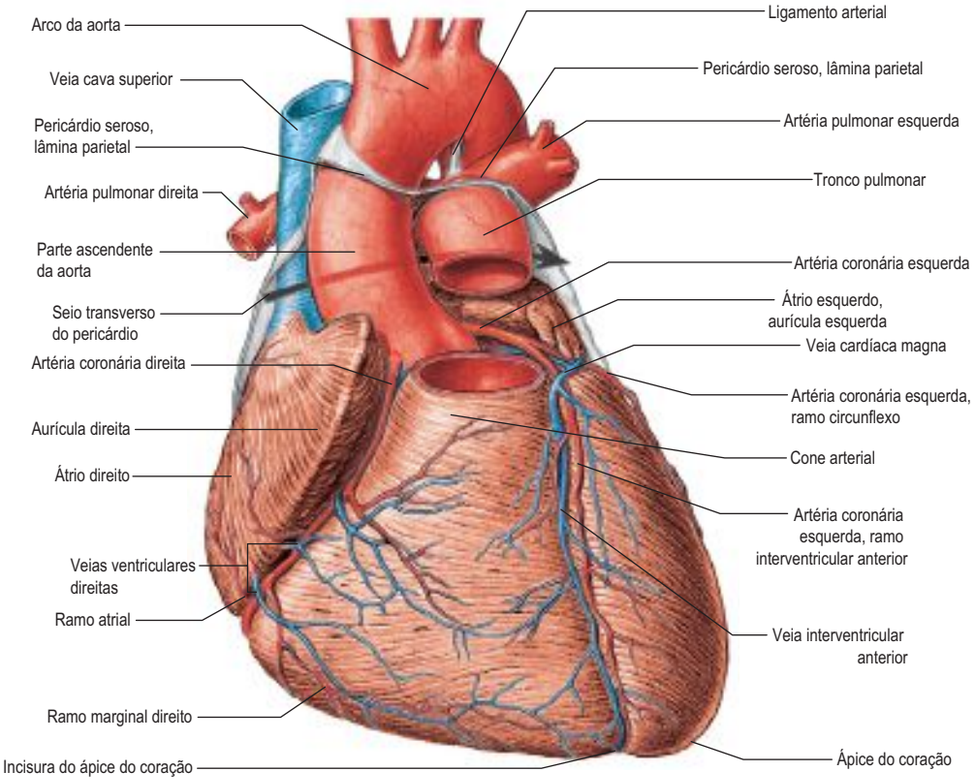


Fig. 56.8 A face esternocostal do coração. (De Sobotta, 2006.)

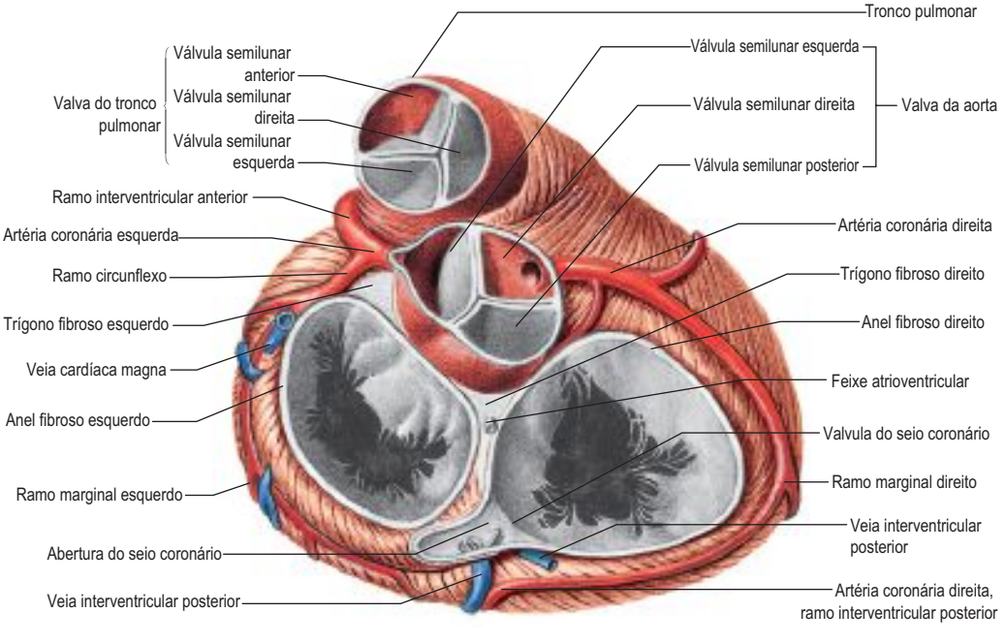


Fig. 56.9 A base dos ventrículos, após remoção dos átrios e do pericárdio. As artérias coronárias e as veias cardíacas podem ser vistas. Compare os planos e as posições das valvas da aorta e do tronco pulmonar. Compare com a **Figura 56.10.** (De Sobotta, 2006.)

das. Ela se volta para a frente à esquerda do tronco pulmonar, sobrepondo-se à sua origem (Fig. 56.8). Interiormente, as quatro veias pulmonares se abrem nas superfícies posterolaterais superiores do átrio esquerdo, duas de cada lado. Seus óstios são lisos e ovais; o par esquerdo frequentemente se abre através de um canal comum. Algumas veias cardíacas mínimas devolvem o sangue diretamente a partir do miocárdio para a cavidade do átrio esquerdo. A face atrial esquerda do septo interatrial tem uma característica aparência rugosa, delimitada por uma crista em crescente, côncava para cima, a qual marca o local do forame oval.

Ventrículo esquerdo

Características gerais e externas

O ventrículo esquerdo está construído de acordo com seu papel como uma poderosa bomba que sustenta o fluxo pulsátil nas artérias sistêmicas de alta pressão. Descrito diversas vezes como de formato meio elipsoide ou cônico, ele é mais longo e mais estreito do que o ventrículo direito, estendendo-se de sua base no plano do sulco coronário até o ápice do coração. Seu eixo longo desce para a frente e para a esquerda. Em corte transversal, em ângulos retos com o eixo, sua cavidade é oval ou quase circular, com paredes cerca de três vezes mais espessa (8-12 mm) do que as do ventrículo direito (Fig. 56.12). Ele forma parte das faces esternocostal, pulmonar esquerda e diafragmática do coração. Exceto onde obscurecida pela aorta e pelo tronco pulmonar, a base do cone ventricular está superficialmente separada do átrio esquerdo e da aurícula por parte do sulco coronário; o seio coronário segue na face posterior do sulco para atingir o átrio direito (Fig. 56.2B e D). Os sulcos interventriculares anterior e posterior indicam as linhas de inserção mural do septo interventricular e os limites dos territórios ventriculares esquerdo e direito. A face esternocostal do ventrículo se curva abruptamente para dentro de sua face pulmonar esquerda na margem obtusa.

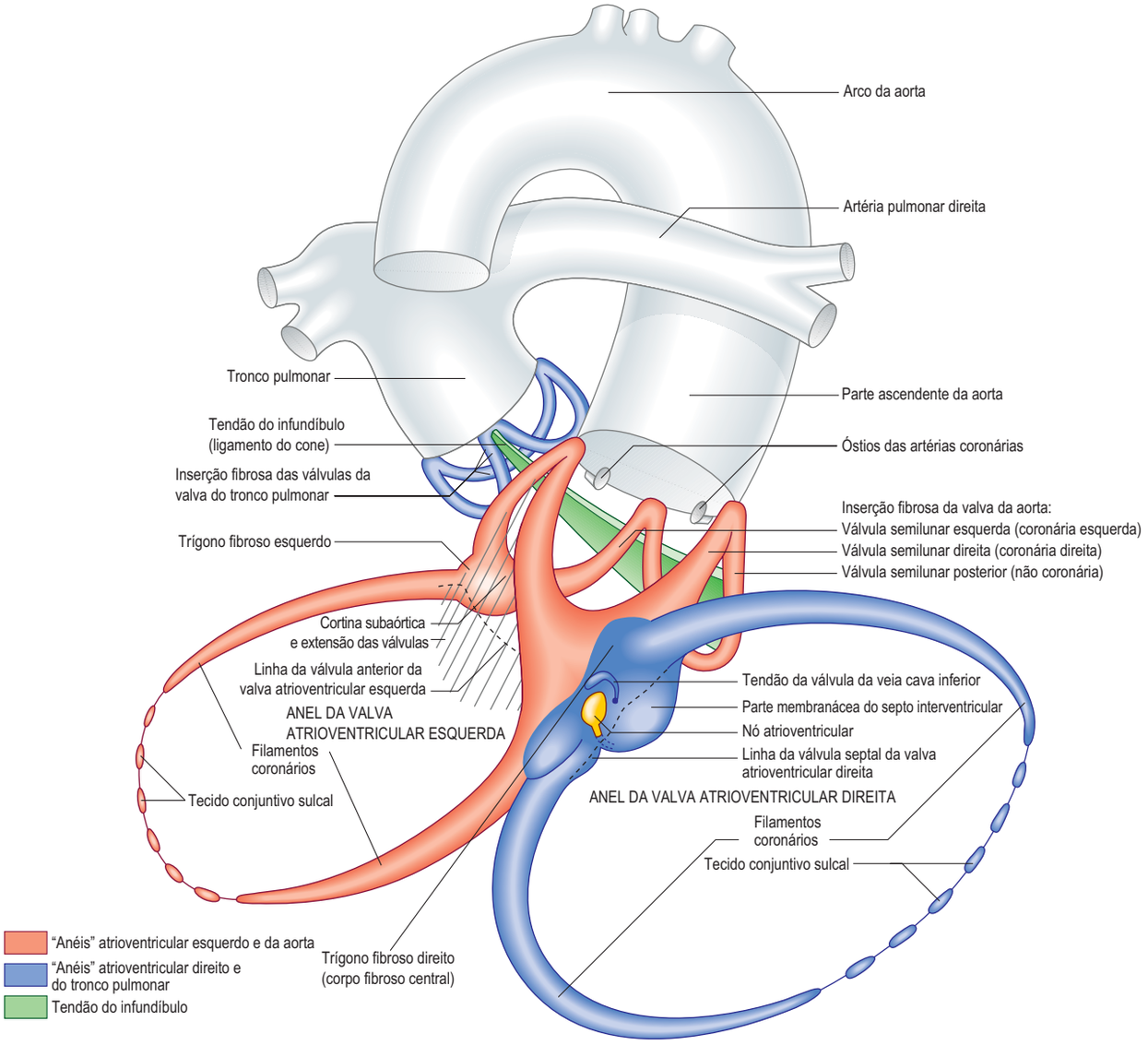


Fig. 56.10 Principais elementos do esqueleto fibroso do coração. Para fins de clareza, a vista é a partir da face posterossuperior direita. A perspectiva faz com que o anel do tronco pulmonar pareça menor que o anel da aorta, enquanto, de fato, o caso é o inverso. Consulte o texto para uma completa discussão. (Copyright The Royal College of Surgeons of England. Reproduzido com permissão.)

Características internas

O ventrículo esquerdo tem uma região de entrada, guardada pela valva atrioventricular esquerda (óstio venoso), uma região de saída, guardada pela valva da aorta (óstio arterial) e um componente trabecular apical. O óstio atrioventricular esquerdo admite o sangue atrial durante a diástole, veiculando o fluxo em direção ao ápice do coração. Após o fechamento das válvulas da valva atrioventricular esquerda, e durante toda a fase de ejeção da sístole, o sangue é expelido a partir do ápice através do óstio da aorta. Em contraste com os óstios no interior do ventrículo direito, os do ventrículo esquerdo estão em íntimo contato, com uma continuidade fibrosa entre as válvulas das valvas da aorta e atriventricular esquerda (a cortina subaórtica; Fig. 56.13). Os tratos de entrada e de saída giram nitidamente ao redor desta cortina fibrosa (Fig. 56.9).

A parede anterolateral é o septo interventricular côncavo-convexo, cuja parte muscular convexa é o perfil posteromedial do ventrículo direito como visto no corte. Ele assim completa o contorno circular do ventrículo esquerdo (Fig. 56.12). Em direção ao óstio da aorta, o septo se torna a delgada e colagenosa parte membranácea do septo interventricular, uma área oval ou arredondada abaixo e confluente com o trígono fibroso que separa as válvulas direita e posterior (não coronária) da valva da aorta.

Entre os limites inferiores das margens livres das válvulas da valva atrioventricular esquerda e o ápice do ventrículo, as paredes musculares são profundamente trabeculadas. Estas trabéculas cárneas são mais finas e mais intrincadas que as do ventrículo direito, mas de estrutura similar. A trabeculação é caracteristicamente bem desenvolvida próximo ao ápice, enquanto os limites superiores da superfície septal são lisos (Fig. 56.13).

Hipertrofia do músculo cardíaco

Na cardiomiopatia hipertrófica, existe um aumento na espessura das paredes miocárdicas, particularmente no septo interventricular, o qual é desproporcionalmente espessado em comparação à parede posterior. A ecocardiografia permite uma avaliação precisa do espessamento e da função sistólica. Outros aspectos na cardiomiopatia hipertrófica são a obstrução dinâmica da saída do ventrículo esquerdo, movimento anterior sistólico da válvula anterior da valva atrioventricular esquerda e fechamento meio-sistólico da valva da aorta. Um grau de disfunção diastólica também está presente em alguns casos de cardiomiopatia hipertrófica. Imagens de ressonância magnética (RM) seriadas de eixo curto permitem uma apurada medição da espessura da parede e são particularmente úteis na avaliação da hipertrofia confinada ao ápice. A RM com gradiente eco também permite alguma avaliação funcional da hipertrofia. Um número de alterações histológicas é observado, incluindo a desorganização dos miócitos cardíacos com fibrose de substituição e expansão do componente colágeno. O tratamento é normalmente médico, exceto para casos refratários e aqueles nos quais a obstrução do trato de saída do ventrículo esquerdo tem um gradiente maior que 50 mmHg. A miotomia septal ventricular e a miectomia são realizadas em tais casos. Mais recentemente, a ablação septal alcoólica com cateter foi introduzida como uma alternativa não cirúrgica. Um número de pacientes também pode necessitar da implantação da desfibriladores cardíacos para prevenir uma morte súbita cardíaca.

O coração de um atleta também pode sofrer hipertrofia e pode requerer uma diferenciação da cardiomiopatia hipertrófica. Entretanto, em atletas existe uma hipertrofia uniformizada, a cavidade do ventrículo esquerdo é normalmente de tamanho menor que 55 mm, e a espessura

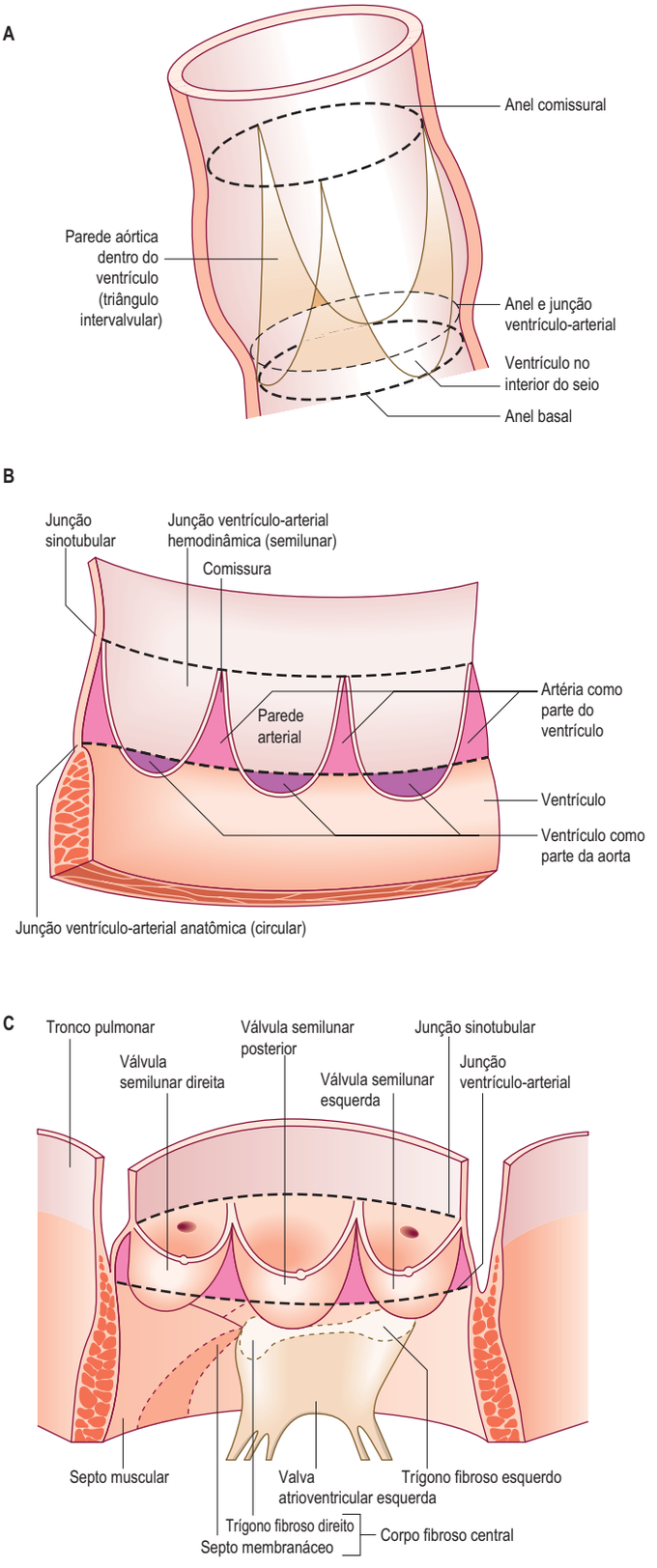


Fig. 56.11 A estrutura da raiz da aorta é mais bem conceitualizada em termos de uma coroa de três pontas (**A**): existem pelo menos três anéis no interior desta coroa, mas nenhum sustenta a totalidade das inserções das válvulas (compare com **C**). Em **B**, as válvulas foram seccionadas em sua inserção na parede da aorta. Observe a relação das inserções das válvulas com a junção ventrículo-arterial. Em **C**, a raiz da aorta foi cortada, aberta e distendida, a fim de mostrar a inserção das válvulas semilunares. Observe a zona de continuidade fibrosa entre as válvulas das valvas da aorta e atrioventricular esquerda (mitral) e sua relação com os trígonos fibrosos, e a inserção semilunar das válvulas (compare com **B**). (Reproduzido por cortesia do professor RH Anderson, Institute of Child Health, University College, London.)

diminui com o descondicionamento. A cardiomiopatia hipertrófica, por outro lado, pode apresentar padrões incomuns de hipertrofia ventricular esquerda, a qual é frequentemente assimétrica com transições abruptas entre segmentos, aumento do átrio esquerdo e padrões bizarros do eletrocardiograma. Além do mais, existe um padrão de herança autossômica dominante de anormalidades em genes que codificam proteínas do miocárdio associadas à cardiomiopatia hipertrófica. Indivíduos com mutações do gene β-MHC (complexo principal de histocompatibilidade) normalmente desenvolvem a forma clássica de hipertrofia, enquanto aqueles com mutações no gene da troponina T cardíaca geralmente têm uma hipertrofia apenas leve ou clinicamente indetectável. Formas raras de hipertrofia incluem a hipertrofia apical ventricular esquerda localizada como um resultado de mutações na troponina I cardíaca e a hipertrofia de cavidade média isolada, causada por mutações nos genes da actina cardíaca e na MLC (cadeia leve da miosina, *myosin light chain*).

Valva atrioventricular esquerda

Os comentários gerais já feitos a respeito da valva atrioventricular direita se aplicam da mesma forma à valva atrioventricular esquerda. A valva tem um óstio com seu anel de suporte, válvulas e uma variedade de cordas tendíneas e músculos papilares.

Óstio da valva atrioventricular esquerda

O óstio da valva atrioventricular esquerda é uma zona de transição bem definida entre a parede do átrio e as bases das válvulas. Ele é menor que o óstio atrioventricular direito (a circunferência média é de 9,0 cm em homens, e 7,2 em mulheres). O óstio aproximadamente circular é quase vertical na diástole e a 45° em relação ao plano sagital, mas com um leve declive para a frente. Sua face ventricular está voltada anterolateralmente para a esquerda e um pouco inferiormente em direção ao ápice do ventrículo esquerdo. Ele é quase coplanar com o óstio atrioventricular direito, mas posterossuperior a ele, enquanto ele é posteroinferior e levemente à esquerda do óstio da aorta. Os óstios atrioventricular esquerdo, atrioventricular direito e da aorta estão intimamente conectados centralmente ao corpo fibroso central. Quando as válvulas da valva atrioventricular esquerda se fecham, elas formam uma zona única de coaptação, às vezes denominada de comissura.

O anel da valva não é um simples anel fibroso, mas é formado por elementos fibrocolagenosos de consistência variada, a partir dos quais a lâmina fibrosa das válvulas se origina. Estas variações permitem alterações importantes no formato e nas dimensões do anel em diferentes estágios do ciclo cardíaco e asseguram uma eficiência ideal na atuação valvular.

O anel é mais forte nas faces internas dos trígonos fibrosos esquerdo e direito. Estendendo-se a partir destas estruturas, os dentes coronários anterior e posterior (os quais são tendões subendocárdicos afilados e fibrosos) envolvem parcialmente o óstio na junção atrioventricular (Figs. 56.9 e 56.10). Entre as pontas dos dentes, as massas miocárdicas atrial e ventricular estão separadas por uma lâmina mais tênue de tecido conjuntivo fibroelástico deformável. Atravessando anteriormente entre os trígonos, a lâmina fibrosa da parte central da válvula anterior da valva atrioventricular esquerda encontra-se uma continuação da cortina subaórtica fibrosa que desce a partir das metades adjacentes das válvulas esquerda (coronária) e direita (não coronária) da valva da aorta (Fig. 56.13).

Válvulas da valva atrioventricular esquerda

Desde as descrições mais antigas, as válvulas da valva atrioventricular esquerda têm sido descritas como estruturas pareadas. Por isso, o nome "valva atrioventricular esquerda" é mais explícito, embora errôneo (as válvulas não são cúspides, ou seja, não são de formato pontiagudo) e certamente menos pitoresco que o termo clínico "mitral". Entretanto, confusão, controvérsias e dificuldades na quantificação têm surgido, porque pequenas válvulas acessórias são quase sempre encontradas entre as duas válvulas principais. Estes problemas podem ser resolvidos se a valva atrioventricular esquerda for descrita como consistindo em um véu contínuo inserido ao redor de toda a circunferência do óstio atrioventricular esquerdo. Sua borda livre apresenta várias indentações; duas são suficientemente profundas e regulares para serem nomeadas como as extremidades de uma solitária e oblíqua zona de aposição, ou comissura. É mais comum, entretanto, para estas extremidades anteromedial e posterolateral serem designadas como duas comissuras independentes, cada uma posicionalmente denominada conforme indicada. Os nomes oficiais para estas válvulas, anterior e posterior, embora simples, são um tanto confusos por causa da obliquidade da valva.

Quando a valva é mantida aberta, a válvula anterior é vista como guardando um terço da circunferência do óstio e como sendo semicircular ou triangular, com poucas indentações marginais ou nenhuma. Sua lâmina fibrosa é contínua, na face de saída, por trás das margens da cortina subaórtica fibrosa, com os trígonos fibrosos direito e esquerdo (Figs. 56.5, 56.9 e 56.11C). Entre estes, ele é contínuo com a cortina fibrosa em si e, atrás dos trígonos, com as raízes dos filamentos do anel fibroso (Fig. 56.10). A válvula tem uma profunda zona áspera em crescente, a qual recebe várias cordas tendíneas. A crista que limita a margem

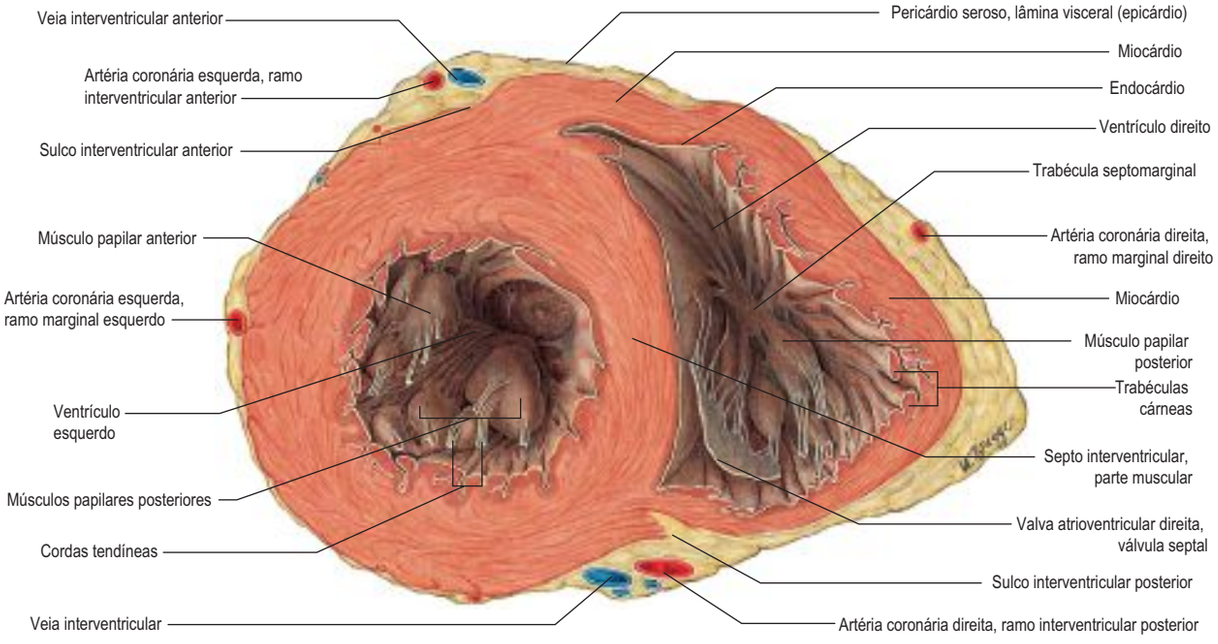


Fig. 56.12 Ventrículos esquerdo e direito; corte transversal perpendicular ao eixo do coração; face superior. (De Sobotta, 2006.)

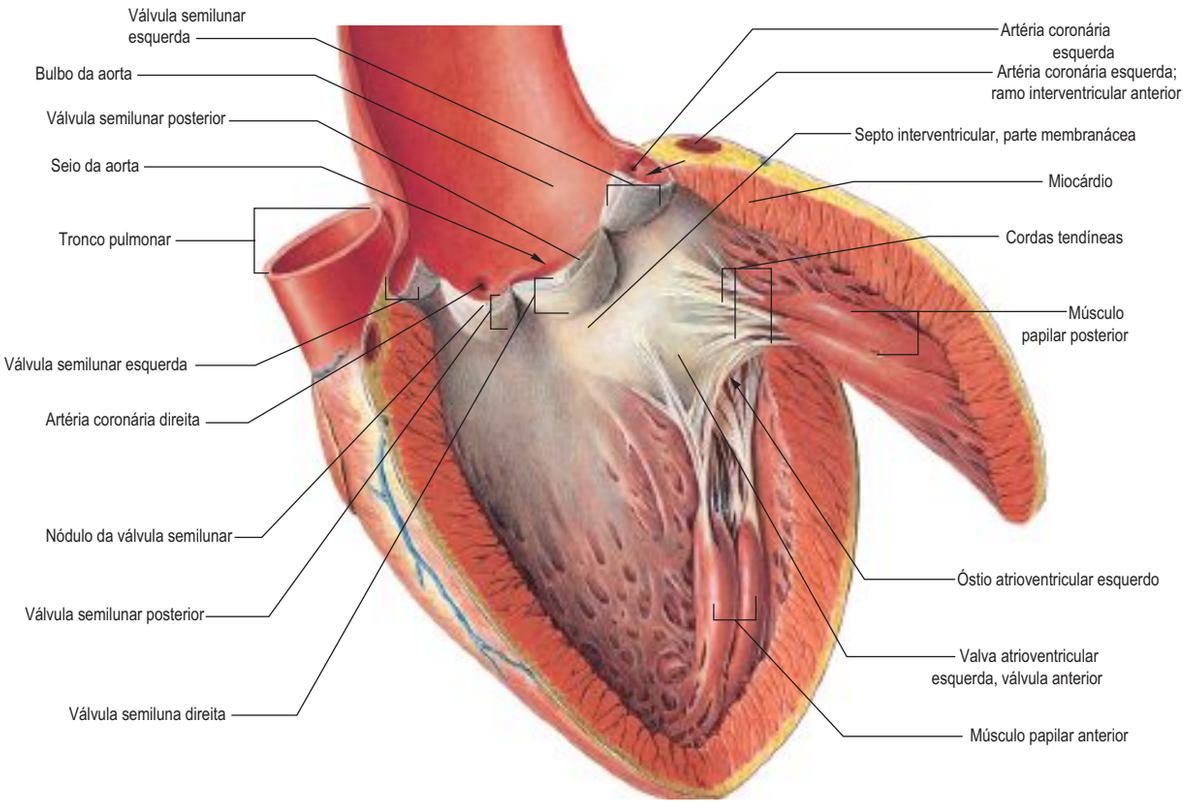


Fig. 56.13 O óstio da aorta aberto pela frente para mostrar as válvulas da valva da aorta, seus nódulos, lúnulas, comissuras e a linha de triplo recorte de inserção anular. Também está mostrada a continuidade da cortina subaórtica com a válvula anterior da valva atrioventricular esquerda (*i.e.*, o "túnel aórtico") e os óstios coronários, e a relação espacial entre o óstio da aorta e o óstio do tronco pulmonar e com o ventrículo esquerdo. (De Sobotta, 2006.)

externa da zona áspera indica a extensão máxima do contato de superfície com a válvula posterior em fechamento completo. Uma zona clara é vista entre a zona áspera e o anel valvar, a qual é desprovida de inserções das cordas, embora sua lâmina fibrosa carregue extensões das cordas inseridas na zona áspera. A válvula anterior não apresenta zona basilar, continuando, por sua vez, para dentro da cortina valvar. Dependendo de sua inserção anular, e contínua com a cortina subaórtica, ela está criticamente colocada entre a entrada e a saída do ventrículo. Durante o enchimento ventricular passivo e a sístole atrial, sua superfície atrial lisa é importante para direcionar um fluxo leve de sangue para o corpo e o ápice do ventrículo. Após o inicio da sístole ventricular e o fechamento da valva atrioventricular esquerda, a face ventricular de sua zona clara se funde com a superfície lisa da cortina subaórtica, a qual, com as paredes fibrosas remanescentes do vestíbulo aórtico subvalvar, forma os limites lisos da saída ventricular.

A válvula posterior usualmente apresenta duas ou mais indentações menores. A falta de definição das comissuras intervalvulares maiores levou anteriormente à discordância e confusão com relação à extensão territorial desta válvula e à possível existência de "recortes" acessórios. O exame da valva em posição fechada, entretanto, mostra que a válvula posterior pode ser convenientemente considerada como todo o tecido valvular posterior às extremidades anterolateral e posteromedial da principal zona de aposição com a válvula anterior. Assim definido, ela tem uma inserção mais ampla no anel do que a válvula anterior, guardando dois terços das inserções circunferenciais. Indentações subsequentes normalmente dividem a válvula posterior em um recorte médio relativamente grande e recortes

comissurais anterolateral e posteromedial menores. Cada recorte apresenta uma zona áspera opaca e em crescente, que recebe em sua face ventricular as inserções das cordas que definem a área de aposição valvular em fechamento completo. A partir da zona áspera até dentro de 2-3 mm de sua inserção anular, existe uma zona clara membranácea desprovida de cordas. Os 2-3 mm basais são espessos e vascularizados, e recebem cordas basais. A relação entre as zonas áspera e clara na válvula anterior é de 0,6; no recorte médio da válvula posterior, esta é de 1,4. Muito mais da válvula posterior está em aposição com a válvula anterior durante o fechamento da valva atrioventricular esquerda.

Cordas tendíneas da valva atrioventricular esquerda

As cordas tendíneas se assemelham às que sustentam a valva atrioventricular direita. As falsas cordas (trabéculas cárneas; Fig. 56.13) também estão irregularmente distribuídas como no ventrículo direito. Elas ocorrem em cerca de 50% de todos os ventrículos esquerdos humanos, e frequentemente cruzam o fluxo de saída subaórtico. Muitas contêm extensões dos tecidos de condução ventriculares. Estas faixas do ventrículo esquerdo podem frequentemente ser identificadas pela ecocardiografia em corte transversal. Seu papel, se algum, ainda tem que ser determinado. As verdadeiras cordas da valva atrioventricular esquerda podem ser divididas em cordas intervalvulares (ou comissurais), cordas da zona áspera, incluindo as cordas de suporte especial, as chamadas cordas "fissurais" e as cordas basais. A maioria das cordas verdadeiras se divide em ramos a partir de um tronco único após sua origem a partir do terço apical de um músculo papilar, ou prosseguem como cordas únicas que se dividem em vários ramos próximo à sua inserção. As cordas basais, em contraste, são estruturas solitárias que passam da parede ventricular para a válvula posterior.

Existem marcantes variações entre o arranjo das cordas em corações normais individuais que qualquer classificação detalhada perde grande parte de seu significado clínico. Basta dizer que, na maioria dos corações, as cordas sustentam as bordas livres inteiras das válvulas, juntamente com graus variados de suas faces e bases ventriculares. Existem algumas evidencias a sugerir que as valvas com áreas não sustentadas da borda livre se tornam propensas ao prolapso no decorrer da vida.

Músculos papilares

Os dois músculos que sustentam as válvulas da valva atrioventricular esquerda também variam em comprimento e largura e podem ser bífidos. O músculo papilar anterior surge a partir do miocárdio mural esternocostal e o músculo papilar posterior surge a partir da região diafragmática (Fig. 56.12). As cordas tendíneas surgem principalmente da ponta e do terço apical de cada músculo, mas às vezes elas têm origem próximo à sua base. As cordas derivadas de cada músculo papilar divergem e estão inseridas nas áreas correspondentes de fechamento em ambas as válvulas.

Abertura da valva atrioventricular esquerda

No inicio da diástole, a abertura é passiva – porém, rápida – com as válvulas se projetando para dentro do ventrículo à medida que a pressão do átrio esquerdo excede a pressão diastólica do ventrículo esquerdo. O enchimento ventricular passivo prossegue à medida que o sangue atrial verte até o ápice, direcionado pela válvula anterior pendente da valva. As válvulas começam a flutuar passivamente juntas, pendendo de suas inserções anulares, ocluindo parcialmente a entrada ventricular. A sístole atrial ocorre neste momento, injetando o sangue em direção apical e causando a reabertura das válvulas. Conforme o enchimento maximo é alcançado, as válvulas novamente flutuam rapidamente juntas. O fechamento é seguido pela sístole ventricular, a qual se inicia nos músculos papilares e se continua rapidamente como uma contração geral das paredes e do septo interventricular. A contração coordenada dos músculos papilares aumenta a tensão nas cordas e promove a junção dos pontos correspondentes em válvulas opostas, prevenindo sua inversão. Com a excitação e contração mural e septal gerais, a pressão ventricular esquerda aumenta rapidamente (Fig. 56.7). As válvulas, neste momento semelhantes a um "balão", vão em direção à cavidade atrial e as faces atriais das zonas ásperas entram em contato máximo. A precisa contração papilar e a tensão crescente nas cordas continuam a prevenir a inversão valvular e a manter a competência das válvulas.

Os óstios e as válvulas de ambas as valvas atrioventriculares sofrem consideráveis alterações de posição, formato e área durante um ciclo cardíaco. Ambas as valvas se movem anteriormente e para a esquerda durante a sístole, e revertem seu movimento na diástole. A valva atrioventricular esquerda reduz a área de seu óstio (anular) em cerca de 40% na sístole. Seu formato também muda de circular para crescente na altura da sístole, sendo a inserção anular de sua válvula anterior a concavidade do crescente. A inserção de sua válvula posterior, embora permanecendo convexa, se contrai em direção à parede anterior do coração.

Valva da aorta

O trato de saída do ventrículo esquerdo, ou vestíbulo aórtico, de superfície lisa, termina nas válvulas da valva da aorta. Embora de estrutura mais resistente, a valva da aorta se assemelha à valva do tronco pulmonar (Figs. 56.9, 56.11 e 56.13) pelo fato de possuir três válvulas semilunares, sustentadas no interior dos três seios da aorta. Embora a valva da aorta, como a valva do tronco pulmonar, seja frequentemente descrita como possuindo um anel em continuidade com o esqueleto fibroso, não há um completo anel de colágeno sustentando as inserções das válvulas. Como na valva do tronco pulmonar, a anatomia da valva da aorta é dominada pela inserção semilunar fibrosa das válvulas (Fig. 56.11C).

Válvulas da valva da aorta

As válvulas estão inseridas em parte na parede da aorta e em parte nas estruturas ventriculares de suporte. A situação é mais complicada do que na valva do tronco pulmonar, porque partes das válvulas também têm origem a partir da cortina subaórtica fibrosa, e são contínuas com a válvula anterior da valva atrioventricular esquerda (Fig. 56.13). Esta área de continuidade é espessada em suas duas extremidades para formar os trígonos fibrosos direito e esquerdo (Fig. 56.9). Entretanto, como com a valva do tronco pulmonar, as inserções semilunares incorporam segmentos do tecido ventricular dentro da base de cada seio da aorta. Estes seios e válvulas semilunares são convenientemente denominados como direito, esquerdo e posterior, de acordo com as origens das artérias coronárias (Fig. 56.11C). As inserções semilunares também incorporam três áreas triangulares (trígonos) da parede da aorta no interior do ápice do trato de saída ventricular esquerdo. Como estas áreas triangulares são parte da parede da aorta em vez de o serem do ventrículo esquerdo, e estão interpostas entre os seios bulbosos da aorta, elas separam a cavidade do ventrículo esquerdo do espaço pericárdico. A remoção dos trígonos em um coração intacto é instrutiva em demonstrar as relações da valva da aorta, a qual pode justamente ser considerada como a pedra fundamental do coração. A base do triângulo entre as válvulas posterior e esquerda é contínua inferiormente com a cortina aórtico-mitral fibrosa. O ápice deste triângulo "aponta" para dentro do espaço pericárdico transverso. O triângulo entre as válvulas direita e posterior apresenta, em sua base, os componentes membranáceos do septo interventricular e assim está "voltado" para o ventrículo direito, enquanto seu ápice "aponta" em direção ao espaço pericárdico transverso atrás da origem da artéria coronária direita. O terceiro triângulo, entre as válvulas direita e esquerda (coronárias), tem sua base sobre o septo ventricular muscular. Seu ápice "aponta" para o plano de espaço encontrado entre a parede da aorta e o manguito de posição livre da musculatura infundibular ventricular direita que sustenta as válvulas da valva do tronco pulmonar. Embora as inserções basais de cada válvula sejam espessadas e colagenosas em suas origens ventriculares, não há um esqueleto colagenoso contínuo sustentando, de maneira circular, todas as inserções das válvulas da valva da aorta. A função valvular depende principalmente das inserções das válvulas.

As válvulas propriamente ditas são pregas do endocárdio com uma lâmina fibrosa central. Com a valva meio aberta, cada uma se iguala levemente em mais de um quarto de uma esfera, sendo um hemisfério aproximado completado pelo seio correspondente. Cada válvula tem uma espessa borda basal, profundamente côncava em sua face aórtica, e uma margem livre horizontal. Esta última é apenas ligeiramente espessada, exceto em seu ponto médio, onde existe um agregado de tecido fibroso, o nódulo da válvula semilunar. A lâmina fibrosa que flanqueia cada nódulo é tênue, formando as lúnulas de tecido valvular translúcido e ocasionalmente fenestrado: as fenestrações não têm significado funcional. A superfície aórtica de cada válvula é mais áspera que sua face ventricular.

Atualmente, três conjuntos de nomes são usados para descrever as válvulas da aorta. Posterior, direita e esquerda se referem às presumíveis posições fetais antes que a completa rotação cardíaca tenha ocorrido (Cap. 59). Os termos correspondentes baseados nas posições aproximadas na maturidade são anterior, posterior esquerda e posterior direita. Entretanto, conforme já indicado, a terminologia clínica difundida une tanto as válvulas como os seios às origens das artérias coronárias. Deste modo, a anterior é denominada de válvula coronária direita, a posterior esquerda é a coronária esquerda e a posterior direita é a não coronária: estes termos clínicos são preferíveis, no coração normal, porque eles são simples e inequívocos.

Seios da aorta

Os seios da aorta são mais proeminentes do que os do tronco pulmonar. O limite superior de cada seio atinge consideravelmente além do nível da borda livre da válvula e forma uma bem-definida e completa crista sinotubular circunferencial vista a partir da face aórtica (Fig. 56.11C). As artérias coronárias usualmente se abrem próximo a esta crista no interior da parte superior do seio, mas são notavelmente variáveis em sua origem. As paredes dos seios são amplamente colagenosas próximo à inserção das válvulas, mas a quantidade de tecido elástico lamelar aumenta com a distância da zona de inserção. Faixas de miocárdio podem entrar nesta parede fibroelástica. No nível médio de cada seio, sua parede tem a metade da espessura da parede aórtica supravalvular e menos de um quarto da espessura da crista sinotubular. Neste nível, o diâmetro luminal médio do inicio da raiz da aorta é quase o dobro do da parte ascendente da aorta.

Estes detalhes são funcionalmente significativos no mecanismo do movimento valvular.

Abertura da valva da aorta

Durante a diástole, a valva da aorta fechada suporta uma coluna aórtica de sangue em alta pressão, mas que vai diminuindo lentamente (Fig. 56.7). Cada seio e sua válvula formam uma câmara hemisférica. Os três nódulos estão justapostos e as margens e partes lunulares de válvulas adjacentes estão firmemente justapostas em suas faces ventriculares. A partir da face aórtica, a valva fechada é trirradiada, com três pares de lúnulas intimamente comprimidas se irradiando de seus nódulos para suas inserções comissurais periféricas na junção sinotubular (Fig. 56.9). À medida que a pressão sistólica ventricular aumenta, ela excede a pressão aórtica e a valva é passivamente aberta. A parede fibrosa dos seios mais próximos ao vestíbulo da aorta é quase inextensível, mas, nas partes superiores dos seios, a parede é fibroelástica. Sob a pressão de ejeção ventricular esquerda, o raio aqui aumenta em 16% na sístole. Por isso, as comissuras se distanciam, tornando o óstio triangular quando completamente aberto. As margens livres das válvulas em seguida se tornam quase linhas retas entre as inserções periféricas. Todavia, elas não se achatam contra as paredes dos seios, mesmo em máxima pressão sistólica, o que é provavelmente um importante fator em um fechamento subsequente. Durante a ejeção, a maior parte do sangue entra na parte ascendente da aorta, mas algum sangue entra nos seios, formando vértices que auxiliam a manter a posição "meio-triangular" da válvula durante a sístole ventricular e provavelmente iniciar sua aproximação com o final da sístole. Ocorre um firme e completo fechamento, com a diminuição rápida na pressão ventricular na diástole. As comissuras se estreitam, os nódulos se agregam e a valva reassume seu formato trirradiado. Experimentos indicam que 4% do sangue ejetado são regurgitados através da valva com seios normais, enquanto 23% são regurgitados através de uma valva sem eles. A estrutura normal dos seios da aorta também promove um fluxo não turbulento para o interior das artérias coronárias.

Ecocardiografia

A anatomia macroscópica do coração pode ser avaliada pela ecocardiografia bidimensional nas posições paraesternal, apical, supraesternal e subcostal (Fig. 56.14). Os planos padronizados usados são em eixo longo, em eixo curto e em quatro câmaras. A ecocardiografia permite uma avaliação detalhada da anatomia funcional do coração. A visão em eixo longo é obtida através da colocação do transdutor de ultrassom na posição apicoesternal esquerda e fornece imagens detalhadas do ventrículo esquerdo, da aorta, do átrio esquerdo e das valvas atrioventricular esquerda e da aorta (Fig. 56.14C). A angulação do feixe em direção à direita também permite a avaliação do átrio direito, do ventrículo direito e da valva atrioventricular direita. A rotação do transdutor em 90º em sentido horário produz a visão em eixo curto, a qual permite a avaliação do ventrículo esquerdo, dos músculos papilares, das cordas tendíneas e da valva atrioventricular esquerda (Fig. 56.14B). A visão em quatro câmaras demonstra os ventrículos, os átrios e as valvas atrioventricular esquerda e atrioventricular direita (Fig. 56.14A). A rotação do transdutor permite as visões em duas câmaras do coração e uma avaliação mais detalhada da aorta e da valva da aorta. A ressonância magnética cardíaca e a tomografia computadorizada fornecem informações similares sobre a estrutura e função cardíacas (Fig. 56.14D-F), juntamente com informações complementares sobre os grandes vasos e outras estruturas intratorácicas extracardíacas.

TECIDO CONJUNTIVO E ESQUELETO FIBROSO DO CORAÇÃO

Do epicárdio ao endocárdio, e a partir dos óstios das grandes veias até as raízes dos troncos arteriais, os espaços intercelulares entre elementos contráteis e de condução são permeados em todos os lugares por tecido conjuntivo. A quantidade varia grandemente em organização e textura nas diferentes locações.

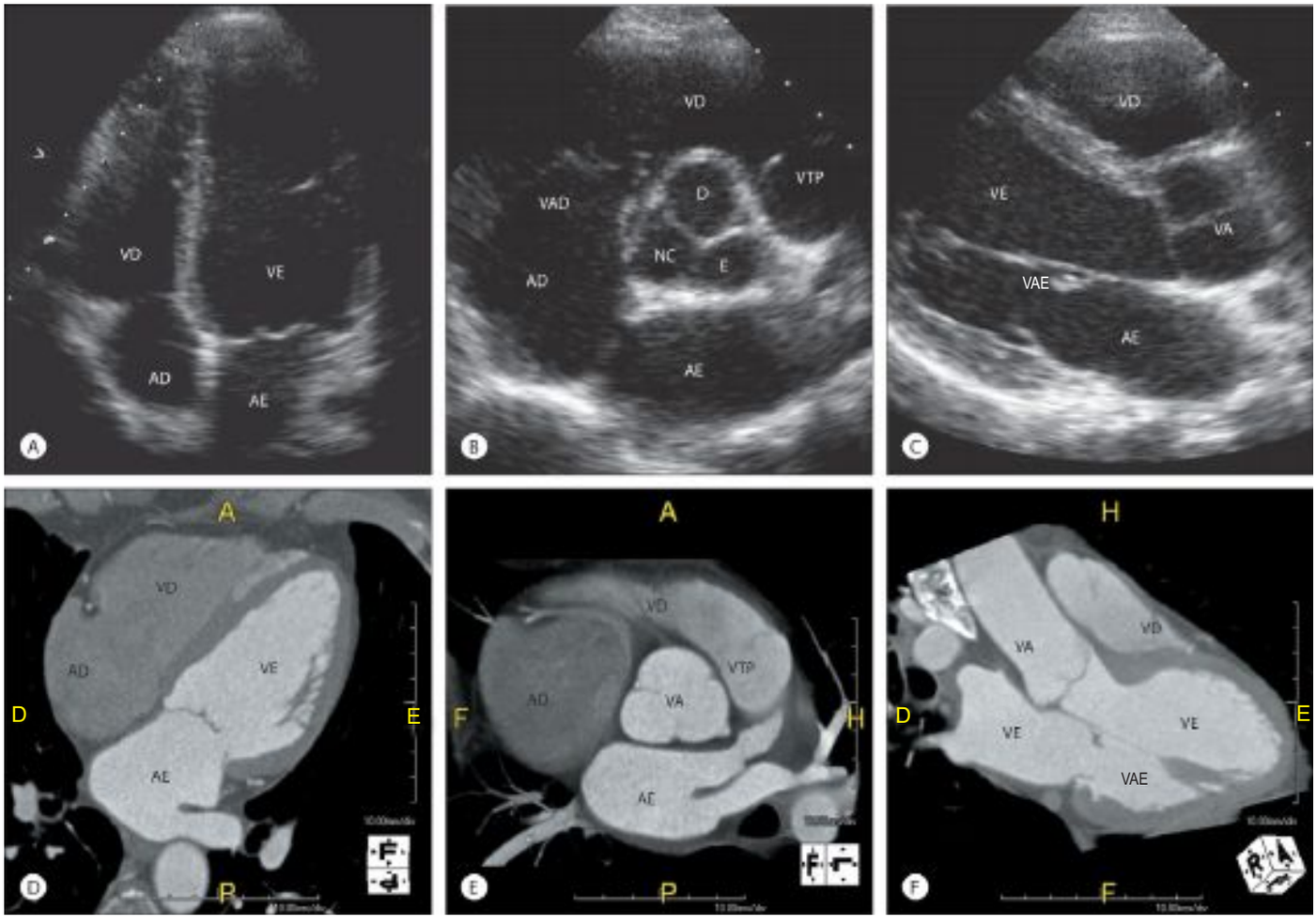


Fig. 56.14 Anatomia cardíaca mostrada através de ecocardiografia transtorácica e tomografia computadorizada. **A,** Vista em quatro câmaras. AE, átrio esquerdo; VE, ventrículo esquerdo; AD, átrio direito; VD, ventrículo direito. **B,** Vista em eixo curto ao nível da valva da aorta. Observe três válvulas da aorta – D, direita; E, esquerda; e NC, não coronária; e a posição central da aorta; AE, átrio esquerdo; VTP, valva do tronco pulmonar; AD, átrio direito; VD, ventriculo direito; VAD, valva atrioventricular direita. **C,** Vista em eixo longo paraesternal; VA, valva da aorta; AE, átrio esquerdo; VE, ventrículo esquerdo; VD, ventrículo direito; VAE; valva atrioventricular esquerda. **D, E** e **F,** Imagens correspondentes por tomografia computadorizada. Observe a diferente orientação comparada à ecocardiografia transtorácica (vista a partir de baixo, dos pés para a cabeça). D, direita; E, esquerda; A, anterior; P, posterior; H, cabeça; F, pés. (Imagens cortesia do Dr Konstantinos Dimopoulos, Royal Brompton and Chelsea and Westminster Hospitals, London.)

Uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo ou areolar é encontrada abaixo do mesotélio da lâmina visceral do pericárdio seroso sobre grande parte do coração. Este acumula a gordura subepicárdica, a qual se torna concentrada ao longo da margem aguda, dos sulcos atrioventricular e interventricular e seus canais laterais. Os vasos coronários e seus ramos principais estão embebidos nesta gordura; a quantidade aumenta com a idade. O endocárdio também se encontra sobre uma delgada camada de tecido conjuntivo areolar rico em fibras elásticas. Os componentes fibrocelulares destas camadas subepicárdica e subendocárdica se fundem em suas faces murais com o tecido conjuntivo endomisial e perimisial no miocárdio. Cada miócito cardíaco é revestido por um delicado endomísio composto por delicadas fibras reticulares, fibras colágenas e fibras do sistema elástico embebidas em substância fundamental. Esta matriz está ausente apenas ao nível dos contatos desmossomais e de junções comunicantes (do tipo *gap*) dos discos intercalares. Arranjos similares se aplicam aos miócitos dos tecidos de condução ventricular e a seus extensos contatos com o miocárdio de trabalho. A matriz do tecido conjuntivo em si está interconectada lateralmente para formar feixes, faixas ou lâminas de proporções macroscópicas que apresentam um complexo padrão geométrico. Os feixes miocárdicos maiores estão circundados por condensações mais resistentes do perimísio, e inseridas neste último. O padrão geral é descrito em termos de arcabouços e tramas de sustentação.

A matriz miocárdica, apesar de sua importância, não pode ser dissecada anatomicamente. Seguindo na base ventricular, e intimamente relacionado às valvas atrioventriculares e ao óstio da aorta, encontra-se um complexo arcabouço de tecido conjuntivo denso rico em colágeno, com extensões membranáceas, tendíneas e fibroareolares. O conjunto é suficientemente distinto para ser denominado de esqueleto fibroso do coração.

Embora seja frequentemente dito que todas as quatro valvas estejam contidas dentro deste esqueleto, este não é o caso. As válvulas da valva do tronco pulmonar estão sustentadas em um manguito de posição livre do cone arterial do ventrículo direito, o qual pode ser facilmente removido do coração sem perturbar o esqueleto fibroso ou o ventrículo esquerdo. O esqueleto fibroso é mais resistente na junção das valvas da aorta, atrioventricular esquerda e atrioventricular direita, o chamado corpo fibroso central (veja a seguir) (Figs. 56.9 e 56.10). Dois pares de dentes colagenosos, curvos e afilados, os filamentos coronários, se estendem do corpo fibroso central. Eles são mais fortes à esquerda, passando parcialmente ao redor dosóstios atrioventricular esquerdo e direito, os quais são quase co-planares e se inclinam para se voltar para o ápice do coração. A valva da aorta, em contraste, está voltada para cima, para a direita e ligeiramente para a frente. Ela é anterossuperior e encontra-se à direita do óstio atrioventricular esquerdo. Duas das válvulas da valva da aorta estão em continuidade fibrosa com a válvula anterior da valva atrioventricular esquerda; esta cortina subaórtica ou aórtico-mitral também é parte integrante do esqueleto fibroso (Figs. 56.9 e 56.11C). As duas extremidades da cortina são reforçadas como os trígonos fibrosos direito e esquerdo, os quais são a parte mais resistente do esqueleto. O trígono direito, juntamente com o septo membranáceo, constitui o corpo fibroso central, o qual é penetrado pelo feixe de His, ou feixe atrioventricular, isto é, pelo mecanismo para condução atrioventricular. O septo membranáceo é atravessado em sua face direita pela inserção da valva atrioventricular direita, a qual divide o septo em componentes atrioventricular e interventricular.

O esqueleto fibroso tem duas funções. Ele assegura a descontinuidade eletrofisiológica entre as massas miocárdicas atrial e ventricular (exceto no local de penetração do tecido de condução) e também atua como uma base estável, porém deformável, para a inserção dos eixos fibrosos das valvas atrioventriculares.

A raiz da aorta é central no interior do esqueleto fibroso e é frequentemente descrita em termos de um "anel" integrado dentro do esqueleto fibroso. Entretanto, como com a valva do tronco pulmonar, a estrutura da raiz da aorta corresponde às inserções semilunares fibrosas triplas de suas válvulas. No interior desta complexa zona circunferencial existem três áreas triangulares de importância crucial que separam, na face ventricular, os seios bulbosos aórticos, os quais abrigam as válvulas. Como um todo, estes três triângulos podem ser conceitualizados em termos de uma coroa de três pontas e são conhecidas como vãos subaórticos. Seus ápices triangulares correspondem às pontas das comissuras valvulares. Suas paredes, as quais são significativamente mais finas que as dos seios, consistem de modo variado de colágeno ou faixas musculares misturadas e tecido fibroelástico. Eles formam as extensões subvalvulares do vestíbulo da aorta. O intervalo entre os seios não coronário e coronário esquerdo é preenchido com a cortina subaórtica deformável. O vão entre os seios não coronário e coronário direito é contínuo com a superfície anterior do septo membranáceo. O terceiro vão subaórtico, entre os dois seios da aorta coronários, é preenchido com tecido fibroelástico, o qual separa a extensão da raiz subaórtica da parede do cone arterial subpulmonar de posição livre. Previamente, esta foi considerada como o local do tendão do infundíbulo. Triângulos fibrosos similares são encontrados separando os seios do tronco pulmonar, mas estes são significativamente menos robustos.

Os anéis das valvas atrioventricular esquerda e direita não são estruturas colagenosas simples e rígidas, mas linhas dinâmicas e deformáveis de inserção valvular que variam grandemente em diferentes pontos periféricos e mudam consideravelmente a cada fase do ciclo cardíaco e com o avançar da idade. As inserções tricúspides são de fato menos robustas que as da valva atrioventricular esquerda. Em vários locais, apenas um tecido fibroareolar separa as massas musculares atrial e ventricular.

MALFORMAÇÕES CARDÍACAS CONGÊNITAS

As malformações congênitas do coração são comuns, chegando a cerca de um quarto de todas as anormalidades do desenvolvimento. Sua incidência é estimada em oito a cada 1.000 nascidos vivos, mas elas são encontradas em até 2% dos natimortos. Apenas uma pequena proporção das anomalias é diretamente atribuível a fatores genéticos ou ambientais; a maioria é o resultado de eventos multifatoriais.

Anormalidades da posição cardíaca

A mais severa anormalidade de posição é o coração extratorácico, a chamada ectopia cardíaca. O coração usualmente se projeta para a superfície através das paredes torácica inferior e abdominal superior, permanecendo coberto, na maioria dos casos, pelo pericárdio fibroso. Existe normalmente uma herniação adicional do conteúdo abdominal. Outra anormalidade da posição cardíaca é a "imagem de espelho", isto é, a inversão no formato e na posição do coração: o coração encontra-se predominantemente posicionado no hemitórax direito (dextroposição), com seu ápice direcionado para a direita, em vez de sê-lo para a esquerda (dextrocardia). Este arranjo pode ser parte do *situs inversus*, onde o coração, os grandes vasos e os órgãos abdominais ocupam posições invertidas, como que refletidas em um espelho. A dextrocardia pode estar associada à síndrome de Kartagener (um subgrupo de discinesias ciliares). Mais comumente, uma locação anormal do coração ocorre em casos de isomerismo, nos quais ambos os lados do tórax, incluindo os brônquios principais e os apêndices atriais, retêm características morfológicas de estruturas do lado esquerdo ou do lado direito. O isomerismo é também comumente associado à organização anômala dos órgãos abdominais: o isomerismo direito é associado à "ausência" do baço (a chamada asplenia) e o isomerismo esquerdo com baços múltiplos (polisesplenia). A anatomia intracardíaca em casos de isomerismo é quase universalmente anormal, e existe uma gama de defeitos cardíacos (os defeitos são normalmente mais simples no isomerismo atrial esquerdo e mais complexos no isomerismo atrial direito). Estes arranjos intratorácicos anormais, com ou sem anormalidades abdominais, podem primeiro se manifestar propriamente após uma radiografia torácica "de rotina". A inversão da anatomia normal tem implicações clinicas óbvias, sendo um típico exemplo um paciente com arranjos de imagem em espelho e apendicite, o qual se apresenta com uma dor aguda no quadrante inferior esquerdo.

A maioria das anormalidades cardíacas congênitas pode ser detectada durante o rastreamento pré-natal com ultrassom. Os recém-nascidos com uma severa doença cardíaca congênita podem se apresentar com taquipneia, dificuldade de se alimentar, cianose e/ou colapso cardiovascular. Pode haver murmúrios à ausculta. A vasta maioria de anormalidades pode ser detectada pela ecocardiografia pós-natal; em alguns poucos casos, a cateterização cardíaca e as medições diretas de pressão, de saturações de oxigênio e angiografia podem ser necessárias.

Defeitos cardíacos acianóticos

Os defeitos cardíacos acianóticos são o resultado do desvio do fluxo cardíaco esquerdo ou direito através de defeitos cardíacos (intracardíacos ou extracardíacos) ou de obstrução. O desvio para esquerda ou para a direita leva a uma carga de trabalho aumentada e estresse ao coração e aos pulmões como uma consequência do fluxo sanguíneo pulmonar aumentado e, por sua vez, do retorno venoso pulmonar aumentado. Dependendo da localização do desvio e da magnitude do desvio para a esquerda ou direita, os pacientes se encontram em risco de desenvolver hipertensão arterial pulmonar, a menos que uma oportuna cirurgia cardíaca seja realizada. Exemplos de defeitos que levam ao desvio para a esquerda ou para a direita são simples defeitos septais, tais como defeitos dos septos interatrial ou interventricular ou um ducto arterial patente, ou defeitos cardíacos mais complexos, incluindo defeitos septais atrioventriculares e/ou uma combinação de quaisquer destes defeitos com conexões atrioventriculares ou ventrículo-arteriais anormais (p. ex., um ventrículo direito com dupla saída, onde mais de 50% tanto da aorta como da artéria pulmonar se originam do ventrículo direito) (Cap. 59). Lesões obstrutivas podem envolver as valvas atrioventriculares ou semilunares (estenose das valvas arioventricular esquerda, da aorta ou do tronco pulmonar), ou vasos estreitados (p. ex., coarctação da aorta ou arco da aorta interrompido). Dependendo do nível e da severidade da obstrução, os pacientes podem ter uma variedade de apresentações clínicas, desde um murmúrio cardíaco assintomático (comum) até um colapso cardiovascular (incomum). O tratamento em todos os casos é direcionado para a normalização da carga

de trabalho do coração, do fluxo sanguíneo sistêmico e pulmonar, e do débito cardíaco; pode ser cirúrgico ou baseado em cateterismo.

Defeitos cardíacos cianóticos

Os defeitos cardíacos cianóticos podem ser atribuídos a um desvio intracardíaco ou extracardíaco da direita para a esquerda, ou a uma severa redução no fluxo sanguíneo pulmonar. Eles podem ser causados por lesões simples, tais como uma estenose pulmonar severa com um defeito do septo interatrial e desvio da direita para a esquerda; lesões moderadas incluem a tetralogia de Fallot, na qual existe um defeito do septo interventricular, obstrução ao fluxo de saída do ventrículo direito, hipertrofia do ventrículo direito e uma aorta cavalgante; ou lesões mais complexas que incluem a transposição das grandes artérias (Fig. 56.15A e B) e atresias da valva atrioventricular direita e do tronco pulmonar (frequentemente no contexto de um ventrículo direito hipoplásico e da fisiologia ventricular "única"). Recém-nascidos com defeitos cardíacos congênitos cianóticos severos podem ser dependentes da patência do ducto arterial: o diagnóstico precoce, o tratamento com infusão intravenosa prostaglandina e a transferência oportuna para um centro terceirizado para uma terapia mais definitiva são fundamentais para a sobrevivência e bons resultados a longo prazo.

Recentemente, os principais avanços no diagnóstico e tratamento de bebês com malformações cardíacas congênitas têm resultado em um número aumentado de adolescentes e adultos com doença cardíaca congênita contornada de modo paliativo ou reparada, mas não curada. Esta é uma área que se apresenta com múltiplos desafios para disciplinas cardiovasculares e outras disciplinas médicas.

TECIDO DE CONDUÇÃO

As células do tecido muscular estriado cardíaco diferem daquelas do tecido muscular estriado esquelético por apresentar a capacidade inerente de se contrair e relaxar espontaneamente. Este ritmo miogênico é mostrado por pequenas áreas do tecido cardíaco, e até mesmo por miócitos isolados. O mecanismo responsável parece estar baseado em uma especialização adicional do sarcolema que permite um lento influxo de íons sódio. As células ventriculares se contraem e relaxam em uma frequência mais baixa do que as células atriais, mas no coração intacto ambas estão sincronizadas em um ritmo mais rápido, gerado pelo tecido marca-passo e veiculado a elas por um sistema de fibras especializadas para condução. A organização anatômica destes tecidos é descrita no contexto do coração. Aqui, as considerações são restritas às células que constituem o sistema de geração e condução de impulsos. Todas são células cardíacas modificadas. Três tipos podem ser distinguidos morfologicamente das células cardíacas de trabalho normais: células P (= de coloração pálida, ou primitivas, ou marca-passo [*pacemaker*]); células de transição; e as fibras de Purkinje.

Embora estes termos sejam utilizados na descrição a seguir, é importante reconhecer que existe uma continuidade de morfologia entre as células P, as células de transição, as fibras de Purkinje e as células musculares cardíacas de trabalho.

Visão geral do sistema de condução

De todas as células do coração, as do nó sinoatrial geram o ritmo mais rápido e, consequentemente, atuam como o marca-passo do coração. O impulso, considerado como gerado nas células P, é transmitido preferencialmente através de vias condutoras para os átrios direito e esquerdo e para o nó atrioventricular. No nó atrioventricular, o impulso é retardado por 40 ms. Este retardo permite que os átrios ejetem seu conteúdo completamente antes que a contração dos ventrículos se inicie. Ele também coloca um limite superior na frequência de sinais que podem ser transmitidos aos ventrículos. Células de transição, mais delicadas e de morfologia mais próxima às células cardíacas normais, se estendem do nó atrioventricular para o tronco e os principais ramos do feixe atrioventricular (ou feixe de His). Aqui, elas se tornam contínuas com células de aparência mais distinta, as fibras de Purkinje. A condução do impulso é rápida no feixe e em seus ramos (2-3 metros por segundo, em oposição a 0,6 metros por segundo no miocárdio normal). Portanto, o impulso cardíaco chega ao ápice do coração antes de se propagar através das paredes ventriculares, produzindo uma ejeção ventricular apropriadamente coordenada.

O coração humano bate incessantemente a 70 ciclos a cada minuto por muitas décadas, mantendo a perfusão dos tecidos pulmonar e sistêmicos. A frequência e o volume de batimentos variam em resposta às demandas fisiológicas prevalentes. A Figura 56.7 resume os principais eventos em um ciclo cardíaco, incluindo o seguinte: os eventos elétricos registrados no eletrocardiograma; as sequências mecânicas da diástole, sístole atrial, contração isovolumétrica, ejeção e relaxamento isovolumétrico na sístole ventricular; os fenômenos acústicos registrados no fonocardiograma; os perfis de pressão dos corações direito e esquerdo e dos troncos arteriais: as sequências dos eventos valvulares. A eficiência cardíaca depende da precisa cronometragem da operação em estruturas interdependentes. O enchimento diastólico passivo dos átrios e ventrículos é seguido pela sístole atrial, estimulado pela descarga advinda do nodo sinoatrial, a qual completa o enchimento ventricular. A excitação e contração dos átrios devem ser sincronizadas e terminar antes da contração ventricular. Isto é efetuado por um retardo na condução de excitação a partir dos átrios para os ventrículos. Consequentemente, a contração ventricular prossegue de uma maneira precisa. Um sistema de condução ventricular especializada garante que o fechamento das valvas atrioventriculares seja seguido rapidamente por uma onda de excitação e contração, a qual se propaga dos ápices ventriculares em direção aos tratos de saída e óstios, acelerando rapidamente o sangue durante a ejeção.

A contração cardíaca se origina inequivocamente em miócitos especializados, mas influências neurais são importantes na adaptação do ritmo cardíaco intrínseco a demandas funcionais advindas do corpo inteiro. Todos os miócitos cardíacos são excitáveis, e apresentam uma despolarização e repolarização rítmicas autônomas da membrana plasmática, ondas de condução de excitação através de junções comunicantes (do tipo *gap*) para miócitos adjacentes, e acoplamento de excitação-contração em seus complexos de actina e miosina. Estas propriedades são desenvolvidas em diferentes graus, em diferentes locais e em diferentes tipos de miócitos (Cap. 6). O índice de despolarização e repolarização é mais lento no

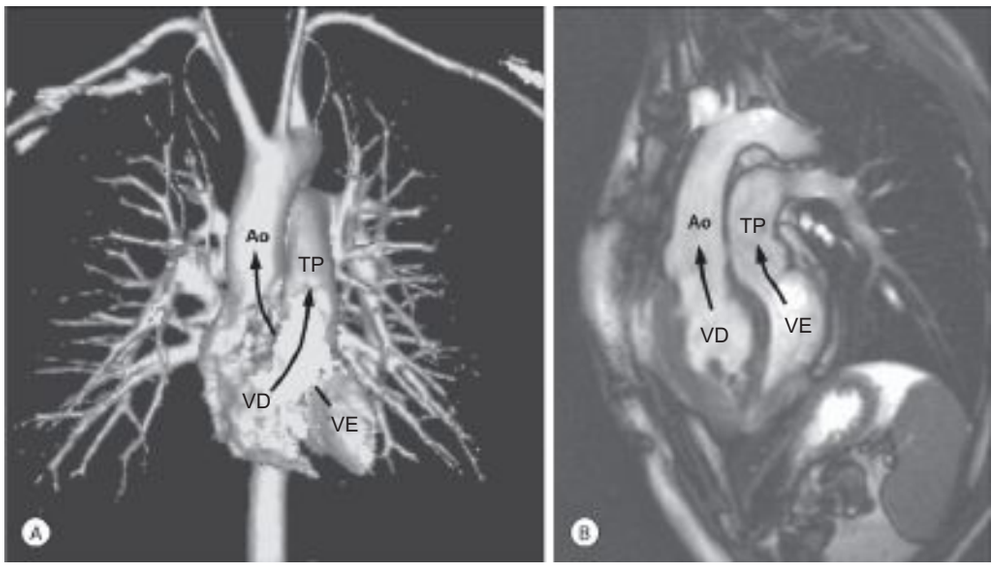


Fig. 56.15 A, Angiografia cardíaca por ressonância magnética em um paciente com um coração normal. Observe a relação cruzada das grandes artérias; a aorta surge a partir do ventrículo esquerdo e segue para a direita e posteriormente ao tronco pulmonar (em sua origem) e em direção à cabeça. O tronco pulmonar surge a partir do ventrículo direito, em posição anterior, cruza por sobre a aorta, e em seguida segue à esquerda desta e em direção dorsal (onde ela se bifurca nas artérias pulmonares direita e esquerda na face inferior do arco da aorta). **B,** Angiograma cardíaco por ressonância magnética de um paciente com transposição das grandes artérias. Observe a relação paralela ou lado a lado dos grandes vasos e a perda de sua relação cruzada normal. A aorta segue anteriormente e advém do ventrículo direito. O ventrículo direito, hipertrófico, sustenta a circulação sistêmica, e o septo interventricular se curva da direita para a esquerda. Ao, aorta; TP, tronco pulmonar; VD, ventrículo direito; VE, ventrículo esquerdo. (Cortesia de Dr Philip Kilner, Royal Brompton Hospital, London.)

miocárdio ventricular, intermediário do músculo atrial e mais rápido nos miócitos do nó sinoatrial. Estes últimos anulam os que geram ritmos mais lentos e, no coração normal, são o local para a iniciação rítmica dos ciclos cardíacos. De modo inverso, a velocidade de condução é lenta nos miócitos nodais, intermediária nos miócitos cardíacos gerais "de trabalho" e mais rápida nos miócitos do sistema de condução ventricular.

Os nós e redes das chamadas células miocárdicas especializadas constituem o sistema de condução cardíaca (Figs. 56.4A, 56.16A e B e 56.17). Os componentes deste sistema são os nós sinoatrial e atrioventricular, o feixe atrioventricular com ramos esquerdo e direito, e o plexo subendocárdico de células de condição ventricular (fibras de Purkinje). Dentro do sistema, o principal ritmo marca-passo do coração é gerado (no nó sinoatrial), é influenciado por nervos (nó sinoatrial e sua inervação) e é transmitido especificamente dos átrios aos ventrículos (nó e feixe atrioventriculares) e, dentro dos ventrículos, a toda a sua musculatura. A propagação da excitação é muito rápida, mas não instantânea. Diferentes partes dos ventrículos são excitadas em tempos ligeiramente diferentes, com importantes consequências funcionais. A falha do sistema de condução não bloqueará a condução cardíaca, mas o sistema se tornará mal coordenado ou descoordenado. O ritmo será mais lento porque ele se origina a partir de uma atividade espontânea (miogênica) nos miócitos cardíacos de trabalho ou em um marca-passo subsidiário em uma parte distal do sistema de condução doente ou interrompido.

Não há vias de condução internodais ou interatriais especializadas. A excitação que emana do nó sinoatrial se espalha para a musculatura atrial e para o nó atrioventricularatravés do miocárdio de trabalho atrial ordinário. O arranjo geométrico de fibras ao longo de feixes musculares atriais bem organizados, por exemplo, a crista terminal e as bordas da fossa oval, asseguram que a condução é marginalmente mais rápida do que em qualquer lugar dentro do átrio.

Nó sinoatrial

O nó sinoatrial é uma estrutura elíptica, de 10-20 mm de comprimento. Ele está localizado na junção entre partes do átrio direito derivadas do seio venoso embrionário e do átrio propriamente dito (Figs. 56.4A e 56.17). O nó é frequentemente coberto por uma placa de gordura subepicárdica, tornando-o visível em algumas vezes ao olho nu. Ele se estende entre 1 a 2 cm à direita da crista da aurícula direita e segue póstero-inferiormente para a parte superior do sulco terminal. Em uma pequena

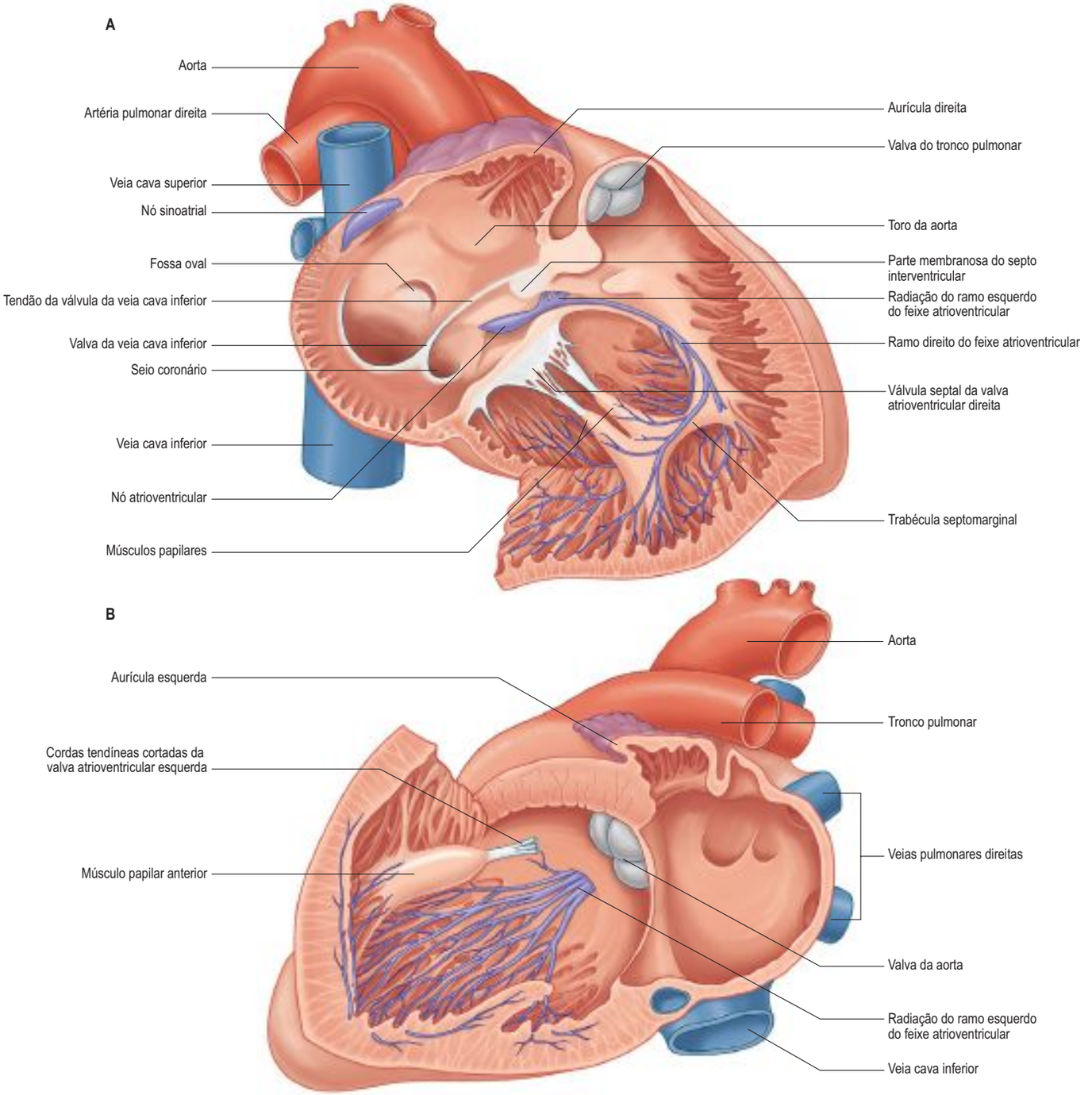


Fig. 56.16 O tecido de condução do coração: **A,** face direita; **B,** face esquerda. Os elementos do sistema de condução estão mostrados em púrpura. Observe o tecido de condução que acompanha as delicadas trabéculas cárneas e as falsas cordas tendíneas. Na realidade, a radiação do ramo esquerdo do feixe atrioventricular está diretamente relacionado às válvulas da valva da aorta.

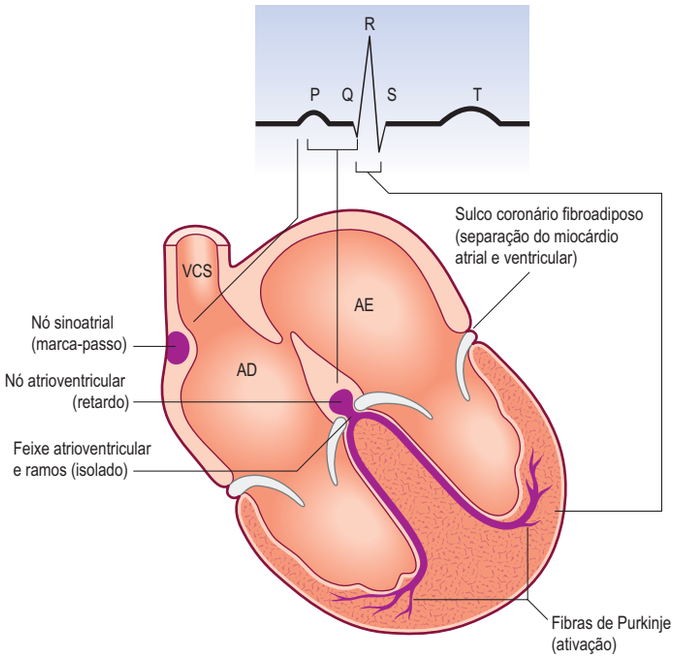


Fig. 56.17 A estrutura básica do sistema de condução, e sua relação com o eletrocardiograma. Observe o forame oval permitindo a comunicação entre o átrio direito (AD) e o átrio esquerdo (AE). VCS, veia cava superior. (Reproduzido por cortesia do Professor RH Anderson, Institute of Child Health, University College, London.)

proporção de indivíduos, cerca de 1 em 10, ele se estende de modo semelhante a uma ferradura através da crista da aurícula. O tecido nodal não ocupa a espessura total da parede atrial direita do epicárdio ao endocárdio em seres humanos, mas, por sua vez, se estabelece como uma cunha de tecido especializado em posição subepicárdica no interior do sulco terminal. Sua localização é marcada consistentemente por uma grande artéria, o ramo do nó sinoatrial, o qual é um ramo do ramo a circunflexo da artéria coronária esquerda ou um ramo descendente posterior da artéria coronária direita. As células nodais estão agrupadas circunferencialmente ao redor desta artéria e entrelaçadas em sua densa adventícia de colágeno. Estas células são agora consideradas as "marca-passos", embora as implicações funcionais desta relação não sejam completamente compreendidas. Muitas fibras nervosas estão presentes, embora nenhuma pareça terminar sobre as células. Não existem células ganglionares autônomas no interior do nó, embora muitas se limitem com ele anteriormente ou posteriormente. As células P são mais abundantes na região central. Elas são pequenas, de aspecto vazio, de 5-10 μm em seu maior diâmetro, com um grande núcleo central. Sua aparência pálida é atribuída à escassez de organelas: as miofibrilas são poucas e irregularmente organizadas, e não há um sistema sarcotubular propriamente dito e existe pouca quantidade de glicogênio. As células P são menos abundantes na periferia do nó, onde elas se misturam às células de transição, delicadas e fusiformes, as quais são parte de um grupo heterogêneo que é intermediário em aparência entre as células P e as células cardíacas normais de trabalho, e as quais unem as células P a outras células.

Nó atrioventricular

O nó atrioventricular é uma estrutura atrial que se encontra na raiz de uma extensa árvore de tecido de condução que atinge o ápice dos ventrículos, os músculos papilares e outras regiões dos ventrículos (Fig. 56.17). O nó, com suas zonas de transição, está localizado no interior do componente atrial do septo atrioventricular muscular. Seus marcos anatômicos são os limites do trígono do nó sinoatrial (a inserção da válvula septal da valva atrioventricular direita inferiormente, o óstio do seio coronário basalmente e o tendão da válvula da veia cava inferior superiormente) (Fig. 56.4A e B). O nó compacto é uma estrutura em meio oval disposta contra o corpo fibroso central em direção ao ápice deste triângulo. Sua face atrial é convexa e está sobreposta pelo miocárdio atrial. Sua margem esquerda é côncava e se limita com a face superior do corpo fibroso central. Sua extremidade basal se projeta para dentro do músculo atrial e sua extremidade anteroinferior entra no corpo fibroso central para se tornar o feixe atrioventricular penetrante. O nó encontra-se impregnado por um retículo colagenoso irregular que envolve os miócitos, mas este é menos denso que no nó sinoatrial. Seu suprimento arterial é derivado de um vaso característico que se origina da artéria coronária dominante na cruz do coração. O nó apresenta uma zona compacta bem formada, constituída por células nodais entrelaçadas, as quais frequentemente apresentam uma estratificação. As zonas de células de transição são encontradas superficial e posteriormente. O maior componente do retardo atrioventricular é provavelmente produzido nestas zonas de transição do nó.

As vias de condução internodais convergem no nó atrioventricular. Este é similar em aparência geral ao nó sinoatrial, embora o componente colagenoso seja menos denso. A maioria das células é do tipo de transição, mas as células P que se assemelham às do nó sinoatrial são encontradas em uma região central mais fibrosa. Gânglios autônomos estão presentes entre o nó e o seio coronário. Em ambos os nós sinoatrial e atrioventricular, os contatos intercelulares entre as células P, e entre células P e células de transição, são muito menos especializados que os discos intercalares entre células cardíacas normais. Uma escassez de junções comunicantes (do tipo *gap*) é consistente com a ausência nestas áreas de conexina-43, a qual é um principal componente das junções comunicantes de mamíferos. Isto provavelmente é responsável pela dificuldade observada em excitar estas células a partir de células adjacentes. O retardo atrioventricular pode ser devido muito a esta relativa inexcitabilidade das células P, o que parece perturbar a propagação do potencial em uma maneira que retarde a propagação. O estreito diâmetro das células de transição pode contribuir para o retardo da contração.

Feixe atrioventricular

O feixe atrioventricular é a continuação direta do nó atrioventricular, que assume um formato oval, quadrangular ou triangular em corte transversal à medida que ele entra no corpo fibroso central (Fig. 56.4A). Atravessando o corpo fibroso, ele se ramifica na crista do septo interventricular muscular, ficando o trato ramificado comprimido entre os componentes muscular e membranoso do septo. O ramo direito do feixe é um estreito e discreto grupo arredondado de fascículos que transcorre primeiramente no interior do miocárdio e em seguida em meio ao subendocárdio em direção ao ápice do ventrículo, entrando na trabécula septomarginal para alcançar o músculo papilar anterior. Ele origina poucos ramos para as paredes ventriculares em seu trajeto septal. Na origem do músculo papilar anterior, ele se divide profusamente em delicados fascículos subendocárdicos que divergem e, primeiramente, envolvem o músculo papilar, e em seguida se recurvam em meio ao subendocárdio para serem distribuídos para as paredes ventriculares restantes. O ramo esquerdo surge como numerosos fascículos delicados e entremeados que saem da margem esquerda do feixe em ramificação através de grande parte de seu trajeto ao longo da crista do septo interventricular muscular (Fig. 56.16A e B). Estes fascículos formam uma lâmina achatada ao longo da superfície lisa septal do ventrículo esquerdo. A lâmina diverge apicalmente e em meio ao subendocárdio através da face esquerda do septo ventricular, separando em divisões anterior, septal e posterior. Ramos delicados saem das lâminas, formando redes subendocárdicas, as quais primeiramente circundam os músculos papilares e em seguida se curvam de volta no subendocárdio para serem distribuídos a todas as partes do ventrículo.

Os principais ramos do feixe estão isolados do miocárdio circunjacente por bainhas de tecido conjuntivo. Os contatos funcionais entre os miócitos de condução ventricular e os miócitos de trabalho se tornam numerosos apenas nas ramificações subendocárdicas terminais. Por isso, os músculos papilares se contraem primeiro, seguido de uma onda de excitação e resultando na contração que segue do ápice do ventrículo até o trato de saída arterial. Como a rede de Purkinje é subendocárdica, a excitação muscular prossegue da face endocárdica para a face epicárdica. No coração em desenvolvimento, pode-se mostrar que o feixe responsável pela condução atrioventricular é uma estrutura muito mais extensa. A análise imuno-histoquímica revelou que o precursor do sistema é um anel de células que circunda os componentes de entrada e saída da alça ventricular em desenvolvimento (Cap. 59). Este anel se torna modificado após a septação dos ventrículos, de modo que ele envolva o óstio atrioventricular direito e a saída aórtica do ventrículo esquerdo. Com o crescimento subsequente, apenas os componentes septais desta "figura em oito" persiste como o trato de condução atrioventricular. No entanto, remanescentes do anel aórtico podem persistir como um "trato sem saída".

A síndrome de Wolff-Parkinson-White é causada por pequenas faixas anormais de miocárdio ventricular, de outra forma imperceptíveis, os quais conectam as massas miocárdicas atrial e ventricular em algum ponto ao redor das junções atrioventriculares. Histologicamente, elas são faixas de miocárdio de trabalho que seguem através do tecido fibroareolar do sulco coronário.

Pacing cardíaco

Fios de *pacing* temporário são usualmente inseridos através de canulação da veia jugular interna ou da veia subclávia. A abordagem da veia subclávia carrega um risco ligeiramente maior de um pneumotórax devido à proximidade da cavidade pleural. Outros riscos potenciais são a lesão ao plexo braquial – caso o local de entrada estiver muito posterior – e a lesão ao ducto torácico, caso a veia subclávia esquerda estiver canulada. Com marca-passos permanentes, o local mais comum no qual o aparelho é colo-

cado em uma bolsa subcutânea na parede torácica anterior. O acesso ao coração e ao endocárdio do ventrículo direito e do átrio direito é obtido através da veia cefálica, uma vez que ela se situa no sulco deltopeitoral.

Estudos de condução cardíaca

A eletrocardiografia e a eletrofisiologia intracardíacas são usadas para avaliar a condução cardíaca e as anormalidades do ritmo cardíaco. Um cateter é inserido através das veias femoral, subclávia ou jugular interna usando uma técnica com fio-guia. A fluoroscopia, a ecocardiografia e mais recentemente a ressonância magnética cardíaca são usadas para guiar uma colocação precisa dos cateteres na posição apropriada. Os locais de estudo são a porção alta do átrio direito (para avaliação do feixe atrioventricular e do ramo direito do feixe) e o seio coronário (para avaliação de arritmias juncionais atrioventriculares e vias acessórias). Os eletrodos multipolares fornecem um mapeamento eletroanatômico detalhado da sequência de excitação a partir dos átrios, da junção atrioventricular e dos ventrículos. A origem de arritmias supraventriculares, taquicardias ventriculares, vias de condução acessórias e vias de reentrada pode ser identificada e usada para guiar a ablação por radiofrequência.

Anormalidades congênitas de condução

A maioria das anormalidades congênitas de condução costumava ter uma base anatômica para sua origem, sendo o produto de vias acessórias ou de uma morfogênese anormal dentro do tecido de condução em algum ponto a partir do nó atrioventricular através do feixe atrioventricular. Entretanto, hoje em dia, as anormalidades de condução de modo crescente estão provavelmente relacionadas a problemas hemodinâmicos de longa duração e/ou aos efeitos de uma cirurgia prévia em pacientes com defeitos cardíacos congênitos. Isto reflete o fato de que, embora a cirurgia para a maioria destes defeitos venha sendo disponibilizada durante as últimas quatro décadas, a cirurgia em si não tem sido curativa e os pacientes com muita frequência desenvolvem anormalidades de condução (e arritmias) secundárias a problemas hemodinâmicos (dilatação e/ou hipertrofia das câmaras) devido às cicatrizes cirúrgicas. Muito raramente, as anormalidades de condução são causadas por tumores, tais como tumores multifocais de fibras de Purkinje ou tumores policísticos congênitos benignos do nó atrioventricular.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO E DRENAGEM LINFÁTICA

Suprimento arterial coronário

As artérias coronárias direita e esquerda surgem da aorta ascendente em seus seios anterior e posterior esquerdo (Figs. 56.8, 56.9, e 56.18A-E). Os níveis dos óstios coronários são variáveis. As duas artérias, conforme indicado pelo seu nome, formam uma coroa invertida oblíqua, na qual um círculo anastomótico no sulco coronário está conectado por alças marginais e interventriculares (descendentes) que se cruzam no ápice do coração (Fig. 56.18A-E). Isto é, obviamente, apenas uma aproximação. O grau de anastomose varia e é usualmente insignificante. As principais artérias e ramos principais são normalmente de trajeto subepicárdico, mas aquelas nos sulcos atrioventricular e interventricular estão frequentemente profundamente situadas, e ocasionalmente escondidas pelo miocárdio sobreposto ou integradas neste.

O termo "dominante" é usado para se referir à artéria coronária que dá origem ao ramo interventricular (descendente) posterior, o qual supre a parte posterior do septo interventricular e frequentemente parte da parede posterolateral do ventrículo esquerdo. A artéria dominante é usualmente a direita (60%). Anastomoses entre as artérias coronárias direita e esquerda são abundantes durante a vida fetal, mas são em grande parte reduzidas ao final do primeiro ano de vida. As anastomoses que fornecem a circulação colateral podem se tornar proeminentes em condições de hipoxia e na doença arterial coronariana. Uma circulação colateral adicional é proporcionada por pequenos ramos derivados de vasos mediastinais, pericárdicos e bronquiais.

O calibre das artérias coronárias, tanto os troncos principais como os ramos maiores, baseado em medições de moldes arteriais ou angiogramas, varia entre 1,5 e 5,5 mm para as artérias coronárias em suas origens. A esquerda excede a direita em 60% dos corações, sendo a direita maior em 17%, e ambos os vasos sendo aproximadamente iguais em 23%. Os diâmetros das artérias coronárias podem aumentar até o 30º ano de vida.

Artéria coronária direita

A artéria coronária direita surge a partir do seio da aorta anterior ("seio coronário direito"): o óstio encontra-se abaixo da margem das válvulas em 10%. A artéria é normalmente única, mas cerca de quatro artérias coronárias direitas já foram observadas. Ela passa primeiro anteriormente e levemente à direita entre a aurícula direita e o tronco pulmonar, onde o seio normalmente faz uma saliência. Ela atinge o sulco coronário e desce neste sulco quase verticalmente para a margem direita do coração (margem aguda), curvando ao redor desta em direção à parte posterior do sulco, onde este último se aproxima da junção com os sulcos interatrial e interventricular, uma região apropriadamente denominada de cruz do coração. A artéria alcança a cruz e termina um pouco para a esquerda desta, frequentemente através de uma anastomose com o ramo circunflexo da artéria coronária esquerda. Em uma minoria de indivíduos, a artéria coronária direita termina próximo à margem direita do coração (10%), ou entre esta e a cruz (10%); mais frequentemente (20%) ela alcança a margem esquerda, substituindo parte do ramo circunflexo.

Ramos da artéria coronária direita suprem o átrio direito e o ventrículo e, variavelmente, partes das câmaras esquerdas e do septo atrioventricular. O primeiro ramo (que surge separadamente a partir do seio da aorta anterior em 36% dos indivíduos) é o ramo do cone arterial. Esta é, às vezes, denominada "terceira artéria coronária"; porém, como um vaso similar advém da coronária esquerda, ela é mais corretamente denominada ramo do cone arterial. Ela se ramifica anteriormente na parte mais baixa do cone pulmonar e na parte superior do ventrículo direito. Ela pode se anastomosar com um ramo coronário esquerdo similar a partir do ramo interventricular anterior para formar a alça subclávia (ânulo de Vieussens), o qual é um tênue "círculo" anastomótico ao redor do trato de saída do ventrículo direito.

O primeiro segmento da artéria coronária direita (entre sua origem e a margem direita do coração) dá origem a ramos atriais e atrioventriculares. Estes vasos divergem amplamente, aproximando-se em ângulo reto no caso dos ramos atrioventriculares, o que contrasta marcantemente com as origens mais agudas dos ramos atrioventriculares esquerdos. Os ramos atrioventriculares anteriores, normalmente dois ou três, se ramificam em direção ao ápice do coração, o qual eles raramente alcançam, a menos que o ramo marginal direito esteja incluído neste grupo de ramos, como está segundo alguns autores. O ramo marginal direito é de calibre maior do que as outras artérias atrioventriculares anteriores e é longo o bastante para alcançar o ápice na maioria dos corações (93%). Quando é muito grande, os demais ramos atrioventriculares anteriores podem estar reduzidos a um, ou podem estar ausentes. Até três pequenos ramos atrioventriculares posteriores, comumente dois, surgem a partir do segundo segmento da artéria coronária direita entre a margem direita e a cruz do coração, e suprem a face diafragmática do coração. À medida que a coronária direita se aproxima da cruz do coração, ela normalmente produz de um a três ramos interventriculares (ocasionalmente não há nenhum). Um, o ramo interventricular posterior, se encontra no sulco interventricular. Ele é normalmente único (70%), e flanqueado – seja à direita ou à esquerda, ou bilateralmente – por ramos paralelos derivados da artéria coronária direita. Quando esses vasos laterais existem, os ramos do ramo interventricular posterior são pequenos e esparsos. O ramo interventricular posterior é substituído por um ramo coronário esquerdo em 10% dos indivíduos.

Embora os ramos atriais da artéria coronária direita sejam às vezes descritos como grupos anterior, lateral (direito ou marginal) e posterior, são usualmente pequenos vasos únicos de 1 mm de diâmetro. Os ramos anterior direito e lateral são ocasionalmente duplos, muito raramente triplos, e suprem principalmente o átrio direito. O ramo posterior é normalmente único e supre os átrios direito e esquerdo. A artéria do nó sinoatrial é um ramo atrial, distribuído largamente para o miocárdio de ambos os átrios, principalmente direito. Sua origem é variável: ela advém do ramo circunflexo da artéria coronária esquerda em 35%. No entanto, mais comumente ela surge a partir de sua parte lateral direita; com menos frequência, surge de sua parte atrioventricular direita, menos ainda de sua parte atrioventricular posterior. Deste modo, esta artéria "nodal" normalmente passa para trás no sulco entre a aurícula direita e a aorta. Seja qual for a sua origem, ela geralmente se ramifica ao redor da base da veia cava superior, tipicamente como uma alça arterial da qual pequenos ramos suprem o átrio direito. Um grande "ramo da crista terminal" atravessa o nó sinoatrial (Fig. 56.18A-C); pareceria mais apropriado denominar este ramo como "artéria nodal", uma vez que a maior parte do vaso atualmente denominado na verdade supre os átrios e serve como o "principal ramo atrial".

Os ramos interventriculares septais da artéria coronária direita são relativamente curtos e saem do ramo interventricular posterior para suprir a parte posterior do septo interventricular. Eles são numerosos, mas normalmente não atingem as partes apicais do septo. A maior artéria septal posterior, usualmente a primeira, comumente surge da alça invertida, a qual se acredita caracterizar a artéria coronária na cruz do coração. Ela supre o nó atrioventricular em 80% dos corações.

Pequenos ramos atrioventriculares recorrentes são originados a partir dos ramos ventriculares da artéria coronária direita à medida que eles atravessam o sulco coronário; eles suprem o miocárdio atrial adjacente.

Artéria coronária esquerda

A artéria coronária esquerda é maior em calibre do que a direita, e supre um grande volume do miocárdio, incluindo quase todo o ventrículo esquerdo e o átrio esquerdo, exceto na chamada "dominância direita", quando a artéria coronária direita supre parcialmente uma região posterior do ventrículo esquerdo (Fig. 56.18A-C) A artéria coronária esquerda nor-

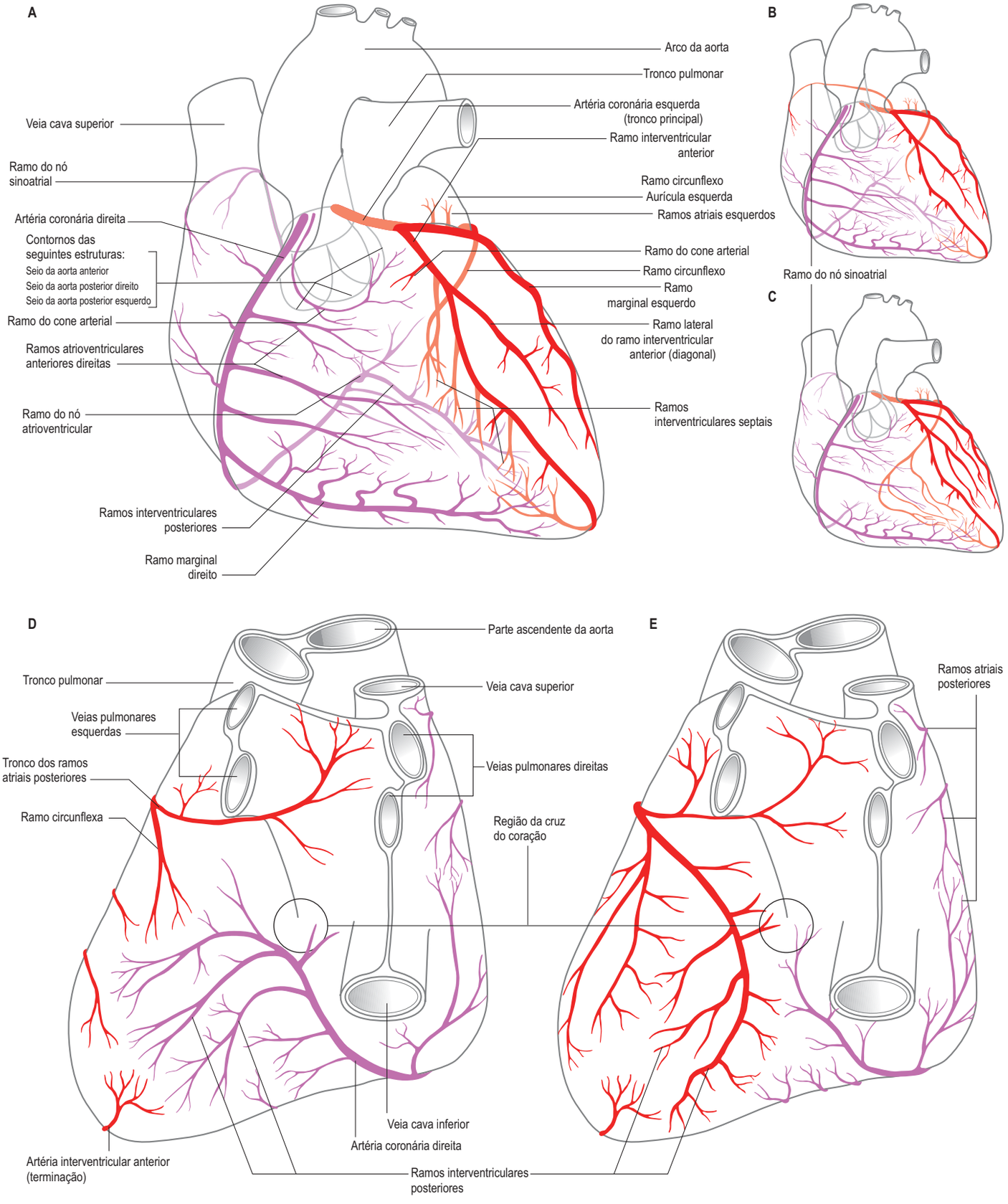


Fig. 56.18 Vistas anteriores do sistema arterial coronariano, com as principais variações. A árvore arterial coronariana direita está mostrada em magenta, e a esquerda e vermelho vivo. Em ambos os casos, a distribuição posterior está mostrada em um sombreado mais pálido. **A,** O arranjo mais comum. **B,** Uma variação comum na origem do ramo do nó sinoatrial. **C,** Um exemplo de "dominância" esquerda pela artéria coronária esquerda, mostrando também uma origem incomum do ramo do nó sinoatrial. Vistas posteroinferiores do sistema arterial coronariano. A árvore arterial coronariana direita está mostrada em magenta, e a esquerda em vermelho vivo. **D,** Um exemplo da distribuição mais normal na "dominância" direita. **E,** Uma forma menos comum de "dominância" esquerda. Nestas vistas "posteriores", a face diafragmática (inferior) da parte ventricular do coração foi artificialmente deslocada e resumidamente ignorada, para clarificar os detalhes da chamada distribuição posterior (inferior) das artérias coronárias.

malmente supre a maior parte do septo interventricular. Ela surge a partir do seio da aorta posterior esquerdo (seio "coronário" esquerdo); o óstio encontra-se abaixo da margem das válvulas em 15% e pode ser duplo, levando aos principais ramos iniciais, normalmente os ramos circunflexo e interventricular anterior. Sua porção inicial, entre seu óstio e seus primeiros ramos, varia de comprimento, desde poucos milímetros a alguns centímetros. A artéria se encontra entre o tronco pulmonar e a aurícula esquerda, emergindo para o interior do sulco coronário, no qual ela se vira para a esquerda. Esta parte encontra-se frouxamente incorporada na gordura subepicárdica e geralmente não tem ramos, mas pode dar origem a um pequeno ramo atrial e, raramente, à artéria do nó sinoatrial.

Atingindo o sulco coronário, a coronária esquerda se divide em dois ou três ramos principais: o ramo interventricular anterior é comumente descrito como sua continuação. Este ramo desce obliquamente para a frente e para a esquerda no sulco interventricular, às vezes profundamente incorporada ao tecido miocárdico ou cruzada por pontes deste tecido e pela veia cardíaca magna e suas tributárias. Quase invariavelmente, ela atinge o ápice. Ela termina aqui em um terço dos espécimes, entretanto mais frequentemente ela gira ao redor do ápice para o interior do sulco interventricular posterior e passa em um terço a uma metade do trajeto ao longo de seu comprimento, onde ela encontra as ramificações terminais dos ramos interventriculares posteriores da artéria coronária direita.

O ramo interventricular anterior produz ramos ventriculares anteriores direitos e esquerdos e ramos interventriculares septais anteriores, e um variável número de ramos posteriores correspondentes. Os ramos ventriculares anteriores direitos são pequenos e raramente estão em número maior que um ou dois; o ventrículo direito é suprido quase totalmente pela artéria coronária direita.

Cerca de duas a nove grandes artérias ventriculares anteriores esquerdas se ramificam em ângulos agudos a partir do ramo interventricular anterior e cruzam a face anterior do ventrículo esquerdo diagonalmente; terminais maiores alcançam a margem esquerda arredondada (obtusa). Um é frequentemente grande e pode surgir separadamente a partir do tronco coronário esquerdo, o qual em seguida termina por trifurcação. Este ramo lateral do ramo interventricular anterior (diagonal), relatada em 33-50% ou mais de indivíduos, está às vezes duplicada (20%). Um pequeno ramo do cone arterial esquerdo frequentemente sai do ramo interventricular anterior próximo à sua origem e se anastomosa no cone arterial com sua equivalente derivada da artéria coronária direita e com os *vasa vasora* da artéria pulmonar e da aorta. Os ramos septais anteriores saem do ramo interventricular anterior quase perpendicularmente e passam para trás e para baixo no septo interventricular, usualmente suprindo seus dois terços ventrais. Pequenos ramos septais posteriores derivados da mesma fonte suprem o terço posterior do septo interventricular por uma variável distância a partir do ápice do coração.

O ramo circunflexo, comparável ao ramo interventricular anterior em calibre, se curva para a esquerda no sulco coronário, continuando ao redor da margem esquerda do coração para dentro da parte posterior do sulco e terminando à esquerda da cruz na maioria dos corações, mas às vezes continuando como um ramo interventricular posterior. Proximalmente, a aurícula esquerda usualmente está sobreposta a ela. Em 90%, um grande ramo ventricular, o ramo marginal esquerdo, surge perpendicularmente a partir do ramo circunflexo e se ramifica por sobre a margem esquerda "obtusa" arredondada, suprindo grande parte do ventrículo esquerdo adjacente, usualmente para o ápice. Ramos anteriores e posteriores menores do ramo circunflexo também suprem o ventrículo esquerdo. Ramos ventriculares anteriores (de um a cinco, comumente dois ou três) seguem paralelamente ao ramo lateral do ramo interventricular anterior (diagonal), quando ela está presente, e a substituem quando ela está ausente. Ramos ventriculares posteriores são menores e em pequena quantidade; o ventrículo esquerdo é parcialmente suprido pelo ramo interventricular posterior. Quando esta é pequena ou ausente, ela é acompanhada ou substituída por uma continuação interventricular do ramo circunflexo, o qual é frequentemente dupla ou tripla. O ramo circunflexo pode suprir o átrio esquerdo através de ramos atriais anteriores, laterais e posteriores.

O ramo circunflexo apresenta ramos inconstantes. O ramo do nó sinoatrial (35%) é usualmente derivado do segmento circunflexo anterior, menos frequentemente a partir da circum-marginal. Ela passa sobre o átrio esquerdo e o supre, envolvendo a veia cava superior como um ramo nodal coronário direito. Ela envia um grande ramo para o nó (e através dele), mas é predominantemente de distribuição atrial. A artéria para o nó atrioventricular, o ramo terminal em 20%, surge próximo à cruz, em cujo caso o ramo circunflexo supre usualmente o ramo interventricular posterior, um exemplo da chamada "dominância esquerda". A artéria anastomótica de Kugel ("artéria anastomótica auricular magna") foi descrita como um ramo circunflexo constante, normalmente a partir de sua parte anterior, a qual atravessa o septo interatrial (próximo à sua margem ventricular) para estabelecer uma anastomose direta ou indireta coma coronária direita; sua existência tem sido questionada.

Distribuição coronária

Os detalhes da distribuição coronária requerem a integração em um conceito de suprimento cardíaco total. Mais comumente, a artéria coronária direita supre todo o ventrículo direito (exceto uma pequena região à direita do sulco interventricular anterior); uma parte variável da face diafragmática do ventrículo esquerdo; o terço posteroinferior do septo interventricular; o átrio direito e parte do átrio esquerdo; o sistema de condução até as partes proximais dos ramos direito e esquerdo do feixe atrioventricular. A distribuição coronária esquerda é recíproca e inclui a maior parte do ventrículo esquerdo; uma estreita faixa do ventrículo direito; os dois terços anteriores do septo interventricular; a maior parte do átrio esquerdo. Conforme observado anteriormente (Fig. 56.18A-E), variações no sistema arterial coronária afetam principalmente a face diafragmática dos ventrículos e reflete a relativa "dominância" de suprimento pela artéria coronária direita ou esquerda. O termo é confuso, porque a artéria esquerda quase sempre supre um volume maior de tecido do que a direita. Na "dominância direita", o ramo interventricular posterior é derivado da artéria coronária direita; na "dominância esquerda", ele é derivado da artéria coronária esquerda. No chamado padrão "equilibrado", ramos de ambas as artérias seguem no interior do sulco interventricular posterior ou próximo a ele.

Sabe-se pouco sobre as variações no suprimento atrial porque os pequenos vasos envolvidos não são facilmente preservados nos moldes de corrosão que são usados para análise. Em mais de 50% dos indivíduos, o átrio direito é suprido apenas pela artéria coronária direita, e no restante o suprimento é duplo. Mais de 62% dos átrios esquerdos são supridos principalmente pela artéria coronária esquerda, 27% pela artéria coronária direita (em cada grupo existe um pequeno suprimento acessório derivado da outra artéria coronária) e 11% são supridos quase igualmente por ambas as artérias. Os suprimentos sinoatrial e atrioventricular também variam. O nó sinoatrial é suprido pelas artérias coronárias direita (51-65%) ou esquerda (35-45%), e menos de 10% dos nós recebem um suprimento bilateral. O nó atrioventricular é suprido pelas artérias coronárias direita (80-90%) ou esquerda (10-20%).

Anastomose coronária

Anastomoses entre ramos das artérias coronárias, tanto subepicárdicas como miocárdicas, e entre estas artérias e vasos extracardíacos, são de importância medica capital. A experiência clínica sugere que as anastomoses não possam fornecer rapidamente as rotas colaterais suficientes para evitar a súbita obstrução coronária, e a circulação coronária é admitida como sendo arterial terminal. Não obstante, há muito tempo se estabeleceu que as anastomoses ocorrem de fato, particularmente entre delicados ramos subepicárdicos, e que eles podem aumentar durante a vida do indivíduo. A análise de radiografias coronárias e moldes de corrosão em resina, e os resultados de estudos com perfusão radiopaca têm revelado anastomoses intracoronárias e intercoronárias em vasos de até 100-200 μm de calibre. Os locais mais frequentes de anastomoses extramurais são o ápice, a face anterior do ventrículo direito, a cruz do coração, os sulcos interatrial e interventricular, e entre o nó sinoatrial e outros vasos atriais. O valor funcional de tais anastomoses pode variar, mas elas parecem se tornar mais eficazes em condições patológicas lentamente progressivas. Sua estrutura é incerta: a maior parte das observações que têm sido feitas em moldes de corrosão sugere que os vasos anastomóticos são relativamente retos em corações normais, mas grandemente enovelados em corações que foram submetidos a uma oclusão coronária. Pouco tem sido registrado sobre sua estrutura microscópica; elas parecem um pouco mais do que tubos endoteliais, sem musculatura ou componentes do sistema elástico.

As anastomoses extracardíacas podem conectar vários ramos coronários com outros vasos torácicos através das artérias pericárdicas e dos *vasa vasora* arteriais de vasos os quais unem o coração às circulações sistêmica e pulmonar. A eficácia destas conexões como rotas colaterais na oclusão coronária é imprevisível.

As anastomoses arteriovenosas coronárias e numerosas conexões entre a circulação coronária e as cavidades cardíacas, que produzem os chamados "sinusoides miocárdicos" e vasos "arterioluminais", foram relatadas; sua importância na doença coronariana é incerta.

Doença arterial coronariana

A aterosclerose é caracterizada pela deposição de lipídios e pelo acúmulo de macrófagos na túnica íntima. A disfunção endotelial leva ao recrutamento de células inflamatórias para a parede vascular e à liberação de várias citocinas e moléculas de adesão, as quais propagam o processo de aterosclerose. O acúmulo de lipídios e a proliferação do tecido muscular liso levam à formação de uma placa ateromatosa. A formação da placa em si pode causar estenose das artérias coronárias e reduz o fluxo sanguíneo coronário (classicamente durante exercício). As placas são também suscetíveis à ruptura com a concomitante formação de um trombo, o que leva a uma oclusão aguda de uma das artérias coronárias e pode causar infarto do miocárdio. As placas podem se romper como o resultado de fadiga no interior da capa fibrosa, mas também são mais vulneráveis quando o conteúdo lipídico é maior que 40% da composição da placa. A erosão superficial da placa pode também promover uma critica formação de trombos.

A avaliação da doença arterial coronariana é possível por meio de um número de técnicas radiológicas, incluindo RM, tomografia de emissão de pósitrons (PET), cintilografia e ultrassom, e invasivamente por angiografia coronária (a qual mostra a anatomia e delineia as regiões de estenose).

Angiografia coronária

A angiografia coronária pode ser realizada pela introdução de um cateter através das artérias femoral, radial ou braquial. A artéria femoral é puncionada com uma agulha 3 cm abaixo do ligamento inguinal, enquanto a perna é mantida aduzida e ligeiramente rodada externamente. A posição exata é guiada por palpação do pulso da artéria femoral, e a agulha é inserida em um ângulo de 45°. Após a punção arterial, um delicado fio-guia é inserido através da agulha e introduzido na artéria. O cateter é, em seguida, inserido sobre o fio-guia e manipulado através da artéria ilíaca para dentro da aorta, acima do arco da aorta e localizado na aorta ascendente. A artéria braquial ou a artéria radial pode ser usada para o acesso percutâneo à circulação. Uma vez que o cateter esteja localizado na aorta ascendente, uma variedade de fios-guia (de ponta reta, cateteres curvos para a esquerda ou para a direita e cateteres *pigtail*) são usados para entrar nos vasos coronários para uma arteriografia seletiva e intervenções. A angiografia é realizada com meio de contraste padrão de alta osmolalidade e com cineangiografia. Em pacientes selecionados, um meio de contraste de baixa osmolalidade de nova geração também pode ser usado. Todas as artérias coronárias são cateterizadas e avaliadas em uma variedade de vistas para obter uma completa avaliação de sua anatomia e para determinar a localização e o grau de quaisquer estenoses. O óstio da artéria coronária esquerda surge do seio esquerdo da aorta e é mais bem visualizado nas direções frontal direta e oblíqua anterior esquerda. A vista oblíqua anterior direita é útil em demonstrar os ramos laterais do ramo interventricular anterior (diagonais) e o ramo interventricular anterior. A artéria coronária direita se origina do seio direito da aorta e é usualmente visualizada nas vistas oblíqua anterior direita e oblíqua anterior esquerda. As saturações de pressão e de oxigênio podem ser medidas pelo cateter. As alterações de pressão através das valvas permitem que o grau de estenose seja medido. O fluxo sanguíneo coronário é o relativo fluxo de reserva também podem ser calculados. Uma estenose significativa pode ser tratada inicialmente por angioplastia com balão, seguida pela inserção de *stents*. O balão exerce pressão contra a placa na parede arterial, e fratura e parte a placa. O efeito obstrutivo da placa e o recolhimento elástico são reduzidos, resultando em um aumento do lúmen arterial. A inserção de um *stent* reduz o índice de uma re-estenose.

Revascularização coronária

A aterosclerose, a qual causa mais de 60% das estenoses do diâmetro terminal das artérias coronárias, é passível de causar uma significativa redução na perfusão miocárdica. Pacientes com lesões de alto grau, ou com doença em tronco arterial coronário esquerdo, ou com doença em triplos vasos com função ventricular esquerda danificada, são normalmente considerados para o enxerto de desvio arterial coronariano. Os enxertos comuns que são usados são as veias safenas e as artérias torácicas internas. Outros enxertos ocasionalmente usados são as artérias radial, ulnar, gastroepiploica e epigástrica inferior.

Os enxertos de artéria torácica interna esquerda apresentam um índice de patência maior do que os enxertos de veias safenas. Aproximadamente 15% dos enxertos de veia safena ocluem em 1 ano, e daí em diante em uma taxa anual de 1-2% nos primeiros 6 anos e, depois disso, em 4%; 40-50% dos enxertos de veia safena apresentam oclusão em 10 anos. Em contraste, apenas cerca de 10% dos enxertos de artéria torácica interna esquerda terão ocluído em 10 anos.

A abordagem cirúrgica comum é através de uma esternotomia da linha mediana. Se a artéria torácica interna for usada como um enxerto do doador, ela é dividida distalmente (mantendo sua origem proximal a partir da artéria subclávia) e anastomosada à artéria coronária distalmente à estenose. Se enxertos de veia safena forem usados, eles devem ser anastomosados tanto proximalmente como distalmente à artéria coronária, para fazer uma ponte no local da estenose.

Em casos selecionados, realiza-se um enxerto para desvio de artéria coronária direto minimamente invasivo, mas a abordagem é dependente do vaso a ser enxertado. A abordagem anterior é através de uma mini-toracotomia sobre o quarto espaço intercostal, abaixo da papila mamária, para o enxerto nos ramos interventriculares anteriores médio-esquerdos e laterais do ramo interventricular anterior (diagonais). A abordagem anterolateral é através de uma incisão no terceiro espaço intercostal a partir da linha medioclavicular até a linha axilar anterior, e é usada para o enxerto em ramos marginais iniciais do sistema circunflexo. A abordagem lateral permite o enxerto de vasos circunflexos através de uma toracotomia lateral medindo apenas 10 cm de tamanho através do quinto ou sexto espaço intercostal. Abordagens extratorácicas que sejam ocasionalmente usadas incluem a abordagem subxifóide para a artéria coronária direita distal e a artéria interventricular posterior. A cirurgia pelo sistema *port-access* (circulação extracorpórea) permite a completa revascularização com desvio cardiopulmonar, mas elimina a necessidade de uma esternotomia mediana.

Veias cardíacas

O coração é drenado pelo seio coronário e suas tributárias, pelas veias anteriores do ventrículo direito e pelas veias cardíacas mínimas. O seio coronário e suas tributárias devolvem o sangue ao átrio direito derivado de todo o coração (incluindo seus septos), exceto para a região anterior do ventrículo direito e pequenas partes variáveis de ambos os átrios e do ventrículo esquerdo. As veias anteriores do ventrículo direito drenam uma região anterior do ventrículo direito e, quando a veia marginal direita se une a este grupo, uma região ao redor da margem direita do coração, e terminam principalmente no átrio direito. As veias cardíacas mínimas (veias de Tebésio) se abrem no átrio direito e no ventrículo direito e, em um grau menor, no átrio esquerdo e às vezes no ventrículo esquerdo.

Variação nas veias cardíacas Tentativas de categorizar as variações na circulação venosa cardíaca em "tipos" não produziram qualquer padrão aceitável. Existem variações principais a respeito das direções gerais de drenagem. O seio coronário pode receber todas as veias cardíacas (exceto as veias cardíacas mínimas), incluindo as veias anteriores do ventrículo direito (33%), o que pode ser reduzido pelo desvio de algumas veias para as veias cardíacas mínimas, e em seguida para o seio coronário (28%). O restante (39%) representa o padrão "normal", como descrito acima.

Seio coronário

A grande maioria das veias cardíacas drena para o amplo seio coronário, com 2 a 3 cm de comprimento, disposto no sulco coronário posteriormente entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo (Figs. 56.2B e D. 56.19). O seio se abre no átrio direito entre a abertura da veia cava inferior e o óstio atrioventricular direito; a abertura é guardada por uma prega endocárdica (valvula semilunar do seio coronário; Fig. 56.4A). Suas tributárias são as veias cardíaca magna, a veia cardíaca parva e a veia interventricular posterior, a veia posterior do ventrículo esquerdo e a veia oblíqua do átrio esquerdo; todas, exceto a última, apresentam valvas em seus óstios.

Veia cardíaca magna A veia cardíaca magna se inicia no ápice do coração, ascende no sulco interventricular anterior até o sulco coronário, e segue por este, passando para a esquerda e posteriormente para entrar no seio coronário em sua origem (Fig. 56.19). Ela recebe tributárias advindas do átrio esquerdo e de ambos os ventrículos, incluindo a grande veia marginal esquerda que ascende pela face pulmonar esquerda (margem obtusa) do coração.

Veia cardíaca parva A veia cardíaca parva se encontra no sulco coronário posteriormente entre o átrio direito e o ventrículo direito, e se abre no seio coronário próximo à sua extremidade atrial (Fig. 56.19). Ela recebe sangue da parte posterior do átrio direito e do ventrículo direito. A veia marginal direita passa direto, ao longo da margem inferior do coração (margem aguda). Ela pode se unir à veia cardíaca parva no sulco coronário, mas mais frequentemente se abre diretamente no átrio direito.

Veia interventricular posterior A veia interventricular posterior (Fig. 56.19) começa no ápice do coração, e segue para trás no sulco interventricular posterior, para terminar no seio coronário próximo à sua extremidade atrial.

Veia posterior do ventrículo esquerdo A veia posterior do ventrículo esquerdo (Fig. 56.19) é encontrada na face diafragmática do ventrículo esquerdo um pouco à esquerda da veia interventricular posterior. Ela geralmente se abre no centro do seio coronário, mas às vezes se abre na veia cardíaca magna.

Veia oblíqua do átrio esquerdo A pequena veia que é a veia oblíqua do átrio esquerdo (Fig. 56.19) desce obliquamente na parte posterior do átrio esquerdo para se unir ao seio coronário próximo ao seu fim. Ela é contínua acima com o ligamento da veia cava esquerda. As duas estruturas são resquícios da veia cardinal comum esquerda.

Veias anteriores do ventrículo direito

As veias anteriores do ventrículo direito drenam a parte anterior do ventrículo direito (Figs. 56.2A e C e 56.8). Geralmente em número de duas ou três, às vezes até mesmo cinco, elas ascendem no tecido subepicárdico para cruzar a parte direita do sulco coronário, passando abaixo ou superficialmente à artéria coronária direita. Elas terminam no átrio direito, próximo ao sulco, separadamente ou em combinações variáveis. Um canal coletor subendocárdico, no qual todas podem se abrir, tem sido descrito. A veia marginal direita segue ao longo da margem cardíaca inferior (aguda), drenando partes adjacentes do ventrículo direito, e usualmente se abre separadamente no átrio direito. Ela pode se unir às veias cardíacas anteriores ou, menos frequentemente, ao seio coronário. Como ela é comumente independente, ela é frequentemente agrupada com as veias cardíacas mínimas, mas ela tem um calibre maior, sendo comparável às veias anteriores do ventrículo direito ou até mesmo mais ampla.

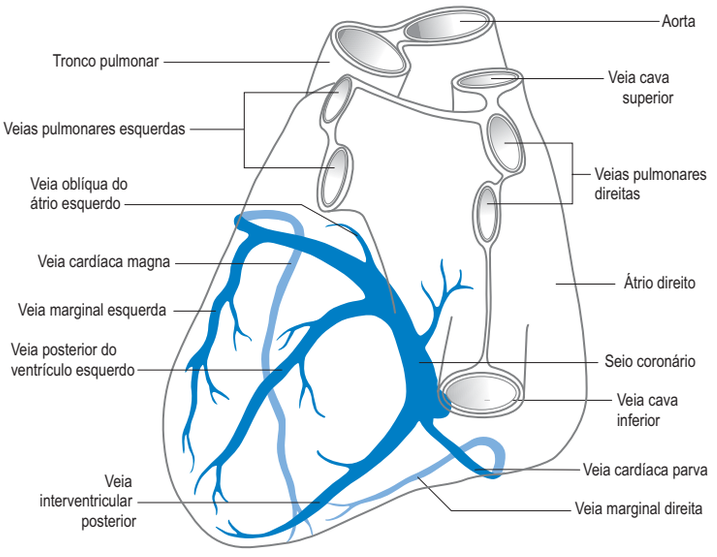


Fig. 56.19 As principais veias do coração.

Veias cardíacas mínimas

A existência de veias cardíacas mínimas, se abrindo em todas as cavidades cardíacas, tem sido confirmada, mas elas são mais difíceis de demonstrar que os vasos cardíacos maiores. Seus números e tamanho são altamente variáveis: com até 2 mm de diâmetro, elas se abrem no átrio direito, e com até 0,5 mm no ventrículo direito. Numerosas veias cardíacas mínimas foram identificadas no átrio direito e no ventrículo direito, mas elas são raras no átrio esquerdo e no ventrículo esquerdo.

Anastomoses venosas cardíacas

Existem anastomoses disseminadas em todos os níveis da circulação venosa cardíaca, em uma escala que excede a das artérias e equivalendo a um verdadeiro plexo venoso. Não somente as veias adjacentes estão conectadas, mas as conexões também existem entre tributárias do seio coronário e as das veias anteriores do ventrículo direito. Abundantes anastomoses ocorrem no ápice e em suas faces anterior e posterior. Como as artérias coronárias, as veias cardíacas se conectam com vasos extracardíacos, principalmente com os *vasa vasora* dos grandes vasos contínuos com o coração.

Drenagem linfática do coração

Os vasos linfáticos cardíacos formam plexos subendocárdicos, miocárdicos e subepicárdicos, sendo que os dois primeiros drenam para o terceiro. Vasos eferentes derivados dos plexos subepicárdicos formam os troncos coletores cardíacos direitos e esquerdos. Dois ou três troncos esquerdos ascendem no sulco interventricular anterior, recebendo vasos de ambos os ventrículos. Em atingindo o sulco coronário, eles são reunidos por um grande vaso derivado da face diafragmática do ventrículo esquerdo, o qual primeiro ascende no sulco interventricular posterior e em seguida se volta para a esquerda ao longo do sulco coronário. O vaso formado por esta união ascende entre a artéria pulmonar e o átrio esquerdo, e usualmente termina em um linfonodo traqueobronquial inferior. O tronco direito recebe vasos aferentes derivados do átrio direito e da margem direita e da face diafragmática do ventrículo direito. Ele ascende no sulco coronário, próximo à artéria coronária direita, e em seguida anteriormente à parte ascendente da aorta para terminar em um linfonodo braquiocefálico, normalmente à esquerda.

INERVAÇÃO

A iniciação do ciclo cardíaco é miogênica, originando-se no nó sinoatrial. Ele é harmonizado em frequência, força e rendimento pelos nervos autônomos que atuam sobre os tecidos nodais e seus prolongamentos, sobre vasos coronários e sobre a musculatura atrial e ventricular de trabalho. Todos os ramos cardíacos do nervo vago (parassimpático) e todos os ramos simpáticos (exceto ramo cardíaco do gânglio simpático cervical superior) contêm tanto fibras aferentes como fibras eferentes; o ramo cardíaco do gânglio simpático cervical superior é inteiramente eferente. As fibras simpáticas aceleram o coração e dilatam as artérias coronárias quando estimuladas, enquanto fibras vagais tornam o coração mais lento e causa a constrição das artérias coronárias.

Os axônios simpáticos pré-ganglionares cardíacos se originam de neurônios na coluna intermédio-lateral dos quatro ou cinco segmentos espinais torácicos superiores. Alguns fazem sinapses nos gânglios simpáticos torácicos superiores correspondentes, outros ascendem para fazer sinapses nos gânglios cervicais; fibras pós-ganglionares derivadas destes gânglios formam os nervos cardíacos simpáticos.

Os axônios parassimpáticos pré-ganglionares cardíacos se originam de neurônios no núcleo dorsal vagal ou próximo ao núcleo ambíguo; eles seguem em ramos cardíacos vagais para fazer sinapses nos plexos cardíacos e nas paredes atriais. Na espécie humana (como na maioria dos mamíferos), os neurônios cardíacos intrínsecos estão limitados aos átrios e ao septo interatrial e são mais numerosos no tecido conjuntivo subepicárdico próximo aos nós sinoatrial e atrioventricular. Existem evidências de que estes gânglios intrínsecos não são simples retransmissores nicotínicos, mas que podem atuar como locais para integração de estímulos nervosos extrínsecos e formar complexos circuitos para o controle neuronal local do coração, e talvez até reflexos locais.

Plexo cardíaco

Aproximando-se ao coração, os nervos autônomos formam um plexo cardíaco misto, usualmente descrito em termos de um componente superficial inferior ao arco da aorta, disposto entre este e o tronco pulmonar, e uma parte profunda entre o arco da aorta e a bifurcação da traqueia. O plexo cardíaco é também descrito por nomes regionais para suas extensões coronária, pulmonar, atrial e aórtica (Fig. 56.20). Estes plexos contêm células ganglionares. As células ganglionares, confinadas aos tecidos atriais, e com uma preponderância adjacente ao nó sinoatrial, são também encontradas no coração ao longo da distribuição de ramos do plexo. Seus axônios são considerados como largamente, se não exclusivamente, parassimpáticos pós-ganglionares. Fibras colinérgicas e adrenérgicas, que surgem do plexo cardíaco ou passam através dele, estão distribuídas mais profusamente para os nós sinoatrial e atrioventricular; o suprimento para o miocárdio atrial e ventricular é muito menos denso. Fibras adrenérgicas suprem as artérias coronárias e as veias cardíacas. Ricos plexos de nervos contendo colinesterase, transmissores adrenérgicos e outros peptídeos, por exemplo, neuropeptídeo Y, são encontrados nas regiões subendocárdicas de todas as câmaras e nas válvulas das valvas.

Parte superficial (ventral) do plexo cardíaco A parte superficial (ventral) do plexo cardíaco se encontra abaixo do arco da aorta e anterior à artéria pulmonar direita. Ela é formada pelo ramo cardíaco do gânglio simpático cervical superior esquerdo e os mais baixos dos dois ramos cardíacos cervicais do nervo vago. Um pequeno gânglio cardíaco está usualmente presente neste plexo imediatamente abaixo do arco da aorta, à direita do ligamento arterial. Esta parte do plexo cardíaco se conecta com a parte profunda, com o plexo coronário direito, e com o plexo pulmonar anterior esquerdo.

Parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco A parte profunda (dorsal) do plexo cardíaco encontra-se anterior à bifurcação da traqueia, acima do ponto de divisão do tronco pulmonar e posterior ao arco da aorta. Ela é formada pelos ramos cardíacos dos gânglios simpáticos torácicos superiores e cervicais e dos nervos vago e laríngeo recorrente. Os únicos nervos cardíacos que não se unem a essa parte são aqueles que se unem à parte superficial do plexo.

Ramos derivados da metade direita da parte profunda do plexo cardíaco passam em frente e atrás da artéria pulmonar direita. Os anteriores a ela, os mais numerosos, fornecem alguns filetes para o plexo pulmonar anterior direito e continua a formar parte do plexo coronário direito. Aqueles atrás da artéria pulmonar fornecem alguns filetes para o átrio direito e em seguida continuam para o plexo coronário esquerdo. A metade esquerda da parte profunda do plexo cardíaco está conectada à superficial e fornece filetes para o átrio esquerdo e para o plexo pulmonar anterior esquerdo. Ela forma grande parte do plexo coronário esquerdo.

Plexo coronário esquerdo O plexo coronário esquerdo é maior que o direito, e é formado principalmente pelo prolongamento da metade esquerda da parte profunda do plexo cardíaco e por algumas fibras da metade direita. Ele acompanha a artéria coronária esquerda para suprir o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo.

Plexo coronário direito O plexo coronário direito é formado pelas partes superficial e profunda do plexo cardíaco e acompanha a artéria coronária direita para suprir o átrio direito e o ventrículo direito.

Plexos atriais Os plexos atriais são derivados das continuações direita e esquerda do plexo cardíaco ao longo das artérias coronárias. Suas fibras estão distribuídas para os átrios correspondentes, sobrepondo-se àquelas dos plexos coronários.

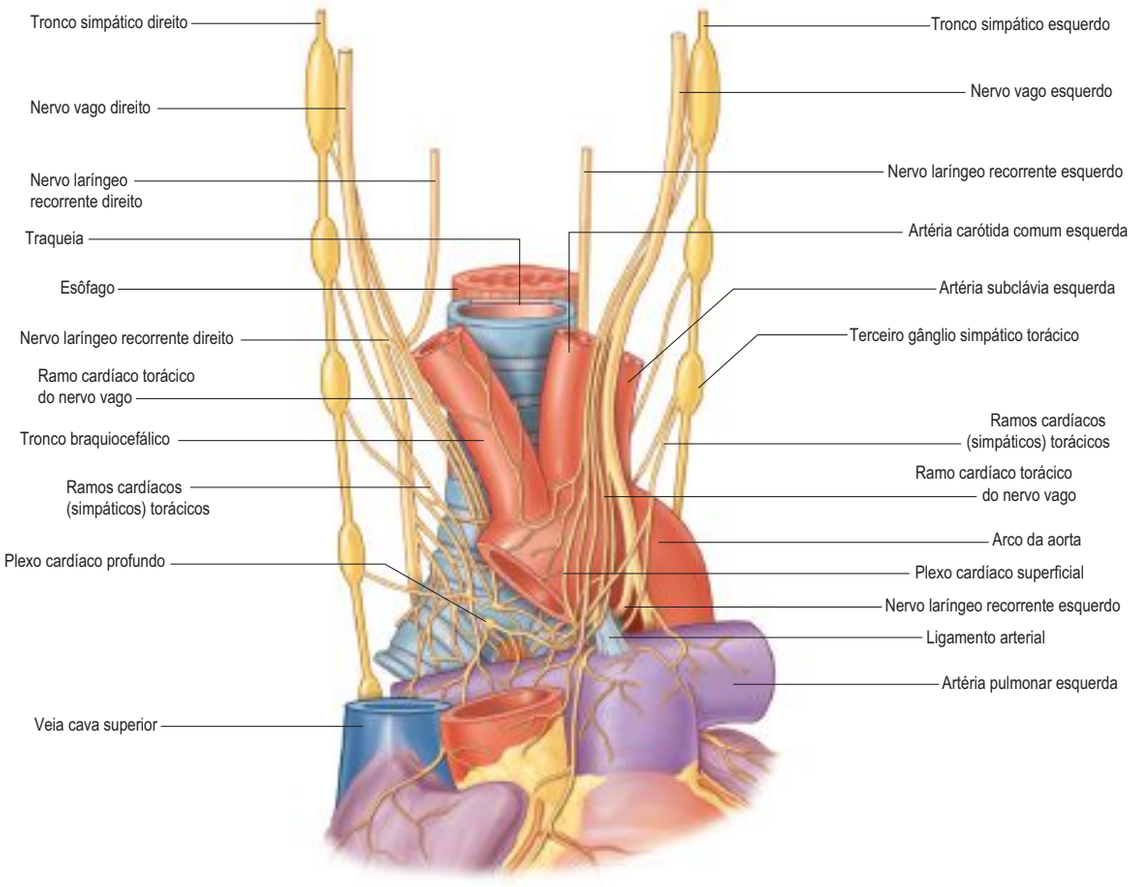


Fig. 56.20 O plexo cardíaco humano; sua origem a partir das partes cervicais dos nervos vagos e troncos simpáticos e suas extensões, os plexos pulmonar, atrial e coronário. Observe as numerosas junções entre os ramos simpáticos e parassimpáticos (vagais) que formam o plexo.

PRINCIPAIS VASOS SANGUÍNEOS

Os principais vasos sanguíneos consistem no tronco pulmonar, na parte torácica da aorta e seus ramos, e nas veias cavas superior e inferior e suas tributárias.

ARTÉRIAS

Tronco pulmonar

O tronco pulmonar, ou artéria pulmonar, conduz o sangue desoxigenado do ventrículo direito para os pulmões (Figs. 56.2A e C, 57.8). Com cerca de 5 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro, ele é o mais anterior dos vasos cardíacos e se origina a partir da base do ventrículo direito (a partir do anel pulmonar que se encontra por sobre o cone arterial), acima e à esquerda da crista supraventricular. Ele se inclina para cima e para trás, primeiro em frente da parte ascendente da aorta e em seguida para sua esquerda. Abaixo do arco da aorta ele se divide, no nível da quinta vértebra torácica e à esquerda da linha mediana, em artérias pulmonares direita e esquerda de tamanho quase igual. A bifurcação do tronco pulmonar encontra abaixo, em frente e à esquerda da bifurcação da traquéia (a qual está também associada aos linfonodos traqueobronquiais e ao plexo nervoso cardíaco profundo). No feto, no nível da bifurcação, a artéria pulmonar está conectada ao arco da aorta pelo ducto arterial, o qual se encontra na mesma direção que a artéria pulmonar.

Relações A artéria pulmonar encontra-se inteiramente no interior do pericárdio, envolvida com a parte ascendente da aorta em um tubo comum da lâmina visceral do pericárdio seroso. O pericárdio fibroso gradualmente desaparece no interior da adventícia das artérias pulmonares. Anteriormente, ela está separada da extremidade esternal do segundo espaço intercostal esquerdo pela pleura, pelo pulmão esquerdo, e pelo pericárdio. Posteriormente encontram-se a parte ascendente da aorta e a artéria coronária esquerda inicialmente, e em seguida o átrio esquerdo. A parte ascendente da aorta, no final das contas, encontra-se à sua direita. Uma aurícula e uma artéria coronária se encontram a cada lado de sua origem. O plexo cardíaco superficial encontra-se entre a bifurcação pulmonar e o arco da aorta. A bifurcação da traqueia, linfonodos e nervos estão acima, bilateralmente e à direita.

Durante a vida fetal, quando a pressão sanguínea é similar na artéria pulmonar e na aorta, a estrutura dos vasos é similar. Após o nascimento, os pulmões se expandem e as arteríolas pulmonares se dilatam, de modo que a resistência vascular pulmonar diminua, enquanto o fluxo sanguíneo aumenta. A pressão sistólica na artéria pulmonar consequentemente diminui e isto é acompanhado por uma remodelação estrutural de sua parede. O material do sistema elástico, o qual originalmente tinha uma estrutura lamelar, torna-se agregado em unidades estreladas unidas a muitas células musculares. A quantidade de tecido muscular cresce extensivamente após o nascimento e excede aquele encontrado na aorta. A espessura da parede da aorta é cerca de duas vezes a da artéria pulmonar.

Artérias pulmonares direita e esquerda

As artérias pulmonares estão descritas na página 996.

Parte torácica da aorta

Parte descendente da aorta

A parte descendente da aorta tem tipicamente 5 cm de comprimento e se inicia na base do ventrículo esquerdo, ao nível da borda inferior da terceira cartilagem costal esquerda; ela ascende obliquamente, curvando-se para frente e para a direita, atrás da metade esquerda do esterno, até o nível da borda superior da segunda cartilagem costal esquerda (Figs. 53.2, 56.2A e B, 56.8, 56.18A-C, 57.8). Em sua origem, proximal ao anel da aorta, o perfil transversal é maior e não é circular por causa de três saliências hemisféricas para fora (seios da aorta), uma posterior (não coronária), uma esquerda e uma direita, as quais correspondem às três válvulas da valva da aorta (veja anteriormente). Distalmente ao anel da aorta, existem três seios da aorta, abaixo dos quais o calibre do vaso é ligeiramente aumentado por uma saliência de sua parede direita. Este bulbo aórtico dá ao vaso um corte transversal oval.

Relações A parte descendente da aorta encontra-se no interior do pericárdio fibroso, envolvida em um tubo de pericárdio seroso com o tronco pulmonar (Figs. 56.1 e 56.2A e C). Anteriormente à sua parte inferior estão o cone arterial, o segmento inicial do tronco pulmonar e a aurícula direita. Superiormente, ela está separada do esterno pelo pericárdio, pela pleura direita, pela margem anterior do pulmão direito, por tecido conjuntivo frouxo e pelos restos do timo. Posteriormente encontram-se o átrio esquerdo, a artéria pulmonar direita e o brônquio principal direito. Lateralmente à direita estão a veia cava superior e o átrio direito e, em um nível mais alto, o tronco pulmonar. Pelo menos duas estruturas, os corpos aorticopulmonares (reminiscentes dos quimiorreceptores e barorreceptores arteriais caróticos), encontram-se entre a parte ascendente da aorta e o tronco pulmonar. O corpo aorticopulmonar inferior encontra-se

próximo ao coração e anterior à aorta, e o corpo aorticopulmonar médio encontra-se próximo ao lado direito da parte ascendente da aorta.

Arco da aorta

O arco da aorta continua a partir da parte ascendente da aorta (Figs. 56.1 e 56.2A e C). Sua origem, ligeiramente à direita, está no nível da borda superior da segunda articulação esternocostal direita. O arco primeiro ascende diagonalmente para trás e para a esquerda por sobre a superfície anterior da traqueia, em seguida por trás através de seu lado esquerdo e finalmente desce à esquerda do corpo da quarta vértebra torácica, continuando como a parte torácica da parte descendente da aorta. Ele termina ao nível da extremidade esternal da segunda cartilagem costal esquerda. Deste modo, o arco da aorta se encontra totalmente no mediastino superior. Ele se curva ao redor do hilo do pulmão esquerdo, e se estende para cima ao nível médio do manúbrio do esterno. A sombra do arco é facilmente identificada em radiografias anteroposteriores e seu perfil esquerdo é, às vezes, denominado de "nó aórtico" (Fig. 55.16). O arco pode também ser visível em vistas oblíquas anteriores esquerda envolvendo um espaço pálido, a "janela aórtica", na qual sombras do tronco pulmonar e de seu ramo esquerdo podem ser discernidas. Seu diâmetro na origem é o mesmo que na parte ascendente da aorta, 28 mm, mas é reduzido para 20 mm ao final, após a emissão de seus grandes ramos colaterais. Na borda com a parte torácica da aorta, um pequeno estreitamento (istmo aórtico), seguido por uma dilatação, pode ser reconhecido. Na vida fetal, o istmo se encontra entre a origem da artéria subclávia esquerda e a abertura do ducto arterial.

Relações Anteriormente e à esquerda do arco da aorta está a pleura mediastinal esquerda. Abaixo da pleura, ele é cruzado em ordem anteroposterior pelas seguintes estruturas: nervo frênico esquerdo, ramo cardíaco cervical inferior esquerdo do nervo vago, ramo cardíaco cervical superior esquerdo do tronco simpático e do nervo vago esquerdo (Figs. 56.1 e 56.20). À medida que o nervo vago esquerdo cruza o arco, seu ramo laríngeo recorrente se engancha abaixo do vaso à esquerda e atrás do ligamento arterial (sob o ponto de vista do desenvolvimento, caudalmente a este ligamento), e em seguida ascende à direita do arco. A veia intercostal superior esquerda ascende obliquamente à frente do arco, superficialmente ao nervo vago esquerdo, abaixo do nervo frênico esquerdo. O pulmão e a pleura esquerdos separam todas estas estruturas da parede torácica. Posteriormente e à direita encontram-se a traqueia e o plexo cardíaco profundo, o nervo laríngeo recorrente esquerdo, o esôfago, o ducto torácico e a coluna vertebral. Acima, o tronco braquiocefálico, as artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda surgem a partir de sua convexidade, e são cruzadas anteriormente próximo às suas origens pela veia braquiocefálica esquerda. Abaixo estão a bifurcação pulmonar, o brônquio principal esquerdo, o ligamento arterial, o plexo cardíaco superficial e o nervo laríngeo recorrente esquerdo. Mais bem visualizada pelo lado esquerdo, a concavidade do arco da aorta é o limite curvo superior através do qual as estruturas ganham acesso ou saem do hilo do pulmão esquerdo.

Variações do arco e de seus ramos O ápice do arco está normalmente a 2,5 cm abaixo da borda superior do esterno, mas pode divergir desta. No bebê, ele está mais próximo à borda superior do esterno; o mesmo é frequente no caso da idade avançada, por causa da dilatação do vaso. Às vezes, a aorta se curva por sobre o hilo do pulmão direito e desce à direita da coluna vertebral. Isto é usualmente acompanhado pela transposição das vísceras torácicas e abdominais. Menos frequentemente, após se arquear sobre o hilo direito, ela passa atrás do esôfago para assumir sua posição normal (isto não é acompanhado pela transposição visceral). A aorta pode se dividir em troncos ascendente e descendente, o primeiro se dividindo em três ramos para suprir a cabeça e os membros superiores. Em alguns casos ela se divide próximo à sua origem, sendo os dois ramos logo se reunindo, com o esôfago e a traqueia passando normalmente através do intervalo entre eles.

Ramos Três ramos se originam a partir da face convexa do arco: o tronco braquiocefálico, a artéria carótida comum e a artéria subclávia esquerda (Figs. 56.1 e 56.2A-D). Eles podem se ramificar a partir do início do arco ou da parte superior da parte ascendente da aorta. A distância entre essas origens varia, sendo a mais frequente a aproximação da artéria carótida comum esquerda ao tronco braquiocefálico.

Os principais ramos derivados do arco da aorta podem estar reduzidos a um, contudo é mais comum ocorrerem dois. A artéria carótida comum esquerda pode surgir a partir do tronco braquiocefálico (7%). Mais raramente, as artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda podem surgir a partir de um tronco braquiocefálico esquerdo, ou as artérias carótida comum direita e subclávia direita podem se originar separadamente; neste caso, a última se ramifica mais frequentemente a partir da extremidade esquerda do arco e passa por trás do esôfago. A artéria vertebral esquerda pode surgir entre as artérias carótida comum esquerda e a subclávia esquerda. Muito raramente, as artérias carótidas externa e interna surgem separadamente, sendo a carótida comum ausente em um ou em ambos os lados, ou ambas as carótidas e uma ou ambas as artérias vertebrais podem ser ramos separados. Quando uma "aorta direita" ocorre, a organização de seus três ramos é invertida. As artérias carótidas comuns podem ter um tronco único. Outras artérias podem se ramificar dele, mais comumente uma ou ambas as artérias bronquiais e a artéria tireóidea ima.

Uma análise da variação nos ramos de 1.000 arcos de aorta mostrou o padrão usual em 65%; uma artéria carótida comum esquerda compartilhou o tronco braquiocefálico em 27% (contraste com a percentagem citada acima) e as quatro grandes artérias se ramificaram separadamente em 2,5%. Os demais 5% mostraram uma grande variedade de padrões, sendo o mais comum (1,2%) a presença de troncos braquiocefálicos direito e esquerdo simétricos.

Coarctação da aorta

O lúmen aórtico é ocasionalmente parcialmente ou completamente obliterado, seja acima (tipo pré-dutal ou infantil), oposto, ou logo abaixo (tipo pós-natal ou adulto) da entrada do ducto arterial. No tipo pré-dutal, o comprimento da coarctação é variável, a hipoplasia do arco da aorta é comum e a artéria subclávia esquerda e até mesmo o tronco braquiocefálico podem estar envolvidas. Formas severas de coarctação infantil e sua forma extrema (interrupção aórtica) podem ser dependentes de um ducto arterial patente, uma vez que não há tempo para se desenvolver uma efetiva circulação colateral. A infusão de prostaglandinas antes da transferência, e a cirurgia em um centro terceirizado, frequentemente fornecem uma perspectiva muito boa de médio a longo prazo para tais bebês.

O tipo pós-dutal de coarctação tem sido atribuído à extensão anormal do tecido dutal para dentro da parede aórtica, estenosando ambos os vasos à medida que o ducto se contrai após o nascimento. Esta forma pode permitir anos de vida normal, viabilizando o desenvolvimento de uma extensa circulação colateral para a aorta distalmente à estenose (Fig. 56.21). A alta vascularização da parede torácica é importante e clinicamente característica; muitas artérias que surgem indiretamente da aorta, proximalmente ao segmento de coarctação, se anastomosam com vasos conectados a ela distalmente ao bloco, e todos esses vasos se tornam grandemente aumentados. Deste modo, na parede torácica anterior, as artérias toracoacromial, torácica lateral e subescapular (derivadas da artéria axilar), a artéria supraescapular (derivada da artéria subclávia), e a primeira e a segunda artérias intercostais posteriores (derivadas do tronco costocervical), se anastomosam com outras artérias intercostal posteriores, e a artéria torácica interna e seus ramos terminais se anastomosam com as artérias intercostais posteriores inferiores e epigástricas inferiores. As artérias intercostais posteriores estão sempre envolvidas, e o aumento de seus ramos posteriores pode finalmente formar um sulco ("incisura") nas margens inferiores das costelas. A sombra radiográfica da artéria subclávia esquerda ingurgitada também está aumentada. O aumento dos vasos escapulares e as anastomoses podem levar a uma pulsação interescapular disseminada (facilmente apreciada com a palma da mão, e às vezes ouvida à ausculta).

Formação de aneurisma da aorta

Um aneurisma (dilatação anormal) pode se formar em qualquer parte da aorta. A degeneração da parede medial da aorta e dissecção da túnica íntima ocorre na maioria dos aneurismas torácicos, afetando particularmente a parte ascendente da aorta e o arco da aorta. Estes são frequentemente o resultado de anormalidades do tecido conjuntivo, tais como ocorre na síndrome de Marfan, homocistenúria e síndrome de Ehlers-

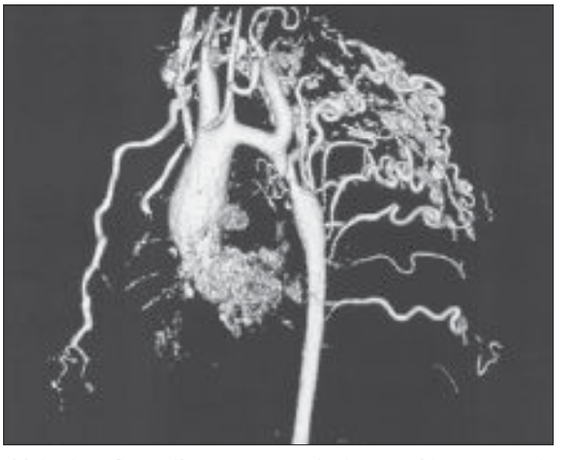


Fig. 56.21 Angiografia cardíaca por ressonância magnética mostrando uma reconstrução em 3D da coarctação aórtica nativa em um paciente adulto com extenso fluxo colateral. Observe a marcante dilatação da artéria subclávia esquerda, suprindo a maior parte dos vasos colaterais e uma leve hipoplasia do arco da aorta. (Cortesia do Dr Raad Mohiaddin, Royal Brompton Hospital, London.)

Danlos, ou podem estar relacionados a uma valva da aorta bicúspide ou ser secundários à sífilis. Aneurismas da parte descendente da aorta são geralmente causados por aterosclerose (90%); os demais resultam de doença micótica ou trauma. Alguns aneurismas da aorta são achados incidentais de raios X de tórax ou escaneamentos por tomografia computadorizada. Casos sintomáticos se apresentam com falta de respiração, dor torácica, dor nas costas, voz rouca, tosse e hemoptise. Murmúrios diastólicos iniciais podem ser audíveis à ausculta cardíaca e são causados pela regurgitação aórtica. O reparo é realizado em pacientes com sintomas ou dilatação fusiforme medindo mais de 5 cm de diâmetro.

Dissecção aórtica

A dissecção aórtica ocorre como o resultado de degeneração da face medial da parede da aorta como o resultado do envelhecimento, hipertensão persistente ou em doenças da fibrilina, tais como a síndrome de Marfan. Um rasgo na túnica íntima pode ocorrer, produzindo uma fenda na parede medial, a qual cria um falso lúmen. Estes casos se apresentam agudamente com severa dor torácica retroesternal ou intraescapular. Dependendo da extensão da dissecção, eles podem estar associados a sinais neurológicos, diarreia ou fraqueza nas pernas. A extensão para dentro do pericárdio causa um tamponamento cardíaco e colapso circulatório. O diagnóstico é estabelecido por ecocardiografia e por tomografia computadorizada intensificada por contraste, ou por escaneamentos de ressonância magnética. O reparo cirúrgico é essencial para a dissecção da parte ascendente da aorta ou do arco da aorta.

Tronco braquiocefálico

O tronco braquiocefálico, o maior ramo do arco da aorta, apresenta 4-5 cm de comprimento (Figs. 28.14, 56.2A e C). Ele surge a partir da convexidade do arco, posterior ao centro do manúbrio do esterno, e ascende posterolateralmente para a direita, primeiro anteriormente à traqueia, e em seguida à sua direita. No nível da borda superior da articulação esternoclavicular direita, ele se divide nas artérias carótida comum direita e subclávia direita.

Relações Os músculos esterno-hióideo e esternotireóideo, os restos do timo, as veias braquiocefálica direita e tireóidea inferior direita, cruzando sua raiz e às vezes os ramos cardíacos direitos do nervo vago, todos separam o tronco braquiocefálico do manúbrio. Posteriormente encontram-se a traqueia (superiormente) e a pleura direita (inferiormente). O nervo vago direito está posterolateral antes de passar lateralmente à traqueia. Lateralmente à direita estão a veia braquiocefálica direita, a parte superior da veia cava superior e da pleura, e lateralmente à esquerda estão os restos tímicos, a origem da artéria carótida comum esquerda, as veias tireóideas inferiores e a traqueia.

Ramos A artéria braquiocefálica geralmente tem apenas ramos terminais, a artéria carótida comum direita e a artéria subclávia direita. Ocasionalmente, um ramo tímico ou bronquial, ou uma artéria tireóidea ima, surge dela. A artéria tireóidea ima é uma pequena e inconstante artéria que pode se originar da aorta, da carótida comum direita, da subclávia ou das artérias torácicas internas; ela ascende sobre a traqueia até o istmo da tireoide, onde ela termina.

Parte torácica da parte descendente da aorta

A parte torácica da aorta é o segmento da parte descendente da aorta confinado ao mediastino posterior (Fig. 55.4B). Ela começa no nível da borda inferior da quarta vértebra torácica, contínua com o arco da aorta, e termina anteriormente à borda inferior da 12ª vértebra torácica no hiato aórtico. Em sua origem ela se encontra à esquerda da coluna vertebral: à medida que ela desce, se aproxima da linha mediana, e em sua terminação encontra-se diretamente anterior a ela.

Relações Anteriormente à parte torácica da parte descendente da aorta, de cima para baixo, estão o hilo do pulmão esquerdo, o pericárdio que a separa do átrio esquerdo, o esôfago e o músculo diafragma. Posteriormente estão a coluna vertebral e a veia hemiázigo. Lateralmente à direita estão a veia ázigo e o ducto torácico, e abaixo estão a pleura e o pulmão direito, e lateralmente à esquerda estão a pleura e o pulmão. O esôfago, com seu plexo de nervos, está na lateral direita e acima, mas se torna anterior na parte inferior do tórax e próximo ao músculo diafragma ele está anterolateral à esquerda. Em um grau limitado, a parte descendente da aorta e o esôfago estão mutuamente espiralizados.

Anatomia de superfície A parte torácica da parte descendente da aorta pode estar projetada como uma larga faixa de 2,5 cm a partir da extremidade esternal da segunda cartilagem costal esquerda até uma posição mediana 2 cm acima do plano transpilórico.

Ramos

A parte torácica da aorta emite ramos viscerais para o pericárdio, pulmões, brônquios e esôfago, e ramos parietais para a parede torácica.

Ramos pericárdicos Alguns pequenos vasos são distribuídos para a face posterior do pericárdio.

Artérias bronquiais As artérias bronquiais variam em número, tamanho e origem. Normalmente existe apenas uma artéria bronquial direita, a qual se origina a partir da terceira artéria intercostal posterior ou da artéria bronquial esquerda superior, e segue posteriormente sobre o brônquio direito. Seus ramos suprem estas estruturas, além do tecido conjuntivo frouxo pulmonar e os linfonodos broncopulmonares, pericárdio e esôfago. As artérias bronquiais esquerdas, usualmente duas, surgem a partir da parte torácica da aorta, a superior próxima à quinta vértebra torácica, a inferior abaixo do brônquio esquerdo, e seguem posteriormente ao brônquio esquerdo; elas estão distribuídas como no lado direito.

Ramos mediastinais Numerosos pequenos vasos suprem os linfonodos e o tecido conjuntivo frouxo no mediastino posterior.

Ramos frênicos Os ramos frênicos se originam a partir da parte inferior da parte torácica da aorta e estão distribuídos posteriormente à superfície diafragmática superior. Eles se anastomosam com as artérias musculofrênicas e pericardicofrênicas.

Artérias intercostais posteriores As artérias intercostais posteriores e seus ramos estão descritos no Capítulo 54.

Artérias subcostais As artérias subcostais são os últimos ramos pares da parte torácica da aorta, em série com as artérias intercostais posteriores, e abaixo das décimas segundas costelas. Cada uma segue lateral e anteriormente ao corpo da décima segunda vértebra torácica e posteriormente aos nervos esplâncnicos, tronco simpático, pleura e músculo diafragma. A direita também se encontra posteriormente ao ducto torácico e à veia ázigo, e a esquerda é posterior à veia hemiázigo acessória. Cada uma em seguida entra no abdome na borda inferior da 12ª costela, acompanhada pelo 12ª nervo torácico (subcostal), dispondo-se posteriormente ao ligamento arqueado lateral e ao rim, e anteriormente ao músculo quadrado do lombo. A artéria direita segue posteriormente ao colo ascendente, e a esquerda posteriormente ao colo descendente. Perfurando a aponeurose do músculo transverso do abdome, cada artéria segue entre este músculo e o músculo oblíquo interno do abdome, e se anastomosa com as artérias epigástrica superior, intercostal posterior inferior e lombares. Cada uma apresenta um ramo posterior, distribuído como os das artérias intercostais posteriores.

Artéria aberrante Uma pequena artéria, às vezes, sai da parte torácica da aorta à sua direita, próximo à origem da artéria bronquial direita. Ela ascende para a direita, por trás da traqueia e do esôfago, e pode se anastomosar com a artéria intercostal superior direita. Ela é um vestígio da aorta dorsal direita; ocasionalmente está aumentada como a primeira parte de uma artéria subclávia direita.

Ruptura aórtica no trauma

A ruptura aórtica resultante de um trauma de contusão é uma lesão letal. Ela ocorre comumente em acidentes de trânsito e tem um índice de sobrevivência ruim, 20%. Usualmente existe uma laceração transversal na parede da aorta, o que pode envolver a túnica íntima através da túnica média da aorta. A pressão no interior da circulação sistêmica pode em si causar a formação de um falso aneurisma. A ruptura da região do istmo da aorta descendente é mais comum, provavelmente porque o istmo tende a ser a junção entre as porções móvel e fixa da aorta. Outros locais incluem a parte ascendente da aorta proximal à origem do tronco braquiocefálico, o arco da aorta e a parte abdominal da aorta. A ruptura é provavelmente o resultando de um número de fatores, incluindo torção e forças de atrito e distensão, e é possivelmente composta pela pressão hidrostática.

Aterosclerose ou calcificação aórtica

A esclerose aórtica ou calcificação pode estar implicada em eventos embólicos e derrames. A ecocardiografia, e particularmente a ecografia transesofágica, permite uma avaliação muito detalhada da região proximal da aorta. A extensão do fluxo turbulento aparece como uma perda de sinal na aorta ascendente usando a RM, e pode ser usada para avaliar qualquer estreitamento funcional. A RM também permite uma apurada avaliação da composição e do tamanho de placas ateroscleróticas, o que permite a avaliação do risco de ruptura de placas e da formação de trombos.

Glomos para-aórticos

Os glomos para-aórticos se desenvolvem progressivamente durante a vida fetal. Eles adquirem um tamanho máximo nos três primeiros anos pós-natais, quando os maiores são dois corpos acastanhados, de 1 cm de comprimento, os quais flanqueiam a parte abdominal da aorta e encon-

tram-se normalmente unidos anteriormente a ela através de uma massa horizontal imediatamente acima da artéria mesentérica inferior, consequentemente formando um crescente invertido ou um arranjo em formato de letra H, o qual está finalmente relacionado aos plexos intermesentérico e hipogástrico superior (Fig. 15.16). Suas células constituintes se dispersam e atrofiam, e por volta dos 14 anos eles podem estar completamente desintegrados. Quando bem desenvolvidos, eles consistem em massas de células cromafins poligonais embebidas em plexos de capilares de malha larga e secretam noradrenalina (ou norepinefrina). Outros pequenos corpos cromafins também se encontram disseminados no feto nos plexos abdominal e simpático pré-vertebral pélvico. Eles atingem um tamanho máximo entre o quinto e oitavo meses fetais, e sobrevivem em adultos principalmente próximos ao tronco celíaco e a artéria mesentérica superior e como coleções microscópicas de células que persistem nas partes inferiores do plexo intermesentérico.

Artérias subclávias

Artéria subclávia direita

A artéria subclávia direita surge a partir do tronco braquiocefálico. A artéria subclávia direita é formada por trás da borda superior da articulação esternoclavicular direita. Ela ascende acima da clavícula em posição superomedial, e em seguida posteriormente ao músculo escaleno anterior. A seguir, ela desce lateralmente até o músculo escaleno anterior, até a borda externa da primeira costela, onde ela se torna a artéria axilar.

Artéria subclávia esquerda

Na maioria dos indivíduos, a artéria subclávia esquerda se origina independentemente a partir do arco da aorta após a origem do tronco braquiocefálico e da artéria carótida comum esquerda. A artéria subclávia esquerda se origina do arco da aorta abaixo da artéria carótida comum esquerda e sobe em direção ao pescoço, lateralmente à borda medial do músculo escaleno anterior, cruza por trás deste músculo e em seguida desce em direção à borda externa da primeira costela, onde ela se torna a artéria axilar. Uma origem comum existe ocasionalmente entre a artéria subclávia esquerda e a artéria vertebral esquerda. Raramente, existem troncos braquiocefálicos bilaterais, os quais subsequentemente se dividem em ambos os lados em artérias carótidas comuns e subclávias.

Relações No tórax, a artéria subclávia esquerda está relacionada anteriormente com a artéria carótida comum esquerda e a veia braquiocefálica esquerda, da qual está separada pelo nervo vago esquerdo e pelos nervos cardíacos e frênicos. Mais superficialmente, a margem anterior do pulmão, a pleura e os músculos esternotireóideo e esterno-hióideo se encontram entre o vaso e a área esquerda superior do manúbrio do esterno. O lado esquerdo do esôfago, o ducto torácico e o músculo longo do pescoço são posteriores. A artéria subclávia esquerda está em contato posterolateralmente com o pulmão e a pleura esquerdos. A traqueia, o nervo laríngeo recorrente esquerdo, o esôfago e o ducto torácico estão mediais. Lateralmente, a artéria forma um sulco na parte mediastinal da pleura e do pulmão esquerdos, e também invadindo suas faces anterior e posterior.

Artérias carótidas comuns

As artérias carótidas direita e esquerda diferem em comprimento e origem. A carótida direita é exclusivamente cervical e surge a partir do tronco braquiocefálico por trás da articulação esternoclavicular direita. A carótida esquerda se origina diretamente do arco da aorta, imediatamente posterolateral ao tronco braquiocefálico e, portanto, tendo partes torácica e cervical.

Artéria carótida comum direita

A artéria carótida comum direita e suas relações estão descritas no Capítulo 28.

Artéria carótida comum esquerda

A artéria carótida comum esquerda (Fig. 28.14) ascende até o nível da articulação esternoclavicular esquerda, onde ela entra no pescoço. Ela tem 20-25 mm de comprimento e se encontra primeiramente à frente da traqueia, e em seguida se inclina para a esquerda. O trajeto subsequente da artéria está descrito no Capítulo 28.

Relações Os músculos esterno-hióideo e esternotireóideo, as partes anteriores da pleura e do pulmão esquerdos, a veia braquiocefálica esquerda e os restos tímicos estão anteriores e separam a artéria carótida comum esquerda do manúbrio. A traqueia, a artéria subclávia esquerda, a margem esquerda do esôfago, o nervo laríngeo recorrente esquerdo e o ducto torácico são posteriores. À direita encontram-se o tronco braquiocefálico (abaixo) e a traqueia, as veias tireóideas inferiores e os remanescentes tímicos (acima). À esquerda estão os nervos vago esquerdo e frênico, a pleura e pulmão esquerdos.

VEIAS

Veia cava superior

A veia cava superior devolve o sangue ao coração a partir dos tecidos acima do diafragma. Ela tem aproximadamente 7 cm de comprimento e é formada pela junção das veias braquiocefálicas por trás da borda inferior da primeira cartilagem costal direita, próximo ao esterno. Ela desce verticalmente por trás dos primeiro e segundo espaços intercostais e termina na porção superior do átrio direito atrás da terceira cartilagem costal direita. Sua metade inferior encontra-se dentro do pericárdio fibroso, o qual ela perfura no nível da segunda cartilagem costal. Coberta anterolateralmente pelo pericárdio seroso (do qual um recesso retrocaval se projeta), ela é ligeiramente convexa para a direita (Figs. 28.14, 56.1, 56.3). A veia cava superior não apresenta valvas.

Relações As margens anteriores do pulmão e da pleura direitos estão anteriores e o pericárdio encontra-se interveniente abaixo: estas estruturas separam a veia cava superior da artéria torácica interna, dos primeiro e segundo espaços intercostais, e da segunda e terceira cartilagens costais. A traqueia e o nervo vago direito estão posteromediais, o pulmão e a pleura direitos estão posterolaterais e o hilo do pulmão direito encontra-se posterior. O nervo frênico direito e a pleura direita encontram-se lateralmente à direita, e o tronco braquiocefálico e a parte descendente da aorta encontram-se lateralmente à esquerda, com a aorta se sobrepondo à veia cava superior (Fig. 58.3).

Variações As veias braquiocefálicas podem entrar no átrio direito separadamente, com a veia direita descendo como uma veia cava superior normal. Uma veia cava superior esquerda pode ter uma delicada conexão com o lado direito e em seguida cruzar para o lado esquerdo do arco da aorta de modo a passar anteriormente ao hilo do pulmão esquerdo antes de se voltar para entrar no átrio direito. Ela substitui a veia oblíqua do átrio esquerdo e o seio coronário e recebe todas as tributárias do seio coronário. A veia braquiocefálica esquerda às vezes se projeta acima do manúbrio (mais frequentemente na infância) e cruza a incisura jugular em frente à traqueia.

Tributárias As tributárias da veia cava superior são a veia ázigo e pequenas veias derivadas do pericárdio e de outras estruturas mediastinais (Fig. 55.6).

Obstrução da veia cava superior

A obstrução da veia cava superior é caracterizada por dores de cabeça, congestão facial e edema facial, refletindo a drenagem venosa impedida da cabeça, do pescoço e dos membros superiores. Ela é frequentemente causada por um carcinoma bronquial que envolve o lobo superior direito do pulmão, ou por envolvimento metastático dos linfonodos paratraqueais direitos, resultando em um estreitamento circunferencial ou uma completa obstrução da veia cava superior. Isto é usualmente considerado como uma emergência oncológica e os sintomas devem ser aliviados pela inserção de um *stent* vascular ou por radioterapia na região afetada após um diagnostico tecidual ter sido estabelecido.

Veia cava inferior

A veia cava inferior devolve o sangue para o coração a partir dos tecidos abaixo do diafragma. Ela passa através do diafragma entre o folheto direito e a área central do centro tendíneo do músculo diafragma ao nível da oitava e nona vértebras torácicas, e drena para a parte inferoposterior do átrio direito (Fig. 58.1). A parte torácica é muito curta, e está parcialmente dentro e parcialmente fora do saco pericárdico. A parte extrapericárdica está separada da pleura e do pulmão direitos pelo nervo frênico direito, e a parte intrapericárdica é coberta, exceto posteriormente, pelo pericárdio seroso flexionado. O trajeto abdominal da veia cava inferior está descrito no Capítulo 62.

Canais venosos colaterais

Na obstrução da parte superior da veia cava inferior, as veias ázigo e hemiázigo e plexos venosos vertebrais são os principais canais colaterais que mantêm a circulação venosa. Eles conectam as veias cavas superior e inferior e se comunicam com a veia ilíaca comum através das veias lombares ascendentes e com muitas tributárias da veia cava inferior.

Veias braquiocefálicas

As veias braquiocefálicas direita e esquerda se unem para formar a veia cava superior.

Veia braquiocefálica direita

A veia braquiocefálica direita tem cerca de 2,5 cm de comprimento e se inicia posteriormente à extremidade esternal da clavícula direita. Ela desce

quase verticalmente para se unir à veia braquiocefálica esquerda, formando a veia cava superior, posteriormente à borda inferior da primeira cartilagem costal direita, próximo à margem direita do osso esterno. Ela se encontra anterolateral ao tronco braquiocefálico e ao nervo vago direito; a pleura direita, o nervo frênico direito e a artéria torácica interna direita estão posteriores a ela acima, e se tornam laterais abaixo (Fig. 28.14). Suas tributárias são as veias vertebral direita, torácica interna direita, tireóidea inferior e, às vezes, as veias intercostais posteriores direitas.

Veia braquiocefálica esquerda

A veia braquiocefálica esquerda é mais longa que a direita, apresentando cerca de 6 cm de comprimento. Ela se inicia posteriormente à extremidade esternal da clavícula esquerda, anterior à parte cervical da pleura, e desce obliquamente para a direita, posterior à metade superior do manúbrio do esterno, até a extremidade esternal da primeira cartilagem costal direita, onde ela se junta à veia braquiocefálica direita para formar a veia cava superior. Ela está separada da articulação esternoclavicular esquerda e do manúbrio pelos músculos esterno-hióideo e esternotireóideo, pelo timo ou seus resquícios, e por tecido conjuntivo frouxo; terminalmente, ela é sobreposta pela pleura direita. Ela cruza anteriormente às artérias torácica interna, subclávia, tronco braquiocefálico e carótida comum esquerdas, nervos frênico e vago esquerdos, e a traqueia. O arco da aorta encontra-se inferior a ela. Suas tributárias são as veias vertebral, torácica interna, tireóidea inferior, intercostais superiores esquerdas, e às vezes as primeiras veias intercostais posteriores esquerdas, as veias tímicas e as veias pericárdicas.

REFERÊNCIAS

Anderson RH, Ho SY, Becker AE 1983 The surgical anatomy of the conduction tissues. Thorax 38: 408–20.

Carvalho JS, Moscoso G, Ville Y. 1998 First-trimester transabdominal fetal echocardiography. Lancet 351: 1023–7.

Federative Committee on Anatomical Terminology 1998 Terminologia Anatomica. Stuttgart: Thieme.

Ho SY, McCarthy KP, Josen M, Rigby ML 2001 Anatomic-echocardiographic correlates: an introduction to normal and congenitally malformed hearts. Heart 86: 3–11.

James TN 1993 Congenital disorders of cardiac rhythm and conduction. J Cardiovasc Electrophysiol 4: 702–18.

Mizeres NJ 1963 The cardiac plexus in man. Am J Anat 112: 141–51.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 57

Pleura, pulmões, traqueia e brônquios

Os pulmões são os órgãos essenciais da respiração e são responsáveis pela captação de oxigênio para o sangue e pela remoção do dióxido de carbono. O plano funcional do tórax facilita esse processo complexo. Ao agir conjuntamente, os músculos da respiração e o diafragma aumentam o volume intratorácico, criam uma pressão negativa no espaço pleural que circunda o pulmão e causam a expansão deste último (Cap. 58). A consequente redução da pressão intra-alveolar acarreta a condução de ar através do trato respiratório superior para a traqueia e as vias aéreas e daí para os alvéolos, nos quais ocorrem as trocas gasosas. O processo da respiração expõe o pulmão a agentes nocivos, como gases, partículas de pó, bactérias e vírus; a barreira de muco, o elevador mucociliar, o padrão de ramificação das vias aéreas e o reflexo da tosse são todos defesas anatômicas contra essas agressões. Defeitos anatômicos podem comprometer a função respiratória; anormalidades da parede torácica, por exemplo, podem causar uma doença pulmonar restritiva. De forma similar, anormalidades ultraestruturais como a disfunção ciliar (como se vê na síndrome de Kartagener) ocasionam infecções respiratórias recorrentes e danos às vias aéreas.

PLEURA

Cada pulmão é coberto pela pleura, uma membrana serosa disposta como um saco fechado invaginado. A pleura visceral ou pulmonar adere intimamente à superfície pulmonar e a suas fissuras interlobares. Sua continuação, a pleura parietal, reveste a metade correspondente da parede torácica e cobre grande parte do diafragma e das estruturas que ocupam a região média do tórax. As pleuras visceral e parietal são contínuas uma com a outra em torno das estruturas hilares e permanecem em contato íntimo, ainda que deslizando uma sobre a outra, em todas as fases da respiração. O espaço potencial entre elas é a cavidade pleural, que é mantida a uma pressão negativa pelo recolhimento elástico do pulmão e o empuxo externamente dirigido da parede torácica.

Os sacos pleurais direito e esquerdo formam compartimentos separados e se tocam somente atrás da metade superior do corpo do esterno (Fig. 53.6A, B), embora permaneçam próximos um do outro atrás do esôfago, ao nível torácico médio. A região entre eles é o mediastino (espaço interpleural). A cavidade pleural esquerda é a menor das duas, porque o coração se estende mais para a esquerda. Os limites superiores e inferiores das pleuras são aproximadamente os mesmos dos dois lados, mas o esquerdo por vezes desce mais na linha axilar média.

As fissuras interlobares e as respectivas reflexões pleurais azigoesofágica e retroesternal são os únicos aspectos da pleura normal que podem ser visualizados numa radiografia de tórax ou num exame TC (Figs. 55.16, 55.17, 57.1A-D). A visualização de sombras pleurais significativas em quaisquer outras regiões indica geralmente anormalidades patológicas da pleura. A toracoscopia permite a inspeção direta tanto da superfície parietal como da visceral. A pleura parietal é translúcida e na toracoscopia os músculos e os vasos sanguíneos subjacentes são visíveis. A pleura visceral também é transparente e tem uma aparência acinzentada variegada em virtude do pulmão subjacente e da rede vascular na camada subpleural.

PLEURA PARIETAL

As diferentes regiões da pleura parietal são habitualmente distinguidas pelo nome; portanto, a pleura costovertebral reveste a superfície interna da parede torácica e dos corpos vertebrais, a pleura diafragmática localiza-se sobre a superfície torácica do diafragma, a pleura cervical localiza-se sobre os ápices pulmonares (e é, portanto, designada também como a abóbada da pleura) e a pleura mediastinal está aplicada às estruturas entre os pulmões.

Pleura costovertebral

A pleura costovertebral reveste o esterno, as costelas, os músculos intercostais e o transverso do tórax e as laterais dos corpos vertebrais; normalmente ela é facilmente separada dessas estruturas. Externamente à pleura fica uma camada fina de tecido conectivo frouxo, a fáscia endotorácica, que corresponde à fáscia transversa da parede abdominal. Anteriormente a pleura costal começa atrás do esterno, onde é contínua com a pleura mediastinal ao longo de uma junção que se estende de trás da articulação esternoclavicular para baixo e medialmente à linha média posterior do ângulo esternal. A partir daí as pleuras costais direita e esquerda descem em contato uma com a outra até o nível da quarta cartilagem costal e então divergem. Do lado direito a linha desce até a parte posterior da articulação xifoesternal, enquanto à esquerda a linha diverge lateralmente e desce a uma distância de 2-2,5 mm da margem do esterno até a sexta cartilagem costal, formando a incisura cardíaca. A pleura costal de cada lado segue lateralmente, revestindo as superfícies internas das cartilagens costais, as costelas e os músculos intercostais e torácico transverso. Posteriormente, ela passa sobre o tronco simpático e seus ramos para chegar às laterais dos corpos vertebrais, onde é novamente contínua com a pleura mediastinal. A pleura costovertebral é contínua com a pleura cervical na margem interna da primeira costela e abaixo desse ponto ela se torna contínua com a pleura diafragmática ao longo de uma linha que difere um pouco nos dois lados. À direita, essa linha de reflexão costodiafragmática começa atrás do processo xifoide, passa por trás da sétima cartilagem costal para chegar à oitava costela na linha clavicular média e à décima costela na linha axilar média e sobe então um pouco para cruzar a décima segunda costela ao nível da borda superior do processo espinhoso da décima segunda vértebra torácica (Fig. 53.6A, B). À esquerda a linha acompanha inicialmente a parte ascendente da sexta cartilagem costal, mas depois segue um trajeto semelhante àquele da direita, embora possa passar um pouco mais abaixo.

Pleura diafragmática

A pleura diafragmática é uma camada fina e fortemente aderida, que cobre a maior parte da superfície superior do diafragma. Ela é contínua com a pleura costal e em seu aspecto medial é contínua com a pleura mediastinal ao longo da linha de fixação do pericárdio ao diafragma.

Pleura cervical

A pleura cervical é uma continuação da pleura costovertebral sobre o ápice pulmonar (Fig. 57.2). Ela sobe medialmente a partir da borda interna da primeira costela até o ápice do pulmão, à altura da borda inferior do colo da primeira costela, e desce então lateralmente à traqueia para se tornar a pleura mediastinal. Em consequência da obliquidade da primeira costela, a pleura cervical se estende 3-4 cm acima da primeira cartilagem costal, mas não acima do colo da primeira costela. A pleura cervical é reforçada por uma membrana suprapleural, que se fixa anteriormente à borda interna da primeira costela e posteriormente à borda anterior do processo transverso da sétima vértebra cervical. Ela contém algumas fibras musculares, que se originam dos músculos escalenos. O músculo escaleno menor se estende da borda anterior do processo transverso da sétima vértebra cervical até a borda interna da primeira costela, atrás de seu sulco subclávio, e chega também até a cúpula pleural, que, por sua vez, retesa; sugeriu-se que a membrana suprapleural é o tendão do músculo escaleno médio. A pleura cervical (assim como o ápice pulmonar) chega ao nível da sétima vértebra cervical a aproximadamente 2,5 cm da linha média. Sua projeção é uma linha curva a partir da articulação esternoclavicular à junção dos terços medial e médio da clavícula, com o seu topo 2,5 cm acima disso. A artéria subclávia sobe lateralmente por um sulco abaixo do topo da pleura cervical (Fig. 57.2).

Pleura mediastinal

A pleura mediastinal é o limite lateral do mediastino e forma uma superfície contínua acima do hilo do pulmão, do esterno à coluna vertebral. À direita ela recobre a veia braquiocefálica direita, a parte superior da veia cava superior, a parte terminal da veia ázigos, os nervos frênico e vago

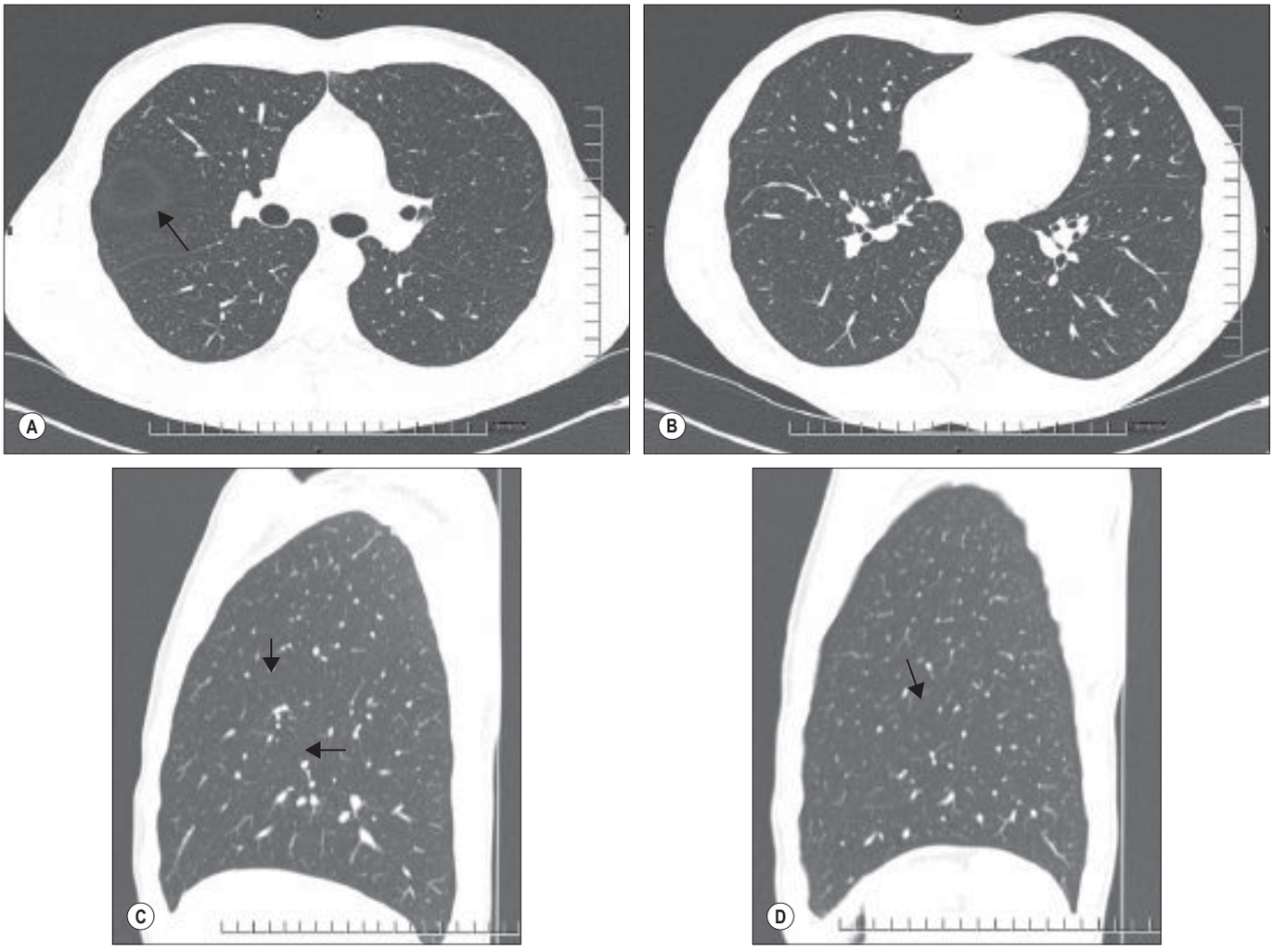


Fig. 57.1 A, Corte axial através dos pulmões abaixo da carina demonstra as fissuras principais direita e esquerda. A área avascular circular anterior à fissura principal direita e circundada por um alo branco (seta) deve-se à fissura horizontal (menor). Nesse indivíduo a fissura está ligeiramente abobadada e passa pelo plano de corte. **B,** Corte axial através dos pulmões ao nível médio do átrio esquerdo demonstra as fissuras principais esquerda e direita ao passar mais anteriormente e separar os lobos inferiores da língula e dos lobos médios. **C,** Corte sagital através do pulmão direito demonstra as fissuras oblíquia e horizontal (setas). **D,** Corte sagital através do pulmão esquerdo demonstra a fissura oblíquia (seta).

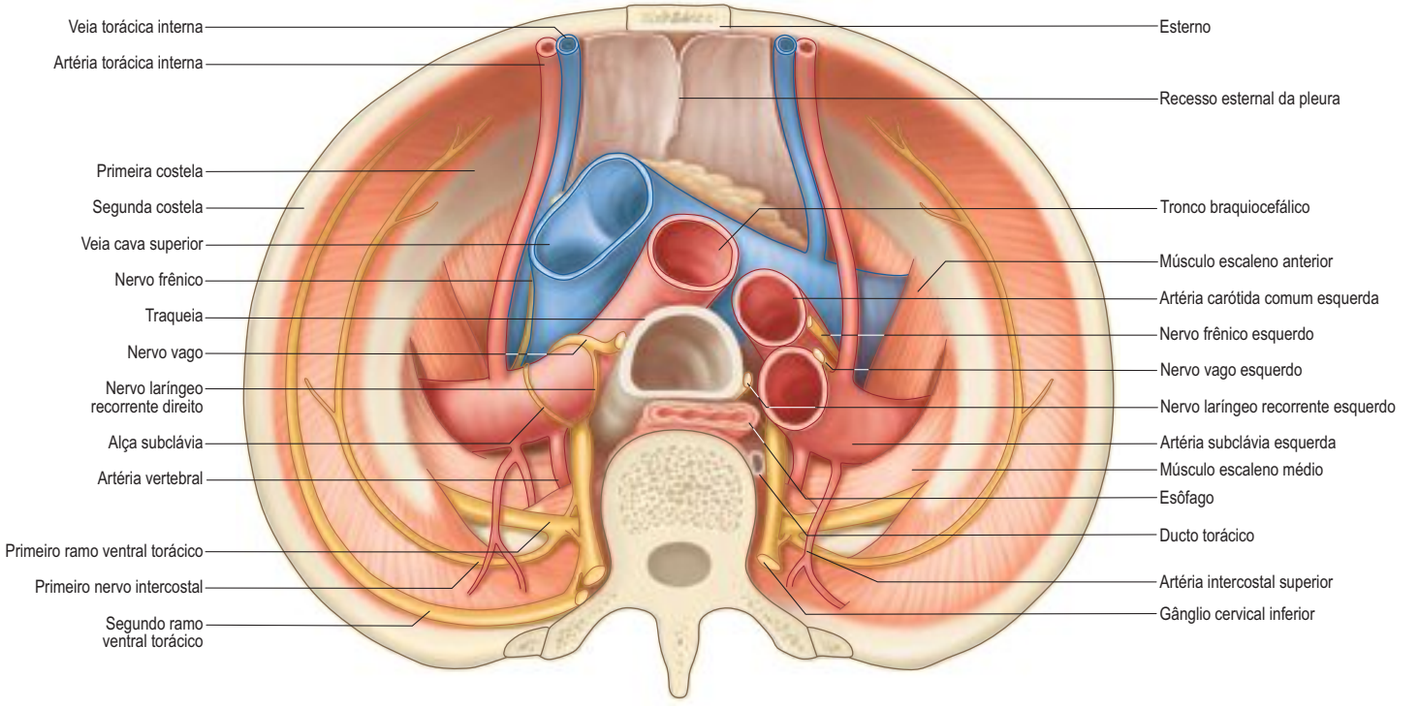


Fig. 57.2 Estruturas relacionadas à pleura cervical, conforme vistas de baixo.

direitos, a traqueia e o esôfago. À esquerda ela recobre o arco aórtico, os nervos frênico e vago esquerdos, as veias braquiocefálica e intercostal superior esquerdas, as artérias carótida comum e subclávia esquerdas, o ducto torácico e o esôfago. No hilo do pulmão ela se volta lateralmente e forma um tubo que envolve as estruturas hilares e é contínuo com a pleura pulmonar.

PLEURA VISCERAL

A pleura pulmonar está inseparavelmente aderida ao pulmão em todas as suas superfícies, incluindo aquelas nas fissuras, exceto na raiz ou hilo do pulmão e ao longo de uma linha descendente a partir dele, que marca a fixação do ligamento pulmonar (Figs. 57.3, 57.4).

LIGAMENTOS PULMONARES INFERIORES

Abaixo do hilo, a pleura mediastinal se estende como uma camada dupla, o ligamento pulmonar, da superfície lateral do esôfago até a superfície mediastinal do pulmão, em que é contínua com a pleura parietal (Figs. 57.3, 57.4). Ela é contínua superiormente com a pleura em torno das estruturas hilares e inferiormente ela termina numa borda falciforme livre.

RECESSOS PLEURAIS

A pleura se estende consideravelmente abaixo da borda inferior do pulmão, mas não até a fixação do diafragma, o que significa que o diafragma está em contato com as cartilagens costais e com os músculos intercostais abaixo da linha de reflexão pleural da parede torácica até o diafragma. Na inspiração tranquila a margem inferior do pulmão não chega a essa reflexão e as pleuras costal e diafragmática são separadas unicamente por uma estreita fenda, o recesso costodiafragmático. Na inspiração tranquila o limite inferior do pulmão fica normalmente 5 cm acima do limite pleural inferior. Há um recesso costomediastinal semelhante atrás do esterno e das cartilagens costais, no qual a fina margem anterior do pulmão fica aquém da linha de reflexão pleural. A extensão desse recesso, a linha costomediastinal anterior da reflexão pleural e a posição da margem anterior do pulmão apresentam todas variações individuais.

A borda inferior do recesso costodiafragmático direito é uma consideração importante na abordagem cirúrgica posterior ao rim. Em geral a pleura cruza a décima segunda costela na borda lateral do músculo eretor da espinha, de modo que a região medial do rim fica acima da reflexão pleural (Fig. 53.6B). Se a décima segunda costela não se projetar além do músculo, porém, a décima primeira costela pode ser tomada erroneamente pela décima segunda na apalpação e uma incisão prolongada até esse nível vai lesar a pleura. Pode-se determinar com certeza se a costela palpável mais inferior é a décima primeira ou a décima segunda contando-se a partir da segunda costela (identificada em sua articulação com o ângulo esternal).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

As pleuras parietal e visceral se desenvolvem a partir das camadas somatopleural e esplancnopleural do mesoderma da placa lateral, respectivamente, o que significa que a pleura parietal é suprida por artérias de fontes somáticas. A pleura costovertebral é suprida por ramos das artérias intercostais e torácica interna; a pleura mediastinal é suprida por ramos das artérias brônquica, diafragmática superior, torácica interna e mediastinal; a pleura cervical é suprida por ramos da artéria subclávia; e a pleura diafragmática é suprida pela parte superficial da microcirculação do músculo diafragmático. As veias desembocam em veias sistêmicas na parede torácica, que drenam para a veia cava superior. A linfa da pleura parietal costovertebral drena para a cadeia torácica interna anteriormente e para a cadeia intercostal posteriormente, enquanto aquela da pleura diafragmática drena para os linfonodos mediastinais, retroesternais e do eixo celíaco.

A pleura visceral constitui uma parte integrante do pulmão e, portanto, seu suprimento arterial e sua drenagem venosa são proporcionados pelos vasos brônquicos. As artérias brônquicas do hilo formam um anel que circunda o brônquio principal, e os ramos pleurais desse anel suprem a pleura visceral voltada pela o mediastino, as superfícies interlobares, a superfície apical e parte da superfície diafragmática. A pleura visceral é drenada por veias pulmonares, exceto por uma área em torno do hilo, que drena para veias brônquicas. A drenagem linfática da pleura visceral se dá para o plexo pulmonar profundo nos espaços interlobares e peribrônquicos.

INERVAÇÃO

As pleuras parietais costal e diafragmática periférica são inervadas por nervos intercostais e as pleuras parietais mediastinal e diafragmática central são inervadas pelo nervo frênico. A irritação das primeiras acarreta uma dor que é referida pelos nervos intercostais até a parte apropriada da parede torácica ou abdominal, enquanto a irritação da pleura diafragmática central causa uma dor que é referida à parte inferior do pescoço e à extremidade do ombro, isto é, aos dermátomos C3 e C4. A pleura visceral é inervada por aferentes viscerais que chegam até ela passando ao lado de vasos brônquicos juntamente com as fibras autonômicas.

PNEUMOTÓRAX

Qualquer solução de continuidade da parede torácica e da pleura parietal ou da pleura visceral leva ao acúmulo de ar na cavidade pleural (pneumotórax). Líquido (hidrotórax), sangue (hemotórax) e em raras ocasiões linfa (quilotórax) também podem se acumular nesse espaço. O pneumotórax pode ocorrer espontaneamente ou após um traumatismo (p. ex., fratura de costelas, lesões penetrantes por instrumentos cortantes, lesões iatrogênicas). Uma quantidade significativa de ar no espaço pleural é visível numa radiografia de tórax; há a separação das pleuras parietal e visceral e uma ausência da trama vascular na área correspondente. Ocasionalmente ocorre um efeito de válvula de esfera, de modo que o ar entra no espaço pleural durante a inspiração, mas não consegue escapar durante a expiração. O pneumotórax de tensão pode acarretar risco de vida para o paciente e deve ser suspeitado sempre que haja redução dos sons respiratórios unilateralmente e hiperressonância à percussão, hipotensão, distensão venosa jugular e desvio contralateral da traqueia. Um pneumotórax de tensão requer a imediata descompressão, pela inserção de um dreno intercostal ou de um cateter de grande calibre. O acúmulo de líquido no espaço pleural pode ser causado por insuficiência cardíaca congestiva, hipoalbuminemia ou condições inflamatórias, infecciosas ou neoplásicas. Um derrame pleural causa a obliteração do ângulo costofrênico e do diafragma e um menisco lateral é visível numa radiografia frontal de tórax. A drenagem do líquido e sua análise subsequente são necessárias para fins diagnósticos. A drenagem pleural é essencial para fins terapêuticos em casos em que há uma coleção de pus (empiema) ou de sangue. A ultrassonografia é útil para a avaliação do tamanho e das características de um derrame, como a presença de loculação e de debris. Ela pode até mesmo demonstrar um pulmão consolidado subjacente. A tomografia computadorizada é utilizada para se avaliar o parênquima pulmonar oculto subjacente e as glândulas mediastinais. Consulte Armstrong (2000) para uma revisão mais aprofundada da radiologia das pleuras e dos pulmões.

MICROESTRUTURA

A superfície pleural é lisa e é umedecida por líquido seroso. Ela consiste em uma camada única de células mesoteliais achatadas, separadas por uma lâmina basal de uma lâmina própria de tecido conectivo frouxo. Ultraestruturalmente, as células mesoteliais pleurais se assemelham às do peritônio, pois têm membranas plasmáticas basais altamente dobradas, suas superfícies celulares adjacentes se interdigitam e são unidas por desmossomos e suas superfícies luminais apresentam numerosas microvilosidades e alguns cílios. Vesículas pinocitóticas são comuns em seu citoplasma.

As camadas mais profundas da lâmina própria são contínuas com os tecidos que circundam os lóbulos pulmonares. Vasos sanguíneos e linfáticos e nervos seguem todos por dentro da pleura.

Serosa

A serosa é formada pela pleura visceral, que é um folheto único transparente de mesotélio que cobre uma fina lâmina própria de tecido conectivo e está estreitamente presa às diversas estruturas do pulmão, exceto ao hilo. Por sob a serosa, um tecido conectivo frouxo cobre toda a superfície pulmonar: ele se estende a partir do hilo ao longo dos tubos de condução e dos vasos sanguíneos pelo parênquima pulmonar. O tecido conectivo divide o pulmão em numerosos lóbulos, pequenas massas teciduais poliédricas que recebem cada uma delas um bronquíolo lobular e os ramos terminais de arteríolas, vênulas, vasos linfáticos e nervos. Os lóbulos variam de tamanho, os superficiais são os maiores e visíveis como áreas poligonais de 5-15 mm.

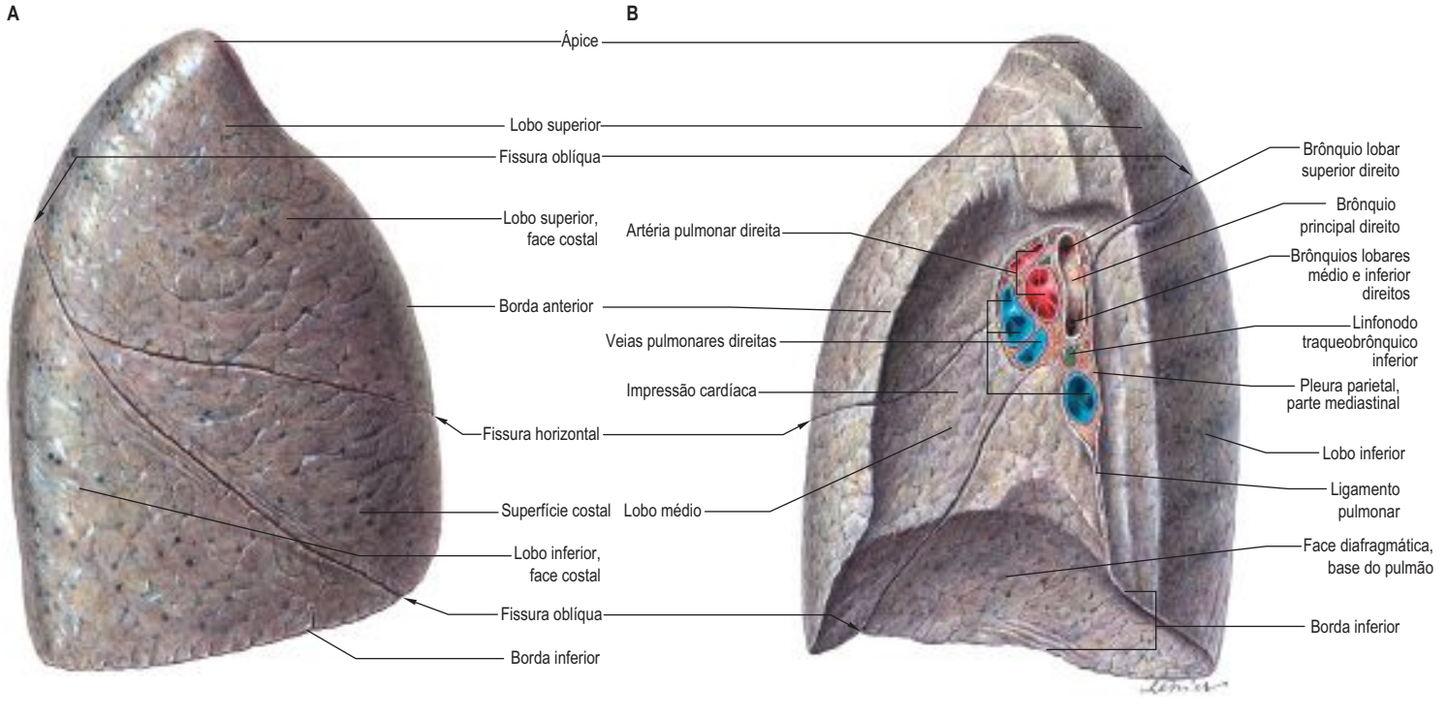


Fig. 57.3 O pulmão direito. **A,** Superfície lateral. **B,** Superfície medial. (De Sobotta, 2006.)

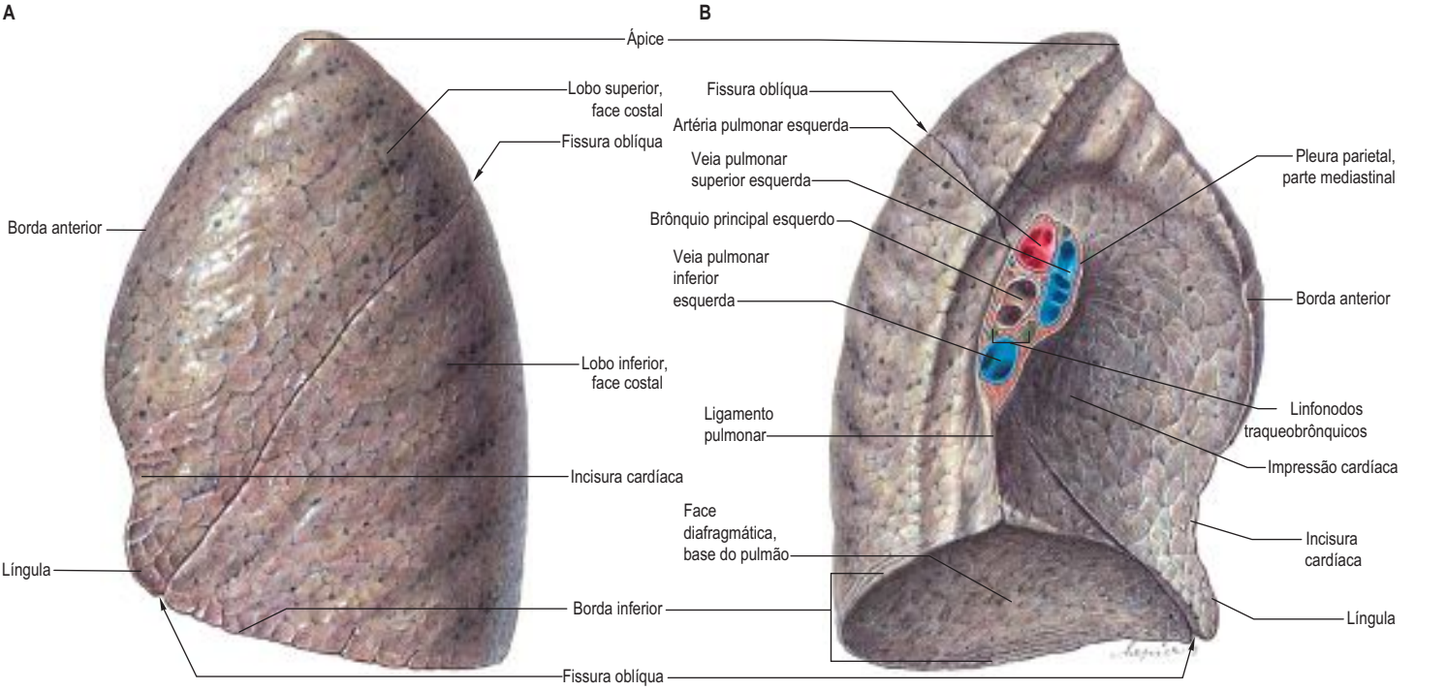


Fig. 57.4 O pulmão esquerdo. **A,** Superfície lateral. **B,** Superfície medial. (De Sobotta, 2006.)

PULMÕES

Os pulmões são os órgãos essenciais da respiração. Eles estão localizados de cada lado do coração e de outras estruturas mediastinais (Figs. 57.3, 57.4). Cada pulmão está livre em sua cavidade pleural, exceto por sua fixação ao coração e à traqueia no hilo e ao ligamento pulmonar, respectivamente. Quando removido do tórax um pulmão fresco é esponjoso, pode flutuar na água e crepita ao ser manipulado, por causa do ar em seus alvéolos. Ele também é muito elástico e por isso se retrai ao ser removido do tórax. Sua superfície é lisa e brilhante e é dividida por linhas finas e escuras em numerosos pequenos domínios poliédricos, cada um dos quais é cruzado por inúmeras linhas mais finas, o que indica as áreas de contato entre seus lóbulos mais periféricos e a superfície pleural.

Ao nascimento os pulmões são rosados, mas em adultos eles são cinza escuro e esparsamente malhados. Com o avanço da idade, esta maculação se torna negra, pois grânulos de material carbonáceo inalados se depositam no tecido conectivo frouxo próximo à superfície pulmonar. O escurecimento é com frequência mais acentuado em homens que em mulheres, naqueles que vivem em áreas industriais e nos fumantes. A borda pulmonar posterior é geralmente mais escura que a anterior. Nas partes superiores do pulmão, de menor mobilidade, essa pigmentação superficial tende a se concentrar em oposição aos espaços intercostais. Os pulmões de fetos ou de natimortos que não respiraram diferem dos neonatos que respiraram por serem firmes, não crepitantes e não flutuarem na água.

O pulmão direito adulto pesa habitualmente 625 g e o esquerdo 565 g, mas a variação dos pesos úmidos é considerável, visto que este reflete a quantidade de sangue ou de líquido seroso contida nos pulmões quando pesados. Em proporção à estatura corporal, os pulmões são mais pesados em homens que em mulheres.

CARACTERÍSTICAS DA SUPERFÍCIE PULMONAR

Cada pulmão tem um ápice, uma base, três bordas e duas superfícies (Figs. 57.3, 57.4). Na forma cada pulmão se aproxima à metade de um cone.

Ápice

O ápice, a extremidade superior arredondada, faz protrusão acima da abertura torácica, onde faz contato com a pleura cervical e é coberto, por sua vez, pela membrana suprapleural. Em consequência da obliquidade da abertura, o ápice se eleva 3-4 cm acima do nível da primeira cartilagem costal; posteriormente, ele fica ao nível do colo da primeira costela. Seu topo fica 2,5 cm acima do terço medial da clavícula. O ápice localiza-se, portanto, na raiz do pescoço (Fig. 35,5A). Alegou-se que, por não se elevar acima do colo da primeira costela, o ápice é de fato intratorácico e que é a superfície anterior que sobe mais alto na inspiração. A artéria subclávia descreve um arco para cima e lateralmente sobre a membrana suprapleural, sulca a superfície anterior do ápice próximo a seu topo e a separa do músculo escaleno anterior. O gânglio simpático cervicotorácico (estrelado), o ramo ventral do primeiro nervo espinal torácico e a artéria intercostal superior se localizam todos posteriormente ao ápice. O músculo escaleno médio localiza-se lateralmente, a artéria braquiocefálica, a veia braquiocefálica direita e a traqueia são adjacentes à superfície medial direita do pulmão e a artéria subclávia esquerda e a veia braquiocefálica esquerda são adjacentes à superfície medial esquerda do ápice do pulmão.

Base

A superfície basal é semilunar e côncava e repousa sobre a superfície superior do diafragma, que separa o pulmão direito do lobo direito do fígado e o pulmão esquerdo do lobo esquerdo do fígado, do fundo gástrico e do baço. Como o diafragma se estende mais alto à direita que à esquerda, a concavidade é mais funda na base do pulmão direito. Posterolateralmente, a base tem a margem que se projeta um pouco no recesso costodiafragmático.

Superfície costal

A superfície costal do pulmão é lisa e convexa e sua forma se adapta àquela da parede torácica, que é verticalmente mais profunda posteriormente. Ela está em contato com a pleura costal; em espécimes que foram preservados *in loco* essa superfície apresenta sulcos que correspondem às costelas sobrejacentes.

Superfície medial

A superfície medial tem uma parte posterior vertebral e uma parte anterior mediastinal. A parte vertebral fica em contato com as laterais das vértebras torácicas e dos discos intervertebrais, com os vasos intercostais posteriores e com os nervos esplâncnicos. A área mediastinal é profundamente côncava, em virtude de sua adaptação ao coração na impressão cardíaca, que é muito maior e mais profunda no pulmão esquerdo, onde o coração se projeta mais para a esquerda do plano mediano. Posterossuperiormente a essa concavidade fica o hilo, de forma triangular, pelo qual diversas estruturas entram no pulmão ou dele saem, circundadas coletivamente por uma bainha de pleura que também se estende abaixo do hilo e por trás da impressão cardíaca como o ligamento pulmonar.

Outras impressões na superfície pulmonar

Além dessas características pulmonares, pulmões de cadáveres que foram preservados *in loco* podem apresentar uma série de outras impressões que indicam suas relações com estruturas circunvizinhas (Figs. 57.3, 57.4). No pulmão direito a impressão cardíaca está relacionada à superfície anterior da aurícula direita, à superfície anterolateral do átrio direito e parcialmente à superfície anterior do ventrículo direito. A impressão sobe anteriormente ao hilo como uma depressão para a veia cava superior e para a parte terminal da veia braquiocefálica direita. Posteriormente, une-se a esse sulco um sulco profundo que descreve um arco para diante acima do hilo e é ocupado pela veia ázigos. O lado direito do esôfago produz um sulco vertical raso posterior ao hilo e ao ligamento pulmonar. Próximo ao diafragma, este se inclina para a esquerda e deixa o pulmão direito, não chegando, portanto, aos limites inferiores de sua superfície. Posteroinferiormente a impressão cardíaca apresenta confluência com um sulco curto e largo adaptado à veia cava inferior. Entre o ápice e o sulco da ázigos, a traqueia e o vago direito se aproximam do pulmão, mas não o marcam.

No pulmão esquerdo (Fig. 57.4) a impressão cardíaca está relacionada às superfícies anterior e lateral do ventrículo e da aurícula esquerdos. A superfície infundibular anterior e a parte adjacente do ventrículo direito também estão relacionadas ao pulmão ao ascender em frente ao hilo para acomodar o tronco pulmonar. Um grande sulco faz um arco sobre o hilo e desce por trás dele e do ligamento pulmonar, o que corresponde ao arco aórtico e à aorta descendente. A partir de seu topo, um sulco mais estreito, para a artéria subclávia esquerda, sobe até o ápice. Atrás dele e acima do sulco aórtico o pulmão está em contato com o ducto torácico e com o esôfago. Em frente ao sulco subclávio há uma leve depressão linear para a veia braquiocefálica esquerda. Inferiormente, o esôfago pode moldar a superfície à frente da extremidade inferior do ligamento pulmonar.

Bordas pulmonares

A borda inferior é fina e nítida no ponto em que separa a base pulmonar da superfície costal e se estende até o recesso costodiafragmático, e é mais arredondada medialmente no ponto em que divide a base pulmonar da superfície mediastinal. Ela corresponde, na respiração tranquila, a uma linha traçada do ponto mais baixo da borda anterior, que passa pela sexta costela aproximadamente à linha clavicular média, em seguida pela oitava costela na linha axilar média (geralmente 10 cm acima da margem costal) e continua então posteriormente, medialmente e ligeiramente para cima até um ponto 2 cm lateral à décima vértebra torácica (Fig. 53.5A,B). O diafragma se eleva mais à direita para acomodar o fígado e por isso o pulmão direito é verticalmente mais curto (em aproximadamente 2,5 cm) que o esquerdo. Todavia, a assimetria cardíaca faz com que o pulmão direito seja mais largo e tenha maior capacidade e peso que o esquerdo. A borda posterior separa a superfície costal da superfície mediastinal e corresponde às cabeças das costelas. Ela não tem marcos reconhecíveis e é na realidade uma junção arredondada de superfícies costais e vertebrais (mediais). A fina e nítida borda anterior se superpõe ao pericárdio. À direita ele corresponde intimamente à linha costomediastinal da reflexão pleural e é praticamente vertical. À esquerda se aproxima da mesma linha acima da quarta cartilagem costal; abaixo desse ponto, apresenta uma incisura cardíaca variável, cuja margem segue lateralmente por 3,5 cm antes de se curvar para baixo e medialmente até a sexta cartilagem costal, a 4 cm da linha média. Esta não chega, portanto, à linha de reflexão pleural aqui (Fig. 53.5A) e por isso o pericárdio é coberto apenas por uma dupla camada de pleura (área de macicez cardíaca superficial). No entanto, a experiência cirúrgica sugere que a linha de reflexão pleural, a margem pulmonar anterior e o recesso pleural costomediastinal são variáveis.

FISSURAS E LOBOS PULMONARES

Pulmão direito

O pulmão direito é dividido em lobos superior, médio e inferior por uma fissura oblíqua e uma fissura horizontal (Fig. 57.3). A fissura oblíqua é superior e separa o lobo inferior dos lobos médio e superior e corresponde à fissura oblíqua esquerda, embora seja menos vertical e cruze a borda inferior do pulmão aproximadamente 7,5 cm atrás de sua extremidade anterior. Na borda posterior ele fica ao nível do processo transverso da quarta vértebra torácica ou um pouco abaixo dela. Ele desce pelo quinto espaço intercostal e acompanha a sexta costela até a sexta junção costocondral. A curta fissura horizontal separa os lobos superior e médio. Ela vai horizontalmente para diante a partir da fissura oblíqua, próximo à linha axilar média, até a borda anterior do pulmão, ao nível da extremidade esternal da quarta cartilagem costal e então se dirige para trás até o hilo, na face mediastinal. A fissura horizontal é habitualmente visível numa radiografia frontal de tórax. A fissura oblíqua é comumente visível numa radiografia lateral e num exame TC de alta resolução como uma banda curvilínea a partir do aspecto lateral do hilo (Fig. 57.1A-D). O pequeno lobo médio é cuneiforme e inclui parte da face costal, a parte inferior da borda anterior e a parte anterior da base do pulmão. Por vezes, a parte medial do lobo superior é separada parcialmente por uma fissura de profundidade variável, que contém a parte terminal da veia ázigos, envolvida pela margem livre de um mesentério derivado da pleura mediastinal, e que forma o "lobo da veia ázigos." Este varia em tamanho e, em alguns casos, inclui o ápice do pulmão. Está sempre suprido por um ou mais ramos do brônquio segmentar apical. Radiograficamente, um derrame pleural pode se limitar à fissura ázigos. São variações menos comuns a presença de uma fissura acessória inferior, que separa o segmento basal medial do restante do lobo inferior, e uma fissura acessória superior, que separa o segmento apical do lobo inferior dos segmentos basais. A identificação de quão completas são as fissuras é importante antes de uma lobectomia, porque indivíduos com fissuras incompletas têm maior propensão a apresentar vazamentos de ar pós-operatórios e podem necessitar de procedimentos adicionais, como a fixação por grampos e o uso de bainhas pericárdicas (Venuta *et al.*, 1998).

Pulmão esquerdo

O pulmão esquerdo é dividido num lobo superior e um inferior por uma fissura oblíqua (Fig. 57.4) que se estende das superfícies costais às superfícies mediais do pulmão, tanto acima do hilo como abaixo dele. Superficialmente essa fissura inicia-se na face medial, na parte posterossuperior do hilo. Ela sobe obliquamente para trás e cruza a borda posterior do pulmão 6 cm abaixo do ápice, desce então para diante através da face costal e chega à borda inferior quase em sua extremidade anterior. Ela sobe finalmente pela face medial até a parte inferior do hilo. Na borda posterior do pulmão, a fissura se localiza habitualmente em oposição a um ponto na superfície 2 cm lateralmente à linha média, entre os processos transversos da terceira e quarta vértebras torácicas, mas pode ficar acima ou abaixo deste nível. Acompanhada através do tórax, a fissura chega ao quinto espaço intercostal (na linha axilar média ou nas proximidades da mesma) e segue por este até fazer intercessão com a borda inferior do pulmão, próximo da sexta articulação costocondral (a 7,5 cm da linha média) ou logo abaixo dela. A fissura oblíqua esquerda geralmente é mais vertical que a direita e é indicada de modo aproximado pela borda medial da escápula quando o braço se encontra em abdução integral acima do ombro. Uma fissura esquerda horizontal é uma variação encontrada ocasionalmente.

O lobo superior, que se localiza anterossuperiormente à fissura oblíqua, inclui o ápice, a borda anterior, grande parte da face costal e a maior parte da face medial do pulmão. Na extremidade inferior da incisura cardíaca está comumente presente um pequeno processo, a língula. O lobo inferior, de tamanho maior, localiza-se atrás e abaixo da fissura, contribui com quase toda a base, grande parte da face costal e a maior parte da borda posterior do pulmão.

Segmentos broncopulmonares

Cada um dos brônquios principais se divide em brônquios lobares. Os ramos primários dos brônquios lobares direito e esquerdo são designados como brônquios segmentares, porque cada um deles se ramifica a uma unidade do tecido pulmonar estruturalmente distinta e funcionalmente independente, designada como segmento broncopulmonar (Figs. 57.5-57.7).

Os segmentos principais são nomeados e numerados da seguinte forma:

Pulmão direito	
Lobo superior:	I, apical; II, posterior; III, anterior
Lobo médio:	IV, lateral; V, medial
Lobo inferior:	VI, superior (apical); VII, basilar medial; VIII, basilar anterior; IX, basilar lateral; X, basilar posterior
Pulmão esquerdo	
Lobo superior:	I, apical; II, posterior; III, anterior; IV, lingular superior; V, lingular inferior
Lobo inferior:	VI, superior (apical); VIII, basilar anterior; IX, basilar lateral; X, basilar posterior

Cada segmento é circundado por tecido conectivo que é contínuo com a pleura visceral e é uma unidade respiratória separada. Os arranjos vasculares e linfáticos dos segmentos são descritos nas páginas 996–998.

HILOS PULMONARES

A raiz pulmonar liga a face medial do pulmão ao coração e à traqueia e é formada por um grupo de estruturas que entram ou saem pelo hilo (Figs. 55.4B, 57.3, 57.4). São elas o brônquio principal, a artéria pulmonar, as duas veias pulmonares, os vasos brônquicos, um plexo autonômico pulmonar, os vasos linfáticos, os linfonodos broncopulmonares e o tecido conectivo frouxo, todos os quais envolvidos por uma bainha de pleura. As raízes pulmonares, ou pedículos, localizam-se em oposição aos corpos da quinta à sétima vértebras torácicas. O nervo frênico, a artéria e a veia pericardiacofrênicas e o plexo pulmonar anterior são relações anteriores comuns de ambos os hilos e o nervo vago e o plexo pulmonar posterior são relações posteriores comuns. O ligamento pulmonar é uma relação inferior comum. As estruturas principais em ambas as raízes estão dispostas de maneira semelhante, de modo que a mais superior das duas veias pulmonares se localiza anteriormente, a artéria pulmonar e o brônquio principal são mais posteriores e os vasos brônquicos são os mais posteriores de todos. O arranjo dos segmentos broncopulmonares e dos hilos pulmonares permite a ressecção de abscessos e de lesões localizadas causadas por um câncer de pulmão.

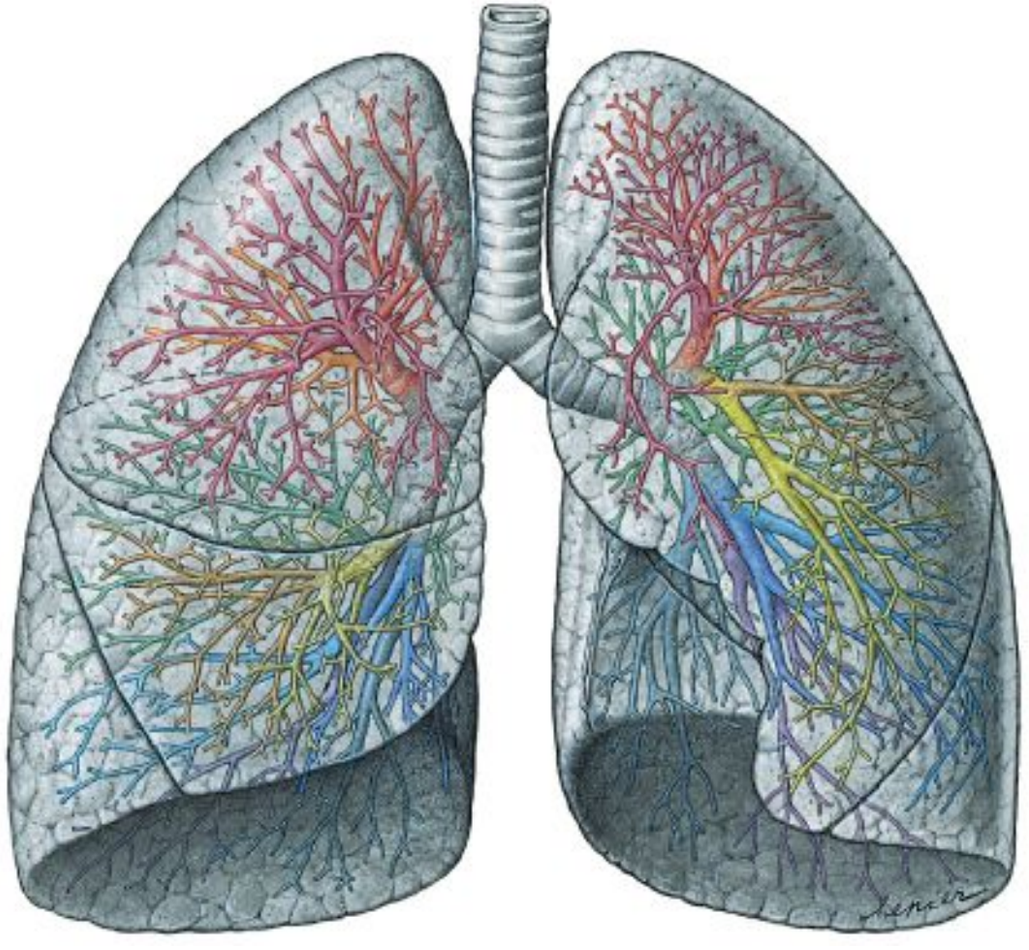


Fig. 57.5 Pulmões e brônquios, aspecto ventral. Os brônquios lobares e segmentares estão projetados no pulmão em cores diferentes (comparar à **Fig. 57.6**). (De Sobotta, 2006.)

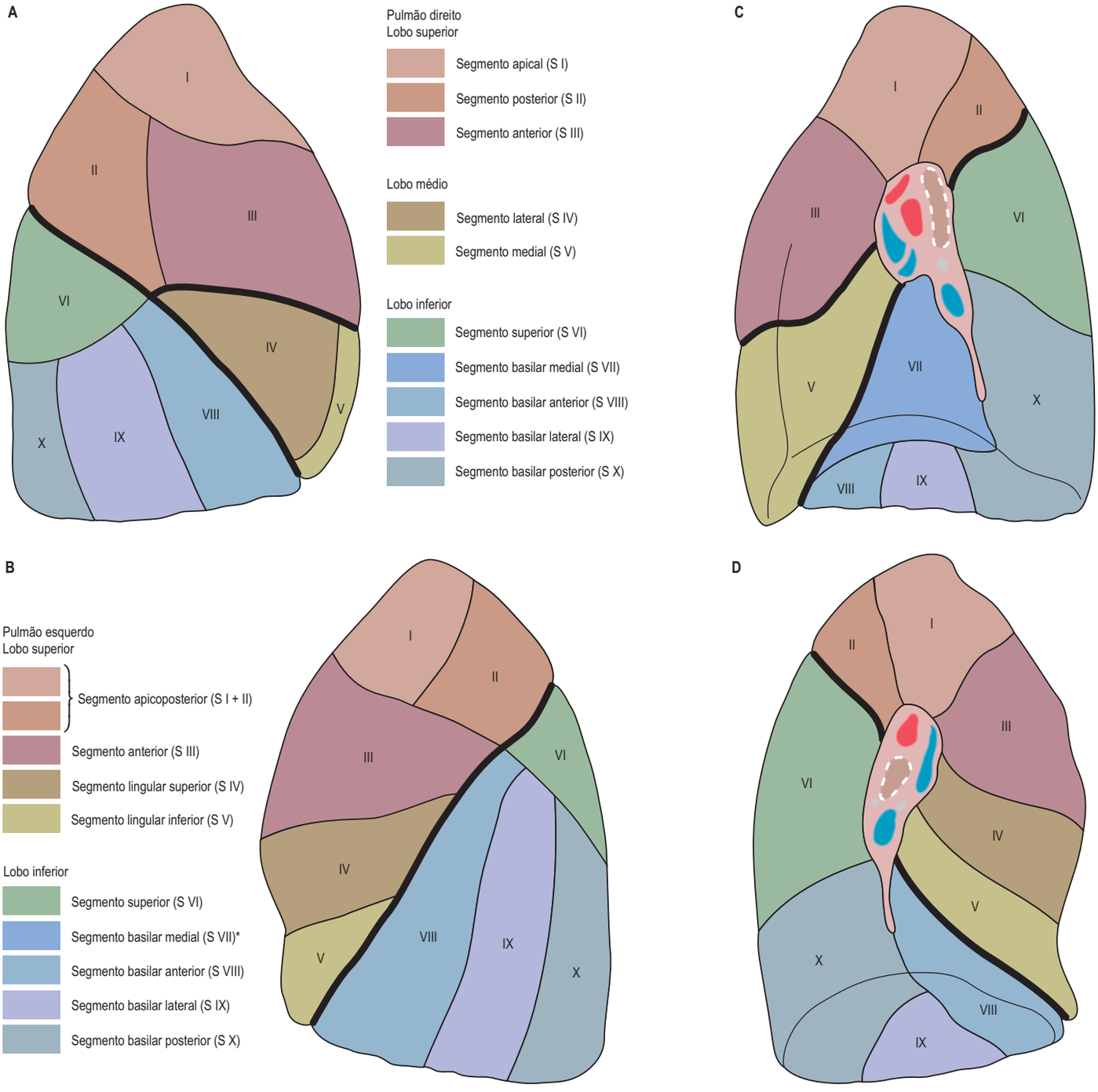


Fig. 57.6 Segmentos broncopulmonares dos pulmões direito e esquerdo, com cores indicativas dos diferentes territórios. **A,** Pulmão direito, aspecto lateral. **B,** Pulmão esquerdo, aspecto lateral. **C,** Pulmão direito, aspecto medial. **D,** Pulmão esquerdo, aspecto medial. *Geralmente esse segmento não é uma unidade separada, mas se funde ao segmento basilar anterior. (De Sobotta, 2006.)

Hilo direito

A raiz direita localiza-se atrás da veia cava superior e do átrio direito e abaixo da parte terminal da veia ázigos. A sequência habitual das estruturas hilares, de cima para baixo, é: brônquio lobar superior, artéria pulmonar, brônquio principal e veia pulmonar inferior (Fig. 57.3).

Hilo esquerdo

A raiz esquerda localiza-se abaixo do arco aórtico e na frente da aorta descendente torácica. A sequência vertical habitual das estruturas no hilo esquerdo é constituída por artéria pulmonar, brônquio principal e veia pulmonar inferior (Fig. 57.4). A artéria pulmonar é mais longa do lado esquerdo e cada um de seus ramos, do hilo à fissura oblíqua, deve ser identificado nas ressecções pulmonares.

LÓBULOS PULMONARES SECUNDÁRIOS

Cada brônquio segmentar supre um segmento broncopulmonar. Subdivisões progressivas do brônquio ocorrem em cada segmento e os brônquios se tornam cada vez mais estreitos. Todos os brônquios intrapulmonares são mantidos patentes por lâminas cartilaginosas, que diminuem de tamanho e em número e acabam por desaparecer quando os tubos atingem um diâmetro inferior a 1 mm (bronquíolos). O bronquíolo terminal é o bronquíolo mais periférico que não tem alvéolos em sua parede. Distalmente a cada bronquíolo terminal fica um ácino, que consiste em três a quatro ordens de bronquíolos respiratórios e que levam três a oito ordens de ductos alveolares. As paredes desses ductos consistem em sacos alveolares ou em aberturas de alvéolos. O lóbulo primário é o pulmão distal ao bronquíolo respiratório. O lóbulo secundário é a menor subseção do pulmão periférico limitada por septos de tecido conectivo e con-

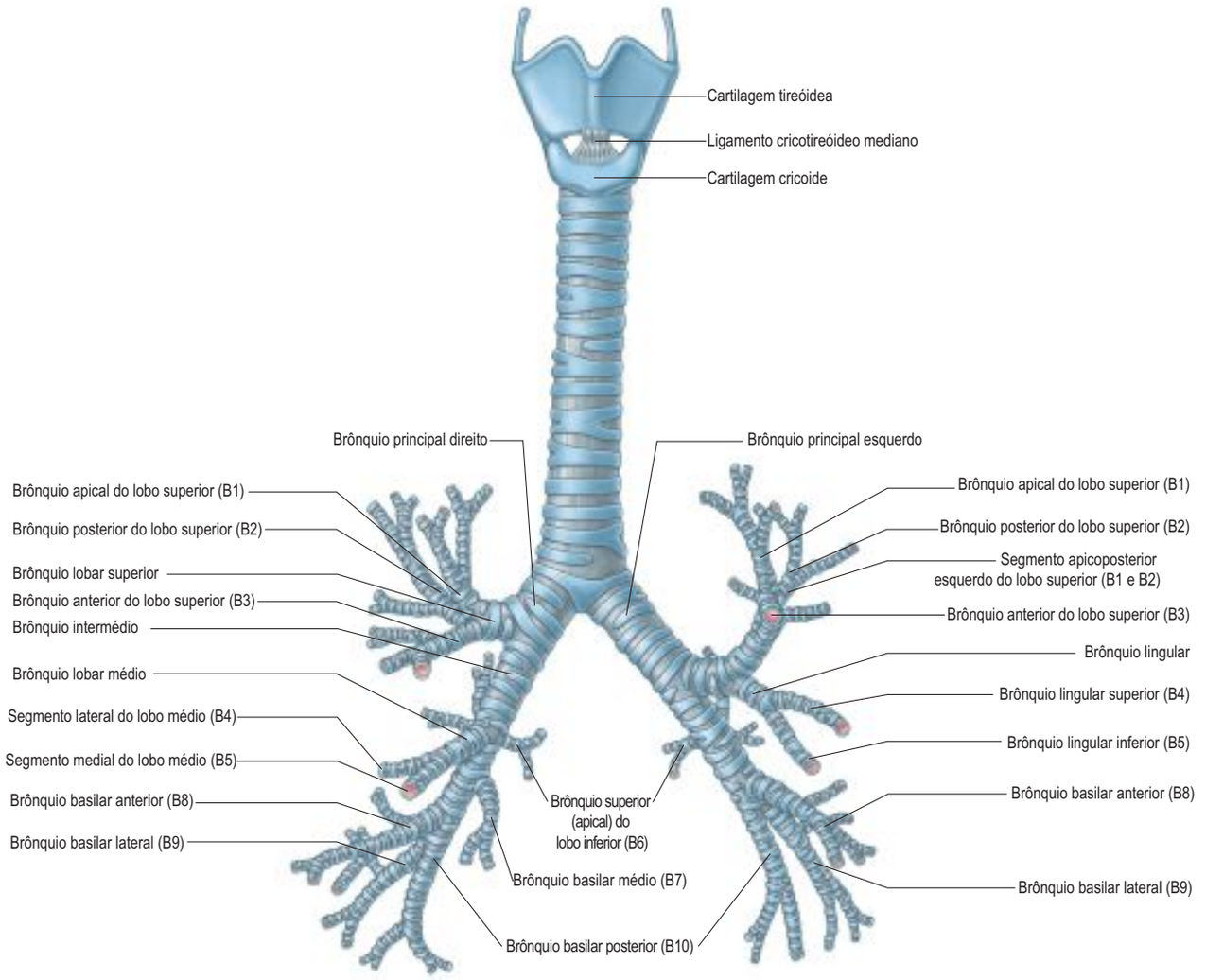


Fig. 57.7 As cartilagens da laringe, da traqueia e dos brônquios: aspecto anterior. Os segmentos broncopulmonares são mostrados entre parênteses. (Redesenhado de uma figura original desenhada de um modelo em metal feito pelo falecido Lord Russell Brock, GKT School of Medicine, London.)

siste em aproximadamente seis bronquíolos terminais. Os septos de tecido conectivo são irregulares tanto no tamanho como na forma.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Os pulmões têm duas vias circulatórias funcionalmente distintas. Os vasos pulmonares levam sangue desoxigenado às paredes alveolares e drenam sangue oxigenado de volta ao lado esquerdo do coração, e os vasos brônquicos, muito menores e que derivam da circulação sistêmica, fornecem sangue oxigenado ao tecido pulmonar que não tem acesso imediato ao oxigênio atmosférico, isto é, aquele dos brônquios e dos bronquíolos maiores.

A artéria pulmonar se bifurca em artérias pulmonares direita e esquerda, que passam aos hilos pulmonares. Ao entrar no tecido pulmonar, ambas as artérias se dividem em ramos que acompanham os brônquios segmentares e subsegmentares e se localizam em sua maior parte dorsolateralmente a eles. Os capilares pulmonares formam plexos imediatamente fora do epitélio nas paredes e nos septos dos alvéolos e sacos alveolares. O plexo forma uma camada única nos septos interalveolares, com malhas menores do que os capilares, e paredes extremamente finas. As veias pulmonares, duas de cada pulmão, drenam os capilares pulmonares. Suas radículas coalescem em ramos maiores que atravessam o pulmão independentemente das artérias pulmonares e dos brônquios. Comunicando-se livremente, elas formam grandes vasos que finalmente acompanham as artérias e os tubos brônquicos até o hilo pulmonar, no qual os brônquios separam frequentemente a artéria dorsolateral da veia ventromedial. As veias pulmonares desembocam no átrio esquerdo e levam sangue oxigenado para distribuição sistêmica pelo ventrículo esquerdo.

No hilo, os vasos pulmonares acompanham as divisões brônquicas principais. Isso não ocorre nos segmentos broncopulmonares, em que um brônquio segmentar, seus ramos e as artérias associadas ocupam uma posição central em cada segmento, mas as muitas tributárias das veias pulmonares passam entre segmentos e servem segmentos adjacentes (que drenam, portanto, para mais de uma veia). Algumas veias também se localizam por sob a pleura visceral, incluindo a pleura nas fissuras interlobares. Segue-se disso que um segmento broncopulmonar não é uma unidade vascular completa, com um brônquio, uma artéria e uma veia individuais. Durante a ressecção de segmentos fica evidente que os planos entre eles não são avasculares, mas são cruzados por veias pulmonares e algumas vezes por ramos de artérias. Esse padrão de brônquios, artérias e veias apresenta uma variação considerável: as veias são as mais variáveis e as artérias são mais variáveis que os brônquios.

Artérias pulmonares

A artéria pulmonar direita se divide em dois grandes ramos ao emergir atrás da veia cava superior (Fig. 57.8). Um linfonodo ocupa geralmente a bifurcação. O ramo superior, que é o menor dos dois, vai para o lobo superior e se divide habitualmente em dois outros ramos, que suprem a maior parte desse lobo. O ramo inferior desce anteriormente ao brônquio intermediário e imediatamente posterior à veia pulmonar superior. Ele emite um pequeno ramo recorrente para o lobo superior, e então, no ponto em que a fissura horizontal encontra a fissura oblíqua, ele emite anteriormente o ramo ao lobo médio e posteriormente o ramo ao segmento superior do lobo inferior. Ele continua então por uma curta distância antes de se dividir e suprir o restante dos segmentos do lobo inferior.

A artéria pulmonar esquerda emerge da concavidade do arco aórtico e desce anteriormente à aorta descendente para entrar na fissura oblíqua (Fig. 57.8). Os ramos da artéria pulmonar esquerda são extremamente variáveis. O primeiro e maior ramo é emitido geralmente para o segmento

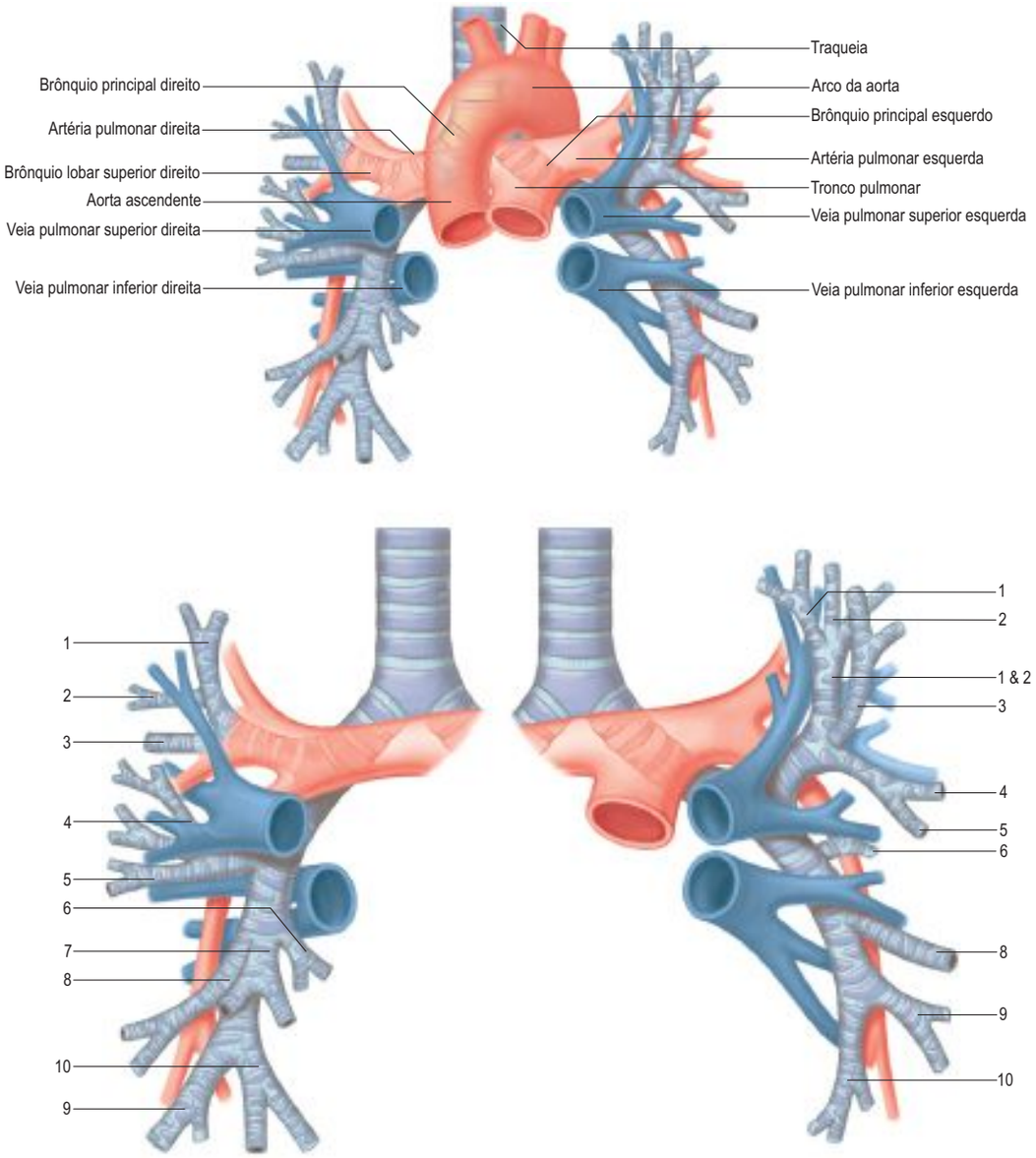


Fig. 57.8 A relação entre as vias aéreas centrais e os vasos pulmonares. Os números na figura inferior denotam os números dos segmentos broncopulmonares.

anterior do lobo superior esquerdo. Antes de chegar à fissura oblíqua, a artéria emite um número variável de outros ramos para o lobo superior e, ao entrar na fissura, ela supre geralmente um grande ramo do segmento superior do lobo inferior. Os ramos lingulares se originam na fissura e o restante do lobo inferior é suprido por muitos ramos com padrões diversos: havia um aforismo cirúrgico do falecido lorde Brock que, ao se realizar uma lobectomia superior esquerda, . . . "havia sempre mais um ramo da artéria pulmonar do que se pensava!"

Sequestro pulmonar

Quando há uma parte do pulmão desprovida das conexões broncovasculares apropriadas, ela é suprida comumente pela vasculatura sistêmica. Os segmentos de sequestro pulmonar extralobar são cobertos por pleura visceral e são geralmente encontrados abaixo do lobo inferior esquerdo, enquanto as anormalidades intralobares estão habitualmente incrustadas no pulmão normal, classicamente o segmento basal posterior do lobo inferior esquerdo. O sequestro pulmonar extralobar por si só é assintomático, mas é frequentemente associado a outras anormalidades congênitas.

Arteriografia e embolização pulmonar

Um trombo que se forme nas pernas ou nas veias pélvicas pode embolizar e seguir até o lado direito da circulação, passar pelo átrio direito e o ventrículo direito e então se alojar na vasculatura pulmonar. As anormalidades clínicas observadas dependem do tamanho do êmbolo. Grandes êmbolos podem se alojar em ramos principais da artéria pulmonar e causar disfunção ventricular direita e hipóxia. Êmbolos menores podem se alojar em artérias segmentares pulmonares e causar dor torácica pleurítica, dispneia e hemoptises. Os êmbolos pulmonares causam uma discrepância da ventilação/perfusão que pode ter implicações fisiológicas graves, o que ocasiona uma redução significativa na oxigenação do sangue. Exames da ventilação/perfusão com xenônio e tecnécio radiomarcados demonstram comumente anormalidades segmentares da perfusão, com ventilação normal nas regiões correspondentes. As embolias pulmonares também podem ser avaliadas pela TC espiral contrastada ou por angiogramas pulmonares e aparecem como defeitos de enchimento.

Veias pulmonares

Há comumente quatro veias pulmonares, duas de cada pulmão. Elas se originam de redes capilares nas paredes alveolares e retornam o sangue oxigenado ao átrio esquerdo. Todas as principais tributárias das veias pulmonares recebem tributárias menores, tanto intra como intersegmentares; por junções repetidas, as veias tributárias acabam por formar um tronco único em cada lobo, isto é, três no pulmão direito e dois no esquerdo. As veias lobares média e superior direitas geralmente se unem e assim duas veias, uma superior e uma inferior, saem de cada pulmão.

No hilo pulmonar a distribuição habitual das veias é a que se segue. A veia pulmonar superior é anteroinferior à artéria pulmonar e a inferior é a estrutura hilar mais inferior e também ligeiramente posterior. À direita, a união das veias apical, anterior e posterior (que drenam o lobo superior) à veia lobar média (formada por tributárias lateral e medial; Fig. 57.8) forma a veia pulmonar superior direita. A veia pulmonar inferior direita é formada pela união hilar das veias superior (apical) e basilar comum do lobo inferior. A união das tributárias superior e basilar inferior forma a veia basilar comum. Ocasionalmente as três veias lobares direitas permanecem separadas. A veia pulmonar superior direita passa posteriormente à veia cava superior, e a inferior atrás do átrio direito. À esquerda, a veia pulmonar superior esquerda, que drena o lobo superior, é formada pela

união das veias apicoposterior (que drena os segmentos apical e posterior), anterior e lingular (Fig. 57.8). A veia pulmonar inferior esquerda, que drena o lobo inferior, é formada pela união hilar de duas veias, a superior (apical) e a basilar comum, esta última formada pela união de uma veia superior e uma basilar inferior. Tanto a veia pulmonar superior esquerda como a veia pulmonar inferior esquerda passam anteriormente à aorta torácica descendente. Por vezes, as duas veias pulmonares formam um tronco único ou podem ser aumentadas por uma veia lobar acessória de cada lobo, que geralmente se unem e formam uma terceira veia pulmonar esquerda.

As veias pulmonares direita e esquerda perfuram o pericárdio fibroso e desembocam separadamente em posição posterossuperior do átrio esquerdo (Figs. 56.1, 56.2B). Suas terminações são separadas centralmente pelo seio pericárdico oblíquo e lateralmente por pequenos e variáveis recessos pericárdicos venosos pulmonares, que se dirigem medialmente e para cima. As veias pulmonares são desprovidas de válvulas.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos pulmonares se originam de um plexo subpleural superficial. Um plexo profundo acompanha os ramos dos vasos e brônquios pulmonares. Os eferentes superficiais se curvam em torno das bordas pulmonares e das margens das fissuras e convergem para os linfonodos broncopulmonares. Há pouca anastomose entre os vasos linfáticos superficiais e profundos, exceto nas regiões hilares. Nas partes periféricas dos pulmões, pequenos canais unem vasos linfáticos superficiais e profundos e são capazes de se dilatar para dirigir a linfa dos canais profundos para os superficiais quando a vazão dos vasos profundos é obstruída por uma doença pulmonar. Há uma tendência dos vasos dos lobos superiores a passar aos linfonodos traqueobrônquicos superiores e daqueles dos lobos inferiores a passar ao grupo traqueobrônquico inferior; todavia, vasos linfáticos de lobos adjacentes se unem profundamente nas fissuras e assim essas conexões não são exclusivas. Ao nível da lobação pulmonar, o arranjo dos vasos linfáticos acompanha a artéria central de um lóbulo e suas veias periféricas. Agregados linfoides, de aparência não folicular, ocorrem em locais peribrônquicos e em formações "placoides" adjacentes à pleura pulmonar.

INERVAÇÃO

O sistema nervoso autônomo controla muitos aspectos da função das vias aéreas, que incluem a regulação do tônus muscular liso das vias aéreas, a secreção de muco pelas glândulas submucosas e das células caliciformes epiteliais, a permeabilidade vascular e o fluxo sanguíneo (ver Belvisi, 2002).

Plexos pulmonares

Os plexos pulmonares se localizam anterior e posteriormente às outras estruturas hilares dos pulmões (Fig. 56.20). O plexo anterior é pequeno e formado por ramos dos nervos vago e simpático cervical cardíaco, através de conexões com o plexo cardíaco superficial. O plexo pulmonar posterior é formado por ramos vagais e simpáticos cardíacos do segundo ao quinto ou sexto gânglios simpáticos torácicos. O plexo esquerdo também recebe ramos do nervo laríngeo recorrente esquerdo. Maiores detalhes dos plexos pulmonares são fornecidos nas descrições dos plexos cardíacos no Capítulo 56.

MICROESTRUTURA DAS SUPERFÍCIES RESPIRATÓRIAS

As superfícies respiratórias de paredes finas (alvéolos) se distribuem como placas isoladas nas paredes dos bronquíolos respiratórios e como ductos alveolares semelhantes a tubos e sacos alveolares semelhantes a balões que contêm grupos de alvéolos adjacentes.

Área alveolar

Os alvéolos humanos adultos normais têm uma área de superfície total média de 143 m^2: um sistema respiratório adulto contém por volta de 300 milhões de alvéolos. Seu diâmetro inflado varia com a posição do pulmão e é maior nas regiões superiores que nas inferiores, em virtude da pressão gravitacional aumentada na base do pulmão. Esses valores variam consideravelmente entre indivíduos jovens normais; as diferenças tornam-se ainda mais acentuadas com a idade, em consequência de alterações degenerativas.

Estrutura alveolar

Os alvéolos são bolsas de paredes finas que proporcionam a superfície respiratória para as trocas gasosas (Figs. 57.9-57.11). Suas paredes contêm dois tipos de células epiteliais (pneumócitos) e cobrem um tecido conectivo delicado, no qual se ramifica uma rede de capilares. Por serem extremamente finas, as paredes representam uma barreira mínima às trocas gasosas entre a atmosfera e o sangue nos capilares. Alvéolos adjacentes estão frequentemente em contato íntimo e aí então o tecido conectivo interveniente constitui a parte central de um septo interalveolar. Os macrófagos alveolares estão presentes no lúmen alveolar e migram para a superfície epitelial.

Septo Interalveolar

O epitélio que reveste o alvéolo varia em espessura, mas áreas extensas deste chegam a ter 0,05 μm de espessura (Fig. 57.11). O epitélio localiza-se sobre uma lâmina basal, que, nas regiões do septo, se funde com a lâmina basal dos capilares circundantes. A barreira total à difusão entre o ar e o sangue nessas partes finas pode ser de apenas 0,2 μm. As partes mais grossas de um septo contêm elementos do tecido conectivo, que incluem fibras elásticas, fibras de colágeno tipo III, células residentes e migratórias (Fig. 57.10).

Células epiteliais alveolares (pneumócitos)

O epitélio alveolar é um mosaico de pneumócitos dos tipos I e II. Os pneumócitos tipo I são células epiteliais escamosas simples e constituem mais de 90% da área alveolar. Suas lâminas basais se fundem às lâminas basais do endotélio capilar adjacente e formam as partes finas dos septos interalveolares. Seu citoplasma é fino (0,05-0,2 μm), o que facilita a difusão gasosa entre a luz do alvéolo e seus capilares. As margens das células adjacentes se superpõem; elas são unidas por junções cerradas, o que cria uma barreira estrita à difusão entre a superfície alveolar e os tecidos subjacentes. Juntamente com uma barreira endotelial semelhante, esse arranjo limita o movimento de líquido do sangue e dos espaços intersticiais para a luz alveolar (a barreira sangue-ar). Quando lesadas, as células tipo I, que não se dividem, são substituídas por células tipo II, que proliferam e se diferenciam em pneumócitos tipo I.

As células tipo II, de tamanho menor, são com frequência mais numerosas que as células tipo I, mas constituem menos de 10% da área de superfície alveolar. Elas são células arredondadas e fazem protrusão da superfície alveolar, especialmente nos ângulos entre perfis alveolares. No pulmão humano elas se associam frequentemente a poros interalveolares de Kohn. Seu citoplasma contém numerosos e característicos corpos lamelares secretores, que consistem em espirais concêntricas de uma membrana rica em fosfolipídios, os precursores do surfactante alveolar (Fig. 57.11C), que elas podem reciclar.

Poros interalveolares (de Kohn)

Estes são pequenos poros revestidos de epitélio (geralmente células alveolares tipo II), que cruzam septos interalveolares e ligam espaços aéreos alveolares adjacentes. Os seres humanos têm até sete poros por alvéolo, cujo tamanho varia de 2 a 13 μm. Essas pequenas passagens podem manter o fluxo de ar no caso do bloqueio de um dos ductos alveolares e também proporcionar vias para a migração de macrófagos alveolares.

Macrófagos alveolares

Os macrófagos alveolares derivam de precursores monocitários circulantes. Eles se originam do tecido hemopoiético na medula óssea, migram de vasos sanguíneos e tecidos conectivos adjacentes e transitam pelas superfícies epiteliais. Eles limpam os espaços respiratórios de partículas inaladas que são pequenas o suficiente para chegarem até os alvéolos (de onde surge sua designação alternativa de "células varredoras de poeira"). Muitos deles migram com a carga por eles fagocitada até os bronquíolos, onde são lançados na corrente de rejeição mucociliar e removidos do pulmão. Outros migram através do epitélio dos alvéolos para os vasos linfáticos que drenam o tecido conectivo do pulmão e passam assim para o tecido linfoide em torno dos lóbulos pulmonares. Em condições normais, os macrófagos alveolares têm um citoplasma granular por conterem partículas fagocitadas; nos fumantes as partículas têm uma aparência característica e são designadas como corpos de alcatrão. Quando fagocitam ativamente, os macrófagos liberam proteases; quando as antiproteases (p. ex., α_1-antitripsina) que estão normalmente presentes no revestimento alveolar se mostram deficientes, a atividade dos macrófagos pode lesar o pulmão. Os macrófagos alveolares estão envolvidos na reciclagem do surfactante.

Os macrófagfos alveolares podem ser recuperados do escarro e têm importância diagnóstica quando de aparência anormal. Por exemplo, sempre que há um vazamento de eritrócitos pelos capilares pulmonares, os macrófagos que englobam as células extravasadas tornam-se vermelho tijolo e são detectados no escarro "ferrugem". Eles são típicos da insufici-

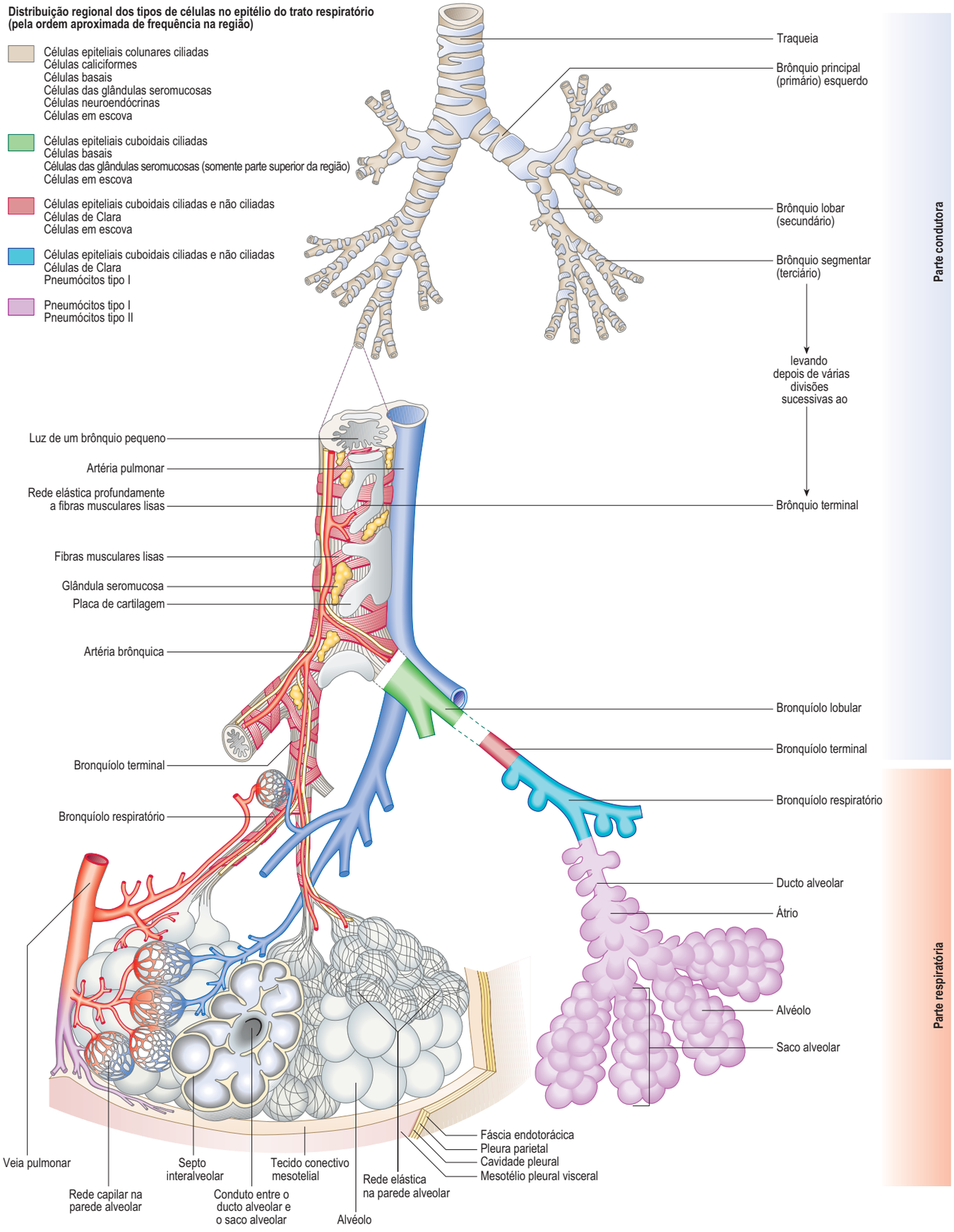


Fig. 57.9 A árvore respiratória e seu suprimento sanguíneo, sua drenagem sanguínea, sua drenagem linfática e seu suprimento nervoso. É mostrada a distribuição das diferentes células epiteliais. Azuis = vasos que contêm sangue desoxigenado; vermelhos = vasos que contêm sangue oxigenado.

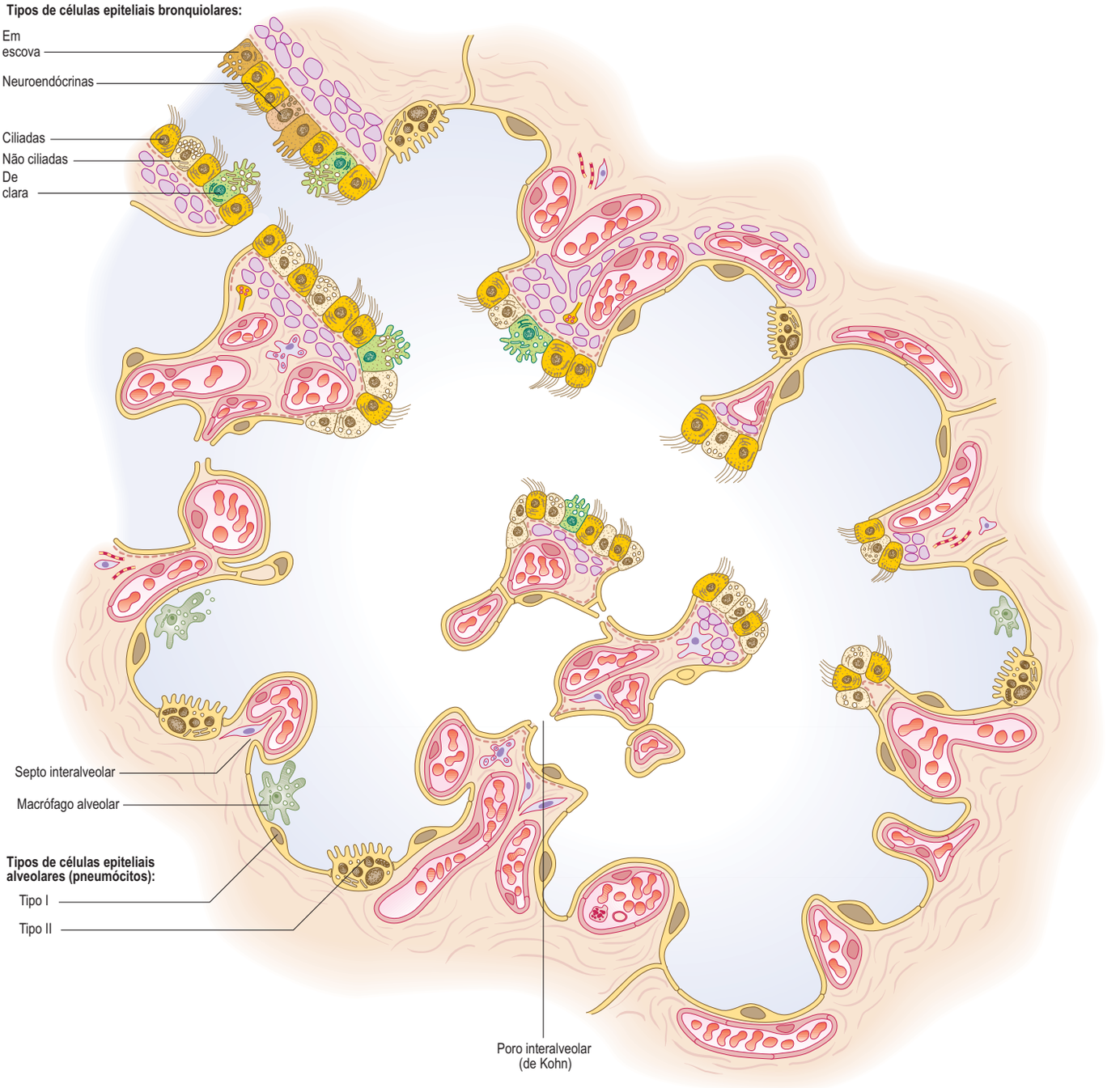


Fig. 57.10 A parte respiratória do pulmão e seus tipos celulares.

ência cardíaca congestiva e são frequentemente designados como células de insuficiência cardíaca. Os macrófagos que migram de volta para o tecido conectivo do pulmão se depositam em placas que são visíveis sob a pleura visceral; por exemplo, células cheias de carbono dão aos pulmões uma aparência malhada. Entretanto, se as partículas inaladas forem abrasivas ou quimicamente ativas podem escapar à remoção pelos macrófagos e lesar a superfície respiratória, o que produz fibrose e uma redução concomitante na área respiratória. Isso ocorre em muitas doenças industriais; por exemplo, pneumoconiose, causada pela poeira de carvão, ou asbestose, em que as longas fibras do asbesto podem causar danos consideráveis e desencadear um mesotelioma fatal no revestimento pleural.

Surfactante alveolar

A superfície alveolar é coberta normalmente por uma película de surfactante pulmonar que é uma mistura complexa, principalmente de fosfolipídios (especialmente dipalmitoilfosfatidilcolina e fosfatidilglicerol), com algumas proteínas e lipídios neutros (Devendra & Spragg, 2002). O surfactante é armazenado nos corpos lamelares e secretado sob a forma de mielina tubular (não relacionada à mielina do sistema nevoso) por pneumócitos tipo II. Ele é reciclado por pneumócitos tipo II ou eliminado (isto é, fagocitado) por macrófagos alveolares. Considera-se que as células de Clara do epitélio bronquiolar secretem um surfactante de composição diferente.

A tensão superficial na superfície alveolar é muito alta porque os alvéolos são diminutos. Isso se opõe à expansão durante a inspiração e tende a fazer colabar os alvéolos na expiração. As propriedades detergentes do surfactante pulmonar reduzem em muito a tensão superficial e tornam a ventilação alveolar muito mais eficiente.

TRAQUEIA E BRÔNQUIOS

A traqueia é um tubo constituído de cartilagem e de uma membrana fibromuscular, revestida internamente por mucosa. A parte anterolateral é constituída de anéis cartilaginosos incompletos e o aspecto posterior por uma parede muscular chata. Ela tem 10-11 cm de comprimento e desce da

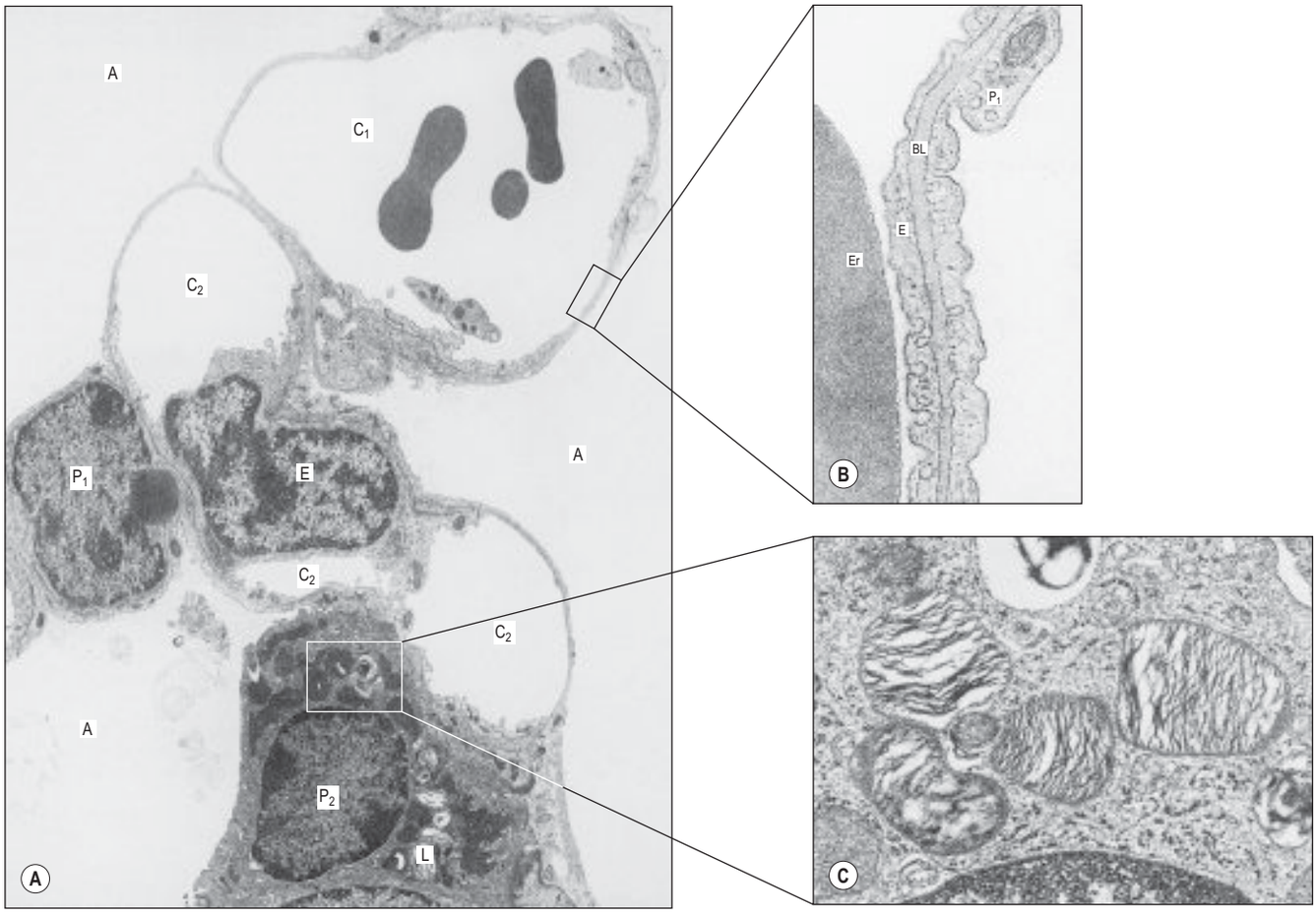


Fig. 57.11 A, Eletromicrografia mostra o septo entre três alvéolos adjacentes (A). O septo contém dois capilares (C_1 e C_2) em corte; o inferior está cortado obliquamente através do núcleo de uma célula endotelial (E). Pneumócitos tipo I (P_1) revestem as superfícies alveolares, exceto no ponto em que está localizado um pneumócito tipo II (P_2), com corpos lamelares (L) citoplasmáticos. **B,** A parte fina de um septo interalveolar. Parte de um eritrócito (Er) é mostrada na luz capilar, revestida de endotélio (E). O espaço aéreo alveolar (direita) está revestido por um pneumócito tipo I (P_1). Entre essas duas células há uma lâmina basal (BL) comum. **C,** Os corpos lamelares citoplasmáticos num pneumócito tipo II são constituídos principalmente de fosfolipídios, que contribuem para o surfactante secretado por esses pneumócitos e pelas células de Clara dos bronquíolos respiratórios. (Por permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheather's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

laringe (Fig. 57.7), ao nível da sexta vértebra cervical, até a borda superior da quinta vértebra torácica, onde ela se divide em brônquios principais (pulmonares) direito e esquerdo. Ela localiza-se aproximadamente no plano sagital, mas seu ponto de bifurcação é geralmente um pouco para a direita. A traqueia é móvel e pode alterar rapidamente seu comprimento; durante a inspiração profunda, a bifurcação pode descer até o nível da sexta vértebra torácica. Seu diâmetro transverso externo é tipicamente de 2 cm em homens adultos e de 1,5 cm em mulheres adultas. Em crianças ela é menor, localizada mais profundamente e mais móvel. A luz em adultos vivos tem um diâmetro transverso médio de 12 mm, mas isso aumenta depois da morte por causa do relaxamento do músculo liso que constitui sua parede posterior. No primeiro ano pós-natal o diâmetro traqueal não ultrapassa 4 mm, enquanto ao final da infância seu diâmetro em milímetros é aproximadamente igual à idade em anos. A forma transversa da luz é variável, especialmente nas décadas mais avançadas da vida, e pode ser arredondada, semilunar ou achatada. À broncoscopia a parede posterior da traqueia salienta-se na luz e isso é exagerado na expiração e ao tossir. A extremidade distal da traqueia é visível como um esporão côncavo. Um brônquio traqueal pode se originar ocasionalmente da parede lateral da traqueia, mais frequentemente do lado direito; este pode ser supranumerário ou constituir uma via aérea do lobo superior deslocada.

RELAÇÕES TRAQUEAIS

Parte cervical da traqueia

Relações anteriores

A traqueia cervical é cruzada anteriormente por pele e pelas fáscias cervicais superficial e profunda. Ela também é cruzada pelo arco jugular e superposta pelos músculos esterno-hióideo e esternotireóideo. A segunda à quarta cartilagens traqueais são cruzadas pelo istmo da glândula tireoide, acima do qual uma artéria anastomótica liga as artérias tireóideas superiores bilaterais; abaixo e anteriormente localizam-se a fáscia pré-traqueal, as veias tireóideas inferiores, remanescentes tímicos e a artéria tireóidea ima (quando ela existe). Em crianças, a artéria braquiocefálica cruza obliquamente em frente à traqueia ao nível da borda inferior do manúbrio ou um pouco acima disso; a veia braquiocefálica esquerda também pode se elevar um pouco acima desse nível.

Relações posteriores

O esôfago localiza-se atrás da traqueia cervical, separando-a da coluna vertebral e da fáscia pré-vertebral.

Relações laterais

Os lobos pareados da glândula tireoide, que descem até a quinta ou sexta cartilagem traqueal, e as artérias carótida comum e tireóidea inferior são relações laterais. Os nervos laríngeos recorrentes sobem de cada lado, nos sulcos entre as laterais da traqueia e o esôfago ou próximo a estes.

Parte torácica da traqueia

Relações anteriores

Ao descer pelo mediastino superior, a traqueia localiza-s atrás do manúbrio esternal, das inserções dos músculos esterno-hioideo e esternotireóideo, dos remanescentes tímicos e da veia tireóidea inferior. As artérias braquiocefálica e carótida comum esquerda localizam-se à esquerda e à direita da traqueia, respectivamente, ao se dirigir superiormente pelo pescoço. A um nível inferior, o arco aórtico, as artérias braquiocefálica e carótida comum esquerda, a veia braquiocefálica esquerda, o plexo cardíaco profundo e alguns linfonodos são todos anteriores à traqueia.

Relações posteriores

O esôfago é posterior à traqueia e a separa da coluna vertebral.

Relações laterais

Lateralmente e à direita estão o pulmão direito e a pleura, a veia braquiocefálica direita, a veia cava superior, o nervo vago direito e a veia ázigos.

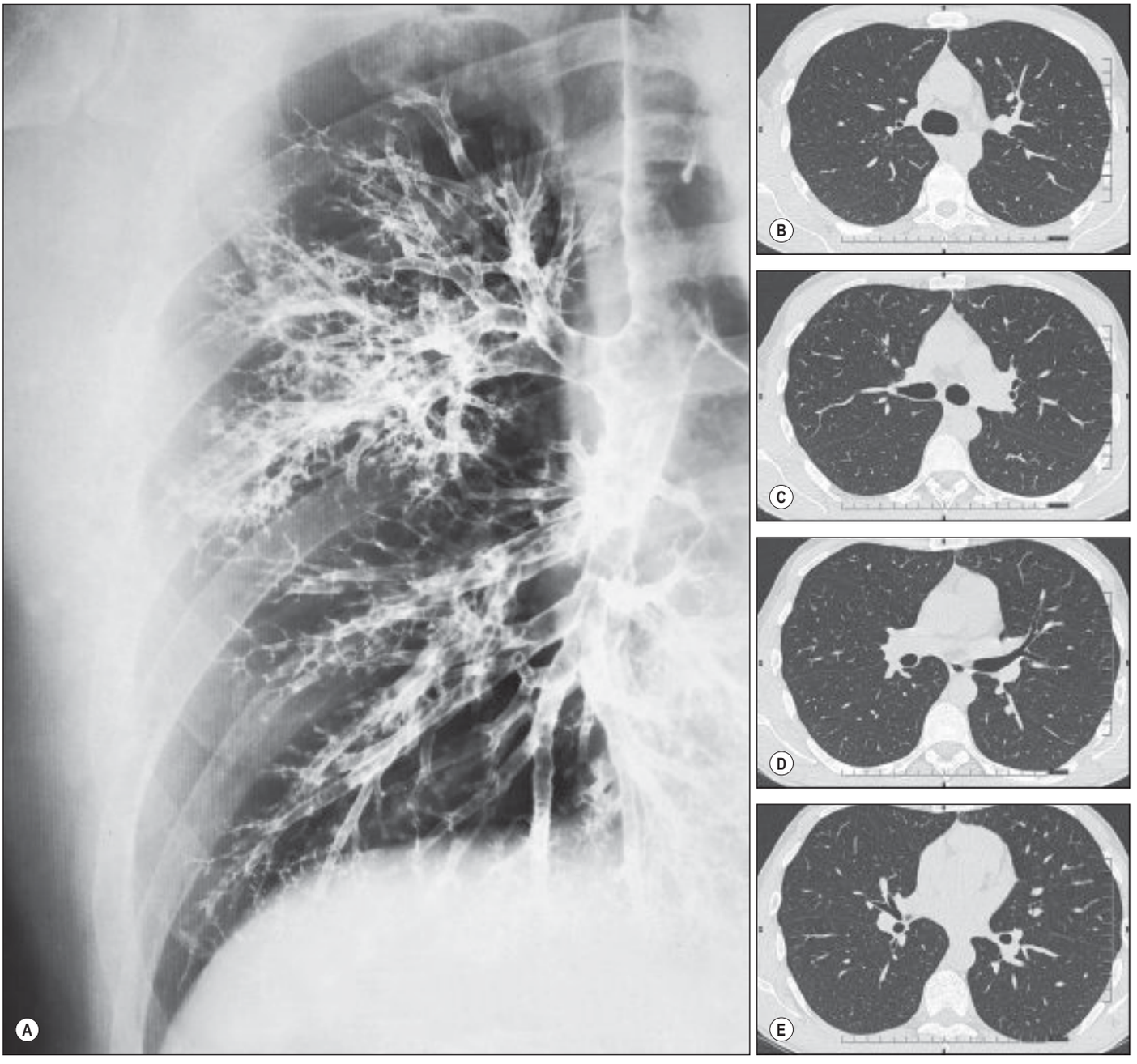


Fig. 57.12 A, Broncograma mostra o padrão de ramificação da traqueia e dos brônquios do pulmão direito, numa perspectiva anteroposterior ligeiramente oblíqua. Nesse procedimento um meio de contraste radiopaco foi introduzido no trato respiratório para revestir as paredes das passagens respiratórias. Para identificação dos ramos principais (compare às **Figs. 57.5 B-E** e **57.6)** imagens TC demonstram a ramificação dos brônquios lobares e segmentares. (**B-E** correspondem, respectivamente, ao 1º, 2º, 3º e 4º espaços intercostais.)

À esquerda estão o arco da aorta e as artérias carótida comum e subclávia esquerda. O nervo laríngeo recorrente esquerdo localiza-se inicialmente entre a traqueia e o arco aórtico e depois no sulco entre a traqueia e o esôfago ou logo à frente dele.

BRÔNQUIO PRINCIPAL DIREITO

O brônquio principal direito tem aproximadamente 2,5 cm de comprimento e é mais largo, mais curto e mais vertical que o esquerdo (Figs. 57.7, 57.8, 57.12). Essas diferenças explicam por que corpos estranhos inalados entram mais frequentemente no brônquio principal direito que no esquerdo. (Esses eventos são mais comuns em crianças e podem se manifestar por dispneia, sibilos unilaterais ou aspirações recorrentes; uma radiografia pode mostrar ar preso no lobo afetado.) O brônquio principal direito dá origem a seu primeiro ramo, o brônquio lobar superior, e entra então no pulmão direito em oposição à quinta vértebra torácica. A veia ázigos descreve um arco sobre ele, e a artéria pulmonar direita localiza-se de início inferiormente e depois anteriormente a ele. Depois de emitir o brônquio lobar superior, que se origina posterossuperiormente à artéria pulmonar direita, o brônquio principal direito cruza o aspecto posterior da artéria, entra no hilo pulmonar posteroinferiormente a ela e divide-se em um brônquio lobar médio e um inferior. São vistas ocasionalmente variações normais na anatomia brônquica, que consistem em vias aéreas deslocadas ou supranumerárias (Ghaye *et al.*, 2001). As anormalidades incluem uma origem comum dos brônquios lobares superior e médio direitos; um brônquio cardíaco acessório; e um brônquio lobar inferior direito que pode se originar do brônquio principal esquerdo. Essas variações anatômicas são em sua maior parte assintomáticas, mas podem causar ocasionalmente hemoptises, infecções recorrentes e o desenvolvimento de bronquiectasias nas vias aéreas.

Brônquio lobar superior direito

O brônquio lobar superior direito se origina da região lateral do brônquio principal e segue superolateralmente para entrar no hilo; a 1 cm de sua origem ele se divide em três brônquios segmentares.

Anatomia segmentar
O brônquio segmentar apical continua superolateralmente em direção ao ápice do pulmão, que ele supre, e divide-se próximo de sua origem em ramos apical e anterior. O brônquio segmentar posterior serve a parte posteroinferior do lobo superior, segue em direção posterolateral e ligeiramente superior e logo se divide em um ramo lateral e outro posterior. O brônquio segmentar anterior segue anteroinferiormente para suprir o restante do lobo superior e se divide próximo de sua origem em um ramo lateral e um ramo anterior de tamanho igual (Figs. 57.5, 57.6).

Brônquio lobar médio direito

O brônquio lobar médio direito se inicia normalmente 2 cm abaixo do brônquio lobar superior, a partir da parte frontal do brônquio intermédio direito, e desce anterolateralmente.

Anatomia segmentar
O brônquio lobar médio direito logo se divide em brônquios segmentares lateral e medial: esses brônquios se dirigem, respectivamente, para as partes lateral e medial do lobo médio (Figs. 57.5, 57.6).

Brônquio lobar inferior direito

O brônquio lobar inferior direito é a continuação do brônquio principal além da origem do brônquio lobar médio.

Anatomia segmentar
Em sua origem a partir do brônquio principal ou logo abaixo dela, o brônquio lobar inferior direito emite um grande brônquio segmentar superior (apical) posteriormente. Este se dirige posteriormente para a parte superior do lobo inferior e se divide então em ramos medial, superior e lateral; os dois primeiros se originam comumente de um tronco comum. Depois de emitir o ramo segmentar superior, o brônquio lobar inferior direito desce posterolateralmente. O brônquio segmentar basilar medial se ramifica a partir de sua região anteromedial e segue inferomedialmente para servir uma pequena região abaixo do hilo. O brônquio lobar inferior continua para baixo e se divide então em um brônquio segmentar basilar anterior, que desce anteriormente, e um tronco que logo se divide em um brônquio segmentar basilar lateral, que desce lateralmente, e um brônquio segmentar basilar posterior, que desce posteriormente. Em mais da metade de todos os pulmões direitos um brônquio segmentar subsuperior (subapical) se origina posteriormente do brônquio lobar inferior direito 1 a 3 cm abaixo do brônquio segmentar superior e se distribui para a região do pulmão entre os segmentos superior e basilar posterior (Figs. 57.5, 57.6).

BRÔNQUIO PRINCIPAL ESQUERDO

O brônquio principal esquerdo, que é mais estreito e menos vertical que o direito, tem 5 cm de comprimento. Ao passar para a esquerda inferiormente ao arco aórtico, ele cruza anteriormente ao esôfago, ao ducto torácico e à aorta descendente; a artéria pulmonar esquerda é inicialmente anterior e depois superior a ele. Ele entra no hilo do pulmão esquerdo ao nível da sexta vértebra torácica e se divide nos brônquios lobares superior e inferior.

Brônquio lobar superior esquerdo

O brônquio lobar superior esquerdo origina-se do aspecto anterolateral de seu tronco principal, curva-se lateralmente e logo divide-se em dois brônquios, que correspondem aos ramos do brônquio principal direito ao suprir os lobos médio e superior direitos, exceto que do lado esquerdo ambos se distribuem ao lobo superior esquerdo, porque não há um lobo médio separado.

Anatomia segmentar
A divisão superior do brônquio lobar superior esquerdo sobe 1 cm, emite um brônquio segmentar anterior, continua mais 1 cm como o brônquio segmentar apicoposterior e então divide-se em ramos apical e posterior. Os brônquios segmentares apical, posterior e anterior se distribuem principalmente como eles estão no lobo superior direito. A divisão inferior desce anterolateralmente até a parte anteroinferior do lobo superior esquerdo (a língula) e forma o brônquio lingular, que se divide em brônquios segmentares lingulares superior e inferior. Isso difere do padrão no lobo médio direito, no qual a distribuição correspondente é lateral e medial (Figs. 57.5, 57.6).

Brônquio lobar inferior esquerdo

O brônquio lobar inferior esquerdo desce posterolateralmente e se divide para suprir territórios pulmonares que se distribuem basicamente da mesma maneira que no pulmão direito.

Anatomia segmentar
O brônquio segmentar superior (apical) origina-se do brônquio lobar inferior posteriormente, a 1 cm da origem deste. Após mais 1-2 cm, o brônquio lobar inferior se divide num tronco anteromedial e outro posterolateral. Este último se divide em brônquios segmentares basilares lateral e posterior. O brônquio segmentar basilar anterior é ocasionalmente um ramo independente do brônquio lobar inferior. Um brônquio segmentar subsuperior (apical) por vezes origina-se posteriormente do brônquio lobar inferior esquerdo (Figs. 57.5, 57.6).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Traqueia

A traqueia é suprida de sangue principalmente por ramos das artérias tireóideas inferiores. A parte torácica da traqueia também é suprida por ramos das artérias brônquicas, que sobem para se anastomosar com os ramos traqueais das artérias tireóideas inferiores. As veias que drenam a traqueia terminam no plexo venoso tireóideo inferior. Os vasos linfáticos drenam para linfonodos pré-traqueais e paratraqueais.

Brônquios

Artérias brônquicas
As artérias brônquicas suprem sangue oxigenado para manter os tecidos pulmonares. Elas derivam direta ou indiretamente da aorta descendente torácica (Baile, 1996). A artéria brônquica direita é habitualmente um ramo da terceira artéria intercostal posterior. Há normalmente duas artérias brônquicas esquerdas (superior e inferior), que se ramificam separadamente da aorta torácica. As artérias brônquicas acompanham a árvore brônquica e suprem as glândulas brônquicas, as paredes dos tubos brônquicos e os vasos pulmonares maiores. Os ramos brônquicos formam um plexo capilar na túnica muscular das passagens aéreas, que sustenta um segundo plexo mucoso, que se comunica com ramos da artéria pulmonar e drena para as veias pulmonares. Outros ramos arteriais se ramificam no tecido conectivo frouxo interlobular e muitos terminam em veias brônquicas profundas ou superficiais; alguns se ramificam também na superfície do pulmão e formam plexos capilares subpleurais. As artérias brônquicas suprem a parede brônquica até os bronquíolos respiratórios e se anastomosam a ramos das artérias pulmonares nas paredes dos brônquios menores e na pleura visceral. Essas anastomoses broncopulmonares podem ser mais numerosas nos recém-nascidos e são obliteradas subsequentemente em grau acentuado. Além das artérias brônquicas principais, ramos brônquicos menores se originam da aorta descendente torácica: um deles pode se localizar no ligamento pulmonar e causar sangramentos durante uma lobectomia inferior.

Veias brônquicas
Geralmente duas de cada lado, as veias brônquicas drenam sangue de brônquios maiores e de estruturas hilares. Elas formam dois sistemas distintos. As veias brônquicas profundas começam como plexos bronquiolares intrapulmonares, que se comunicam livremente com as veias pulmonares e eventualmente desembocam num tronco único que termina numa veia pulmonar principal ou no átrio esquerdo. As veias brônquicas superficiais drenam brônquios extrapulmonares, a pleura visceral e os linfonodos hilares. Elas também se comunicam com as veias pulmonares e terminam na veia ázigos à direita e na veia intercostal superior esquerda ou na veia hemiázigos acessória à esquerda. As veias brônquicas não recebem todo o sangue levado pelas artérias brônquicas, parte do qual entra nas veias pulmonares (págs. 996-997). As artérias e veias brônquicas principais passam pelo aspecto dorsal dos brônquios extrapulmonares.

Drenagem linfática
O plexo linfático profundo achega ao hilo passando ao longo dos vasos e brônquios pulmonares. Em brônquios maiores o plexo profundo tem partes submucosa e peribrônquica, mas em brônquios menores há apenas um plexo, que se estende até os bronquíolos. As paredes dos alvéolos não têm vasos linfáticos.

INERVAÇÃO

Os plexos pulmonares anterior e posterior inervam a traqueia e os brônquios. Os dois plexos estão interligados. A traqueia é inervada por ramos dos nervos vagos, nervos laríngeos recorrentes e troncos simpáticos. Os nervos entram no pulmão como redes que seguem ao longo de ramos dos brônquios e de vasos pulmonares e brônquicos até a pleura visceral. Axônios pré-ganglionares vagais eferentes fazem sinapse em pequenos gânglios nas paredes da árvore traqueobrônquica: estes podem agir como

locais de integração e/ou modulação da estimulação de nervos extrínsecos ou permitir algum controle local sobre a função das vias aéreas por mecanismos reflexos locais. O sistema nervoso parassimpático é a via neuronal dominante no controle do tônus muscular liso das vias aéreas. A estimulação de nervos colinérgicos causa broncoconstricção, secreção de muco e vasodilatação brônquica. Os nervos simpáticos controlam vasos sanguíneos traqueobrônquicos, mas a inervação da musculatura lisa das vias aéreas em seres humanos por fibras adrenérgicas simpáticas ainda deve ser convincentemente demonstrada.

MICROESTRUTURA DAS VIAS AÉREAS DE CONDUÇÃO

As vias aéreas de condução são revestidas internamente por uma mucosa e o epitélio se localiza numa fina lâmina própria de tecido conectivo. Externamente a este há uma submucosa, também constituída de tecido conectivo, em que estão dispostos o músculo liso das vias aéreas, as glândulas, as placas de cartilagem (dependendo do nível na árvore respiratória), os vasos, o tecido linfoide e os nervos. A cartilagem está presente da traqueia até os menores brônquios, mas está ausente (por definição) dos bronquíolos.

Epitélio

Os epitélios da traqueia, dos brônquios e dos bronquíolos, em geral, são semelhantes uns aos outros, com variações graduais no número de diferentes tipos celulares. As passagens extrapulmonares e as maiores passagens intrapulmonares são revestidas por epitélio respiratório, que é pseudoestratificado, predominantemente ciliado e contém células caliciformes secretoras de muco entremeadas. Há menos cílios nos bronquíolos terminais e respiratórios e as células têm a altura reduzida a colunar baixa ou cuboide. O epitélio dos brônquios menores e dos bronquíolos é dobrado em cristas longitudinais conspícuas, que permitem alterações no diâmetro luminar (Fig. 57.9). O epitélio nos bronquíolos respiratórios diminui progressivamente em altura até os alvéolos e acaba por ser constituído de células cuboides não ciliadas. Os bronquíolos respiratórios têm bolsas laterais em suas paredes, que são revestidas por células escamosas, que proporcionam assim uma superfície respiratória acessória.

Seis tipos distintos de células epiteliais foram descritos nas vias aéreas de condução, quais sejam as células colunares ciliadas, caliciformes, de Clara, basais, em escova e neuroendócrinas. Linfócitos e mastócitos migram do tecido conectivo subjacente para o epitélio.

Células colunares ciliadas

As células colunares ciliadas são a força motriz da corrente de rejeição (elevador) mucociliar na árvore brônquica. Elas variam de colunares baixas a altas e cada uma delas tem até 300 cílios que se projetam a partir da superfície apical. Os cílios se estendem para um líquido aquoso secretado por células serosas das glândulas submucosas, mas suas extremidades estão em contato com uma camada mais superficial de muco espesso secretado pela superfície de células caliciformes e células mucosas nas glândulas submucosas. A frequência de batidas dos cílios é geralmente de 12-16 por segundo, embora a estimulação mecânica da superfície epitelial e mediadores inflamatórios aumentem essa frequência. Além de junções compactas que fecham o espaço intercelular apical da luz das vias aéreas, as células ciliadas são acopladas a junções comunicantes que possibilitam que uma alteração na frequência das batidas se dissemine de células estimuladas para suas vizinhas (provavelmente por sinalização pelo cálcio), de modo que sua coordenação metacrônica permaneça intacta.

Células caliciformes

As células caliciformes estão presentes da traqueia (6.000-7.000 por mm^2) até os brônquios menores, mas estão normalmente ausentes dos bronquíolos. Elas contêm uma região apical cheia de grandes grânulos de secreção repletos de mucinogênio. Quando o epitélio é irritado, por exemplo pela fumaça do tabaco, há um aumento global no número de células caliciformes e elas também se estendem até os bronquíolos.

Células de Clara

As células de Clara são células cuboidais não ciliadas, com um ápice que se salienta na luz. Elas contêm numerosos grânulos secretores eletrodensos e muitos lisossomos. As células de Clara produzem lipoproteína surfactante e por isso têm muitas semelhanças funcionais com a célula alveolar tipo II dos alvéolos pulmonares, embora seus grânulos secretores sejam diferentes quanto à estrutura e à composição. Elas também podem regular o transporte iônico.

Células basais

As células basais são pequenas células arredondadas que ocorrem em partes das vias aéreas revestidas por um epitélio respiratório pseudoestratificado; elas são células tronco mitóticas para outros tipos de células epiteliais. As células basais estão em contato com a lâmina basal e são mais frequentes nas passagens condutivas maiores.

Células em escova

As células em escova são delgadas, não ciliadas, com microvilosidades apicais caracteristicamente longas e rígidas, das quais deriva seu nome. Embora raras, elas estão presentes em todas as partes das vias aéreas condutivas, incluindo o epitélio respiratório da nasofaringe. Elas estão em contato com fibras nervosas aferentes basalmente e têm presumivelmente uma função receptora sensorial.

Células neuroendócrinas

Também designadas como células de núcleo denso ou de pequenos grânulos (de Kulchitsky), as células neuroendócrinas são encontradas principalmente na parte basal do epitélio. Elas têm forma arredondada e o citoplasma da base a seu núcleo contém inúmeras vesículas pequenas com um centro denso, de aproximadamente 150 nm de diâmetro. Elas fazem parte do sistema neuroendócrino disperso das células de captação e descarboxilação de precursores de aminas (APUD). As células neuroendócrinas são mais numerosas em pulmões fetais e seu número diminui acentuadamente depois do nascimento. Parece haver pouca alteração adicional em sua frequência durante a vida adulta, embora elas possam proliferar em algumas doenças pulmonares.

Linfócitos

Pequenos linfócitos, principalmente células T derivadas do tecido linfoide associado à mucosa nas paredes das passagens, ocorrem no epitélio em todos os tecidos das vias aéreas condutivas, especialmente na parte extrapulmonar; elas estão relacionadas à vigilância imune do epitélio. Aglomerados de linfócitos se localizam por vezes sob células epiteliais não ciliadas do tipo microprega (célula M).

Mastócitos

Os mastócitos estão presentes nas regiões basais do epitélio. Eles se assemelham aos mastócitos do tecido conectivo e seus grânulos citoplasmáticos que contêm histamina são liberados em resposta a irritantes, incluindo alérgenos inalados.

Glândulas submucosas

Glândulas seromucosas tubuloacinares estão presentes na submucosa da traqueia e dos brônquios e, em escala menor, nos bronquíolos maiores. Elas contêm células mucosas e serosas separadas e são uma fonte importante da camada de muco na superfície do epitélio respiratório ciliado. Suas secreções incluem mucinas; as substâncias bacteriostáticas lisozima e lactoferrina; anticorpos secretores (IgA) produzidos por células plasmáticas no tecido conectivo submucoso; e inibidores de proteases (p. ex., α_1-antitripsina), importantes para a neutralização das proteases derivadas de leucócitos, especialmente a elastase, no trato respiratório. Os ácinos e túbulos secretores são circundados por células mioepiteliais inervadas por fibras autonômicas.

Tecido conectivo e músculos

Largas faixas longitudinais de elastina (Fig. 57.13) na submucosa acompanham o trajeto da árvore respiratória e se ligam às redes de elastina dos septos interalveolares (Fig. 57.9). Esse arcabouço elástico é um elemento mecânico vital do pulmão e é responsável pelo rebote elástico durante a expiração.

Na traqueia e nos brônquios extrapulmonares o músculo liso se limita basicamente à parte posterior e não cartilaginosa do tubo traqueal (Fig. 57.14). Ao longo de toda a árvore brônquica intrapulmonar o músculo liso forma dois tratos helicoidais opostos, que se tornam mais finos e acabam por desaparecer ao nível dos alvéolos. O tônus dessas fibras musculares está sob controle nervoso e hormonal: grupos de células musculares são unidos por junções comunicantes para disseminar a excitação nos fascículos.

A contração das células musculares estreita as vias aéreas, enquanto seu relaxamento permite a broncodilatação. Algum tônus existe normalmente nas faixas musculares, que relaxam ligeiramente durante a inspiração e se contraem durante a expiração, auxiliando assim o fluxo corrente de ar. Uma contração anormal pode ser causada por estimulantes circulantes do músculo liso ou pela liberação local de excitantes como serotonina, histamina e leucotrienos, que produzem broncoespasmo. Numerosos mastócitos estão presentes no tecido conectivo da árvore respiratória, especialmente nas proximidades dos bronquíolos.

Suporte cartilaginoso

A traqueia e os brônquios extrapulmonares contêm um arcabouço de anéis incompletos de cartilagem hialina, que são unidos por tecido conec-

tivo e músculo liso (Fig. 57.14). Os brônquios intrapulmonares contêm placas ou ilhotas descontínuas de cartilagem hialina em suas paredes.

Cartilagens traqueais

As cartilagens traqueais variam quanto ao número, de 16 a 20. Anteriormente, cada cartilagem assume a forma de um anel incompleto que circunda aproximadamente dois terços da circunferência traqueal. Posteriormente, onde as cartilagens são deficientes, o tubo é achatado e é completado por tecido fibroelástico e músculo liso. As cartilagens são sobrepostas horizontalmente e separadas por intervalos estreitos. Elas têm tipicamente 4 mm verticalmente e 1 mm de espessura. Suas superfícies externas são verticalmente chatas e suas superfícies internas são convexas. Duas ou mais cartilagens se unem frequentemente, de forma parcial ou completa, e por vezes se bifurcam em sua extremidade. Elas podem se calcificar nos idosos. As cartilagens são mais curtas, mais estreitas e menos regulares nos brônquios extrapulmonares, mas geralmente semelhantes quanto à forma e à disposição.

A primeira e a última cartilagens traqueais diferem das demais (Fig. 57.7). A primeira cartilagem é a mais larga. Ela se bifurca frequentemente numa extremidade e é unida pelo ligamento cricotraqueal à borda inferior da cartilagem cricoide, com a qual pode se fundir. Ela também pode se fundir com a segunda cartilagem. A última cartilagem é centralmente espessa e larga e sua borda inferior, a carina, é um processo triangular em forma de gancho que se curva para baixo e para trás entre os brônquios (Fig. 57.9). Ela forma um anel completo de cada lado e circunda o início de um brônquio principal.

Cartilagens brônquicas

A irregularidade das placas cartilaginosas nos brônquios extrapulmonares aumenta à medida que eles são acompanhados distalmente e quando os brônquios maiores se aproximam de seus pulmões e lobos, as placas circundam seus aspectos dorsais. Nos brônquios intrapulmonares, placas descontínuas de cartilagem formam uma proporção progressivamente menor da parede brônquica e elas não estão presentes nos bronquíolos.

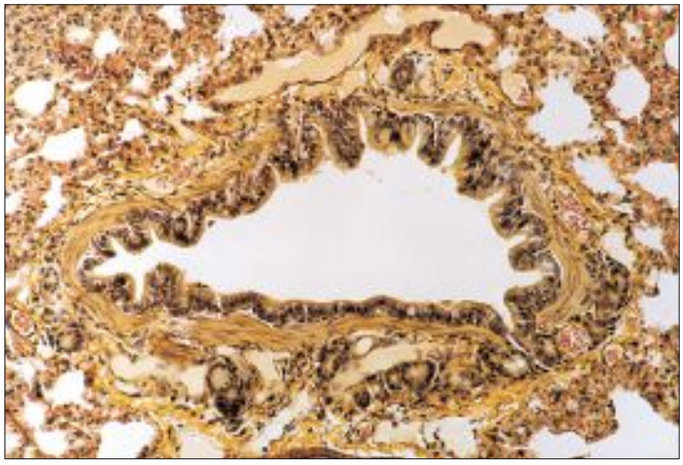


Fig. 57.13 Grande bronquíolo corado por elastina mostra o músculo liso na parede bronquiolar e algumas pequenas glândulas seromucosas (abaixo).

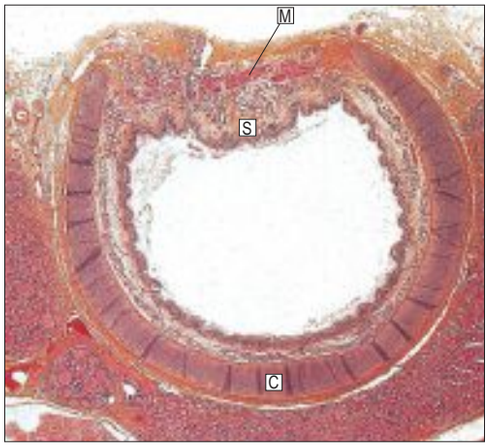


Fig. 57.14 Micrografia da traqueia de uma criança, cortada transversalmente, mostra um anel cartilaginoso incompleto (C), unido posteriormente por tecido muscular (M). Glândulas seromucosas submucosas (S) estão concentradas nesta região e entre cartilagens adjacentes. Observe o tecido glandular tireóideo (abaixo). (Por permissão de Stevens A, Lowe JS 1996 Human Histology, 2nd edn. London: Mosby.)

MECANISMOS DE DEFESA DOS PULMÕES

O trato respiratório apresenta uma enorme área de superfície, que é vulnerável à dessecação, à invasão microbiana e aos efeitos mecânicos e químicos de partículas inaladas. O ar inalado é umedecido principalmente no trato respiratório superior, no qual passa, com alguma turbulência, pelas mucosas nasal e bucofaríngea. A secreção das diversas glândulas da árvore brônquica também ajuda a impedir a dessecação. As células caliciformes secretam mucossubstâncias ácidas sulfatadas; células nas glândulas mucosas sob a superfície epitelial contêm principalmente mucossubstâncias carboxiladas, especialmente aquelas associadas ao ácido siálico, embora ocorram também grupos sulfatados; as células das glândulas serosas contêm mucossubstâncias neutras. As células caliciformes respondem principalmente à irritação local, enquanto glândulas tubulares, tanto mucosas como serosas, estão principalmente sob controle neural e hormonal. Secreções excessivas ou alteradas podem obstruir o fluxo de ar. Além das mucossubstâncias secretadas por glândulas brônquicas, substâncias antibacterianas e antiviróticas, como, por exemplo, lisozima, anticorpos do tipo IgA e possivelmente interferon, também aparecem no líquido secretado.

As partículas inaladas podem ser removidas pela corrente de rejeição mucociliar. Os cílios empurram o líquido sobrejacente à superfície dos bronquíolos, dos brônquios e da traqueia para cima a 1 cm/min e grande parte dos materiais inalados presos no líquido viscoso pode ser removida desta maneira. Partículas pequenas o bastante para chegar aos alvéolos podem ser removidas por fagócitos alveolares (pág. 998). O epitélio alveolar tem poderes de regeneração limitados, mas normalmente ele é reposto continuamente. O tempo de vida das células escamosas alveolares é de aproximadamente três semanas e aquele dos fagócitos alveolares é de quatro dias. As partículas inaladas também podem ser eliminadas pelo reflexo da tosse.

Numerosos linfonodos ocorrem no revestimento brônquico. Eles proporcionam focos para a produção de linfócitos e dão proteção imunológica local contra infecções tanto por atividades celularmente mediadas (células T) como pela produção de imunoglobulinas (principalmente IgA) pelas células B, que são passadas para as células glandulares para secreção na superfície epitelial.

Anatomia da tosse

A tosse envolve uma inspiração profunda inicial, seguida da contração vigorosa dos músculos expiratórios e do diafragma contra uma glote fechada. Isso acarreta uma elevação abrupta na pressão pleural (de 6,5 para 13 kPa) e na pressão intra-alveolar. A abertura subsequente da glote leva a um pico rápido de fluxo de ar expiratório, seguido por algum colapso da traqueia e das vias aéreas centrais, que é responsável pela estabilização do fluxo após o pico máximo.

A tosse é desencadeada quando aferentes vagais que inervam as vias aéreas, mecânica e quimicamente sensíveis, são ativados. Dados de estudos experimentais sugerem que os receptores inervados por essas aferências podem ser divididos *grosso modo* em três grupos: receptores de estiramento de adaptação lenta (RAL) e de adaptação rápida (RAR) e fibras C bronco-

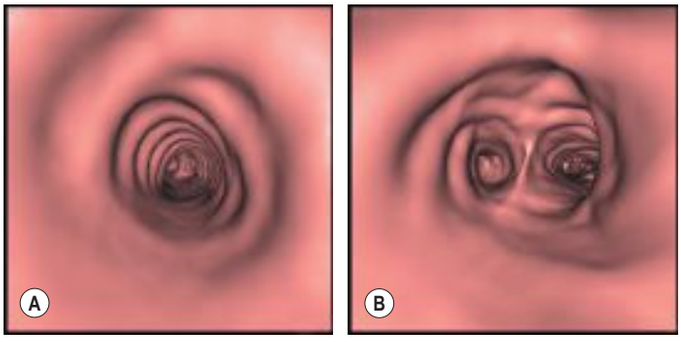


Fig. 57.15 Tomada broncoscópica TC virtual obtida pela reconstrução planar de uma TC espiral. **A,** Brônquio principal esquerdo. **B,** Carina. (Por cortesia de GKT Medical Systems.)

pulmonares. As aferências vagais terminam centralmente em regiões de pouca superposição na metade caudal do núcleo do trato solitário; neurônios de segunda ordem desse núcleo terminam em regiões relacionadas à respiração no bulbo, ponte e medula espinal. Nervos aferentes que inervam outras vísceras e nervos somatossensoriais que inervam a parede torácica, o diafragma e a musculatura abdominal anterior também podem estar envolvidos na regulação da tosse.

Não se tem certeza quanto à identidade dos terminais aferentes nas vias aéreas; receptores semelhantes às papilas gustativas são considerados responsáveis no ádito da laringe e algumas das "células de escova" do epitélio respiratório parecem ter contatos neurais, podendo representar, portanto, células sensoriais com atividade sináptica basal (Widdicombe 2002). Fora da laringe, a carina e pontos de ramificação da árvore traqueobrônquica parecem ser as áreas mais sensíveis do epitélio de revestimento das vias aéreas.

Para maiores detalhes, consulte Kubin *et al.* (2006) e Canning (2006).

BRONCOSCOPIA

A broncoscopia possibilita a visualização direta das cordas vocais, da traqueia e das vias aéreas principais até a primeira divisão das vias aéreas subsegmentares. Ocasionalmente a broncoscopia pode fornecer também algumas informações a respeito de estruturas adjacentes às vias aéreas, como, por exemplo, uma significativa linfadenopatia subcarinal pode causar a separação ou alargamento da carina. A broncoscopia permite a aquisição de amostras (p. ex., lavados brônquicos, raspados brônquicos, biópsias brônquicas e transbrônquicas), fornece informações a respeito da determinação do estágio no câncer de pulmão e facilita procedimentos terapêuticos (p. ex., remoção de corpos estranhos, ablação de tumores e inserção de stents nas vias aéreas). As informações obtidas por um exame de TC de volume contínuo (espiral) podem ser reconstruídas para fornecer imagens tridimensionais que podem ser usadas para a criação de tomadas endobrônquicas (broncoscopia virtual, Fig. 57.15) ou para a demonstração das artérias pulmonares.

REFERÊNCIAS

Armstrong P 2000 The normal chest. In: Armstrong P, Wilson AG, Dee P, Hansell DM (eds) Images of the Diseases of the Chest. London: Mosby: 21–62.

Baile EM 1996 The anatomy and physiology of the bronchial circulation. J Aerosol Med 9: 1–6.

Belvisi MG 2002 Overview of the innervation of the lung. Curr Opin Pharmacol 2: 211–15.

Canning BJ 2006 Anatomy and neurophysiology of the cough reflex: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. Chest 129: 33S–47S.

Devendra G, Spragg RG 2002 Lung surfactant in subacute pulmonary disease. Respir Res 3: 19–22.

Ghaye B, Szapiro D, Fanchamps JM, Dondelinger RF 2001 Congenital bronchial abnormalities revisited. Radiographics 21: 105–19.

Jeffery PK 2003 Microscopic structure of the lung. In: Gibson GJ, Geddes DM, Costabel U, Sterk PJ, Corrin B (eds) Respiratory Medicine, 3rd edn. London: Elsevier Science: 34–50.

Kubin L, Alheid GF, Zuperku EJ, McCrimmon DR 2006 Central pathways of pulmonary and lower airway vagal afferents. J Appl Physiol 101: 618–27.

Venuta F, Rendina EA, De Giacoma T et al 1998 Technique to reduce air leaks after pulmonary lobectomy. Eur J Cardiothorac Surg 13: 361–4.

Widdicombe J 2002 Neuroregulation of cough: implications for drug therapy. Curr Opin Pharmacol 2: 256–63.

CAPÍTULO 58

Diafragma

O diafragma é uma lâmina músculo-fibrosa curvada que separada a cavidade torácica da cavidade abdominal (Figs. 58.1 e 58.2). Sua face superior convexa está voltada para o tórax, e sua face inferior côncava está voltada em direção ao abdome. As posições das cúpulas do diafragma são extremamente variáveis porque elas dependem da estrutura do corpo e da fase da ventilação. Deste modo, o diafragma estará em posição mais alta em pessoas baixas e gordas do que em pessoas altas e magras, e a insuflação excessiva do pulmão, como ocorre no enfisema, por exemplo, causa uma marcante depressão do diafragma. Normalmente, após expiração forçada, a cúpula direita está nivelada anteriormente com a quarta cartilagem costal e, consequentemente, com o mamilo direito, enquanto a cúpula esquerda se encontra aproximadamente ao nível de uma costela mais abaixo. Com uma inspiração máxima, a cúpula descerá em torno de 10 cm, e em uma radiografia simples de tórax a cúpula direita coincide com a extremidade da sexta costela. Em posição de supino, o diafragma estará mais alto do que na posição ereta, e quando o corpo se encontra deitado sobre um lado, a metade pendente do diafragma estará em posição consideravelmente mais alta do que a mais superior.

INSERÇÕES E COMPONENTES

As fibras musculares do diafragma surgem a partir da circunferência altamente oblíqua da abertura superior do tórax: as inserções são baixas posteriormente e lateralmente, porém altas anteriormente. Embora seja uma lâmina contínua, o músculo pode ser considerado em três partes – esternal, costal e lombar – as quais são baseadas nas regiões de inserção periférica. A parte esternal do diafragma surge através de duas alças musculares a partir da face posterior do processo xifoide, e nem sempre está presente. A parte costal do diafragma surge a partir das faces internas das seis cartilagens costais inferiores e de suas costelas adjacentes a cada lado e se interdigita com o músculo transverso do abdome (Fig. 54.14). A parte lombar do diafragma surge a partir de dois arcos aponeuróticos, os ligamentos arqueados medial e lateral (às vezes denominados de arcos lombocostais) e a partir das vértebras lombares pelos dois pilares musculares.

O ligamento arqueado lateral é uma faixa espessada na fáscia que cobre o músculo quadrado do lombo, e ele arqueia através da parte superior daquele músculo. Encontra-se fixado medialmente à frente do processo transverso da primeira vértebra lombar, e lateralmente à margem inferior da décima segunda costela próximo ao seu ponto médio. O ligamento arqueado medial é um arco tendíneo na fáscia que cobre a parte superior do músculo psoas maior. Medialmente, é contínuo com a margem tendínea lateral do pilar correspondente, e deste modo encontra-se fixado ao lado do corpo da primeira ou segunda vértebra lombar. Lateralmente, está fixado à frente do processo transverso da primeira vértebra lombar.

Os pilares do diafragma são tendíneos em suas inserções e se misturam ao ligamento longitudinal anterior da coluna vertebral. O pilar direito é mais largo e mais longo que o esquerdo e surge a partir das faces anterolaterais dos corpos vertebrais e dos discos intervertebrais das três vértebras lombares superiores. O pilar esquerdo surge a partir das partes correspondentes das duas vértebras lombares superiores. As margens tendíneas mediais dos pilares se encontram na linha mediana para formar um arco, o ligamento arqueado mediano, o qual cruza a frente da aorta ao nível do disco toracolombar; ele é frequentemente mal definido.

A partir destas fixações circunferenciais, as fibras do diafragma convergem para um centro tendíneo. As fibras a partir do processo xifoide são curtas, seguem quase horizontalmente e são ocasionalmente aponeuróticas. As fibras derivadas dos ligamentos arqueados medial e lateral, e mais especialmente aquelas derivadas das costelas e suas cartilagens, são mais longas. Elas se elevam quase verticalmente primeiro, e em seguida se curvam em direção à sua fixação central. As fibras derivadas dos pilares divergem e as mais laterais se tornam mais laterais ainda à medida que ascendem para o centro tendíneo. As fibras mediais do pilar direito envolvem o esôfago onde ele passa através do diafragma, sendo que as fibras mais superficiais ascendem à esquerda e as fibras mais profundas cobrem a margem direita. Às vezes, um fascículo muscular derivado da face medial do pilar esquerdo cruza a aorta e corre obliquamente através das fibras do pilar direito em direção ao forame da veia cava, mas o fascículo não continua para cima ao redor do hiato esofágico do lado direito.

O centro tendíneo do diafragma é uma delgada, porém forte, aponeurose de fibras intimamente entrelaçadas, situada próximo ao centro do músculo, porém mais perto da parte anterior do tórax, de modo que as fibras musculares posteriores sejam mais longas. No centro, ele se encontra imediatamente abaixo do pericárdio, com o qual se funde parcialmente. Seu formato é trifoliado. O folheto mediano, ou anterior, tem a forma de um triângulo equilátero com o ápice direcionado para o processo xifoide. Os folhetos direito e esquerdo apresentam um formato de lingueta e se curvam lateralmente e para trás, sendo o esquerdo um pouco mais estreito. A área central do centro tendíneo consiste de quatro faixas diagonais bem marcadas, que se irradiam a partir de um espesso nodo central onde faixas tendíneas comprimidas se decussam em frente ao esôfago e para a esquerda da veia cava.

RELAÇÕES

A superfície superior do diafragma está relacionada a três membranas serosas. A cada lado, a pleura o separa da base do pulmão correspondente, e o pericárdio está interposto entre o folheto mediano do centro tendíneo e o coração. Esta última área, a qual é quase plana, é referida como o platô cardíaco e se estende mais para a esquerda do que para a direita. Em vista anteroposterior, o perfil (contorno) superior do diafragma se eleva a cada lado do platô cardíaco em uma cúpula convexa lisa, sendo a cúpula da direita mais alta e levemente mais ampla que a da esquerda. A maior parte da superfície inferior é coberta pelo peritônio. O lado direito é precisamente moldado sobre a superfície convexa do lobo direito do fígado, do rim direito e da glândula suprarrenal direita. O lado esquerdo se conforma com o lobo esquerdo do fígado, o fundo gástrico, o baço, o rim esquerdo e a glândula suprarrenal esquerda. Em vista destas diferenças no perfil e nas relações anatômicas dos lados direito e esquerdo do diafragma, o lado deve sempre ser especificado em descrições clínicas. Sob inspiração completa, o hemidiafragma direito é encontrado anteriormente em uma radiografia posteroanterior de tórax, no nível da sexta costela; o hemidiafragma esquerdo encontra-se 1,5-2,5 cm mais baixo que o direito (Fig. 55.16). A paralisia unilateral pode ser vista como um hemidiafragma elevado em uma radiografia de tórax, mas este sinal não deve ser confirmado na prática clínica sem uma análise crítica.

ABERTURAS

Algumas estruturas passam entre o tórax e o abdome através de aberturas no diafragma. Existem três grandes aberturas, para a aorta, para o esôfago e para a veia cava inferior, e várias aberturas menores (Fig. 58.2).

O hiato aórtico é o mais inferior e mais posterior das grandes aberturas e é encontrado no nível da margem inferior da décima segunda vértebra torácica e o disco intervertebral toracolombar, ligeiramente à esquerda da linha mediana. Ela é uma abertura ósseo-aponeurótica definida pelos pilares diafragmáticos lateralmente, pela coluna vertebral posteriormente e pelo diafragma anteriormente. Falando estritamente, ele se encontra atrás do diafragma e de seu ligamento arqueado mediano (quando presente). Ocasionalmente, algumas fibras tendíneas derivadas das partes mediais dos pilares também passam por trás da aorta, convertendo o hiato em um anel fibroso. O hiato aórtico permite a passagem da aorta, do ducto torácico, de troncos linfáticos derivados da porção inferior da parede posterior do tórax e, às vezes, das veias ázigo e hemiázigo.

O hiato esofágico está localizado ao nível da décima vértebra torácica, acima, à frente e um pouco à esquerda do hiato aórtico. Ele permite a passagem do esôfago, de nervos gástricos, de ramos esofágicos dos vasos gástricos esquerdos e de alguns vasos linfáticos. A abertura elíptica tem um eixo longo ligeiramente oblíquo e está delimitada por fibras musculares que se originam na parte medial do pilar direito e cruzam a linha mediana, formando uma "chaminé" de aproximadamente 2,5 cm de comprimento, a qual acomoda as porções terminais do esôfago. As fibras mais externas

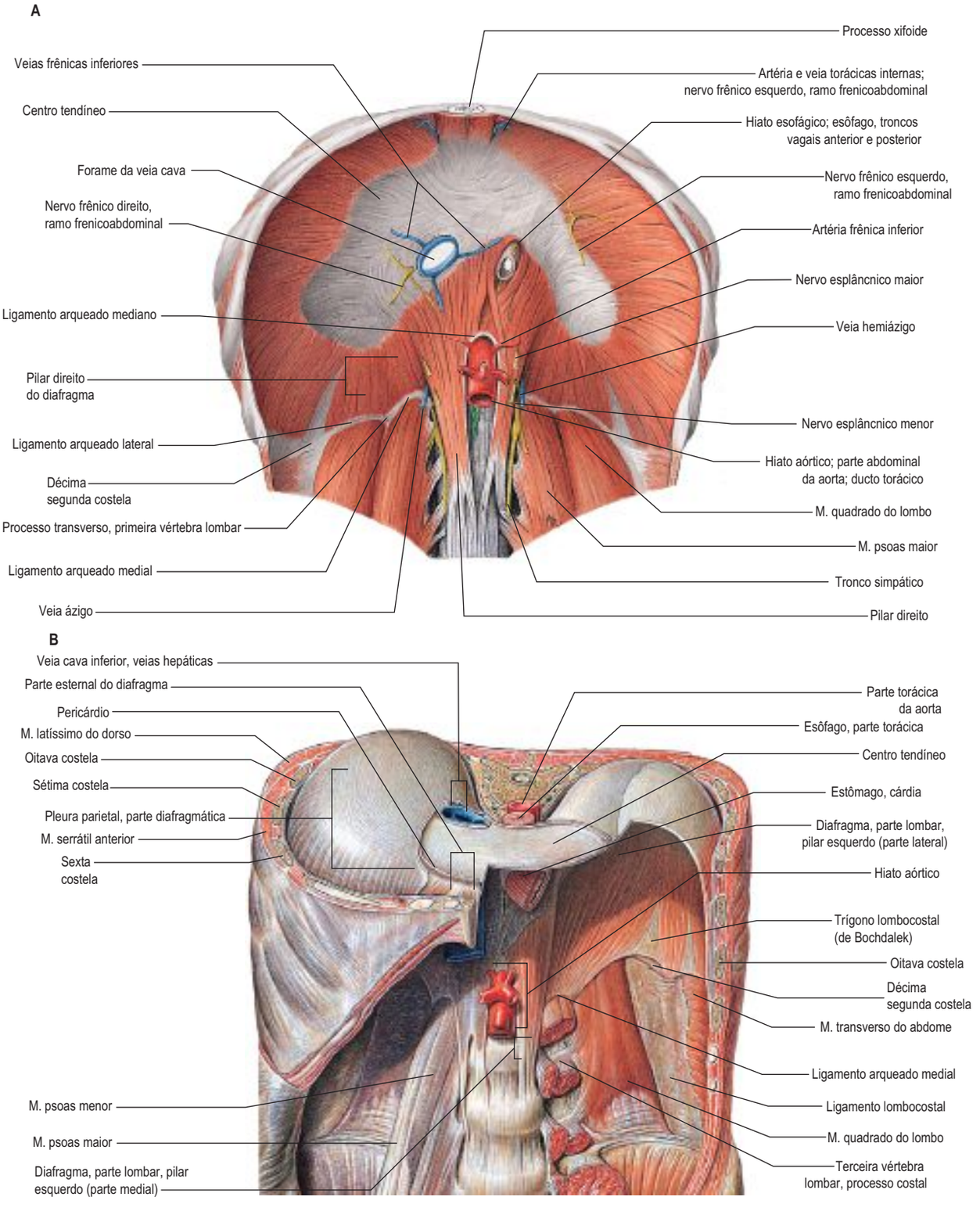


Fig. 58.1 A, Face abdominal (inferior) do diafragma. Observe o hiato esofágico, o forame da veia cava e o hiato aórtico. A parte medial do pilar direito frequentemente consiste de três componentes e se estende ainda mais distalmente do que o pilar esquerdo. **B,** Tronco seccionado ao nível da décima vértebra torácica. (De Sobotta, 2006).

seguem em uma direção craniocaudal e as fibras mais internas estão organizadas circunferencialmente. Não há continuidade direta entre a parede do esôfago e o músculo ao redor do hiato esofágico. A fáscia sobre a superfície inferior do diafragma é contínua com a fáscia transversal e é rica em fibras elásticas. Ela se estende para cima e para o interior do hiato como um cone achatado para se misturar com a parede do esôfago 2-3 cm acima da junção esofagogástrica (escamocolunar). Algumas de suas fibras elásticas penetram na tela submucosa do esôfago. Este tecido conjuntivo frouxo (areolar) periesofágico é referido como o ligamento frenicoesofágico. Ele conecta o esôfago de modo flexível ao diafragma, permitindo alguma liberdade de movimento durante a deglutição e a ventilação, ao mesmo tempo limitando o deslocamento do esôfago para cima.

O forame da veia cava, a mais alta das três grandes aberturas, se encontra no nível do disco entre a oitava e a nona vértebras torácicas. Ela tem formato quadrilátero e está localizada na junção do folheto direito com a área central do tendão, de modo que suas margens sejam aponeuróticas. Ela é atravessada pela veia cava inferior, a qual se adere à margem da abertura, e por alguns ramos do nervo frênico direito.

Existem duas aberturas menores em cada pilar: uma permite a passagem do nervo esplâncnico maior, e a outra permite a passagem do nervo esplâncnico menor. Os troncos simpáticos com seus gânglios normalmente entram na cavidade abdominal por trás do diafragma, abaixo do ligamento arqueado medial. Aberturas para minúsculas veias ocorrem frequentemente no centro tendíneo.

A cada lado do diafragma existem pequenas áreas onde as fibras musculares são substituídas por tecido conjuntivo frouxo ou areolar. Uma, entre as partes esternal e costal do diafragma, contém a artéria epigástrica superior, ramo da artéria torácica interna e alguns vasos linfáticos derivados

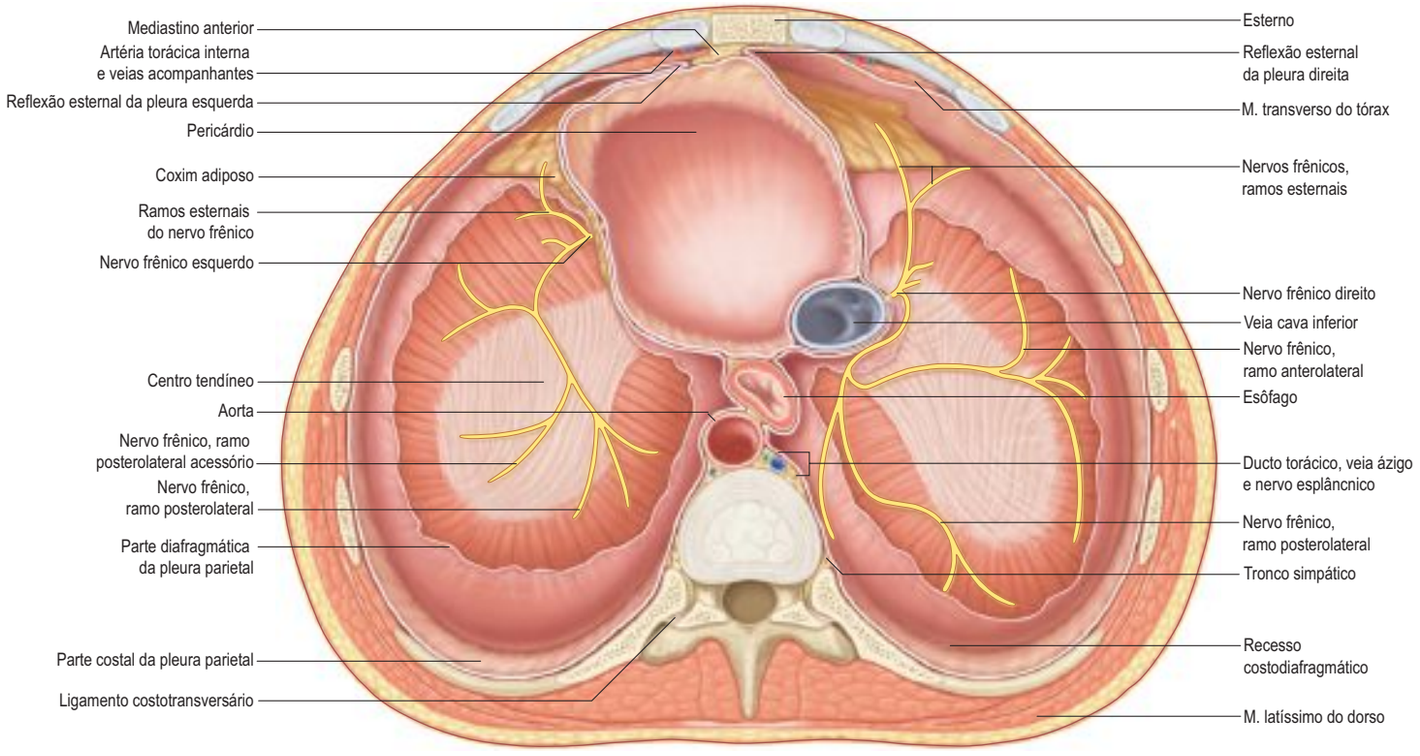


Fig. 58.2 Face torácica do diafragma (superior). Observe que as fibras descem a partir de suas fixações esternocostais anteriores relativamente "altas", de maneira abrupta e oblíqua em relação a suas fixações posteriores "baixas" complexas. Os nervos frênicos estão demonstrados nas faces diafragmáticas.

da parede abdominal e da superfície convexa do fígado. A outra, entre a parte costal do diafragma e as fibras que saltam do ligamento arqueado lateral, é menos constante; quando ela está presente, a superfície posterossuperior do rim é separada da pleura apenas por tecido conjuntivo frouxo.

Refluxo esofágico O refluxo do conteúdo gástrico para o esôfago, com risco de aspiração para os pulmões, é normalmente impedido por uma barreira antirrefluxo fisiológica localizada na junção esofagogástrica. Os principais componentes desta barreira são a musculatura lisa especializada da parede da porção inferior do esôfago e as fibras envoltórias dos pilares do diafragma. Veja também o Capítulo 65.

Hérnia de hiato O diafragma empresta uma força adicional a todos os esforços expulsivos: o espirro, a tosse, o riso, o choro, a micção, a defecação e a expulsão do feto pelo útero são todos precedidos de uma inspiração profunda. De forma similar, uma inspiração profunda seguida pelo fechamento da glote é uma preliminar comum ao recrutamento poderoso dos músculos do tronco, por exemplo, durante o levantamento de pesos, porque a pressão intra-abdominal aumentada fornece um reforço pneumático da coluna vertebral. O estresse repetido pode finalmente comprometer a integridade do hiato, de modo que o túnel hiatal muscular se alargue. A frouxidão concomitante do ligamento frenicoesofágico permite que a junção esofagogástrica deslize para dentro do tórax; isto é normalmente denominado de uma hérnia de hiato deslizante, ou do tipo I (Kahrilas, 2001). As hérnias deslizantes são tipicamente adquiridas. Elas comumente ocorrem na quinta década de vida e são encontradas em mais de 50% dos pacientes com refluxo gastroesofágico, uma condição que induz à contração tônica da túnica muscular longitudinal do esôfago, o que exacerba ainda mais a hérnia de hiato. Quando o estômago se hernia para o interior do tórax ao longo do esôfago, isto é denominado uma hérnia de hiato paraesofágica, ou do tipo II.

Hérnias congênitas/eventração diafragmática Órgãos abdominais, usualmente o estômago, podem se herniar através do diafragma para dentro do tórax. Existem três locais, nos quais hérnias podem ocorrer: posterolateral (de Bochdalek), subcostoesternal (de Morgagni) e esofágica.

A mais comum é uma hérnia posterolateral (de Bochdalek), que ocorre como o resultado de um defeito na parte posterior do diafragma, na região da décima ou décima primeira costela. Ela é mais comum à esquerda, e se apresenta com conteúdos abdominais no hemitórax esquerdo ao nascimento; casos clinicamente significativos desenvolvem hipoxemia e insuficiência respiratória ao nascimento. Uma radiografia de tórax demonstra o desvio mediastinal para o lado contralateral e a presença de conteúdos gastrintestinais no tórax; o diagnóstico deve ser feito ao ultrassom pré-natal de rotina. O tratamento envolve a descompressão dos conteúdos gastrointestinais e a estabilização cardiopulmonar. O reparo cirúrgico é realizado quando o paciente está estável, mas o prognóstico é determinado pelo grau de hipoplasia pulmonar acompanhante, severidade das anormalidades vasculares pulmonares e quaisquer defeitos cardíacos congênitos associados.

A hérnia subcostoesternal, primeiramente descrita por Morgagni, é incomum e ocorre através de um defeito na parte anterior do diafragma, imediatamente lateral ao processo xifoide. Ela é frequentemente assintomática.

A hérnia esofágica ocorre como resultado de um defeito no hiato esofágico, de modo que parte do estômago se hernia para dentro do tórax. Ela raramente é de origem congênita, normalmente se desenvolve mais tardiamente na vida, e acredita-se que seja adquirida.

Trauma diafragmático Ferimentos toracoabdominais internos e penetrantes podem resultar em ruptura ou laceração do diafragma. Com ferimentos internos e ruptura diafragmática, pode haver uma subsequente herniação dos componentes abdominais para o interior do tórax. A TC espiral com reformatação planar deve ser a principal investigação (Shanmuganathan *et al.*, 2000): a RM é usualmente realizada quando outras modalidades de imageamento tenham produzido achados equivocados. O reparo cirúrgico precoce é recomendado no trauma diafragmático, porque casos não tratados constituem risco de desenvolver obstrução gastrointestinal ou perfuração. Pacientes com ferimentos penetrantes podem necessitar de avaliação adicional através de toracoscopia (Lowdermilk e Naunheim, 2000).

SUPRIMENTO VASCULAR

ARTÉRIAS

As cinco artérias intercostais inferiores e as artérias subcostais suprem as margens costais do diafragma, enquanto as artérias frênicas suprem a porção central principal do diafragma. O arranjo anastomótico (p. 1010) garante um profuso suprimento sanguíneo.

Artérias frênicas inferiores

Duas pequenas artérias frênicas inferiores ajudam a suprir o diafragma através da face abdominal (inferior). Elas podem se originar da aorta separadamente, logo acima do tronco celíaco, através de um tronco aórtico comum ou através do tronco celíaco. Ocasionalmente, uma é derivada da aorta, e a outra é derivada de uma artéria renal. Cada artéria ascende lateralmente e anteriormente a um pilar do diafragma, próximo à margem medial da glândula suprarrenal. A artéria frênica esquerda passa por trás do esôfago e em seguida se dirige para frente, ao lado esquerdo de sua abertura diafragmática. A artéria frênica direita passa posteriormente à veia

cava inferior, e em seguida ao longo do lado direito de sua abertura. Cada artéria frênica se divide em ramos medial e lateral próximo à margem posterior do centro tendíneo. O ramo medial se curva para frente para se anastomosar com seu companheiro contralateral em frente ao centro tendíneo e com as artérias musculofrênica e pericardicofrênica. O ramo lateral se aproxima da parede do tórax e se anastomosa com as artérias intercostais posteriores e musculofrênicas. O ramo lateral da artéria frênica inferior direita supre a veia cava inferior, enquanto a artéria frênica inferior esquerda envia ramos ascendentes ao esôfago. Invariavelmente, existe uma artéria comunicante entre as artérias gástrica esquerda e frênica inferior.

VEIAS

Veias frênicas inferiores

As veias frênicas inferiores seguem as artérias correspondentes à face inferior do diafragma. A veia frênica inferior direita termina na veia cava inferior. A veia frênica inferior esquerda é frequentemente dupla: um ramo termina na veia renal esquerda ou na veia suprarrenal, e a outra passa anteriormente ao hiato esofágico para se unir à veia cava inferior.

INERVAÇÃO

O diafragma recebe sua inervação motora através dos nervos frênicos (Fig. 58.3). Fibras sensitivas estão distribuídas para a parte periférica do músculo através dos seis ou sete nervos intercostais inferiores. O pilar direito do diafragma, cujas fibras se dividem para a direita e para a esquerda do hiato esofágico, é inervado pelos nervos frênicos direito e esquerdo. Existem algumas evidências de que as fibras dos pilares se contraem ligeiramente antes da parte costal do diafragma, e isto pode ser funcionalmente significativo para tarefas não respiratórias (Sharshar *et al.*, 2005).

Nervo frênico

O nervo frênico é um nervo misto que fornece a inervação motora exclusiva ao diafragma. Ele é derivado principalmente do ramo anterior do quarto nervo cervical, mas também recebe contribuições dos ramos anteriores do terceiro e quinto nervos cervicais (Fig. 43.6). O trajeto da parte cervical do nervo frênico está descrito na página 456. No interior do tórax, o nervo frênico desce anteriormente ao hilo do pulmão, entre o pericárdio fibroso e a parte mediastinal da pleura, para o diafragma, acompanhado pelos vasos pericardicofrênicos. No trajeto torácico, cada nervo frênico fornece ramos sensitivos para a parte mediastinal da pleura, para o pericárdio fibroso e para a lâmina parietal do pericárdio seroso. Os nervos frênicos direito e esquerdo diferem em suas relações intratorácicas (Rajanna, 1947).

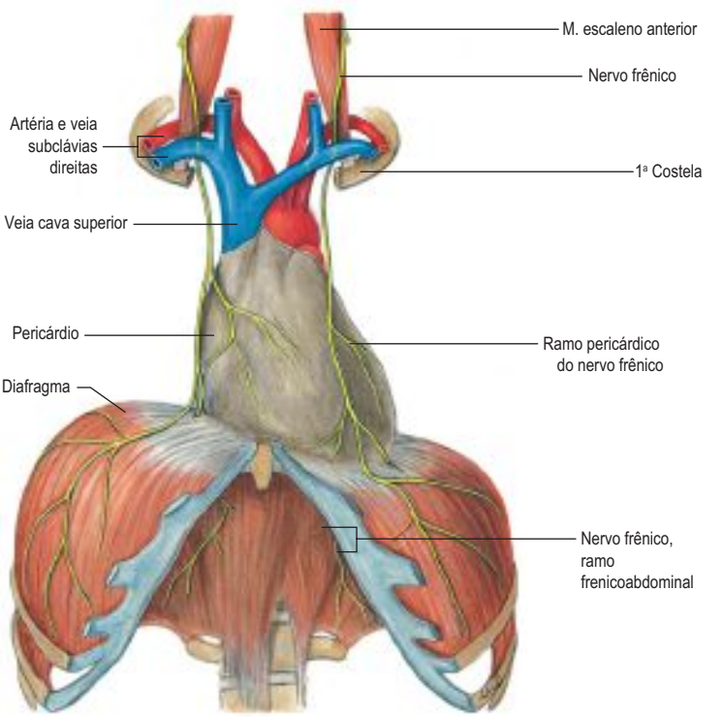


Fig. 58.3 Distribuição dos nervos frênicos direito e esquerdo. (de Sobotta, 2006.)

Nervo frênico direito

O nervo frênico direito é mais curto e mais vertical do que o esquerdo e, na raiz do pescoço, está separado da segunda parte da artéria subclávia direita pelo músculo escaleno anterior. Ele a seguir desce lateralmente à veia braquiocefálica direita, à veia cava superior e ao pericárdio fibroso que cobre a superfície direita do átrio direito e a veia cava inferior, e se divide um pouco acima ou ao nível do diafragma (Fig. 58.2).

Nervo frênico esquerdo

Na raiz do pescoço, geralmente é descrito que o nervo frênico esquerdo deixa a margem medial do músculo escaleno anterior e passa anteriormente à primeira parte da artéria subclávia esquerda e posteriormente ao ducto torácico. Entretanto, às vezes os nervos frênicos direito e esquerdo são simétricos em seu trajeto cervical, de modo que o nervo frênico esquerdo possa cruzar anteriormente a segunda parte da artéria subclávia esquerda, separado dela pelo músculo escaleno anterior no nível da abertura superior do tórax. Consequentemente, o nervo frênico esquerdo cruza anteriormente a artéria torácica interna esquerda, descendo através da face medial do ápice do pulmão esquerdo e sua pleura até a primeira parte da artéria subclávia, a qual ele cruza obliquamente para alcançar um sulco entre as artérias carótida comum e subclávia esquerda. Ele passa anteromedialmente, superficialmente ao nervo vago esquerdo, um pouco acima do arco da aorta e por trás da veia braquiocefálica esquerda, e em seguida passa superficialmente ao arco da aorta e à veia intercostal superior esquerda, anteriormente ao hilo do pulmão esquerdo, para se dispor entre o pericárdio fibroso que cobre a superfície do ventrículo esquerdo e a parte mediastinal da pleura (Fig. 56.1).

Relações diafragmáticas

O nervo frênico direito passa através do centro tendíneo do diafragma, seja através do forame da veia cava inferior ou bem lateral a ele. O nervo frênico esquerdo passa através da parte muscular do diafragma anteriormente ao centro tendíneo, imediatamente lateral à superfície cardíaca esquerda e mais anterior do que o nervo frênico direito (Fig. 58.2). No diafragma ou ligeiramente acima dele, cada nervo frênico fornece delicados ramos para a pleura parietal acima da região central do diafragma e para o peritônio parietal abaixo da mesma. Tipicamente, o tronco de cada nervo se divide, em seguida, em três ramos à medida que ele passa através do diafragma. Estes estão geralmente organizados da seguinte maneira (com algumas variações): um ramo anterior (esternal), o qual segue anteromedialmente em direção ao esterno e se conecta com seu par; um ramo anterolateral, que segue lateralmente anterior ao folheto lateral do centro tendíneo; um ramo posterior curto, o qual se divide em um ramo posterolateral que segue por trás do folheto lateral, e um ramo posterior (crural) que supre as fibras dos pilares. Os ramos posterolaterais e dos pilares (crurais) podem se originar separadamente a partir do nervo frênico. Estes ramos principais podem estar submersos na musculatura diafragmática ou se encontrar abaixo desta. Eles fornecem fibras motoras para a musculatura e fibras sensitivas para o peritônio e a pleura relacionados à parte central do diafragma. Eles também emitem fibras proprioceptivas a partir da musculatura. O nervo frênico direito supre a parte do pilar direito à direita do esôfago, e o nervo frênico esquerdo supre o pilar esquerdo e a parte do pilar direito que se encontra à esquerda do esôfago. Os ramos frênicos se conectam com ramos do plexo celíaco na face inferior do diafragma, e existe um pequeno gânglio frênico à direita, na junção dos plexos. Ramos derivados dos plexos suprem as glândulas suprarrenais e, à direita, os ligamentos falciforme e coronário (do fígado), a veia cava inferior e, possivelmente (através de conexões com os plexos celíaco e hepático), a vesícula biliar.

Lesões do nervo frênico

Uma apreciação da localização dos principais ramos dos nervos frênicos é importante para evitar lesões cirúrgicas iatrogênicas. Incisões radiais no diafragma a partir da margem costal até o hiato esofágico levam à paralisia diafragmática, enquanto incisões toracoabdominais de uma maneira circunferencial na periferia do diafragma não envolvem quaisquer ramos significativos dos nervos frênicos e preservam a função diafragmática. De modo similar, incisões do centro tendíneo são seguras.

A secção do nervo frênico no pescoço paralisa completamente a metade correspondente do diafragma, a qual atrofia. Se houver um nervo frênico acessório, a secção ou esmagamento do nervo principal, conforme ele se encontra sobre o músculo escaleno anterior, não produzirá uma paralisia completa. O nervo frênico pode estar envolvido com lesões traumáticas superiores do plexo braquial. Sob o ponto de vista histórico, ele era deliberadamente lesado a fim de colapsar, e daí colocar em repouso, o pulmão em pacientes com tuberculose pulmonar. A cirurgia cardíaca é uma das causas médicas mais comuns de lesão do nervo frênico, especialmente como resultado da instilação de gelo seco de salina para a preservação do miocárdio. Outras causas incluem cirurgia torácica, tumores do pulmão ou do mediastino e infecções, tais como poliomielite. A fraqueza muscular respiratória de início rápido é uma característica da síndrome de Guillain-Barré.

A lesão do nervo frênico leva a um movimento paradoxal do diafragma que é mais bem observado fluoroscopicamente, com o paciente primeiro na posição ereta (diafragma sem carga), e em seguida em posição de supino com um pequeno peso sobre o abdome (diafragma com carga). A paralisia diafragmática também pode ser avaliada através de exame de ultrassom com uma manobra de inalação. O "padrão ouro" para a avaliação da unidade nervo frênico/diafragma é a estimulação elétrica ou magnética do nervo frênico com registro do potencial de ação muscular composto e/ou da pressão transdiafragmática. A estimulação elétrica do diafragma, através do "rastreamento" de um ou de ambos os nervos frênicos, tem sido usado com algum sucesso em bebês com síndrome hipoventilatória alveolar central ("mal de Ondina") e em pacientes com lesões cervicais altas da medula espinal, nos quais o diafragma está paralisado, mas os neurônios motores inferiores estão intactos. Eletrodos são colocados adjacentes aos nervos, às vezes no pescoço, mas mais comumente no tórax, e um ritmo ventilatório é estabelecido por séries de estímulos liberados por um aparelho implantado. Como esta é uma maneira não fisiológica de recrutar o músculo, as fibras devem estar "condicionadas" durante o período inicial de estimulação, de modo que elas adquiram a resistência necessária à fadiga.

Dor referida

A dor diafragmática é frequentemente percebida na ponta do ombro, refletindo as origens de raízes nervosas comuns no pescoço. Ela usualmente ocorre quando há inflamação da parte diafragmática da pleura, por exemplo, na pneumonia basal, em efusões pleurais ou doenças malignas.

Nervo frênico acessório

O nervo frênico acessório está descrito no Capítulo 28.

ANATOMIA DA RESPIRAÇÃO

A respiração é um processo abdominal e torácico altamente coordenado. O diafragma é o principal músculo da inspiração, responsável por aproximadamente dois terços da respiração silenciosa em seres humanos sadios. Os músculos intercostais externos são mais ativos na inspiração e os intercostais internos, os quais não são tão fortes, são mais ativos na expiração. Aumentando-se as dimensões vertical, transversal e anteroposterior do tórax, promove-se o aumento de volume do espaço pleural, e a resultante diminuição na pressão intrapleural puxa o ar para dentro dos pulmões. Durante a expiração, o diafragma relaxa e se move superiormente. O ar é expelido dos pulmões e o recolhimento elástico dos pulmões cria uma pressão subatmosférica que retorna as dimensões laterais e anteroposterior do tórax ao normal (Troyer e Estenne, 1988; Celli, 1998).

Durante a inspiração, as costelas mais inferiores estão fixas, e a contração do diafragma empurra o centro tendíneo para baixo. Neste movimento, a curvatura do diafragma é raramente alterada. As cúpulas se movem para baixo e um pouco para frente, quase paralelas às suas posições originais. O deslocamento associado das vísceras abdominais para baixo é permitido por causa da extensibilidade da parede abdominal, mas o limite desta extensibilidade é logo atingido. O centro tendíneo, com seu movimento detido pelas vísceras abdominais, em seguida se torna um ponto fixo a partir do qual as fibras do diafragma continuam a se contrair. Isto faz com que haja uma elevação da segunda à décima costelas e que as porções inferiores das costelas sejam viradas para fora como resultado de uma transmissão direta de pressão através da zona de aposição (Fig. 58.4). A face medial da costela é elevada e isto aumenta a dimensão transversal do tórax da mesma maneira como a alça de um balde balançando para fora (Fig. 58.5A). Este efeito é mais evidente nas costelas inferiores (da sétima a décima costelas). Movimentos nas articulações costovertebrais causam a elevação das extremidades anteriores das costelas que empurram o corpo do esterno e as costelas superiores para frente. Este movimento em "braço de bomba" é mais evidente nas costelas superiores (da segunda a sexta costelas) e aumenta a dimensão anteroposterior do tórax (Fig. 58.5B). A cúpula direita do diafragma, a qual se dispõe sobre o fígado, tem uma resistência maior a superar do que a esquerda, a qual se encontra sobre o estômago, de modo que o pilar direito e as fibras do lado direito sejam mais substanciais que as do lado esquerdo. O equilíbrio entre a descida do diafragma, a protrusão da parede abdominal (respiração "abdominal") e a elevação das costelas (respiração "torácica") varia em diferentes indivíduos e com a profundidade da ventilação. O padrão torácico é usualmente

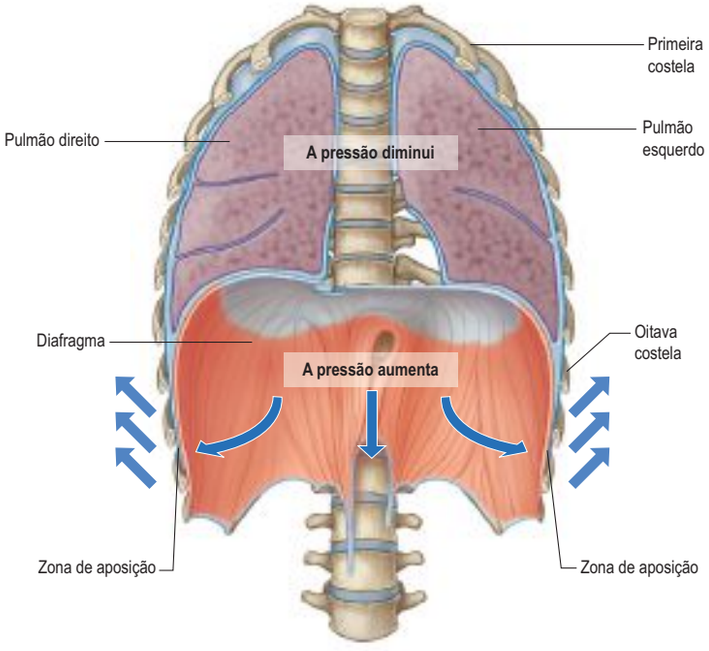


Fig. 58.4 Movimentos inspiratórios: alterações de pressão durante a inspiração. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

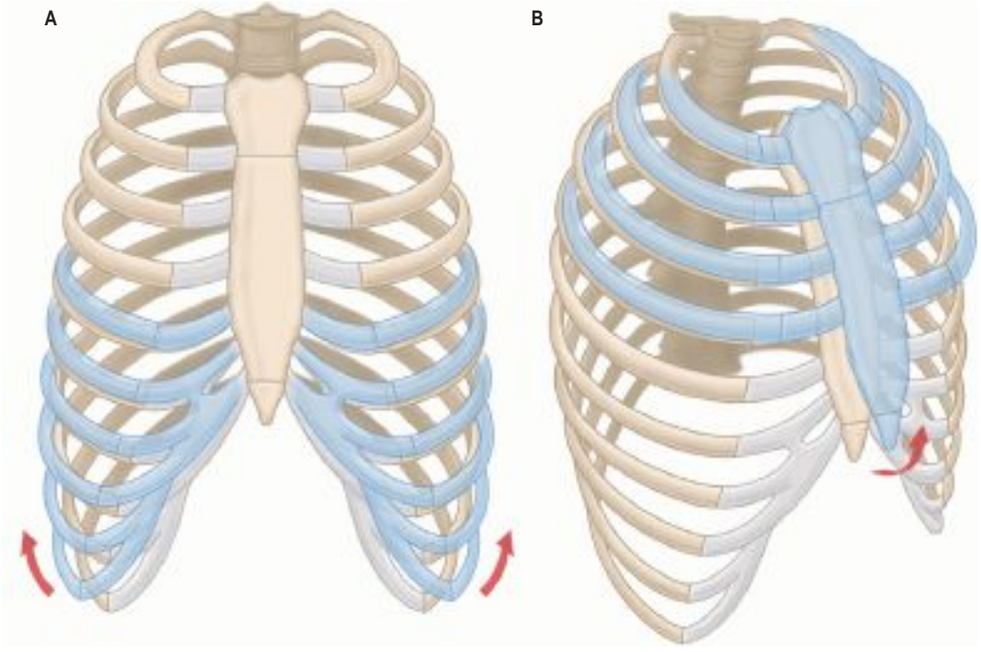


Fig. 58.5 Os movimentos das costelas durante a inspiração (**A**) aumentam o diâmetro transversal do tórax com o movimento de "alça de balde" e (**B**) aumentam a dimensão anteroposterior do tórax com o movimento de "braço de bomba".

mais marcante em mulheres, mas aumenta em ambos os sexos durante a inspiração profunda.

A excursão diafragmática é tipicamente de 1,5 cm na respiração silenciosa. Durante a ventilação profunda, o movimento máximo varia de 6 a 10 cm. Após uma inspiração forçada, por exemplo, quando a respiração é parcialmente obstruída, a cúpula direita do diafragma pode descer em torno do nível da décima primeira vértebra torácica, enquanto a cúpula esquerda pode atingir o nível do corpo vertebral da décima segunda vértebra torácica. Após uma expiração forçada, a cúpula direita do diafragma está nivelada anteriormente com a quarta cartilagem costal, lateralmente com a quinta, sexta e sétima costelas, e posteriormente com a oitava costela, e a cúpula esquerda é um pouco mais baixa.

O nível do diafragma é afetado pela fase e profundidade da ventilação, pelo grau de distensão do estômago e dos intestinos e pelo tamanho do fígado. Radiografias mostram que a altura do diafragma no interior do tórax também varia consideravelmente com a postura. Ele é mais alto quando o corpo está em posição de supino, e nesta posição ele realiza as maiores excursões ventilatórias com a respiração normal. Quando o corpo está ereto, o diafragma está mais baixo, e seus movimentos ventilatórios se tornam menores. A silhueta diafragmática é ainda mais baixa na postura sentada, e as excursões ventilatórias são as menores sob estas condições. Quando o corpo está horizontal e sobre um lado, as duas metades do diafragma não se comportam da mesma maneira. A metade mais superior desce para um nível mais baixo do que a observada quando em posição sentada e se movimenta pouco com a ventilação. A metade inferior se eleva mais alto no tórax do que acontece mesmo em posição de supino, e suas excursões ventilatórias são consideravelmente maiores. Mudanças no nível do diafragma com alterações na postura explicam por que pacientes com dispneia severa ficam mais confortáveis, e com menor encurtamento de respiração, quando sentados.

A função principal dos músculos intercostais é enrijecer a parede do tórax, prevenindo o movimento paradoxal durante a descida do diafragma na inspiração. Isto se torna mais óbvio imediatamente após uma lesão medular alta, quando existe uma paralisia flácida de todo o tronco e apenas o diafragma é deixado funcionante. Em um adulto sadio com uma capacidade vital de 4,5 L, cerca de 3 L são responsáveis pela excursão diafragmática. Imediatamente após uma lesão medular alta, a capacidade vital diminui a cerca de 300 mL, muito embora o diafragma esteja se movimentando de forma máxima, porque cerca de 2,7 L são perdidos pela incursão paradoxal da parede torácica flácida à medida que o diafragma desce. Com o tempo (geralmente várias semanas), a paralisia se torna espástica, enrijecendo a parede do tórax, e a capacidade vital aumenta em direção ao seu limite frênico de cerca de 3 L.

Da mesma maneira, uma lesão medular alta revela o papel do abdome na inspiração e na expiração. A musculatura abdominal desempenha um papel fundamental na expiração ativa na espécie humana. Durante o estágio flácido de uma paralisia oriunda de uma lesão medular alta, os únicos mecanismos disponíveis para retornar o diafragma relaxado ao tórax durante a expiração são o recolhimento passivo dos pulmões e da parede do tórax, e o peso das vísceras abdominais. Este último é o mais importante, e atua apenas quando os pacientes estão deitados. Se eles se sentam ou ficam eretos, são incapazes de respirar. Enfaixar o abdome com uma cinta elástica pode ajudar tais pacientes. De modo contrário, quando a paralisia se torna espástica, a parede do abdome rígida se opõe à inspiração.

O papel do abdome na respiração é frequentemente subestimado. Se, por exemplo, a parede anterolateral fosse feita de aço e a margem da pelve fosse rigidamente unida às margens costais, a inspiração seria impossível. O diafragma não poderia descer (porque os conteúdos abdominais são incompressíveis), e as costelas não poderiam se elevar (porque as ligações com a pelve seriam inextensíveis). Durante a respiração normal, o abdome relaxa à medida que o diafragma se contrai. É possível se opor a este movimento através do enrijecimento do tórax. Neste caso, os conteúdos abdominais prendem o centro tendíneo do diafragma, de modo que ele eleve o gradil costal à medida que ele se contrai, mas esta é uma condição daquela manobra em que o espaço entre as costelas e a margem da pelve se alarga.

Os músculos ventilatórios também devem trabalhar durante o sono, quando os músculos faríngeos relaxam e a resistência das vias aéreas superiores aumenta. Atualmente, estima-se que, em algumas pessoas – particularmente os obesos – este relaxamento pode levar a uma apneia periódica e uma marcante hipóxia durante o sono, implicando que os músculos faríngeos desempenham um importante papel ventilatório no despertar. Também está claro que, apesar de os músculos ventilatórios raramente entrarem em fadiga na vida normal, eles de fato fadigam quando colocados sob cargas anormais, por exemplo, na doença pulmonar obstrutiva crônica.

As diferentes regiões pulmonares não se movimentam de modo igual na ventilação. Na ventilação silenciosa, a parte justa-hilar do pulmão raramente se movimenta e a região média se move apenas levemente. As partes superficiais do pulmão se expandem ao máximo e a face mediastinal, a margem posterior e o ápice do pulmão se movimentam menos, porque elas estão relacionadas a estruturas menos móveis. As regiões diafragmática e costomediastinal se expandem mais do que todas. A maior parte da alteração volumétrica durante a ventilação ocorre nos alvéolos.

REFERÊNCIAS

Bohn D 2002 Congenital diaphragmatic hernia. Am J Respir Crit Care Med 166: 911–15.
Revisa a epidemiologia, diagnóstico e tratamento de hérnia diafragmática congênita.

Celli B 1998 The diaphragm and respiratory muscles. Chest Surg Clin N Am 8: 207–24.

De Troyer A, Estenne M 1988 Functional anatomy of the respiratory muscles. Clin Chest Med 9: 175–93.

Kahrilas PJ 2001 Supraesophageal complications of reflux disease and hiatal hernia. Am J Med 111(suppl 8A): 51–5.
Revisa o refluxo gastresofágico e a hérnia de hiato deslizante de tipo I.

Lowdermilk GA, Naunheim KS 2000 Thoracoscopic evaluation and treatment of thoracic trauma. Surg Clin North Am 80: 1535–42.
Discute o benefício adicional e o papel da toracoscopia video-assistida no traumatismo torácico.

Paterson WG 2001 The normal antireflux mechanism. Chest Surg Clin N Am 11: 473–83.
Descreve como a anatomia normal do esôfago distal, do estômago proximal e do diafragma serve como uma barreira antirrefluxo.

Rajanna MJ 1947 Anatomical and surgical considerations of the phrenic and accessory phrenic nerves. J Int Coll Surg 60: 42–52.
Descreve o curso anatômico do nervo frênico em 203 dissecções cadavéricas.

Shanmuganathan K, Killeen K, Mirvis SE, White CS 2000 Imaging of diaphragmatic injuries. J Thorac Imaging 15: 104–11.
Revisa as técnicas radiológicas disponíveis para a avaliação do diafragma após traumatismo e da extensão e dos locais anatômicos de lesões toracoabdominais coexistentes.

Sharshar T, Hopkinson NS, Ross ET et al 2005 Motor control of the costal and crural diaphragm – insights from transcranial magnetic stimulation in man. Respir Physiol Neurobiol 146: 5–19.
Avalia o controle neural do diafragma.

CAPÍTULO
59

Desenvolvimento do tórax

PAREDE TORÁCICA E DIAFRAGMA

O tórax não é aparente como uma entidade em embriões até o final do estágio embrionário de desenvolvimento (estágio 23). Ele se desenvolve ao redor da cavidade pericárdica primitiva e os canais pericardioperitoneais associados (Figs. 59.1A e 59.3A). Os canais pericardioperitoneais dão origem às cavidades pleurais que circundam os pulmões e à parte da cavidade peritoneal que circunda a extremidade inferior do intestino anterior, a qual se torna o esôfago, o estômago e o duodeno no interior da caixa torácica. Mais tarde, essas porções da cavidade peritoneal são sequestradas para a cavidade abdominal durante o desenvolvimento do diafragma.

Em embriões de estágio 14, o coração encontra-se ao nível dos somitos cervicais superiores e acima dos brotamentos dos membros superiores. Os somitos torácicos estão opostos ao intestino médio. A suposta região torácica contém a cavidade pericárdica ventralmente e os canais pericardioperitoneais posteriormente, a cada lado do intestino anterior. As futuras cavidades pleurais encontram-se ainda como regiões indefinidas dos canais pericardioperitoneais. Abaixo do coração, o mesênquima do septo transverso (Fig. 73-5A) que foi originado a partir da parede pericárdica caudal é invaginado por células epiteliais endodérmicas derivadas do primórdio hepático do intestino anterior.

O coração e a cavidade pericárdica são relativamente grandes no embrião precoce (Figs. 59.1B e 59.3A). Durante todo o desenvolvimento, os pulmões permanecem não expandidos e não atingem seu tamanho completo no interior do tórax, o que reflete o fato de a placenta, e não os pulmões, ser o órgão da respiração fetal. A partição inferior do tórax, o diafragma, pode ser identificada em embriões no estágio 13; ele migra caudalmente, alinhado com a progressão craniocaudal do desenvolvimento e o alongamento do pescoço. O pericárdio parietal permanece aderido ao diafragma à medida que ele desce.

Para os pulmões inflarem e desinflarem, eles devem estar envolvidos por uma completa cavidade pleural ligeiramente maior do que a capacidade dos pulmões. O desenvolvimento sincronizado da caixa torácica, do diafragma e das cavidades pleurais é, portanto, de vital importância para o desenvolvimento normal dos pulmões e para o funcionamento pós-natal do sistema respiratório. Antes do nascimento, os movimentos de respiração fetal podem ser observados com utilização da ultrassonografia. Estes podem não ter uma função respiratória, mas considera-se que essas alterações fásicas levem à liberação de fatores de crescimento, os quais promovem o desenvolvimento pulmonar normal. Esses movimentos requerem uma cavidade torácica e uma cavidade abdominal intactas, de modo que o diafragma possa descer em direção à rígida bacia pélvica, empurrando a parede abdominal para fora. Em condições onde este não seja o caso – por exemplo, na onfalocele – os pulmões podem ser menores que o normal. Outras causas de interferência com esses movimentos incluem doenças neuromusculares de aparecimento pré-natal, tais como a atrofia muscular espinal severa e a distrofia miotônica herdada da mãe, e o volume reduzido de líquido amniótico, por exemplo, na síndrome de Potter (agenesia renal bilateral e sequência de oligoidrâmnio).

Os brotamentos pulmonares são revestidos pelo mesênquima da esplancnopleura derivado das paredes mediais dos canais pericardioperitoneais, enquanto as paredes laterais produzem o mesênquima da somatopleura, o qual contribui para a parede corporal. Este último mesênquima é penetrado pelas costelas em desenvolvimento, as quais surgem a partir

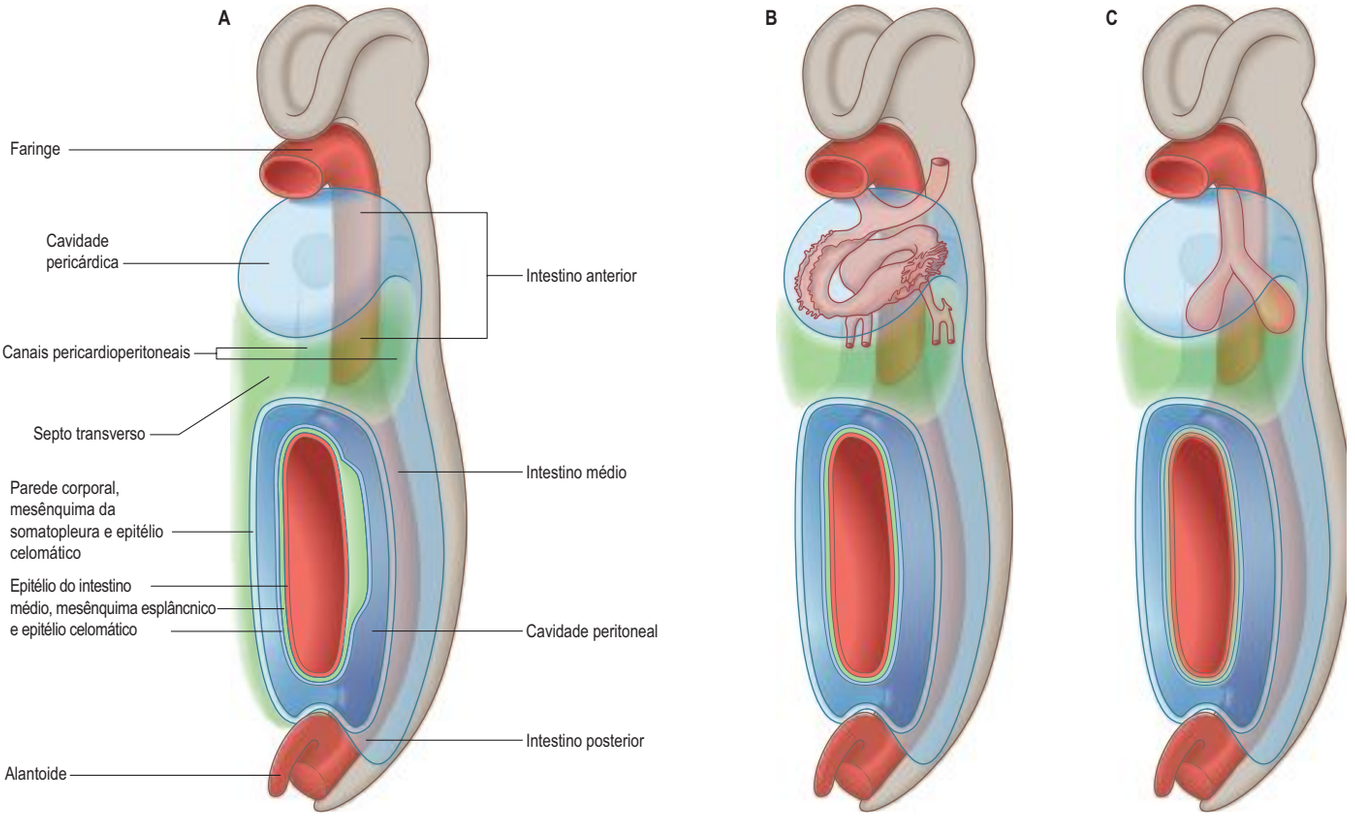


Fig. 59.1 A, O arranjo das populações epiteliais em um embrião em torno do estágio 11. A futura região torácica se localiza caudalmente à faringe e se estende até a parte superior do septo transverso. **B,** O coração é mostrado *in situ* no interior da cavidade pericárdica. As tributárias venosas devolvem o sangue que advém do corpo, do saco vitelino e da placenta, e os troncos arteriais passam a cada lado da faringe. **C,** O divertículo respiratório se origina na linha média a partir da porção inferior da faringe e os brotamentos pulmonares se estendem dorsalmente para o interior dos canais pericardioperitoneais.

dos esclerótomos torácicos. Na linha média, o mesênquima da somatopleura dá origem ao esterno e às cartilagens costais. A caixa óssea e cartilaginosa fornece inserções para os músculos intercostais, os quais surgem a partir da borda ventrolateral da placa epitelial dos somitos. O epitélio celomático da somatopleura, após sua fase proliferativa, dá origem ao mesotélio da camada parietal da pleura.

À medida que os brotamentos pulmonares projetam-se para dentro dos canais pericardioperitoneais (Figs. 59.1C e 59.2A), eles os subdividem em celomas pleurais primitivos ao redor dos brotamentos pulmonares cranialmente e celomas peritoneais pareados caudalmente, os quais são contínuos com o celoma peritoneal mais amplo ao redor dos intestinos médio e posterior. As comunicações com os celomas pericárdico e peritoneal se tornam denominados os canais pleuropericárdicos e pleuroperitoneais, respectivamente. Quando a separação entre essas regiões celomáticas principais, preenchidas com líquido, avançarem em direção ao término, elas são denominadas de cavidades pericárdica, pleural e peritoneal. Em embriões precoces, as cavidades retêm volumes substanciais de líquido e suas paredes estão separadas: elas fornecem a rota para um tipo primitivo de circulação até que ela seja substituída pelo sistema vascular sanguíneo. Na vida fetal tardia e na vida pós-natal, as paredes das cavidades estão aproximadas, de modo que um simples filme microscópico de líquido seroso intervém entre elas.

Uma elevação curva do tecido, a crista pulmonar, desenvolve-se sobre a parede lateral do celoma pleural e envolve parcialmente o canal pleuroperitoneal. A crista é contínua com a borda dorsolateral do septo transverso. O brotamento pulmonar em desenvolvimento se limita com a crista, a qual como resultado se divide em duas membranas divergentes que se encontram com o septo transverso. Uma está cranialmente localizada e é denominada de membrana pleuropericárdica (Fig. 59.2A); embebida em seu interior encontram-se a veia cardinal comum e o nervo frênico, os quais atingem o septo transverso através dessa rota. A outra membrana, localizada caudalmente, é denominada de membrana pleuroperitoneal (Fig. 59.2A e B). À medida que a parte apical do pulmão se forma, ela invade e divide a parede corporal, e se estende cranialmente sobre a face lateral da veia cardinal comum, precedida por uma extensão derivada do celoma pleural primário para formar parte do saco pleural secundário e definitivo. Desta forma, a veia cardinal comum e o nervo frênico vêm a se dispor medialmente no mediastino. O canal pleuropericárdico, que se localiza medialmente à veia, é gradualmente estreitado a uma fenda, a qual é logo obliterada pela aposição e fusão de suas margens. O fechamento ocorre logo e é principalmente efetuado pelo crescimento e expansão das vísceras circunjacentes (coração e grandes vasos, pulmões, traqueia e esôfago), e não por crescimento ativo da membrana pleuropericárdica através da abertura da raiz do pulmão.

Além de sua extensão em uma direção cranial, o pulmão e suas pleuras parietal e visceral associadas também aumentam ventromedial e caudodorsalmente. Com a extensão ventromedial, os pulmões e as pleuras consequentemente escavam e dividem o mesênquima da somatopleura sobre o pericárdio, separando este último das paredes torácicas ventral e laterais (Fig. 59.3B-D). O pericárdio fibroso ventrolateral, o pericárdio seroso parietal e a pleura parietal mediastinal, embora topograficamente profundos, têm consequentemente origem a partir da somatopleura.

Doenças congênitas da parede torácica

A porção dorsal do tórax é derivada dos somitos, cujas porções dos esclerótomos formam as vértebras torácicas e as costelas (Cap. 44). Anomalias vertebrais, como a formação de hemivértebras e de vértebras em bloco (onde as metades cranial e caudal dos esclerótomos não se separam), podem contribuir para uma escoliose. Cinco por centro das escolioses são congênitas; ela pode estar associada a múltiplas anomalias, por exemplo a associação VACTERL (**v**ertebral; **a**norretal; **c**ardíaca; **t**raqueal; **e**sofágica; **r**enal; e de membros [*limbs*]), ou a síndromes congênitas, tais como a síndrome de Marfan e a neurofibromatose. O diagnóstico pode ser perdido ao nascimento. Existe um número de síndromes nas quais a parede torácica não se desenvolve propriamente, e consequentemente os pulmões são hipoplásicos. Estas incluem a síndrome de Jeune, a distrofia torácica asfixiante (uma doença autossômica recessiva que pode estar associada ao nanismo de membros curtos e polidactilia). Anormalidades do gradil costal também ocorrem no nanismo tanatrófico, acondroplasia, displasia condroectodérmica e onfalocele gigante. Muitas dessas doenças são fatais logo após o nascimento; formas mais leves podem melhorar com o tempo, mas indivíduos afetados podem precisar de um suporte respiratório prolongado.

DIAFRAGMA

A separação das cavidades pleural e peritoneal é efetuada pelo desenvolvimento do diafragma, o qual se forma a partir de uma porção do mesênquima do septo transverso acima do fígado em desenvolvimento (Fig. 59.2A e B). O septo transverso é uma população de células mesenquimais que surge a partir da parede celomática da parte caudal da cavidade pericárdica. À medida que esta população prolifera, ela forma uma condensação de mesênquima, caudal à cavidade pericárdica e que se estende das regiões ventral e lateral da parede do corpo até o intestino anterior. Dorsalmente a ele, a cada lado, encontram-se os canais pleuroperitoneais relativamente estreitos. O brotamento endodérmico hepático cresce para o interior da parte caudal do septo transverso, enquanto a porção cranial formará o diafragma.

O esôfago e o estômago estão mediais aos canais pleuroperitoneais. À medida que o desenvolvimento prossegue, a porção inferior do esôfago inclina-se ventralmente, anterior à aorta torácica descendente. Embora o esôfago não tenha um verdadeiro mesentério ventral ou dorsal, em descrições do desenvolvimento do diafragma a porção de mesênquima entre o esôfago e a aorta ao nível do diafragma em formação é frequentemente comparada com parte de um mesoesôfago dorsal. As membranas pleuroperitoneais, as quais permanecem pequenas, estão dorsolaterais aos canais, e as cristas mesonéfricas, as glândulas suprarrenais e as gônadas estão dorsais. Assim como o aumento da cavidade pleural cranial e ventralmente é efetuado por um processo de escavação interna da parede do corpo, ocorre o mesmo com o seu aumento caudodorsal. As cavidades dorsais em expansão se estendem para dentro do mesênquima dorsal às glândulas suprarrenais, às gônadas e às cristas mesonéfricas (em degeneração). Desta forma, o mesênquima da somatopleura é descamado da parede dorsal do corpo para formar uma porção substancial da parte dorsolombar do diafragma (Fig. 59.3C). O canal pleuroperitoneal é fechado através da fusão de suas bordas, as quais são levadas a se unir de uma posição posterolateral para uma posição anteromedial pelo crescimento dos órgãos que a circundam, em particular pelo crescimento da glândula suprarrenal. O canal pleuroperitoneal direito se fecha primeiro que o esquerdo, o que presumivelmente explica por que uma comunicação anormal que persiste entre as cavidades pleural e peritoneal é mais frequentemente encontrada à esquerda.

Enquanto essas mudanças ocorrem, o septo transverso sofre uma progressiva alteração em sua posição relativa. A borda dorsal do septo transverso, a qual inicialmente se localiza oposta ao segundo segmento cervical, migra caudalmente à medida que o embrião cresce e o coração aumenta. Primeiramente, a borda ventral se move mais rapidamente do que a dorsal, mas após o embrião ter atingido um comprimento de 5 mm, a borda dorsal migra mais rapidamente. Quando a borda dorsal do septo

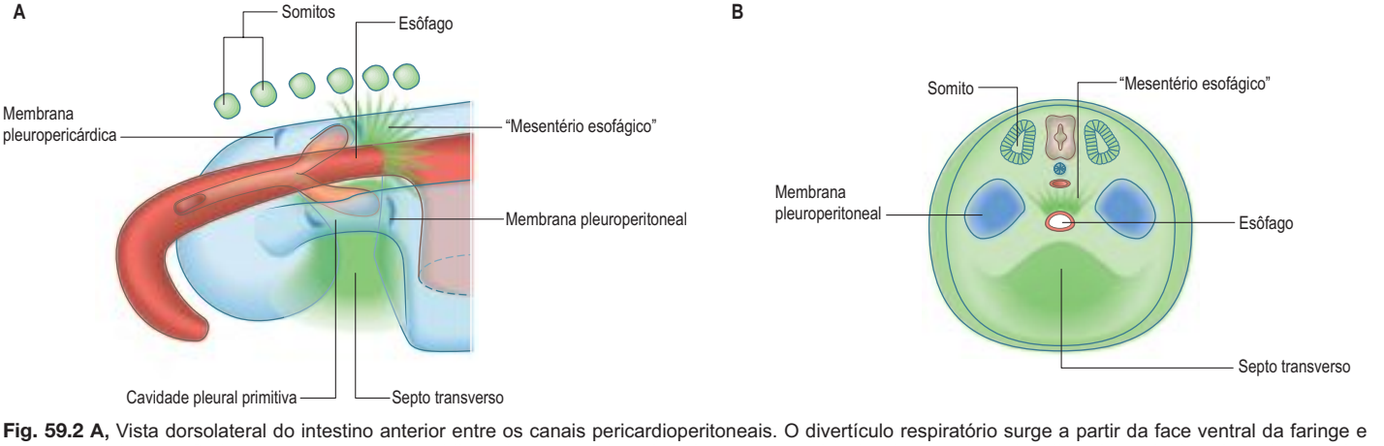


Fig. 59.2 A, Vista dorsolateral do intestino anterior entre os canais pericardioperitoneais. O divertículo respiratório surge a partir da face ventral da faringe e cresce caudalmente. Os brotamentos pulmonares bilaterais se estendem dorsalmente para o interior dos canais pericardioperitoneais dorsolateralmente. As alterações tardias na posição das veias cardinais comuns contribuem para a formação das membranas pleuropericárdicas cranialmente aos pulmões em desenvolvimento, enquanto pregas do epitélio celomático – as membranas pleuroperitoneais – separam as cavidades pleurais da cavidade peritoneal. **B,** Componentes do diafragma.

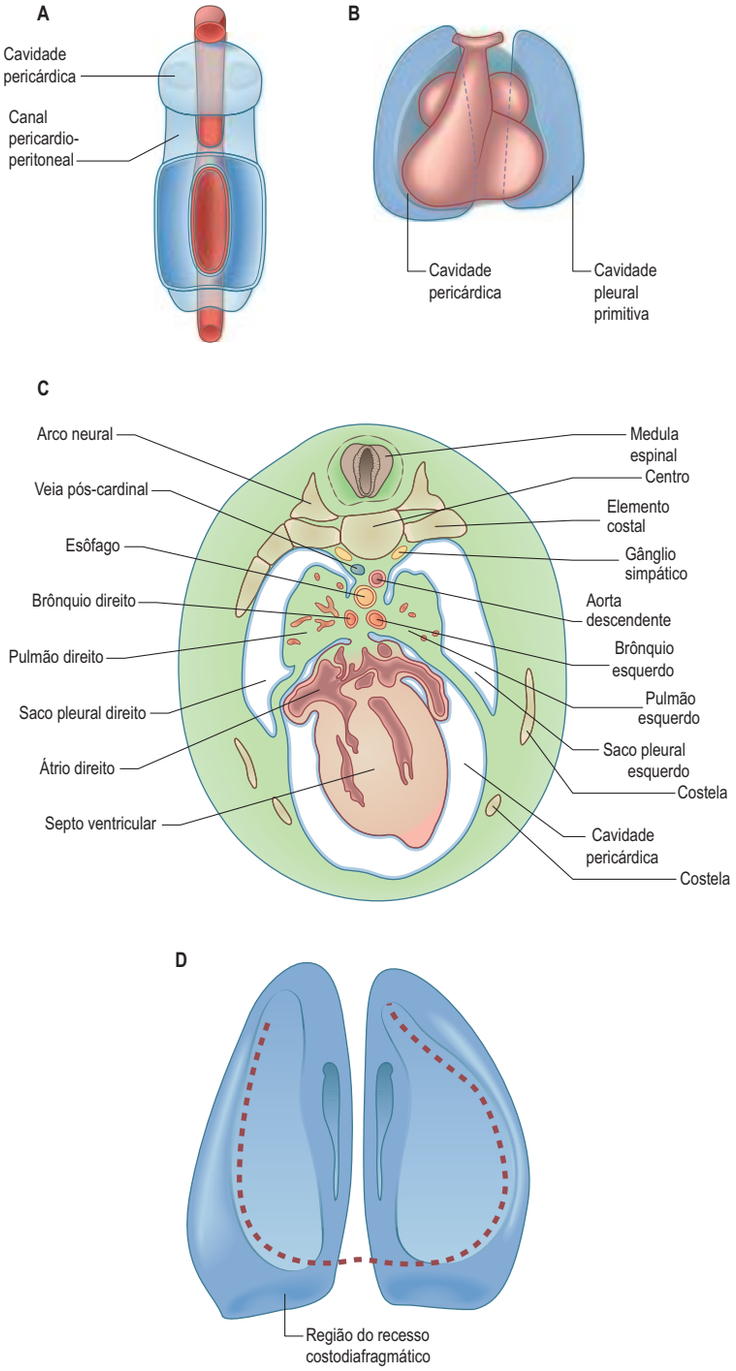


Fig. 59.3 A, Vista ventral do celoma intraembrionário que forma as cavidades corporais primitivas. **B,** O pericárdio parietal é mostrado circundando o coração em desenvolvimento ventralmente com a pleura parietal dos pulmões dorsal e lateralmente a cada face. **C,** Um corte transversal através da região torácica mostra as extensões ventrais dos sacos pleurais a cada lado do pericárdio, as quais dividem o mesênquima da parede do corpo. **D,** Vista anterior dos sacos pleurais. A posição do pericárdio está mostrada por uma linha pontilhada. O crescimento dorsolateral dos sacos pleurais também divide a parede do corpo dorsocaudalmente e define o recesso costodiafragmático.

transverso se encontra oposta ao quarto segmento cervical, o nervo frênico (C3, C4 e C5) e porções dos miótomos correspondentes crescem para seu interior e o acompanham em suas migrações futuras. A borda dorsal do septo transverso não vem a se dispor oposta ao último segmento torácico e ao primeiro segmento lombar, a posição final ocupada por algumas das inserções dorsais do diafragma, até o final do segundo mês. Os principais derivados da parte central do diafragma localizam-se a níveis consideravelmente mais craniais.

O diafragma é, portanto, composto pelo mesoesôfago dorsal e pelo par de membranas pleuroperitoneais (posteriormente); pelo mesênquima do septo transverso (ventralmente); e pela parede do corpo escavada (posterior e lateralmente).

Hérnias diafragmáticas

As hérnias diafragmáticas podem resultar da falha de fusão das partes componentes ou de um defeito primário. Defeitos posterolaterais (hérnia de Bochdalek) são os mais comuns (85-90%) e podem ser bilaterais (5%) ou unilaterais. Dos defeitos unilaterais, o lado esquerdo é mais comumente afetado (80%). Embora essas hérnias tenham sido atribuídas à falha na fusão da membrana pleuroperitoneal, existem evidências crescentes de que a anormalidade primaria é a hipoplasia pulmonar, e a herniação do conteúdo abdominal é secundária, o que tem importantes implicações para o tratamento (Jesudason, 2002). Um saco membranoso não muscular, possivelmente derivado da parede do canal pleuroperitoneal está presente em 10-15%, o que significa a ocorrência precoce desta lesão antes do fechamento do canal pleuroperitoneal. As hérnias entre as origens costal e esternal (hérnia de Morgagni) são raras (1-2%). Defeitos da linha média no tendão central surgem a partir de defeitos no septo transverso. A incidência de hérnias diafragmáticas congênitas é de cerca de 1:3.000 a 1:5.000 em recém-nascidos, com uma incidência pré-natal de 1:2.000.

As hérnias diafragmáticas podem ser normalmente diagnosticadas através do exame de ultrassom pré-natal. A presença do intestino no tórax e de desvio mediastinal pode ser vista. As principais causas de morte em bebês com hérnias diafragmáticas são a hipoplasia e hipertensão pulmonares. A hipoplasia pulmonar está relacionada à ramificação anormal das vias aéreas tanto ipsilateral como contralateralmente, o que resulta na formação de números reduzidos de alvéolos. A hipertensão pulmonar está relacionada à hipoplasia pulmonar, e também à muscularização e reatividade da circulação pulmonar aumentadas. Pode haver anormalidades associadas, como a trissomia do 13 e do 18, e a hérnia diafragmática pode ser parte de um número de síndromes, muitas das quais podem levar ao término da gravidez ou à morte do neonato.

A eventração diafragmática é uma condição na qual uma silhueta diafragmática anormal do lado direito (usualmente) é vista aos raios X com uma saliência medial anormal para dentro do tórax. Esta é uma condição benigna, frequentemente um achado casual, e que usualmente não precisa de tratamento: ela está ocasionalmente associada a anormalidades cardíacas e de costelas.

ESÔFAGO

O desenvolvimento do esôfago está descrito nos Capítulos 35 e 73. A falha de separação do esôfago e da traqueia está descrita à página 1036. A atresia esofágica e a fístula traqueoesofágica podem se apresentar antes do nascimento com polidrâmnio devido à incapacidade de deglutição fetal e sufocamento e incapacidade de engolir saliva no período neonatal.

Tórax e diafragma neonatais

Um número de diferenças entre os tórax e diafragmas neonatal e adulto é significativo na vida pós-natal inicial, especialmente no bebê prematuro. O tórax de um recém-nascido a termo tem uma circunferência arredondada, enquanto o perfil do adulto é achatado dorsoventralmente. A complacência da parede torácica adulta e dos pulmões é aproximadamente igual, mas a parede torácica neonatal é até cinco vezes mais complacente que os pulmões e, por isso, é tão facilmente deformável: o afundamento da parede torácica é um importante sinal de trabalho de respiração aumentado no recém-nascido. O diafragma é relativamente plano ao nascimento e adquire seu formato de cúpula à medida que o tórax e as vísceras abdominais crescem. O arranjo das costelas e do diafragma no recém-nascido significa que a contração do diafragma puxa as costelas complacentes para dentro, o que não contribui para a inspiração e leva à distorção do tórax, e o que pode estar oposto à ação estabilizadora dos músculos expiratórios. O diafragma neonatal exibe um movimento exageradamente assimétrico: a porção posterior apresenta uma excursão consideravelmente maior do que a porção anterior.

Um recém-nascido empreende um trabalho relativamente maior a fim de respirar, e é muito mais vulnerável a desenvolver uma fadiga dos músculos respiratórios e insuficiência dos músculos respiratórios do que um adulto. Estudos experimentais com animais sugerem que recém-nascidos possam ser especialmente vulneráveis à insuficiência dos músculos respiratórios em virtude da imaturidade inicial das sinapses. Além do mais, as isoformas de miosina são reguladas no diafragma conforme o desenvolvimento: o rendimento de força e o desempenho de trabalho reduzidos do diafragma do recém-nascido podem refletir essas diferenças moleculares.

Na expiração, pode haver uma parada ativa do fluxo de ar, causada pela atividade dos músculos inspiratórios e pela constrição parcial da laringe; isto produz grunhidos à expiração, especialmente se os pulmões estiverem rígidos; por exemplo, na angústia respiratória do recém-nascido. Um recém-nascido muito prematuro é difícil de estudar, mas é provável que a respiração esteja de fato mais comprometida em função da parede torácica complacente e da falta de reserva do que ela é no recém-nascido a termo (Mortola 2002).

Em todas as idades, existe uma redução, se não perda, de atividade intercostal tônica durante o período de movimento rápido dos olhos

(REM, *rapid eye movement*) do sono. Acredita-se que o mecanismo esteja relacionado a uma inibição espinal descendente do sistema de fusos neuromusculares. Além disso, embora durante o sono REM o diafragma desça mais ainda, este esforço inspiratório é dissipado na retração das costelas e no aumento do abdome, deste modo fazendo com que o gradil costal e os movimentos ventilatórios abdominais se tornem fora da fase. O recém-nascido está em risco particular a este respeito, porque a parede torácica é flexível e grande parte da atividade do sono do bebê é do tipo REM. Ademais, a musculatura das vias aéreas superiores pode perder o tônus durante o sono REM, de modo que os tecidos moles da faringe sejam sugados durante a inspiração, o que limita a área transversal das vias aéreas superiores e aumenta mais ainda o trabalho de respiração.

CORAÇÃO E GRANDES VASOS

A diferenciação e a morfogênese cardíacas são processos intimamente relacionados, alcançados através de uma rede transcricional altamente complicada. O fator de transcrição cardíaca Nkx2-5, o qual tem uma distribuição homogênea por todo o tubo cardíaco embrionário, é geralmente importante para a expressão de genes cardíacos específicos. No ser humano, mutações neste fator causam defeitos septais atriais e distúrbios de condução atrioventricular; em *Drosophila*, o coração não se formará em sua ausência. A recente descoberta do envolvimento do papel de fatores de transcrição T-box, os quais são expressos localmente, fornecem algumas evidências da complexidade adicional de padronização do coração. Enquanto Tbx5 confere informações posicionais caudocraniais sobre o tubo cardíaco, consequentemente determinando o desenvolvimento regional das câmaras cardíacas ao longo destes eixos, Tbx2 e 3 previnem a formação regional das câmaras cardíacas e permitem que o miocárdio nestas regiões se diferencie no sistema de condução. Tbx18 está envolvido no desenvolvimento do seio venoso e Tbx1 no desenvolvimento do trato de saída do coração.

Um número de termos deve ser especificado antes que o desenvolvimento do coração e a discussão das câmaras cardíacas possam ser descritos. O trato de entrada do coração se inicia na transição das tributárias sistêmicas (seio venoso) para o tubo cardíaco primário. No interior do tubo cardíaco reto, uma câmara atrial e uma câmara ventricular são inicialmente discernidas, separadas por um canal atrioventricular. Deste modo, o trato de entrada conecta o seio venoso ao átrio em formação, enquanto o trato de saída conecta o ventrículo ao saco aórtico; uma porção proximal (próxima ao ventrículo) e uma porção distal podem ser definidas dentro do trato de saída.

CÉLULAS QUE DÃO ORIGEM AO CORAÇÃO

O coração é formado por tecidos derivados do epitélio celomático da esplancnopleura da linha média, com contribuições futuras a partir do mesênquima derivado da crista neural. O epitélio celomático da esplancnopleura dá origem ao miocárdio, incluindo o sistema de condução do coração, e o endocárdio, incluindo sua população mesenquimal cardíaca derivada, a qual produz os tecidos valvares do coração. O epitélio celomático da esplancnopleura é também a fonte do epicárdio, das artérias coronárias e dos fibroblastos intersticiais.

Os miócitos cardíacos primitivos podem primeiramente ser vistos em embriões no estágio 9. Durante o início da neurulação e da somitogênese, o celoma intraembrionário se forma através da linha média, inicialmente acima do endoderma, em uma área em formato de ferradura denominada crescente cardíaco (Fig. 59.4). À medida que a prega cranial se forma, o celoma sofre uma inversão, de modo que a futura cavidade pericárdica venha a se dispor ventralmente ao intestino anterior endodérmico (Figs. 59.1 e 59.5). A parede do celoma pericárdico correspondente à esplancnopleura, subjacente ao endoderma, proporciona um epitélio germinativo que produz miócitos cardíacos primitivos. Este epitélio é caracterizado pela expressão de marcadores miocárdicos específicos, tais como a cadeia pesada da miosina cardíaca. Esta origem inicial das células miocárdicas é denominada campo formador primário do coração, distinguindo-o de adições miocárdicas posteriores a partir do mesênquima localizado centralmente e periférico ao crescente cardíaco no disco embrionário, denominado de campo formador secundário do coração (Fig. 59.4). Ainda não se sabe se estas duas fontes do miocárdio representam linhagens miocárdicas distintas ou uma parte única a qual se desenvolve em componentes separados mais tarde.

O endocárdio também se desenvolve durante o estágio 9 a partir do epitélio celomático da esplancnopleura. As células surgem separadamente, próximas às bordas ventrocaudais do portal intestinal cranial e formam um plexo endocárdico entre o epitélio celomático da esplancnopleura e o endoderma do intestino anterior. Estes grupos de células são agora denominados mesênquima angioblástico; elas estão entre os precursores vasculares intraembrionários mais precoces a aparecer e expressam marcadores para a linhagem de células endoteliais. As células se agregam para formar um epitélio, o endocárdio, que envolve pequenas cavidades que

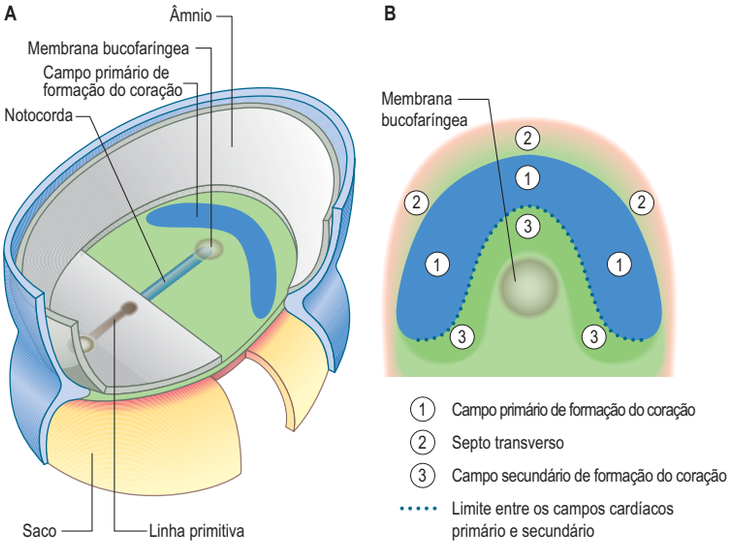


Fig. 59.4 A, O disco embrionário primitivo visto a partir de uma face dorsolateral mostra a posição do campo primário de formação do coração em relação ao ectoderma superficial do disco trilaminar; **B,** A extremidade rostral do disco embrionário não dobrado a partir de uma face dorsal mostra a posição das populações mesenquimais, as quais darão origem ao campo primário de formação do coração, ao mesênquima do septo transverso e ao segundo campo de formação do coração.

coalescem nas vizinhanças do intestino anterior em desenvolvimento para estabelecer os tubos endocárdicos, ocos e bilaterais. Esses tubos progressivamente se fundem ao longo da linha média, começando pelo trato de saída, ou polo arterial, e se estendendo para o trato de entrada, ou polo venoso (Fig. 59.5). Por volta do estágio 10, um tubo endocárdico único está presente e é quase completamente circundado por células miocárdicas. Este arranjo de um manguito miocárdico externo que contém um tubo endocárdico interno constitui o tubo cardíaco primário. O epitélio endocárdico interno induz as células miocárdicas a sintetizar proteínas específicas da matriz extracelular, as quais formam um delicado retículo extracelular que mantém o tubo endocárdico distante do miocárdio em desenvolvimento. Próximo ao endoderma do intestino anterior, as células miocárdicas nas reflexões do epitélio esplâncnico pericárdico formam o mesocárdio dorsal, o qual pode estabilizar o endotélio em desenvolvimento e promover a fusão dos tubos endocárdicos bilaterais. O mesocárdio dorsal inclui uma população mesenquimal especificamente referida como o mesênquima mediastinal, e é contíguo com o mesênquima esplâncnico que circunda o intestino anterior embrionário.

Bem mais tarde no desenvolvimento cardíaco, células da crista neural, que surgem a partir da região entre a vesícula ótica e o limite caudal do somito três, crescem para o interior do trato de saída do coração. Acredita-se que elas desempenhem um papel na regulação espaço-temporal da divisão do trato de saída nas vias aórtica e pulmonar, e no desenvolvimento do infundíbulo subpulmonar muscular.

O epicárdio, às vezes incluído em descrições do miocárdio como "epimiocárdio", não está presente nos estágios precoces do desenvolvimento do coração (mas veja a pág. 1027).

Coxins endocárdicos

A matriz extracelular do coração, historicamente denominada de geleia cardíaca, promove a oclusão do lúmen tubular endocárdico durante a contração do miocárdio- e, proporciona assim a assistência mecânica para a geração do fluxo sanguíneo. Ela também atua como um local para a deposição de fatores indutores derivados das células miocárdicas, os quais, por sua vez, modificam a diferenciação de células endocárdicas específicas. Ela tem sido chamada de retículo gelatinoso, retículo mioepicárdico (Fig. 59.5C e D) e, mais recentemente, membrana basal miocárdica. Aqui, o termo matriz extracelular cardíaca será utilizado. Ela é composta de, entre outras coisas, ácido hialurônico, hialuronidase e fibronectina. Os sinais indutores que se originam das células miocárdicas fazem com que um subgrupo de células endocárdicas que reveste o canal atrioventricular e o trato de saída proximal se transforme em mesênquima (mesênquima cardíaco); as células endocárdicas em outras regiões do tubo cardíaco, tais como as do ventrículo, não sofrem tal transição. Quando ativadas por fatores indutores miocárdicos, as células endocárdicas perdem suas associações célula a célula, apresentam uma expressão diminuída de molécula de adesão celular neural (N-CAM) e uma expressão aumentada de moléculas de adesão ao substrato, tais como condroitino-sulfato e fibronectina. Elas sofrem um rearranjo de seu citoesqueleto, necessário para migração, e expressam pró-colágeno do tipo I. De forma exclusiva, elas retêm sua

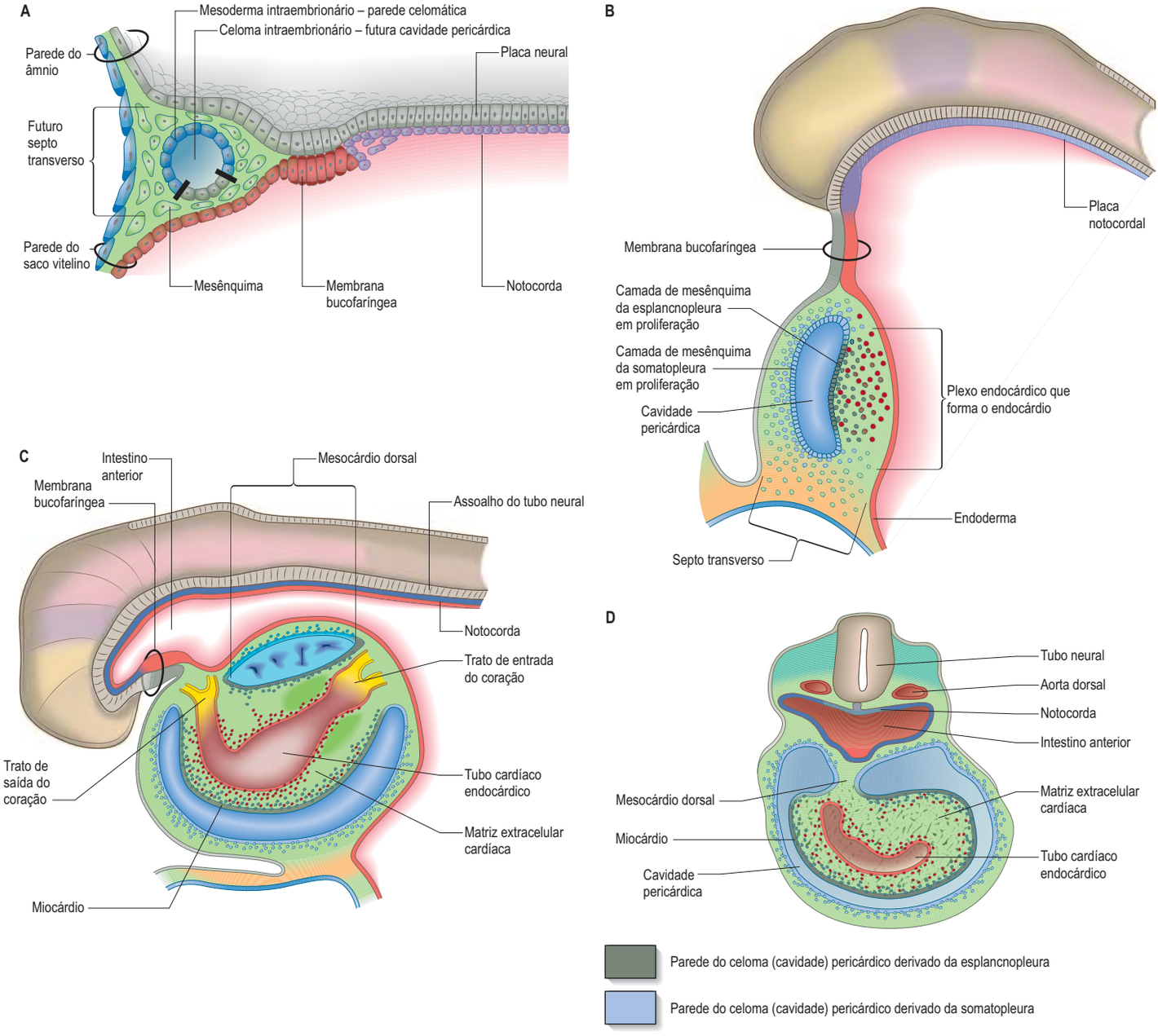


Fig. 59.5 A, Corte mediano através de parte do disco embrionário para mostrar a posição da futura cavidade pericárdica antes da formação da prega cranial. **B,** Corte mediano através da extremidade cranial de um embrião humano durante o pregueamento cefálico inicial mostra seu efeito de inversão sobre a posição do pericárdio. **C,** Corte mediano através da extremidade cranial de um embrião humano após a formação da prega cefálica mostra a cavidade pericárdica e o tubo cardíaco endotelial agora ventral ao intestino anterior. **D,** Corte horizontal através do pericárdio e do tubo cardíaco endotelial mostrado em **C**. A posição do mesocárdio dorsal, que é uma fonte de mesênquima do campo cardíaco secundário, está indicada.

expressão de marcadores endoteliais. Esta transição de epitelial para mesenquimal pode, talvez, ser o único exemplo de uma população mesenquimal que é derivada de uma linhagem endotelial.

A formação das células mesenquimais cardíacas no canal atrioventricular e no trato de saída miocárdico proximal é seguida de sua migração para a matriz extracelular cardíaca. Essas células proliferam entre o endocárdio e o miocárdio e, com o acúmulo local de moléculas da matriz extracelular, produzem protrusões, denominadas de coxins endocárdicos ou cardíacos, que se projetam para o interior do tubo cardíaco primitivo e inicialmente proporcionam os mecanismos valvulares necessários no canal atrioventricular e no trato de saída. Sua posição corresponde às futuras posições das valvas cardíacas definitivas. Na parte distal do trato de saída, que inicialmente tem paredes miocárdicas, células que são derivadas da crista neural subsequentemente fazem contribuições significativas para o mesênquima dos coxins endocárdicos. Embora a migração propriamente dita destas células a partir da crista neural seja crucial para o desenvolvimento do trato de saída e da formação das válvulas e dos seios das valvas arteriais, sua função é largamente obscura. Elas não são mais encontradas nas válvulas das valvas arteriais no coração formado, ou no infundíbulo subpulmonar muscular, o qual também é derivado dos coxins de saída. Os coxins endocárdicos finalmente se fundem e formam uma cunha de mesênquima que serve para guiar a união das estruturas septais musculares internas (pág. 1024). No momento de sua fusão, os coxins endocárdicos atrioventriculares são grandes em relação ao tamanho dos orifícios atrioventriculares; eles proporcionarão o arcabouço para a formação das válvulas das valvas tricúspide e mitral.

Miócitos cardíacos – contração, condução e automaticidade

Os miócitos cardíacos compartilham de um número de aspectos característicos que os distinguem de outras células. Todos os miócitos cardíacos apresentam sarcômeros e um retículo sarcoplasmático e, em princípio, compartilham da capacidade de produção de um ciclo intrínseco de atividade elétrica que resulta na contração. Este fenômeno é chamado de automaticidade, ou atividade marca-passo. Uma necessidade absoluta para uma efetiva atividade marca-passo é o acoplamento elétrico ruim das células, o que também implica uma condução lenta. Ela permite às células acumular uma carga elétrica suficiente, a qual é em seguida propagada através do miocárdio circunjacente. Deste modo, "um pequeno nodo pode dirigir um grande coração" (pág. 1021).

Variados graus de diferenciação são vistos em populações primitivas de miócitos cardíacos, os quais podem ser categorizados como miocárdio

Tabela 59.1 Fenótipos básicos dos miócitos cardíacos

Aspecto	Tipo de miocárdio			
	"Primário"	"Nodal"	"Feixe e ramos"	"De trabalho"
Automaticidade	Alta	Alta	Alta	Baixa
Velocidade de condução	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Contratilidade	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
Retículo sarcoplasmático	Baixa	Baixa	Baixa	Alta

de trabalho, miocárdio nodal, miocárdio de condução e miocárdio primário, todos em formação (Tab. 59.1). As células dos miocárdios atrial e ventricular de trabalho não apresentam quase automaticidade, mas estão bem acoplados e apresentam sarcômeros bem desenvolvidos e componentes do retículo sarcoplasmático. O desenvolvimento do miocárdio de trabalho em contração sincronizada (rápida) requer uma condução rápida do impulso despolarizante, de modo que as células possuam junções comunicantes (do tipo *gap*) bem desenvolvidas. Em contraste marcante, as células que formam os nodos do sistema de condução cardíaca têm o fenótipo oposto e se assemelham aos miócitos que são encontrados inicialmente no tubo cardíaco primitivo. As células do suposto sistema de condução atrioventricular e ventricular periférico apresentam um fenótipo ambíguo: as células são bem acopladas, permitindo assim uma rápida condução do impulso despolarizante, mas, por outro lado, retêm um fenótipo embrionário. A divisão não implica que as células que pertencem a um grupo sejam idênticas, mas, em vez disso, que elas compartilhem aspectos distintivos desenvolvidos em graus variáveis.

A automaticidade e a condução lenta são aspectos do miocárdio do tubo cardíaco primitivo. A condução lenta do impulso despolarizante ao longo do tubo cardíaco causa uma onda peristáltica de contração, através da qual o sangue é propelido em direção ao polo arterial. Durante as ondas de contração, a matriz extracelular cardíaca acumulada fecha o tubo cardíaco e previne o fluxo retrógrado de sangue. Marcadores morfológicos exclusivos estão frequentemente ausentes no coração embrionário primitivo, o que significa que não é possível distinguir as várias células sob o ponto de vista fenotípico; a automaticidade e a velocidade de condução têm, portanto, tornado-se importantes parâmetros funcionais com os quais se descreve o desenvolvimento das diferentes partes do coração.

TUBO CARDÍACO

Durante o processo de dobramento (ou pregueamento) do embrião, o epitélio celomático esplâncnico da linha média, que é derivado do campo cardíaco primário (crescente cardíaco), torna-se posicionado ventralmente ao intestino anterior. O epitélio esplâncnico é proliferativo e dá origem a populações mesenquimais e a miócitos cardíacos particularmente primitivos, os quais surgem da parede celomática adjacente ao endoderma do intestino anterior (Fig. 59.5). Após o dobramento do embrião, o segundo campo cardíaco contribui com células para os polos arterial e venoso do coração. Tem sido sugerido que o campo cardíaco secundário possa contribuir com células apenas para aqueles componentes cardíacos que fossem necessários para a circulação pulmonar, isto é, o ventrículo direito e o trato de saída no polo arterial, e o septo atrial e a parede atrial dorsal no pólo venoso. Estendendo esta sugestão, o campo primário original formador do coração daria origem àqueles componentes que fossem necessários para a circulação sistêmica, a saber, o seio venoso sistêmico e suas tributárias, o átrio inicial, o ventrículo esquerdo e o cone arterial, conforme visto no trato de saída de peixes primitivos, embora esta última estrutura não tenha homólogo em corações de mamíferos.

Durante o processo de dobramento, a cavidade pericárdica, e concomitantemente o miocárdio, estendem-se gradualmente ao redor do tubo endocárdico em formação, soltando-se do mesocárdio dorsal, uma conexão transitória que é análoga ao mesentério dos intestinos (Fig. 59.5C e D). O pedículo que persiste no mesocárdio dorsal conecta o polo venoso do coração ao mesênquima esplâncnico ao redor dos brotamentos pulmonares em desenvolvimento e ao mesênquima do septo transverso, o qual dará origem ao tecido conjuntivo do fígado. O mesocárdio dorsal é o local da produção do mesênquima mediastinal primitivo. Ele desaparece como uma estrutura mesentérica durante a terceira semana de desenvolvimento, quando o embrião tem de 4 a 12 somitos; ao mesmo tempo, o tubo cardíaco endocárdico torna-se inteiramente circundado pelo miocárdio e envolvido no interior da cavidade pericárdica. A ruptura do mesocárdio dorsal estabelece uma passagem através da cavidade pericárdica, de lado a lado, dorsalmente ao coração, a qual persiste como seio transverso do pericárdio.

Neste estágio, o coração é bilateralmente simétrico e tem o formato de um "Y" invertido. As pernas do Y estão posicionadas caudalmente a cada lado do portal intestinal cranial, onde elas formam o polo venoso do coração (Fig. 59.6A e B). O tronco do Y se conecta cranialmente com as grandes artérias e formam o polo arterial. Desde o princípio, ambos os polos estão conectados aos vasos sistêmicos que partem do embrião, do saco vitelino e da placenta. As veias pulmonares se formam mais tarde, durante a quinta semana de desenvolvimento e o primórdio venoso inicial torna-se evidente no mesênquima derivado do mesocárdio dorsal caudalmente. Também neste local, o miocárdio mediastinal continua a ser adicionado ao coração, forma a parede dorsal lisa do átrio esquerdo e fornece o local de formação do septo atrial primário.

Recentes mapas de destino têm mostrado que o tubo cardíaco primitivo contém linhagens celulares que contribuirão para apenas dois compartimentos. O miocárdio do tronco do Y invertido contém apenas células precursoras do ventrículo esquerdo, e ambas as pernas do Y invertido contêm células precursoras do canal atrioventricular e de partes de ambas as câmaras atriais. Não existem evidências para sustentar o antigo conceito tradicional do desenvolvimento do coração, isto é, de que todos os segmentos cardíacos presumíveis já estão presentes no tubo cardíaco retilíneo e se desenvolvem para contribuir para várias partes das câmaras cardíacas definitivas. Esta hipótese foi agora contestada por elegantes estudos experimentais que mostraram que as câmaras cardíacas definitivas são formadas pela diferenciação e expansão locais, ou "balonamento", das paredes miocárdicas do tubo cardíaco primitivo.

Formação da alça do tubo cardíaco

O recrutamento cranial e caudal do miocárdio e do endocárdio produz um considerável alongamento do tubo cardíaco primitivo. Recentes estudos do mecanismo de proliferação do coração de aves mostraram que os miócitos cardíacos param de se dividir após uma evidente diferenciação. O tubo continua a se alongar, em grande parte como resultado do recrutamento de miócitos adicionais ao tubo, conforme mostrado por estudos de morfologia e de linhagens moleculares, e em grau menor por causa de um aumento no tamanho dos miócitos que formam as paredes do tubo. O tubo cardíaco em alongamento se dobra ventralmente e para a direita, concomitantemente com a ruptura do mesocárdio dorsal. A dobra é chamada de alça ventricular, uma vez que o ventrículo esquerdo subsequentemente se infla e se expande em sua curvatura externa, a qual é a face ventral original do tubo cardíaco retilíneo. A curvatura interna desta alça era originalmente a sua face dorsal.

É frequentemente afirmado que a formação da alça do tubo cardíaco é a primeira evidência visual de assimetria no embrião, embora exames cuidadosos revelem que o canal atrioventricular se torna assimétrico antes do início da formação da alça. Embora o senso de lateralidade dos órgãos em desenvolvimento no corpo, incluindo os apêndices atriais, se desenvolva durante a gastrulação, a via de sinalização que governa a formação da alça do tubo cardíaco para a direita permanece desconhecida. Entretanto, está agora bem estabelecido que as vias de sinalização que incluem *Pitx2*, *nodal*, *lefty*, e *cited-2* determinam a formação dos aspectos morfologicamente relacionados ao lado esquerdo ou ao lado direito vistos em órgãos tais como os pulmões, a árvore bronquial, o fígado e o baço e os apêndices atriais.

No momento em que o tubo cardíaco primitivo tenha formado sua alça ventricular é possível distinguir os componentes atrial e ventricular do coração em desenvolvimento (Figs. 59.6D-G e 59.7A e B) e reconhecer um trato de saída conectado ao saco aórtico e aos arcos aórticos da faringe primitiva em desenvolvimento. As células que, neste estágio, formam o trato de saída serão encontradas, em estágios futuros, no ventrículo direito. Na face proximal do trato de saída, as células são recrutadas para o ventrículo direito em desenvolvimento e, simultaneamente, novas células são recrutadas para o trato de saída a partir do segundo campo formador do coração. Os componentes atrial e ventricular são separados um do outro pelo canal atrioventricular, o qual neste estágio tem um comprimento significativo. As tributárias do sistema venoso drenam diretamente para a cavidade atrial.

O seio venoso com seus cornos direito e esquerdo, que se forma na confluência das tributárias venosas sistêmicas, é uma estrutura proeminente em vertebrados inferiores. Em mamíferos, ele não se torna reconhecível como uma entidade morfológica até que as veias sistêmicas tenham se escavado a partir do mesênquima do corpo e sido circundadas pelo miocárdio. Em seguida ele se torna incorporado à cavidade pericárdica, de modo que os cornos do seio venoso se tornem parte do coração. Todos esses processos ocorrem até o 25º dia de desenvolvimento em seres humanos: apenas após este estágio é possível considerar o desenvolvimento das câmaras atriais e ventriculares definitivas.

TRATO DE ENTRADA

O miocárdio de trabalho do átrio se diferencia localmente nas faces dorsolaterais do tubo cardíaco (Fig. 59.6D-G). O átrio em desenvolvimento em seguida se expande enormemente, em direções dorsal, laterais e, mais proeminente, em uma direção cranial. A expansão cranial é vista como bolsas que se tornam os apêndices atriais esquerdo e direito (Fig. 59.7A e B). O assoalho do átrio, incluindo o seio venoso, e o canal atrioventricular são formados por miocárdio primitivo. Ocorre uma proliferação celular menos intensa nestas partes do que nas câmaras atriais em expansão: o

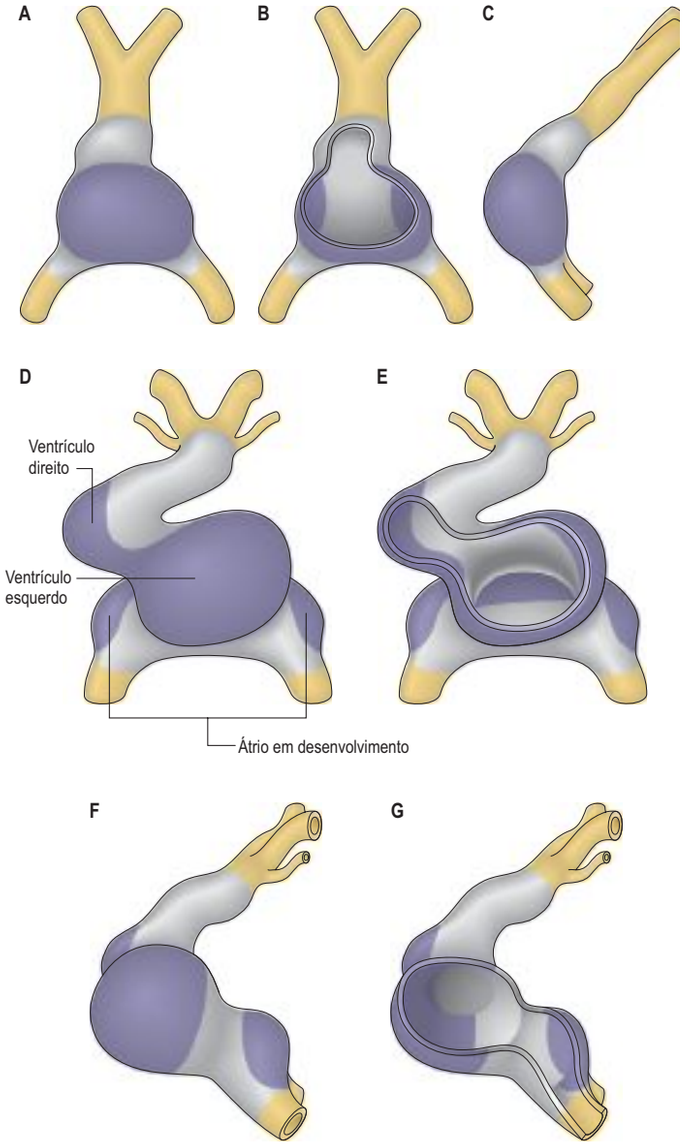


Fig. 59.6 Expansão local da parede miocárdica do tubo cardíaco primitivo e da alça do tubo cardíaco. **A,** Vista ventral; **B,** parede ventral removida para mostrar a face interna do tubo cardíaco primitivo; **C,** vista lateral esquerda. O tubo cardíaco primitivo tem o formato de um "Y" invertido. As pernas do Y passam caudalmente a cada lado do portal intestinal cranial. No tubo cardíaco primitivo, o miocárdio da perna do Y (em púrpura) contém apenas células precursoras para o ventrículo esquerdo. O miocárdio restante (em cinza) contém apenas células precursoras para os canais atrioventriculares e para os átrios. As células precursoras do ventrículo esquerdo se expandem primeiro. **D-G:** Tubo cardíaco tardio mostra a formação da alça cardíaca. **D,** Vista ventral. **E,** Parede ventral removida para mostrar a face interna do tubo cardíaco dobrado. **F,** Vista lateral esquerda. **G,** Parede lateral removida para mostrar a face interna do coração a partir da esquerda. Em **D** e **E**, a expansão do ventrículo direito pode ser vista e o tubo cardíaco se alongou para a direita. O átrio em desenvolvimento pode ser visto dorsolateralmente em **D-G**.

miocárdio primitivo marca a entrada e a saída das câmaras atriais iniciais como "anéis" que também estão associados à formação do sistema de condução (pág. 1021). O anel na entrada define a junção sinoatrial, enquanto o canal atrioventricular, que forma a saída atrial durante o desenvolvimento, finalmente será incorporado às câmaras atriais direita e esquerda definitivas como os vestíbulos atriais. Embora seja possível reconhecer os apêndices atriais esquerdo e direito em formação neste estágio, com o direito mais extenso que o esquerdo, o átrio em si tem uma cavidade única e não há evidências da formação de um septo. O miocárdio do seio venoso e o miocárdio mediastinal recém-formado apresentam paredes lisas, enquanto o miocárdio dos apêndices apresenta cristas, os músculos pectíneos, em sua superfície interna. A formação dos diferentes apêndices está sob controle da via de sinalização *Pitx2*. O miocárdio dos apêndices tem um fenótipo típico das câmaras, ou é miocárdio de trabalho; ele expressa o fator natriurético atrial e a conexina 40, entre outros marcadores.

Átrio direito

O desenvolvimento subsequente do átrio direito é caracterizado pela incorporação do seio venoso na parte direita do átrio primitivo. Este processo está sob controle do fator de transcrição T-box Tbx18. Em torno de quatro semanas de desenvolvimento, a junção sinoatrial do tubo cardíaco primitivo dotado da alça cardíaca está posicionada simetricamente na linha média (Figs. 13.1B, 59.8 e 73.8). As veias cardinais comuns esquerda e direita drenam diretamente para a cavidade do átrio primitivo. O miocárdio atrial se estende para as margens da cavidade pericárdica e, falando estritamente, o seio venoso ainda não está formado porque as tributárias venosas sistêmicas estão embebidas em meio ao mesênquima do septo transverso.

Durante o desenvolvimento subsequente, a cavidade pericárdica se expande para envolver os segmentos terminais das tributárias venosas sistêmicas e, ao mesmo tempo, suas paredes se diferenciam como miocárdio. Elas agora podem ser denominadas cornos esquerdo e direito do seio venoso; cada corno recebe a união da veia umbilical, das radículas vitelínicas e da veia cardinal comum correspondentes (Figs. 59.8 e 73.8). Concomitantemente, a constrição entre o corno esquerdo e o átrio se torna mais pronunciada. À medida que a parede dorsal do átrio esquerdo é formada a partir de contribuições do miocárdio mediastinal, o corno esquerdo se torna incorporado à junção atrioventricular esquerda em desenvolvimento, com seu orifício drenando para o átrio direito recém-formado. Ao mesmo tempo, as tributárias venosas do lado esquerdo diminuem de tamanho; a veia cardinal comum esquerda forma a veia oblíqua do átrio esquerdo, e o corno esquerdo do seio venoso forma o seio coronário (Fig. 59.8), mantendo sua parede miocárdica à medida que se torna incorporada à junção atrioventricular.

O corno direito do seio venoso aumenta rapidamente de tamanho com o crescimento do fígado (Figs. 73.8 e 73.9). O fluxo sanguíneo que advém das veias vitelina e umbilical direitas entra no corno direito através de um amplo, porém curto, canal hepatocardíaco, o qual se torna a extremidade cranial da veia cava inferior. O corno direito também recebe a veia cardinal comum direita, que drena o sangue que advém do lado direito corpo (Fig. 59.8B e C). Mais tarde, quando as conexões transversais são estabelecidas entre as veias cardinais, o sangue do lado esquerdo do corpo também atinge o coração através das veias que drenam o lado direito (Fig. 13.4). À medida que essas mudanças ocorrem, o corno direito do seio venoso, incluindo as partes proximais das veias cardinais superior e inferior, torna-se incorporado ao átrio direito e forma o seio venoso sistêmico de paredes lisas, também conhecido como seio das veias cavas (*sinus venarum*).

O corno direito do seio venoso se abre no átrio direito através de suas paredes dorsal e caudal (Figs. 59.8 e 59.12). O orifício sinoatrial torna-se alongado e semelhante a uma fenda, guardado por duas pregas musculares, as valvas sinoatriais (venosas) esquerda e direita. Essas duas valvas juntam-se cranialmente e tornam-se contínuas com uma prega que se projeta a partir do teto atrial, o septo espúrio. As valvas também se unem caudalmente, e se fundem com o coxim atrioventricular inferior. Com o desenvolvimento continuado, a parte cranial da valva sinoatrial direita perde seu formato de prega, mas sua posição é indicada no coração adulto pelo local da crista terminal do átrio direito. Sua parte caudal forma a valva do seio coronário, também conhecida como valva de Tebésio, e a maior parte da valva da veia cava inferior (valva de Eustáquio). A união dos dois resquícios valvulares em seguida passa através do tecido que separa o orifício do seio coronário da fossa oval. Esta área é conhecida como "septo do seio", mas na realidade este "septo" não é mais do que uma prega muscular na parede dorsal do átrio direito. A continuação das valvas venosas persiste como o tendão de Todaro, um importante marco para a localização do nodo atrioventricular no coração definitivo. A valva venosa esquerda se funde com o lado direito do septo atrial; normalmente não existem traços dela no coração pós-natal.

Átrio esquerdo

Após a formação do átrio primitivo e do apêndice atrial esquerdo, o átrio esquerdo se organiza através da formação e incorporação do miocárdio mediastinal. Enquanto as tributárias do seio venoso se aproximam do átrio caudalmente, as veias pulmonares em diferenciação ganham sua entrada na cavidade atrial através do mesocárdio dorsal (Fig. 59.5). As relações topográficas vistas no coração pós-natal são assim estabelecidas tão logo a diferenciação do portal venoso pulmonar ocorra.

Logo no início do desenvolvimento do átrio, a veia pulmonar se desenvolve como um canal solitário a partir de células angiogênicas derivadas do mesocárdio dorsal e estabelece continuidade com o plexo vascular formado no mesênquima mediastinal ao redor dos brotamentos pulmonares em desenvolvimento. A veia pulmonar solitária se abre na parede caudodorsal do átrio, adjacente à junção atrioventricular em desenvolvimento, e o seu orifício atrial é flanqueado por duas cristas proeminentes. O septo atrial primário se desenvolve a partir da crista direita, após a incorporação do corno esquerdo do seio venoso à face direita do átrio

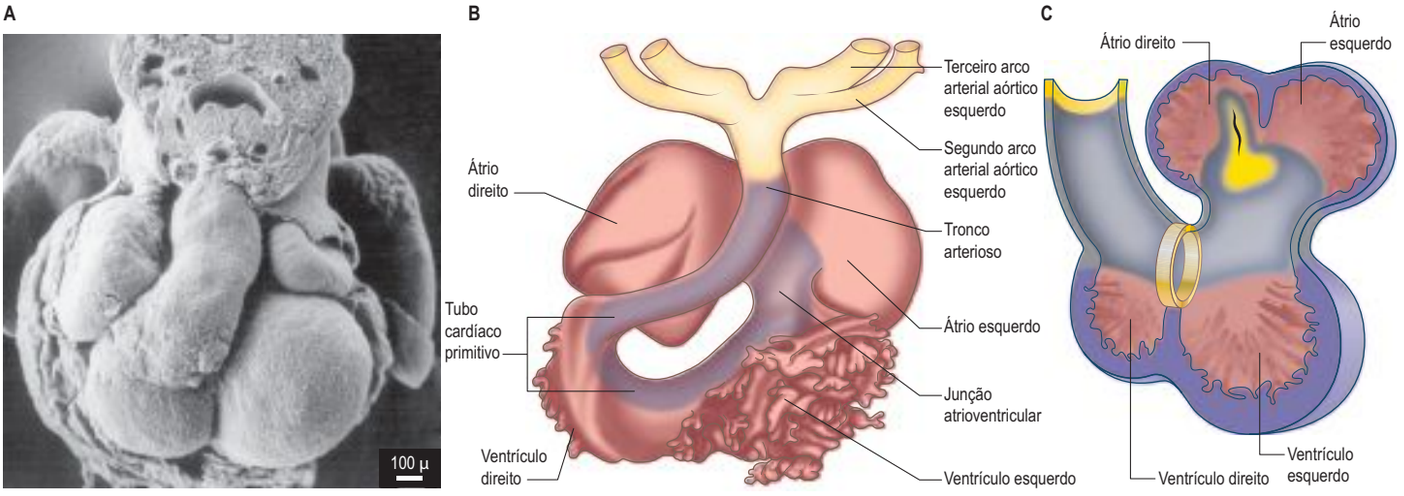


Fig. 59.7 A, Eletromicrografia de varredura (MEV, microscopia eletrônica de varredura) de um coração humano em desenvolvimento inicial mostra a aparência externa do miocárdio dos ventrículos direito e esquerdo, e os apêndices atriais direito e esquerdo. O tronco arterioso passa entre os átrios. **B,** Reconstrução do tubo cardíaco no estágio 13 mostra o endocárdio. Nos ventrículos esquerdo e direito, o endocárdio se interdigita com o miocárdio e aparece trabeculado; em vários locais ele está separado do miocárdio pela matriz extracelular cardíaca. **C,** O coração no estágio 13 com o tronco arterioso refletido para a direita. A abertura do seio venoso no átrio direito pode ser vista (em amarelo). A região do tubo cardíaco primitivo está indicada por um anel. (**A,** Com permissão de Oostra RJ, Steding G, Lamers WH, Moorman AFM. Steding's and Virágh's scanning electron microscopy atlas of the developing human heart. New York: Springer-Verlag, 2006. **B,** Modificado a partir de O'Rahilly e Müller. Developmental Stages in Humans Embryos, 1987, Carnegie Institution of Washington. Pub 637.)

primitivo, confinando assim o orifício venoso pulmonar ao átrio esquerdo em desenvolvimento (Fig. 59.12). A veia pulmonar inicialmente se ramifica no interior do mesênquima mediastinal dorsal e suas tributárias drenam o sangue do pulmão em desenvolvimento. Com a continuação do desenvolvimento, as paredes dos canais venosos se tornam circundadas pelo miocárdio, e este processo ocorre ao nível da segunda bifurcação. Em seguida as veias se expandem, são incorporadas ao teto do átrio esquerdo e formam finalmente a maior parte de sua cavidade. Entretanto, todas as quatro veias pulmonares não atingem sua abertura separada no teto atrial até bem depois do término da septação atrial, e provavelmente não até a 10ª ou 11ª semana de desenvolvimento. As variações no padrão preciso da drenagem venosa pulmonar são bastante comuns. Com essas alterações, a metade esquerda do átrio primitivo se torna progressivamente restrita ao apêndice maduro. Os manguitos miocárdicos que circundam os orifícios pulmonares se afilam e se tornam entremeados com tecido fibroso. Na vida futura, é provável que esta mistura de tecidos miocárdico e fibroso forme o substrato para algumas formas de fibrilação atrial. A abertura da veia pulmonar solitária à esquerda da crista pulmonar direita é um pré-requisito essencial para a septação atrial.

VENTRÍCULOS

Os ventrículos se desenvolvem na face ventral do tubo cardíaco primitivo (já dotado da alça cardíaca) durante a quarta semana de desenvolvimento (Figs. 59.6 e 59.7). O ventrículo esquerdo se desenvolve a partir do tronco do coração em formato de Y, e o ventrículo direito se desenvolve mais tarde, em posição inferior ao ventrículo esquerdo, quando mais miocárdio for adicionado ao tubo cardíaco. Como resultado da formação da alça do tubo cardíaco, o ventrículo direito está posicionado à direita do ventrículo esquerdo, o que é um pré-requisito para a apropriada conexão com o componente atrial em expansão do coração. Ao contrário das câmaras atriais, as diferenças morfológicas entre os ventrículos direito e esquerdo não são parte da assimetria geral entre os órgãos posicionados do lado direito e do lado esquerdo, mas em vez disso estão sob controle das vias de sinalização que determinam a diferenciação caudocranial. O ácido retinoico, e seu fator de transcrição subsequente Tbx5, desempenham um papel crucial neste processo.

O miocárdio em sua curvatura interna, o lado dorsal original do tubo cardíaco, permanece com as paredes lisas e mantém seu fenótipo molecular, enquanto o miocárdio em sua curvatura externa do tubo miocárdico apresenta trabeculações na quinta semana de desenvolvimento (Fig. 59.7B). Por volta do estágio 17, as trabeculações alcançaram uma típica orientação espacial, dando uma aparência semelhante a uma esponja à face interna de ambos os ventrículos (Fig. 59.9). As trabeculações definitivas, grosseiras no ventrículo direito, porém muito mais delicadas no esquerdo, são primeiramente observadas por volta do 40º dia de gestação: elas aparecem inicialmente nas paredes de ambos os ventrículos ao nível da junção atrioventricular e se desenvolvem em direção ao ápice do coração. À época em que o feto tem dez semanas de desenvolvimento, as trabeculações estão muito mais esparsas e estão confinadas às regiões apicais. Este processo de remodelação é realizado sem a intervenção de macrófagos ou células inflamatórias no interstício imediato. O miocárdio ventricular, incluindo as trabeculações e a parede externa, possui um fenótipo de câmara, com seus miócitos que expressam – entre outras proteínas – a proteína Cx40, típica de junções comunicantes, e o peptídeo natriurético atrial. Este miocárdio para de proliferar e se diferencia no sistema de condução rápida ventricular periférica, enquanto a camada externa se torna altamente proliferativa e forma a camada compacta da parede ventricular.

TRATO DE SAÍDA

Inicialmente, o trato de saída possui paredes miocárdicas até as reflexões pericárdicas. Ele apresenta uma dobra característica, a qual tem uma parte proximal que surge a partir do ventrículo direito em desenvolvimento e uma parte distal que se torna contínua com o saco aórtico para além das reflexões pericárdicas. Embora esta dobra seja um conspícuo aspecto morfológico, é altamente improvável que as células a cada lado retenham sua posição durante o desenvolvimento subsequente. Em vez disso, parece provável que as células sejam recrutadas a partir do segundo campo de formação do coração e passem através do trato de saída para contribuir para o ventrículo direito definitivo. Subsequentemente, mais células ainda são recrutadas a partir do mesênquima da faringe, passam proximalmente às reflexões do pericárdio e formam os componentes intrapericárdicos dos troncos arteriais. Muitas discordâncias permanecem com relação à melhor descrição dessas partes morfológicas do trato de saída. Alguns autores rotularam a parte miocárdica proximal como o *cone arterial*, chamando a parte distal de *tronco arterial*, e a porção intrapericárdica do trato de saída caracterizada como o *saco aórtico*. Outros chamaram todo o trato miocárdico de saída de *bulbo aórtico*, uma vez que o trato de saída miocárdico de vertebrados primitivos, chamado de *cone arterial* em peixes primitivos, e de *bulbo cardíaco* em anfíbios, desenvolvem-se presumivelmente no ventrículo direito em vertebrados superiores. Como os termos cone e tronco têm sido utilizados de forma inconsistente na literatura, preferimos simplesmente descrever como partes proximal e distal do trato miocárdico de saída, e descrever, quando aparecer, uma porção arterial intrapericárdica do trato de saída, com esta parte interposta entre o componente muscular e a aorta ventral, e a junção distal ocorrendo nas reflexões pericárdicas.

Devido ao fato de que diferentes autores usam diferentes terminologias, não é surpresa que a formação do trato de saída permaneça como uma das áreas mais confusas do desenvolvimento cardíaco. O achado recente de que o tronco do tubo cardíaco contém células precursoras exclusivamente para o ventrículo esquerdo torna essencial a adoção de descrições que sigam eventos dinâmicos, em vez de continuar a utilizar nomes estáticos. Desta forma, tão logo o tubo cardíaco primitivo se dobre para produzir sua expansão ventricular ventral, por definição o ventrículo em desenvolvimento atinge os componentes de entrada e saída, muito embora essas estruturas não sejam as saídas e entradas ventriculares definitivas. As células que, inicialmente, são encontradas no trato de saída ventricular subsequentemente se tornam células do ventrículo direito. Além do mais, os miócitos de trabalho podem ser facilmente distinguidos dos miócitos primitivos do tubo cardíaco retilíneo. O miocárdio primitivo apresenta paredes lisas, ao passo que o miocárdio dos ventrículos em desenvolvimento é trabeculado e expressa marcadores específicos, tais

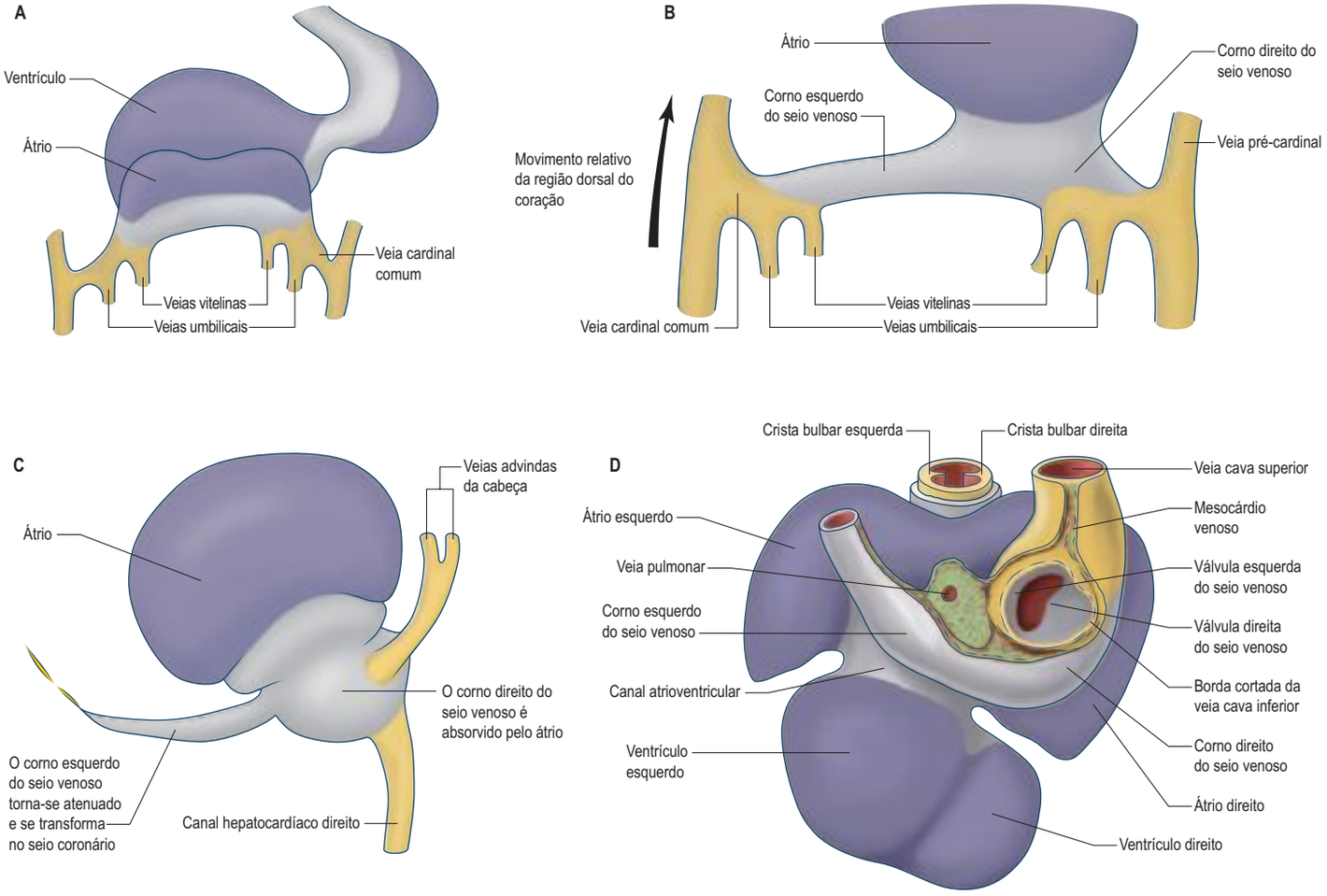


Fig. 59.8 As alterações no seio venoso. **A,** Vista dorsal do tubo cardíaco primitivo mostrado na **Figura 59.6D**. **B,** As alterações na circulação trazem a circulação venosa para a direita. Isto causa um aumento de tamanho do corno direito do seio venoso e do átrio, e a atenuação do corno esquerdo do seio venoso. **C,** O corno direito do seio venoso se torna absorvido pelo átrio. O corno direito do seio venoso se torna o seio coronário. **D,** Vista dorsal do coração embrionário mostra as relativas alterações ao seio venoso.

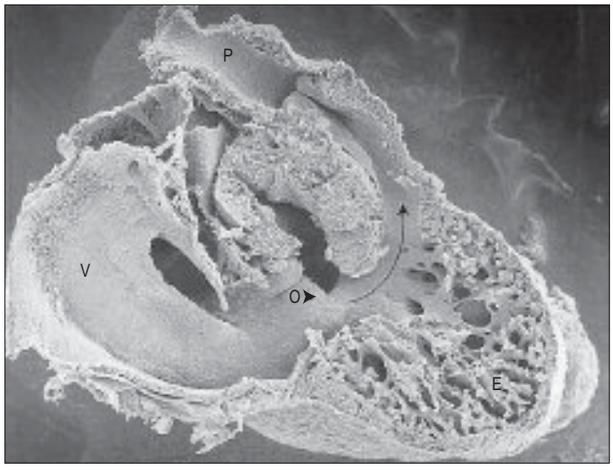


Fig. 59.9 MEV do coração humano com 42 dias de gestação. A parede lateral direita do átrio direito, do ventrículo direito e do trato de saída foi removida. A valva do seio venoso (V) está proeminente. Não há válvula septal da valva tricúspide guardando a porção de entrada do ventrículo direito. A válvula parietal foi removida. Os coxins atrioventriculares estão fundidos. Observe os tubérculos laterais direitos adjacentes (O). Um pequeno forame interventricular (secundário, veja o texto) está indicado (pequena cabeça de seta). Existe um trato de saída ventricular direito bem desenvolvido (seta curva). E, trabéculas embrionárias; P, tronco pulmonar.

como o peptídeo natriurético atrial e a conexina 40. Deste modo, aquela parte do tubo cardíaco primitivo abaixo da alça ventricular em desenvolvimento é denominada de trato de saída, independentemente do fato de que finalmente ele se tornará largamente incorporado ao ventrículo direito definitivo (Figs. 59.6 e 59.7). Ademais, na curvatura interna da alça ventricular, as paredes do trato de saída e do canal atrioventricular desaparecem e se fundem entre si sem um limite claro. De fato, o miocárdio ventricular de trabalho nunca se desenvolve na curvatura interna. É dentro desta parte ventricular do tubo cardíaco primitivo que os coxins do canal atrioventricular e do trato de saída devem alcançar as conexões apropriadas com o septo ventricular muscular a fim de dividir esta parte do tubo em compartimentos esquerdo e direito. A cavidade do tubo no interior da qual estes eventos ocorrem tem sido chamada de "forame interventricular". Isto é incorreto, uma vez que ela é a região entre partes adjacentes do tubo cardíaco primitivo. Não obstante, é a remodelação desta curvatura interna que estabelece a cena para a conclusão da septação cardíaca.

FUNÇÃO CARDÍACA E O SISTEMA DE CONDUÇÃO

Embora apenas corações de mamíferos tenham um sistema de condução bem definido, um eletrocardiograma essencialmente similar pode ser registrado a partir de animais tão diversos como peixes e seres humanos, o que indica que as conexões elétricas entre os componentes cardíacos foram preservadas durante a evolução dos vertebrados. De fato, o desenvolvimento do sistema de condução do coração está infalivelmente associado ao desenvolvimento do plano estrutural básico para a formação do coração. O sistema de condução é mais bem definido como o sistema que inicia e conduz o impulso sinusal. Em mamíferos, ele inclui o nodo sinoatrial, o nodo atrioventricular, o feixe atrioventricular, os ramos do feixe e suas ramificações terminais. Os nodos e o feixe atrioventricular podem ser considerados como o sistema de condução central, ao passo que os ramos do feixe e suas ramificações representam o sistema de condução ventricular periférico. O impulso sinusal é gerado no nodo sinoatrial, de onde ele é rapidamente propagado através do miocárdio atrial em direção ao nodo atrioventricular, onde a propagação é retardada. Após um período essencial de retardo atrioventricular, o impulso segue rapidamente através do eixo de condução atrioventricular e das ramificações periféricas para alcançar o miocárdio ventricular, o qual é em seguida rapidamente despolarizado. Após a repolarização, a sequência retorna de modo ininterrupto durante toda a vida do indivíduo. O termo "sistema de condução", em oposição ao miocárdio de trabalho das câmaras, pode sugerir que o

miocárdio de trabalho não conduza, enquanto o sistema de condução conduz rapidamente. A fim de produzir poderosas contrações sincronizadas, o miocárdio de trabalho das câmaras deve também, por necessidade, conduzir rapidamente, ao passo que, para atuar como um marca-passo, as células dos nodos necessitam estar mal acopladas, e por isso apresentam uma lenta condução.

O coração dos vertebrados é miogênico, o que implica que todos os cardiomiócitos têm a capacidade de gerar e conduzir o impulso despolarizante. Como os miócitos cardíacos estão eletricamente acoplados, as células com a mais alta atividade de marca-passo assumem a liderança. No coração normalmente formado, o principal marca-passo é sempre o nodo sinoatrial. Em corações embrionários, o marca-passo principal é sempre encontrado no polo venoso. Deste modo, são sempre as células mais recentemente recrutadas no polo venoso que apresentam a mais alta atividade de marca-passo. Todas as regiões do coração embrionário primitivo possuem células mal acopladas e apresentam uma automaticidade intrínseca, o que permite assim uma lenta propagação dos impulsos despolarizantes ao longo do tubo cardíaco e a produção de ondas peristálticas de contração sincronizada que propelem o sangue em uma direção anterógrada. Os miócitos de um coração em desenvolvimento não apresentam estruturas sarcoméricas bem desenvolvidas e têm um retículo sarcoplasmático pouco desenvolvido. Este tecido tem sido denominado de miocárdio primitivo (ou primário), distinguindo-o do miocárdio de trabalho de condução rápida e bem desenvolvido nas câmaras atriais e ventriculares.

À medida que o desenvolvimento prossegue, as câmaras ventriculares se desenvolvem na parte cranial do tubo cardíaco, por expansão ventral, e as câmaras atriais na parte caudal por expansão dorsolateral (Fig. 59.6). Um tipo adulto de eletrocardiograma pode ser registrado a partir de tais corações, mostrando uma rápida despolarização atrial, um período de retardo atrioventricular e uma rápida despolarização ventricular. Os traçados eletrocardiográficos refletem o desenvolvimento de componentes de condução rápida em um tubo cardíaco de condução lenta, isto é, o desenvolvimento de um sistema de condução morfológico. O miocárdio de trabalho recém-desenvolvido expressa o fator natriurético atrial, juntamente com as proteínas de junções comunicantes (do tipo *gap*) conexinas 40 e 43, as quais permitem uma rápida condução.

Como no coração peristáltico primitivo, o fluxo através do coração com as câmaras em desenvolvimento permanece direcional, pois a atividade marca-passo dominante ainda se encontra na entrada do coração. Corações peristálticos não necessitam de valvas, ao passo que corações com câmaras requerem a presença de valvas de mão única nas entradas e nas saídas das câmaras. O canal atrioventricular, de condução lenta, interposto entre o átrio e o ventrículo, e o trato de saída posicionado entre o ventrículo e as grandes artérias, são as partes que contêm os coxins endocárdicos. Estes são capazes de atuar como valvas esfinctéricas, como resultado de sua prolongada duração da contração. Estes componentes retêm sua função até que as válvulas definitivas das valvas de mão única tenham sido esculpidas a partir dos coxins. O miocárdio primitivo do trato de saída não regride até que as valvas arteriais tenham sido formadas, e não desaparece em sua totalidade até por volta da décima segunda semana de desenvolvimento humano. O miocárdio primitivo do canal atrioventricular é finalmente incorporado aos vestíbulos atriais ao mesmo tempo em que ocorre a formação das valvas atrioventriculares e torna-se sequestrado do lado atrial das junções atrioventriculares entre seis e 12 semanas de desenvolvimento (Fig. 59.10). Uma parte importante do canal persiste dorsalmente, onde ela se diferencia no nodo atrioventricular, de condução lenta.

Um progresso considerável tem sido feito ao longo dos anos recentes em decifrar as vias envolvidas no estabelecimento do plano de construção do coração (Fig. 59.11). A ação combinada dos fatores de transcrição Tbx5 e Nkx2-5 é necessária para a formação do miocárdio das câmaras atriais e ventriculares. Tbx5 é expresso em um gradiente ao longo do tubo cardíaco, diminuindo em concentração de uma posição caudal para uma posição cranial, e pode impor uma informação posicional. No entanto, seu padrão não pode explicar a formação localizada das câmaras e do sistema de condução. A expressão localizada dos repressores transcricionais Tbx2 e Tbx3 no trato de entrada, no assoalho do átrio, no canal atrioventricular, na curvatura interna da região ventricular e no trato de saída previne a diferenciação do miocárdio primitivo em miocárdio de trabalho. Tbx2 e Tbx3 efetivamente competem pela ligação aos promotores de genes específicos das câmaras, tais como o do fator natriurético atrial e da conexina 40. O miocárdio primitivo remanescente dessas regiões inicialmente induz o endocárdio a sofrer uma transição de epitelial para mesenquimal, através de cujo processo os coxins cardíacos se tornam preenchidos com mesênquima. O miocárdio também participa no alinhamento das câmaras atriais e ventriculares (o que é essencial para a septação cardíaca propriamente dita, e que é guiada pelos coxins cardíacos em fusão), e ele forma o sistema de condução, incluindo os nodos sinoatrial e atrioventricular, o feixe atrioventricular, o assoalho do átrio direito em desenvolvimento (a região internodal) e a totalidade do canal atrioventricular. No coração primitivo com as câmaras em formação do camundongo, Tbx3 é expresso no canal atrioventricular, no assoalho do átrio e ao redor dos orifícios das tributárias venosas sistêmicas, mas não no mesocárdio dorsal que circunda a entrada da veia pulmonar. Durante o desenvolvimento subsequente, o domínio de expressão de Tbx3 se expande a partir do canal atrioventricular para formar um crescente na crista do septo ventricular. A face dorsal desse crescente se desenvolve no feixe atrioventricular, ao passo que o nodo atrioventricular é formado na junção dorsal com o canal atrioventricular. As partes ventrais subsequentemente desaparecem durante o desenvolvimento.

O fato de que o sistema de contração ventricular se origina a partir de um único anel primário fornece uma base sólida para a compreensão da disposição do sistema de condução em um número de malformações congênitas. O conceito se adapta particularmente bem à morfologia e à disposição do nodo atrioventricular e do feixe atrioventricular em corações com valvas tricúspides cavalgantes, com ventrículos esquerdos de dupla entrada, e com transposição congenitamente corrigida.

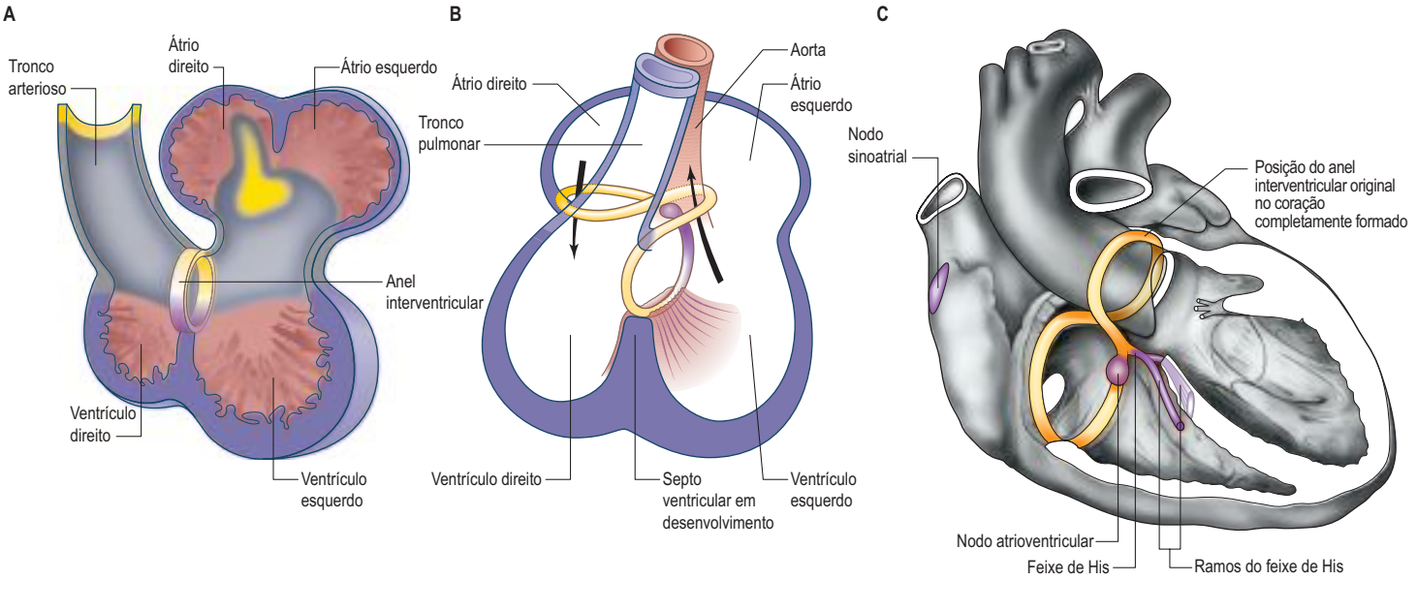
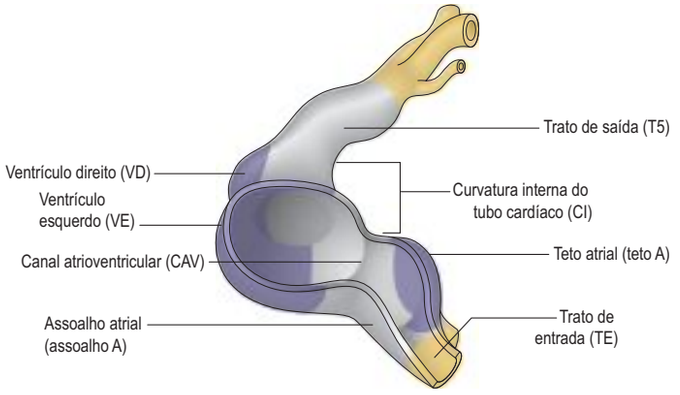


Fig. 59.10 Desenvolvimento do sistema de condução do coração. **A,** No estágio 13, com o tronco arterioso refletido para a direita, o anel interventricular marca a região do tubo cardíaco primitivo. A parte em púrpura do anel interventricular dará origem ao feixe atrioventricular e aos ramos do feixe, enquanto a parte amarela do anel interventricular não participará na formação do sistema de condução adulto. **B,** O tronco arterioso, agora dividido no tronco pulmonar e na aorta, está apresentado entre os átrios direito e esquerdo, os quais se expandem lateralmente a ele. O átrio direito está agora posicionado inteiramente acima do ventrículo direito e o trato de saída se expandiu para a esquerda; o ventrículo esquerdo tem acesso à aorta. **C,** A posição do anel do tubo cardíaco primitivo original indicado no coração formado. O tronco pulmonar foi removido.



	TE	Teto A	Assoalho A	CAV	CI	VE	VD	TS
Tbx1	–	–	–	–	–	–	–	+
Tbx2	+	–	+	+	+	–	–	+
Tbx3	–	–	+	+	+	–	–	–
Tbx5	+	+	+	+	+	+	+/–	–
Tbx18	+	–	–	–	–	–	–	–
Tbx20	+	+	+	+	+	+	+	+

Fig. 59.11 O coração primitivo: distribuição dos fatores de transcrição T-box envolvidos na padronização do coração.

SEPTAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS CARDÍACOS EMBRIONÁRIOS

O fluxo sanguíneo nos lados direito e esquerdo não se mistura mesmo no coração em desenvolvimento, pois o fluxo é laminar e as pressões são similares nos lados direito e esquerdo. Apenas após o nascimento é que as pressões na circulação sistêmica "esquerda" se tornam mais altas do que aquelas na circulação pulmonar "direita", e consequentemente os diferentes fluxos têm de ser separados fisicamente a fim de prevenir a mistura de sangue oxigenado com sangue desoxigenado. Antes do nascimento, os pulmões não funcionam e o fluxo sanguíneo para eles é pequeno. Mesmo assim, o desempenho normal do coração requer que todos os compartimentos cardíacos recebam uma quantidade adequada de sangue. Para esta finalidade, mesmo antes do nascimento, o sangue sistêmico do átrio direito é direcionado para o átrio esquerdo, de modo que a metade esquerda do coração e o encéfalo sejam providos com um fluxo normal de sangue. O ventrículo direito, em contraste, drena para a aorta dorsal através do ducto arterioso (Fig. 35.8). As paredes que separam os lados direito e esquerdo do coração são largamente formadas na quarta e na quinta semana de desenvolvimento. Algum tempo mais tarde, não somente os componentes do tubo cardíaco primitivo, especificamente o canal atrioventricular e o trato de saída, mas também as câmaras atrial e ventricular devem ser separados fisicamente em metades direita e esquerda. Entretanto, cada compartimento é separado de maneira notavelmente diferente.

Septação das câmaras atriais

Como um prelúdio para a septação atrial, o corno direito do seio venoso é incorporado na parte direita do átrio e a veia pulmonar surge como uma estrutura da linha média dentro do mesocárdio dorsal. A separação interna em átrios direito e esquerdo é principalmente efetuada pelo crescimento de dois septos acoplados à remodelação dos compartimentos venosos. Ao final da quarta semana de desenvolvimento, uma prega em formato de crescente, o septo atrial primário ou *septum primum*, cresce por proliferação ativa a partir da região dorsocranial do teto atrial na direção do canal atrioventricular, para baixo, imediatamente à direita da entrada da veia pulmonar (Fig. 59.12A e D). Ele está separado da valva sinoatrial esquerda pelo espaço interseptovalvular. A borda condutora do septo primário é coberta por uma capa mesenquimal em continuidade dorsalmente com o mesênquima extracardíaco (mesênquima mediastinal) derivado do mesocárdio dorsal, o qual forma a espinha vestibular, ou espinha do vestíbulo. O corno ventral do septo primário atinge o coxim atrioventricular ventral (cranial), enquanto o corno dorsal atinge o coxim dorsal (caudal). Deste modo, o forame atrial primário, o forame ou óstio primário (*ostium primum*), é inteiramente circundado por mesênquima derivado do endocárdio. Ventral e caudalmente à borda de avanço do septo primário, as câmaras atriais em desenvolvimento se comunicam através do forame primário (Fig. 59.12A e D).

À medida que o forame primário diminui de tamanho, a margem superior do septo primário sofre perfurações por apoptose, e assim o desvio do sangue da direita para a esquerda continua através de um segundo forame, o forame secundário ou *ostium secundum*. Este último é formado antes do final da quinta semana de desenvolvimento. Inicialmente ele não apresenta uma borda superior, uma vez que sua borda superior é o teto atrial. O forame primário é finalmente fechado no plano mediano, conforme a borda do septo primário se funde com os coxins atrioventriculares em fusão (Fig. 59.12B e E). O forame secundário em seguida aumenta para permitir a livre passagem de sangue do átrio direito para o átrio esquerdo.

A abertura solitária da veia pulmonar no teto do átrio esquerdo, a qual está originalmente adjacente à junção atrioventricular, torna-se incorporada à parede atrial e finalmente forma quatro orifícios separados nos vértices do teto atrial. À medida que este desenvolvimento continua, o teto atrial muscular se invagina do lado direito do septo primário atrial (Fig. 59.12B e E); esta prega invaginada constitui o septo secundário, ou *septum secundum*. A borda livre do septo secundário se sobrepõe ao forame secundário. Quando a pressão do átrio esquerdo excede a pressão do átrio direito na vida pós-natal, o septo primário se aproxima do septo secundário como um folheto valvar (Fig. 59.12C e F). A passagem seguida pelo sangue, à medida que ele passa do átrio direito, sob a borda em crescente do septo secundário, em seguida obliquamente através do forame secundário e em direção ao átrio esquerdo, persiste durante toda a vida intrauterina como o forame oval. No início, o forame oval está localizado craniodorsalmente em relação ao septo atrial, mas com a remodelação dos componentes venosos ele atinge uma posição cranioventral.

Septação e posicionamento apropriado do canal atrioventricular

A matriz extracelular se acumula entre o endocárdio e o miocárdio do tubo cardíaco primitivo. Entretanto, ela desaparece em sua maior parte nas regiões de balonamento do miocárdio das câmaras dos átrios e ventrículos em desenvolvimento. A matriz se torna preenchida com mesênquima nas regiões persistentes do tubo cardíaco primitivo. Em descrições convencionais do processo, essas regiões são chamadas de canal atrioventricular e trato de saída, ou cone-tronco. O coxim atrioventricular inferior ou dorsal continua no assoalho do átrio, o qual é constituído de miocárdio primitivo. À medida que o coxim se estende dorsalmente, ele encontra o mesênquima mediastinal na região inicialmente denominada de espinha vestibular, onde ele continua como uma capa mesenquimal que segue juntamente com a borda condutora do septo primário, até que encontre o coxim atrioventricular ventral, ou cranial (Figs. 59.12, 59.14). O coxim dorsal também tem uma significativa extensão ventricular na curvatura interna do tubo cardíaco, a qual vem a se dispor no alto do septo ventricular muscular em desenvolvimento. Os dois coxins atrioventriculares se fundem na sexta semana de desenvolvimento e dividem o canal atrioventricular em seus componentes direito e esquerdo. Os coxins são muito grandes em relação ao canal e deixam estreitas fendas direita e esquerda, as quais aumentam notavelmente de tamanho durante o desenvolvimento subsequente.

No início do estágio 10, o polo venoso, o canal atrioventricular, o ventrículo esquerdo em desenvolvimento e o trato de saída estão todos posicionados simetricamente ao redor da linha média (Fig. 59.13A). Como resultado do rápido crescimento subsequente do tubo cardíaco, o canal atrioventricular se move em sua totalidade para a esquerda (Fig. 59.13B) à medida que a parte ventricular do tubo cardíaco forma uma alça para a direita (Fig. 59.7). Essa alça ventricular é evidente durante a quarta e quinta semanas de desenvolvimento, e é neste estágio que um sulco interventricular profundo aparece externamente. Durante este período, o assoalho atrial, incluindo o seio venoso sistêmico em desenvolvimento e o canal atrioventricular, move-se para a direita (Fig. 59.13C). A veia pulmonar em desenvolvimento permanece ancorada na linha média e, subsequente a estas manobras, o canal atrioventricular mais uma vez se torna posicionado na linha média: este processo facilita as conexões apropriadas do septo muscular em desenvolvimento com os coxins atrioventriculares e o trato de saída. O orifício do seio venoso está, até agora, posicionado à direita. Desde o princípio, o septo ventricular muscular se desenvolve alinhado com o lado direito do coxim atrioventricular dorsal (inferior) (Fig. 59.14), de modo que o átrio direito em separação sempre tenha acesso direto ao ventrículo direito em desenvolvimento. O processo também assegura que permaneça um espaço ventralmente para incorporação do componente subaórtico do trato de saída no ventrículo esquerdo.

Septação dos ventrículos

Após a formação da alça no tubo cardíaco, é fácil ter a impressão de que o canal atrioventricular se comunica exclusivamente com o ventrículo

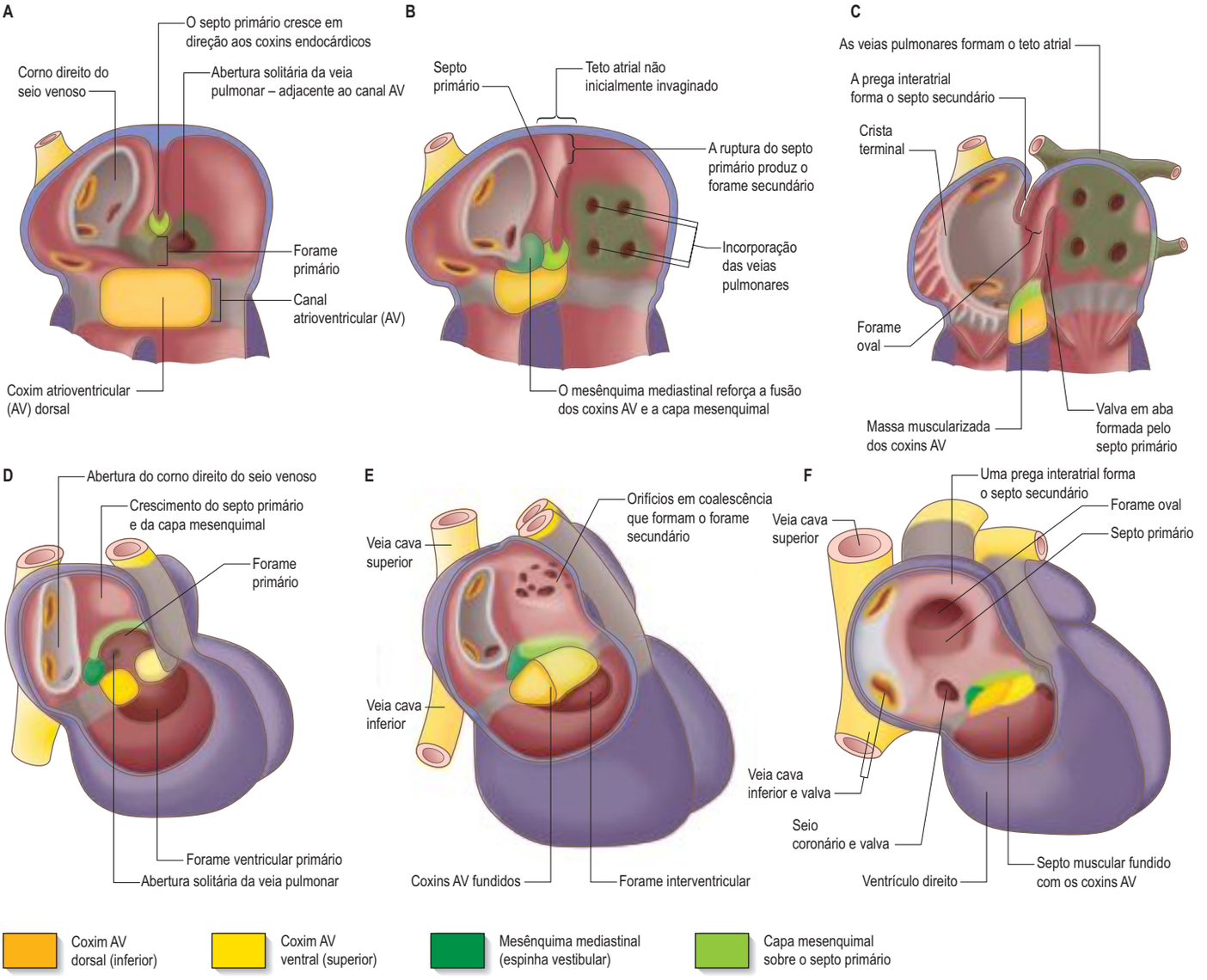


Fig. 59.12 Três estágios representativos no desenvolvimento do septo atrial. **A-C,** Vistas coronais pela frente; **D-F,** vistas laterais pelo lado direito. **A** e **D**, O septo primário ainda não obliterou a comunicação original entre os dois átrios (forame primário) e os coxins endocárdicos atrioventriculares ainda não se fundiram. **B** e **E,** Os coxins endocárdicos atrioventriculares se fundiram entre si e com o septo primário, o qual se rompeu em sua parte dorsal para formar o forame secundário. **C** e **F,** O septo secundário se forma no lado direito do forame secundário a partir de uma prega interatrial.

esquerdo em desenvolvimento. No coração definitivo, o sangue que entra no ventrículo direito passa através do vestíbulo do átrio direito e sai através do infundíbulo subpulmonar muscular, enquanto o sangue que entra no ventrículo esquerdo passa através do vestíbulo do átrio esquerdo e sai da através da raiz aórtica. As mudanças necessárias para produzir as conexões definitivas entre os componentes cardíacos são complexas. Três estruturas distintas contribuem para a formação do septo ventricular pós-natal: o septo ventricular muscular, as partes proximais dos coxins de saída e os coxins endocárdicos atrioventriculares. Os dois últimos componentes separam as partes do tubo cardíaco primitivo que estão comprometidas com os ventrículos direito e esquerdo, em oposição aos componentes ventriculares apicais balonados. A formação inapropriada e a conexão dos coxins com o septo ventricular muscular ressaltam as deficiências do septo ventricular definitivo; tais lesões representam cerca de dois terços de todos os defeitos septais cardíacos.

A separação entre os ventrículos direito e esquerdo é inicialmente anunciada pelo aparecimento de uma crista caudal em formato de crescente dentro da alça ventricular. As partes trabeculadas dos ventrículos contêm menos matriz extracelular que as paredes do tubo cardíaco primitivo, e são estas partes das câmaras que se expandem a cada lado da crista que permanece entre elas. Consequentemente, a crista do septo em desenvolvimento é sua porção mais antiga. As partes mais apicais são adicionadas concomitantemente ao aumento de tamanho das câmaras, como se elas estivessem se expandindo como balões. A impressão obtida é de que os cornos dorsal e ventral do septo interventricular crescem ao longo das paredes ventriculares, encontrando-se e fundindo-se com as extremidades direitas dos coxins dorsal e ventral do canal atrioventricular. Na realidade, a crista do septo marca a posição do tubo cardíaco primitivo original e se torna o feixe atrioventricular. O septo tem uma margem livre em formato de foice que, juntamente com a superfície caudal fundida dos coxins endocárdicos, delimita um forame ovoide. Previamente, este forame vinha sendo erroneamente denominado de forame interventricular ou bulboventricular: ele não é mais um local no interior da cavidade do tubo cardíaco primitivo. Os componentes trabeculares apicais dos ventrículos sofrem um balonamento a partir da face ventral do tubo cardíaco primitivo. Na face dorsal, ou na curvatura interna, não existe miocárdio de câmaras, apenas as paredes lisas do tubo cardíaco primitivo. Consequentemente, desde o princípio do processo, as partes apicais dos ventrículos em formação estão separadas por um septo muscular. O forame marcado caudalmente pela crista do septo ventricular fornece a entrada inicial do ventrículo direito em desenvolvimento e a saída para o ventrículo esquerdo em desenvolvimento. O término da septação ventricular requer a divisão deste forame primário, em vez de seu fechamento. Isto também demanda uma conexão apropriada entre o septo muscular e o canal atrioventricular dividido, incluindo seus coxins, e com o trato de saída dividido, juntamente com seus coxins (Fig. 59.14).

O uso de uma terminologia inapropriada significa que toda a região em seguida ao forame tenha sido previamente chamada de ventrículo primitivo, toda a região do bulbo, e a junção entre elas, a junção bulboventricular. Na descrição aqui apresentada, a área é denominada de junção primária, inicialmente marcada por uma distinta incisura na face externa do coração, e na face interna pela crista correspondente do septo ventricular em desenvolvimento. A crista está posicionada entre o orifício atrioventricular, a qual é inicialmente uma estrutura comum, e a parte caudal do ventrículo direito em formação.

A conexão apropriada com as junções atrioventricular e arterial em separação é essencial para o desenvolvimento de um coração com quatro câmaras. A descoberta fortuita da expressão de um antígeno "neural" no miocárdio juncional primário, circundando o chamado forame interventricular primário, esclareceu as etapas envolvidas na remodelação desta região na curvatura interna.

Septação e posicionamento apropriado do trato de saída

O comprimento da porção miocárdica do trato de saída diminui acentuadamente entre a quarta e a oitava semanas de desenvolvimento. Em parte, o miocárdio se torna incorporado aos ventrículos, e em parte ele desaparece por apoptose: no coração definitivo, não existe um trato de saída miocárdico distinto presente no ventrículo esquerdo, porque o miocárdio que inicialmente separou as valvas mitral e aórtica em desenvolvimento desaparece e deixa a continuidade aórtica-mitral fibrosa distinta no coração pós-natal. No ventrículo direito, o trato de saída miocárdico proximal persiste como o infundíbulo subpulmonar muscular de paredes lisas. A formação da parte adjacente à raiz aórtica requer a muscularização da maioria das partes proximais dos coxins do trato de saída para formar a maior parte da crista supraventricular.

Fundamental para a separação do trato de saída é o aparecimento de duas cristas, ou coxins, no trato de saída, as quais se espiralizam uma ao redor da outra à medida que seguem da extremidade distal do ventrículo direito, onde estão posicionadas septal e parietalmente, até o saco aórtico (Figs. 59.14 e 59.15). No interior do saco aórtico, uma cunha transversal de tecido, denominada de septo aortopulmonar, separa as origens das artérias que atravessam os quarto e sexto arcos faríngeos. O septo é formado a partir de mesênquima mediastinal dorsal. Células precursoras miocárdicas e células não miocárdicas são adicionadas ao trato de saída, as últimas formando os componentes intrapericárdicos dos troncos arteriais. Células da crista neural migram do miocárdio mediastinal faríngeo para os coxins do trato de saída. Elas não parecem povoar o septo em si, mas formam as partes maiores das paredes das porções intrapericárdicas do tronco arterioso. A precisa relação entre os coxins do trato de saída e os arcos arteriais aórticos recém-formados, os quais nunca possuem um septo entre eles, ainda tem que ser avaliada.

As cristas em espiral do trato de saída começam a se fundir a partir da sexta semana em diante, inicialmente na parte distal do trato de saída, e as fusões continuam gradualmente em direção ao septo interventricular (Figs. 59.15 e 59.16A). As partes mais proximais dos coxins permanecem não fundidas quando a aorta e o tronco pulmonar adquirem sua existência separada dentro da cavidade pericárdica. Neste momento, a parte proximal do trato de saída, em direção aos troncos arteriais intrapericárdicos, permanece envolvida em um manguito miocárdico. As valvas e seios arteriais em seguida se desenvolvem na parte mais distal deste trato de saída miocárdico; a parede miocárdica externa não desaparece completamente até bem depois do término da septação. As partes mais proximais dos coxins são as últimas a se fundir, e elas em seguida se muscularizam e se unem ao septo ventricular muscular, unindo consequentemente a aorta ao ventrículo esquerdo. O coxim atrioventricular dorsal mantém sua característica mesenquimal e se torna a parte membranosa do septo interventricular no coração formado. A formação de seus componentes interventricular e atrioventricular não se torna evidente até que a válvula septal da valva tricúspide sofra uma delaminação da superfície do septo ventricular.

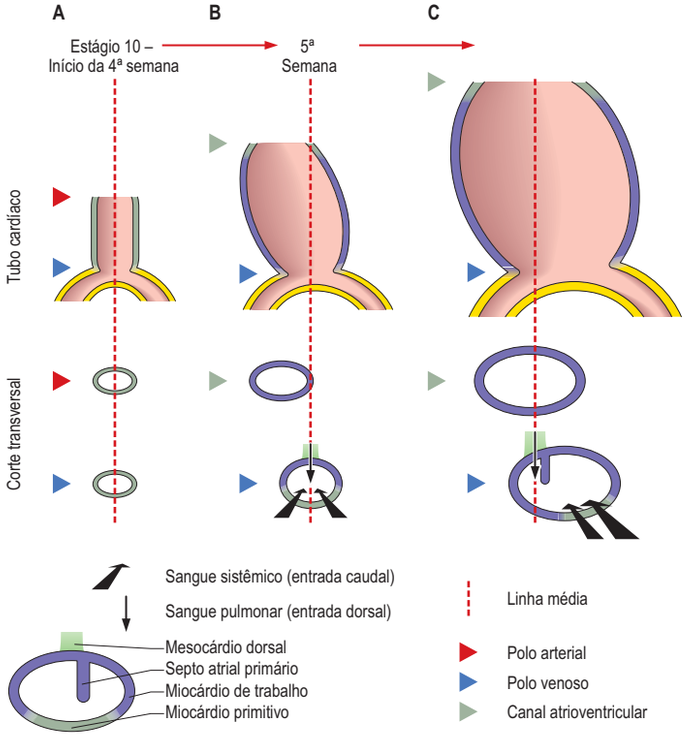


Fig. 59.13 Movimentos do canal atrioventricular em relação à linha média durante o desenvolvimento.

COMPONENTES NÃO MIOCÁRDICOS DO CORAÇÃO

Os componentes não miocárdicos do coração são o epicárdio, incluindo a vascularização coronariana, e os fibroblastos intersticiais e o aparelho valvular, os quais são formados em sua parte maior a partir do mesênquima derivado do endocárdio. Desde o principio, as valvas atrioventriculares, mitral e tricúspide são formadas no local do canal atrioventricular inicial, enquanto as valvas aórtica e pulmonar são inicialmente desenvolvidas dentro do trato de saída miocárdico, e apenas mais tarde atingem as inserções semilunares das válvulas, as quais cruzam as junções ventriculoarteriais anatômicas. Todas as válvulas se formam inicialmente como projeções endocárdicas internas que envolvem uma membrana basal miocárdica, a matriz, e células mesenquimais. Os precisos mecanismos envolvidos na formação destas áreas ainda têm que ser determinados.

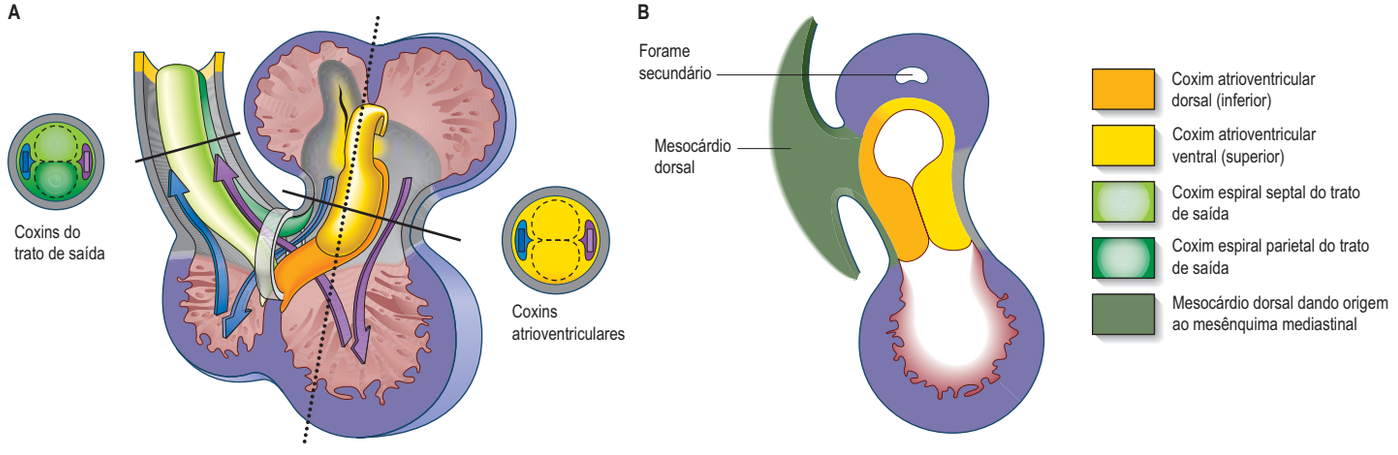


Fig. 59.14 Septação dos ventrículos e do trato de saída. **A,** Vista frontal do coração no estágio 13 com o trato de saída refletido para a direita. As linhas mostram o nível dos cortes transversais dos coxins atrioventriculares e do trato de saída. Observe que o sangue de ambos os átrios passa pelo forame interventricular embrionário neste estágio. **B,** Corte sagital do coração ao longo da linha pontilhada em **A** mostra a região juncional atrioventricular vista pelo lado direito. Os coxins atrioventriculares se estendem por sobre a borda de condução do septo primário (embora a capa mesenquimal sobre o septo atrial, **Figura 59.12**, provavelmente tenha uma origem de desenvolvimento diferente).

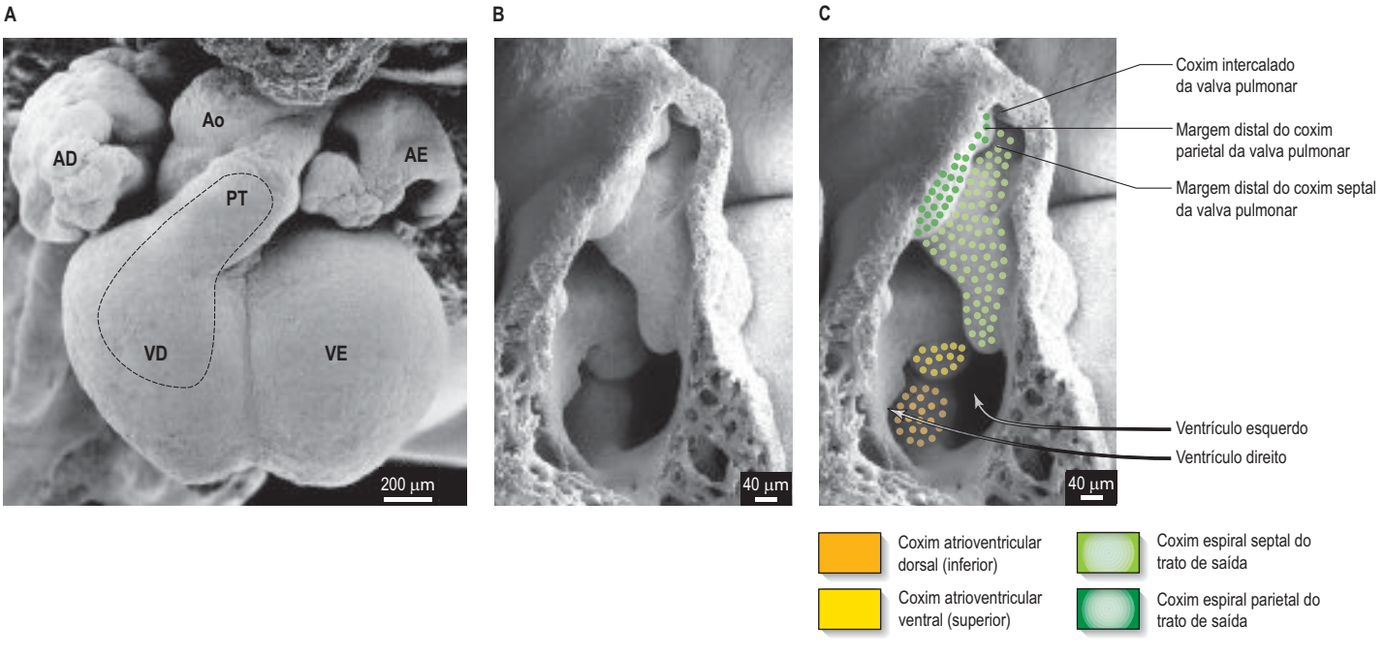


Fig. 59.15 Septação do trato de saída. **A,** MEV do coração humano no estágio 18. O tronco pulmonar está separado da aorta. **B,** MEV do coração humano no estágio 17 mostra a face luminal do ventrículo direito e do trato de saída. As paredes anterior e parietal do trato de saída foram removidas ao longo das linhas pontilhadas mostradas em **A**. **C,** MEV com cor adicional para mostrar as estruturas em **B**. Os coxins do trato de saída não estão fundidos; as margens distais de ambos os coxins do trato de saída estão contribuindo para a valva pulmonar em desenvolvimento, e a terceira válvula e o seio desta válvula são derivados do coxim intercalado. Os componentes da valva aórtica se desenvolvem a partir da face dorsal dos coxins do trato de saída. (Por cortesia do Prof G Steding, Göttingen, com permissão de Oostra RJ, Steding G, Lamers WH, Moorman AFM. Steding's and Virágh's scanning electron microscopy atlas of the developing human heart. New York: Springer-Verlag, 2006.)

Desenvolvimento do epicárdio e da vascularização coronariana

O epicárdio, o leito vascular coronariano e os fibroblastos intersticiais se desenvolvem a partir de uma protrusão de células mesenquimais coberta por mesotélio, o pró-epicárdio, que se origina a partir do pericárdio na região do seio venoso durante a 5ª semana. A base do pró-epicárdio inclui células pericárdicas bipotenciais que são recrutadas para uma linhagem cardíaca para formar o polo venoso do coração, ou outra para a linhagem epicárdica. Proteínas morfogenéticas ósseas e fatores de crescimento de fibroblastos influenciam qual a linhagem a ser seguida; o mecanismo de especificação preciso ainda não está claro. As células se destacam do pró-epicárdio e se disseminam sobre o tubo miocárdico da região caudal para a região cranial, e da região dorsal para a região ventral. Deste modo, em estágios sucessivos, as células pró-epicárdicas se aproximam da superfície miocárdica dos átrios, do canal atrioventricular, dos ventrículos e da parte proximal do trato de saída, em desenvolvimento. À medida que a parte distal do trato de saída torna-se arterializada com a regressão das paredes miocárdicas iniciais, é coberta por uma projeção do mesotélio pericárdico no local das reflexões pericárdicas iniciais. Após a formação do epicárdio, um espaço é formado entre o epicárdio em desenvolvimento e a camada miocárdica externa, a qual é particularmente pronunciada nas regiões atrioventricular do trato de saída do tubo cardíaco. Este é o espaço subepicárdico, ou subepicárdio: ele é subsequentemente povoado por células mesenquimais que são largamente derivadas do epicárdio e que desempenham um papel importante na formação da vascularização coronariana. Os precursores dos fibroblastos, das células musculares lisas e do endotélio coronarianos são todos derivados destas células pluripotentes, as quais possivelmente também desempenham papéis no desenvolvimento de tecidos não vasculares, incluindo o mesênquima dos coxins atrioventriculares e alguns elementos miocárdicos. Os remanescentes do pró-epicárdio podem ser encontrados na área das tributárias venosas sistêmicas em desenvolvimento até o estágio 15.

As artérias coronárias foram previamente consideradas formadas através de angiogênese, ou brotamento a partir da raiz aórtica. Entretanto, estudos recentes demonstraram que os vasos se desenvolvem antes da formação dos orifícios arteriais nos seios aórticos: considera-se agora que os vasos surjam por vasculogênese, e que células mesenquimais no espaço subepicárdico deem origem a vasos primitivos que invadem o miocárdio e se disseminam pela superfície miocárdica. Brotamentos deste plexo se aproximam da base do trato de saída e se conectam aos seios da raiz aórtica. Essencialmente, apenas as artérias coronárias direita e esquerda solitárias permanecem, embora em até um terço de corações humanos pequenos ramos acessórios das artérias coronárias tenham origem diretamente dos seios coronários. Os vasos que permanecem adquirem uma parede medial e uma cobertura adventícia, enquanto aqueles que não formam uma parede medial estão destinados a regredir. As veias coronárias se desenvolvem de uma maneira similar a partir de um plexo de capilares que brota na região subepicárdica; elas desembocam no seio coronário e diretamente nas câmaras atriais. O padrão vascular coronariano maduro é estabelecido através de remodelação dos plexos capilares e redução no número de anastomoses arteriovenosas.

Valvas atrioventriculares

Inicialmente, o miocárdio atrial é contínuo com o miocárdio ventricular através do miocárdio do canal atrioventricular. O canal atrioventricular em si é caracterizado pelos tecidos do sulco atrioventricular sobre o lado epicárdico, e dos coxins endocárdicos sobre o lado endocárdico. À medida que as valvas atrioventriculares se desenvolvem, esses tecidos se fundem na margem ventricular do canal e assim interrompem a continuidade miocárdica. Estudos de linhagens moleculares em camundongos demonstraram que as válvulas e suas cordas tendíneas são subsequentemente derivadas em sua totalidade a partir do endocárdio.

As valvas atrioventriculares se desenvolvem como projeções semelhantes a prateleiras a partir das margens dos orifícios atrioventriculares. Elas são direcionadas como lâminas cônicas quase completas em direção aos ventrículos, suas bordas de avanço continuam, inicialmente como cristas trabeculares, profundamente para a cavidade ventricular. Com o contínuo crescimento diferencial e a escavação em suas faces ventriculares, cada lâmina desenvolve endentações principais que formam os orifícios mitral e tricúspide e definem seus folhetos (ou válvulas) principais. Endentações marginais menores subdividem algumas válvulas em recortes. Cada válvula desenvolve funcionalmente variações regionais significativas na textura da superfície e seu eixo se condensa como uma lâmina fibrosa rica em colágeno, sustentada pelo tecido fibroadiposo do sulco atrioventricular ou por um anel fibroso. A válvula anterior da valva tricúspide e as válvulas aórtica e mural da valva mitral aparecem em torno do momento de fusão dos coxins atrioventriculares e do trato de saída. A delaminação da válvula septal da valva tricúspide ocorre após o término da septação ventricular, produz os componentes interventricular e atrioventricular do septo membranoso e continuam até pelo menos a 11ª semana (Fig. 59.16B).

Valvas aórtica e pulmonar

As valvas aórtica e pulmonar se formam a partir dos coxins endocárdicos na extremidade distal do trato de saída miocárdico e se tornam povoadas

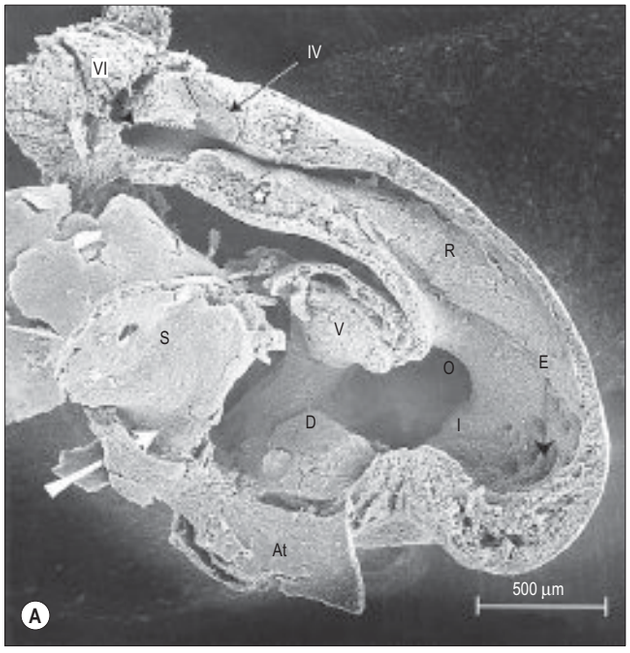


Fig. 59.16 A, MEV do coração humano aos 32 dias (estágio 15). A parede lateral direita do átrio direito, do ventrículo direito e do trato de saída foi removida. O septo primário (S) e a valva do seio venoso em desenvolvimento (seta branca) estão a uma distância dos coxins atrioventriculares ventral (V) e dorsal (D) não fundidos. O forame interventricular (primário) está aberto (O). Sua margem inferior é formada pelo septo interventricular em desenvolvimento (I). Observe a crista anterolateral esquerda (R) e, nas margens distais do tronco arterioso, as elevações (*) das valvas da suposta aorta e do suposto tronco pulmonar. IV, origem do 4º arco aórtico; VI, origem do 6º arco aórtico. At, átrio; E, trabéculas embrionárias. **B,** Face septal do ventrículo direito de um coração humano com oito semanas. A delaminação da válvula septal da valva tricúspide (T) está ocorrendo. Uma fenda (seta negra) apareceu, marcando a margem posterior da válvula septal. Não há fendas delineando as margens anteriores na região adjacente à crista supraventricular (C), e o endocárdio está contínuo. Não há aparelho de tensão presente. AV, valva aórtica; LA, átrio esquerdo; PV, valva pulmonar; RA, átrio direito.

por células da crista neural, além de mesênquima derivado do endocárdio e da faringe primitiva. Os coxins do trato de saída em fusão se dividem e fornecem dois rudimentos cada um para as valvas aórtica e pulmonar em desenvolvimento. A válvula restante para cada valva é em seguida produzida a partir dos coxins intercalados recém-formados (Fig. 59.15). Cada projeção derivada de um coxim cresce e é também escavada em sua face mural para formar um folheto valvular semilunar. Eventos similares afetam a parede adjacente. Desta maneira, as bolsas entre as valvas e as paredes dos coxins gradualmente aumentam de tamanho e a face mural de cada coxim forma os seios valvulares. O eixo de cada válvula forma uma lâmina fibrosa rica em colágeno, delicada e delgada em cada lúnula de formato crescente, espessa e compacta no nódulo central, com faixas radiadas marginais e basais. A natureza dinâmica do desenvolvimento cardíaco torna difícil a descrição das posições das válvulas precisamente no espaço e, consequentemente, é melhor descrever os seios e válvulas direitos, esquerdos, e não coronários da valva aórtica, e as válvulas adjacentes e não adjacentes da valva pulmonar.

CIRCULAÇÃO FETAL

À medida que o sistema cardiovascular se desenvolve, a circulação embrionária (consulte o Cap. 13) é modificada em uma circulação fetal que mantém uma circulação placentária e que também é capaz de estabelecer a circulação pulmonar ao nascimento. Ocorre uma extensa remodelação dos arcos arteriais aórticos primitivos e das aortas dorsais (inicialmente bilaterais) (consulte o Cap. 35). As aortas dorsais persistem do lado cranial dos terceiros arcos aórticos como continuações das artérias carótidas internas (Fig. 35.8). A aorta dorsal entre o terceiro e o quarto arcos aórticos, o ducto carótico, diminui e finalmente desaparece. A partir do quarto arco até a origem da sétima artéria segmentar, a aorta dorsal direita se torna parte da artéria subclávia direita, e caudalmente à sétima artéria intersegmentar, a aorta dorsal direita desaparece até o local de fusão das aortas torácicas. Após o desaparecimento do ducto carótico esquerdo, o restante persiste para formar a parte descendente do arco da aorta. As aortas dorsais embrionárias direita e esquerda fundidas persistem como a aorta torácica descendente e a aorta abdominal definitivas. Uma constrição, o istmo aórtico, está às vezes presente na aorta entre o local final de origem da artéria subclávia esquerda e o orifício do ducto arterioso.

Alterações concomitantes também ocorrem no sistema venoso primitivo. As veias pré-cardinais aumentam à medida que a cabeça e o encéfalo se desenvolvem. Elas aumentam mais ainda através das veias subclávias derivadas dos brotamentos dos membros superiores, as quais se tornam as principais tributárias das veias cardinais comuns e gradualmente assumem uma posição quase vertical à medida que o coração desce para o tórax (Fig. 13.4). Aquela parte da veia pré-cardinal original rostral à veia subclávia é agora a veia jugular interna, e sua confluência é a veia braquiocefálica de cada lado. As veias cardinais comuns direita e esquerda são originalmente do mesmo diâmetro: devido ao desenvolvimento de uma grande conexão transversal oblíqua, a veia braquiocefálica esquerda transporta sangue da esquerda para a direita (Fig. 13.4). A parte de veia pré-cardinal direita original entre a junção das duas veias braquiocefálicas e as veias ázigos forma a parte superior da veia cava superior. A parte caudal deste vaso, abaixo da entrada da veia ázigos, é formada pela veia cardinal comum direita. As veias pré-cardinal esquerda e cardinal comum esquerda, caudalmente à ramificação transversal da veia braquiocefálica esquerda, atrofiam grandemente: a veia pré-cardinal constitui a parte terminal da veia intercostal superior esquerda, enquanto a cardinal comum é representada pelo ligamento da veia cava superior esquerda e a veia oblíqua do átrio esquerdo (Fig. 13.4). O restante da veia intercostal superior esquerda é desenvolvido a partir da extremidade cranial da veia pós-cardinal e drena a segunda, terceira e, ocasionalmente a quarta veias intercostais. A veia oblíqua passa para baixo através da porção dorsal do átrio esquerdo para se abrir no seio coronário, o qual representa o corno esquerdo persistente do seio venoso sistêmico.

A circulação fetal contém um número de vasos relativamente grandes que permitem que a maior parte do fluxo sanguíneo desvie do fígado e dos pulmões. A placenta atua como o órgão para a nutrição e excreção fetais, recebendo sangue fetal desoxigenado e retornando-o oxigenado e detoxificado. O sangue fetal atinge a placenta através de duas artérias umbilicais, e na vida fetal inicial retorna através de duas veias umbilicais (Fig. 59.17). A veia umbilical direita mais tarde desaparece, enquanto a veia umbilical esquerda que persiste entra no abdome através do umbigo, atravessa a borda do ligamento falciforme para alcançar a superfície hepática e em seguida se une ao ramo esquerdo da veia porta na porta do fígado. Oposto a essa junção, um grande vaso, o ducto venoso, surge e sobe posteriormente ao fígado para se unir à veia hepática esquerda próximo à sua terminação na veia cava inferior (para uma descrição detalhada do desenvolvimento das veias circum-hepáticas, consulte o Cap. 73, Figs. 73.8-73.10). A veia porta é pequena no feto comparado ao tamanho da veia umbilical. Partes do ramo esquerdo da veia umbilical, proximal e distalmente às suas junções, atuam como ramos da veia porta e transportam sangue oxigenado para as partes direita e esquerda do fígado. Consequentemente, o sangue na veia umbilical esquerda atinge a veia cava inferior através de três rotas: algum sangue entra no fígado diretamente e atinge a veia cava através das veias hepáticas; uma considerável quantidade circula através do fígado com sangue venoso portal antes de também entrar pelas veias hepáticas; o restante é desviado para a veia cava inferior através do ducto venoso.

O sangue placentário renovado passa quase diretamente para a aorta para distribuição para a cabeça e membros superiores. O sangue derivado do ducto venoso e das veias hepáticas se mistura na veia cava inferior com o sangue derivado dos membros inferiores e da parede abdominal e entra no átrio direito. Como a pressão atrial direita é muito maior do que a esquerda, força a valva semelhante a uma cúspide do septo primário para a esquerda e permite, assim, a passagem do sangue do átrio direito para o esquerdo. A valva da veia cava inferior está colocada de modo a direcionar 75% do sangue ricamente oxigenado a partir da veia umbilical para o forame oval e para o átrio esquerdo, onde ele se mistura com o retorno venoso limitado das veias pulmonares. A partir do átrio esquerdo, o sangue entra no ventrículo esquerdo e daí para a aorta, através da qual ele é provavelmente distribuído quase inteiramente para o coração, cabeça e membros superiores, o que significa que pouco sangue atinge a aorta descendente.

O sangue derivado da cabeça e dos membros superiores retorna ao átrio direito através da veia cava superior, flui através do orifício atrioventricular direito para o ventrículo direito (juntamente com a pequena quantidade de sangue que é devolvida através da veia cava inferior) e em seguida passa para o tronco pulmonar. Entretanto, como os pulmões fetais são largamente inativos, apenas um pouco do sangue do ventrículo direito flui através das artérias pulmonares direita e esquerda e retorna ao átrio esquerdo através das veias pulmonares. A maior parte do fluxo de saída através do tronco pulmonar é transportada pelo ducto arterioso diretamente para a aorta, onde ele se mistura com a pequena quantidade de sangue que passa do ventrículo esquerdo para esta parte da aorta. A mistura desce na aorta e a maior parte é retornada através das artérias umbilicais para a placenta: algum sangue é distribuído para os membros inferiores e para os órgãos do abdome e da pelve.

ALTERAÇÕES NA CIRCULAÇÃO E OCLUSÃO DE VASOS FETAIS APÓS O NASCIMENTO

Ao nascimento, à medida que a respiração pulmonar se inicia, quantidades crescentes de sangue derivado do tronco pulmonar fluem através das artérias pulmonares para os pulmões e retornam pelas veias pulmonares para o átrio esquerdo: consequentemente, a pressão aumenta no interior do átrio esquerdo. Um decréscimo na pressão também ocorre na veia cava inferior, como resultado da redução do retorno venoso concomitante à oclusão da veia umbilical e do ducto venoso. As pressões atriais se tornam iguais e o forame oval valvular é fechado por aposição, e subsequente fusão, do septo primário às bordas do forame. A contração da musculatura do septo atrial, sincronizada com aquela na veia cava superior, pode auxiliar este fechamento, que ocorre após o fechamento funcional do ducto arterioso. Embora o forame oval se feche funcionalmente após a respiração pulmonar estiver estabelecida, ele não se torna estruturalmente fechado até algum tempo mais tarde. Ele é obliterado em menos de 3% dos bebês duas semanas após o nascimento, e em 87% por volta dos quatro meses após o nascimento. Às vezes a fusão é incompleta e uma comunicação atrial potencial (defeito do septo atrial) persiste durante toda a vida. Quase sempre isto não tem efeito funcional, porque a desigualdade das pressões atriais e o arranjo da abertura, semelhante a uma valva, não favorece a passagem do sangue.

Logo após o nascimento, um número de vasos fetais sofre oclusão, embora a maioria permaneça patente. Esta constrição diferencial sugere que as paredes de uma população de vasos fetais são diferentes daquelas dos vasos restantes. A bradicinina, um dos hormônios polipeptídicos da classe das cininas, a qual induz a contração ou o relaxamento do tecido muscular liso, forma-se no sangue do cordão umbilical quando a temperatura do cordão diminui ao nascimento ou logo em seguida. Ela também é formada e liberada por leucócitos granulócitos nos pulmões do recém-nascido após a exposição a uma quantidade adequada de oxigênio. A bradicinina é um potente constritor das artérias e veias umbilicais e do ducto arterioso, e também é um potente inibidor da contração dos vasos pulmonares.

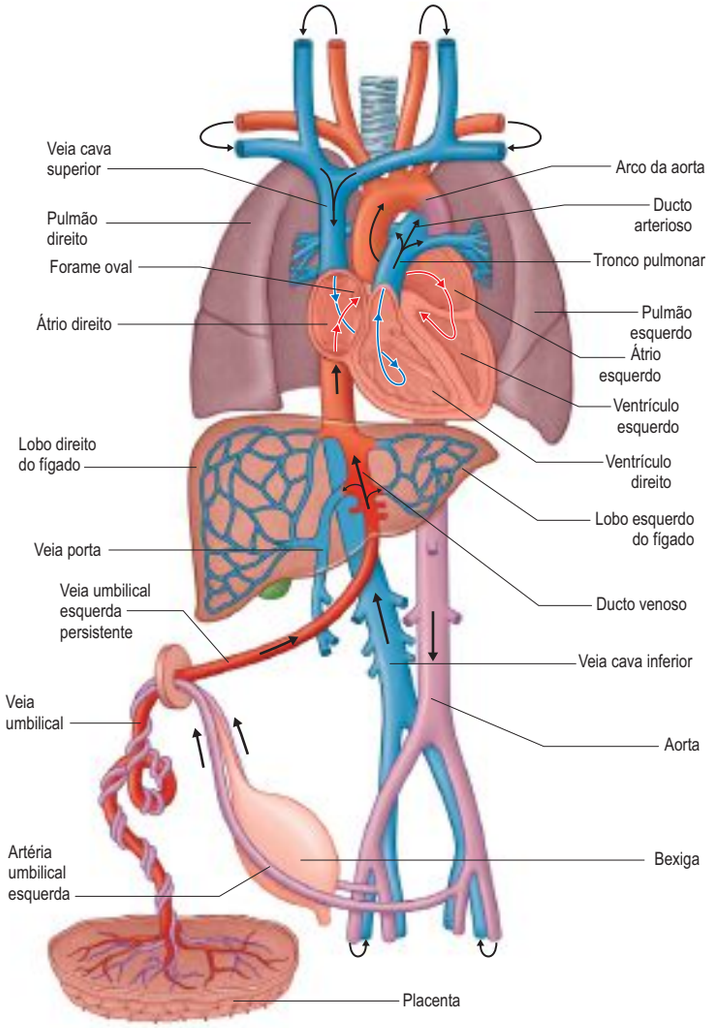


Fig. 59.17 Plano da circulação fetal. As setas indicam a direção do fluxo sanguíneo. A placenta está desenhada em uma escala amplamente reduzida.

Ducto arterioso

O ducto arterioso desvia o sangue do tronco pulmonar para o arco da aorta, desviando-o dos pulmões fetais (Figs. 59.17 e 59.18). Ele surge como uma continuação direta do tronco pulmonar no ponto em que ele se divide em artérias pulmonares direita e esquerda. Ele tem 8-12 mm de comprimento, e se une à aorta em um ângulo de 30-35° no lado esquerdo, anterolateralmente, abaixo da origem da artéria subclávia esquerda. A abertura do ducto arterioso na aorta é grandemente alongada. Seu diâmetro em sua origem a partir do tronco pulmonar, quando distendido com sangue, é de 4-5 mm, o que é quase igual ao diâmetro da aorta ascendente adjacente (5-6 mm). Ambas as artérias se afilam a um diâmetro menor à medida que elas passam inferiormente e a aorta permanece ligeiramente maior (4 mm) (Fig. 59.19). No recém-nascido, o ducto arterioso está intimamente relacionado ao brônquio principal esquerdo inferiormente e ao timo anteriormente.

O ducto arterioso difere dos outros grandes vasos que se originam do coração porque sua túnica média contém músculo liso em vez de lâminas de elastina. Tem sido sugerido que a relação entre o ramo laríngeo recorrente do nervo vago e o ducto arterioso em desenvolvimento seja responsável por esta diferença histológica pelo fato de que o nervo laríngeo recorrente (o qual, no embrião de estágio 16, é muito grande em relação ao sistema de arcos aórticos) sustenta o ducto arterioso à medida que ele o envolve, permitindo, portanto, que o ducto se desenvolva como uma artéria muscular, e não como uma artéria elástica.

É essencial que o ducto arterioso permaneça patente durante a vida intrauterina. As prostaglandinas parecem ter um papel na manutenção desta patência. O tecido ductal fetal e neonatal pode produzir prostaglandinas E_2, I_2 e F_2a, as quais inibem a capacidade de o ducto se contrair em resposta ao oxigênio.

Fechamento do ducto arterioso

O ducto arterioso começa a se fechar imediatamente após o nascimento, embora o sangue provavelmente continue a fluir intermitentemente através dele por uma semana ou mais. O fluxo é invertido em relação ao que ocorre na circulação fetal, refletindo a resistência vascular sistêmica aumentada, que se segue à exclusão da circulação placentária, e a resistência pulmonar diminuída, que se segue à expansão dos pulmões. A constrição inicial ao nascimento tem sido atribuída à tensão aumentada de oxigênio. Um fator neural pode estar envolvido: a parede muscular apresenta terminações nervosas aferentes e eferentes e responde à adrenalina e à noradrenalina.

O primeiro estágio do fechamento ductal é completado dentro de 10-15 horas e o segundo estágio leva 2-3 semanas. O primeiro estágio consiste na contração das células musculares lisas e no desenvolvimento de um edema subendotelial. A destruição do endotélio e a proliferação da túnica íntima ocorrem subsequentemente, e levam ao fechamento permanente. Diversos fatores que podem promover o fechamento ductal foram identificados. Eles incluem: tensão aumentada de oxigênio; concentrações de catecolaminas plasmáticas aumentadas; supressão da produção de prostaglandina I_2; impedimento de receptores para prostaglandina E; um papel sinérgico da prostaglandina F_2a e de concentrações de oxigênio; uma diminuição na concentração de adenosina plasmática. Após o nasci-

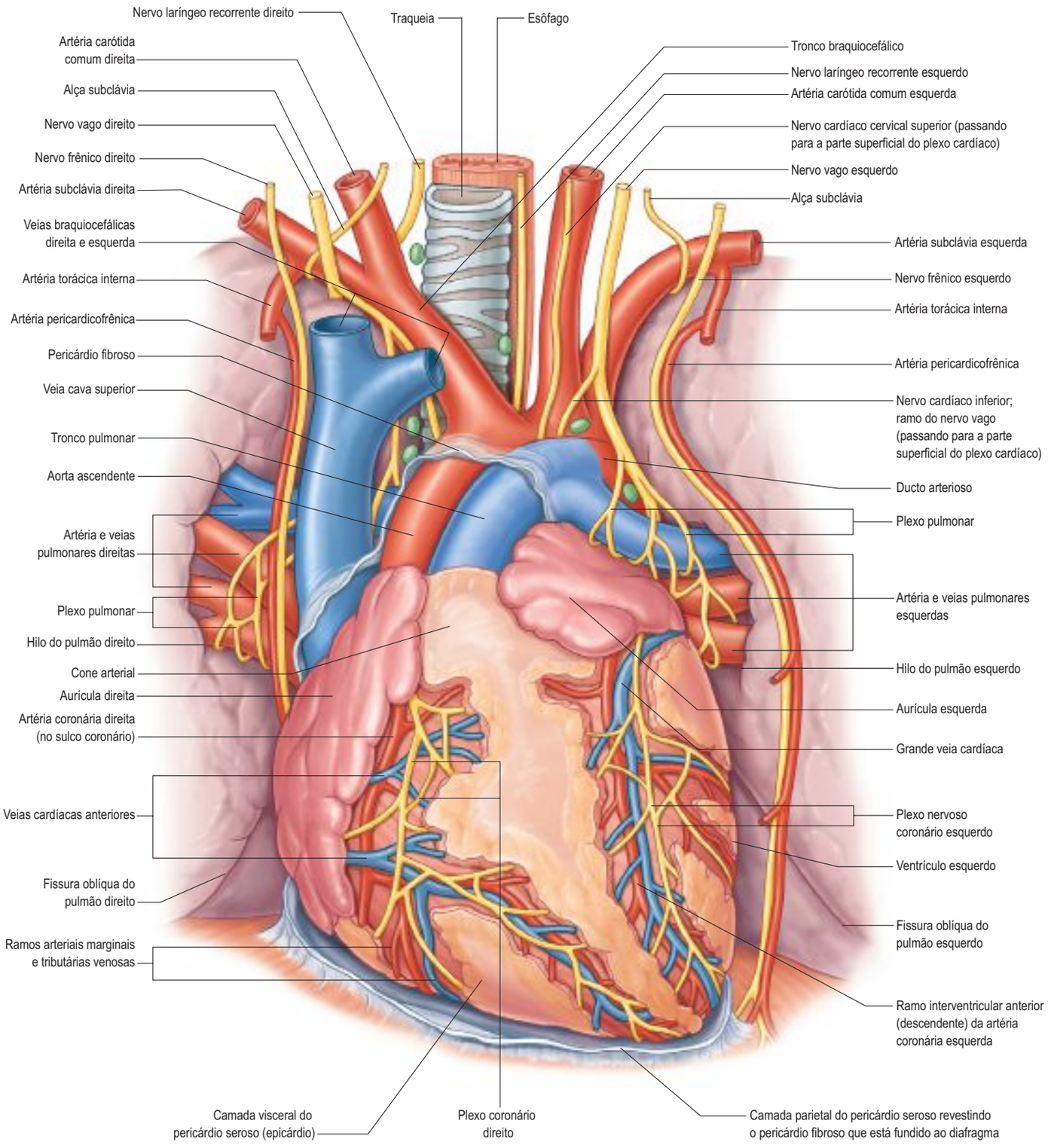


Fig. 59.18 Vista anterior do coração e grandes vasos em um recém-nascido a termo. Os pulmões foram deslocados para expor o coração e o epicárdio dissecado do coração e das raízes dos grandes vasos. Observe que, após o nascimento, o fluxo sanguíneo se inverte através do ducto arterioso antes de seu fechamento. (Segundo Crelin ES 1969 Anatomy of the Newborn. Philadelphia: Lea and Fabiger.)

mento, esses eventos inter-relacionados resultam no fechamento do ducto arterioso. Tem sido proposto que a alta tensão de oxigênio do fluxo sanguíneo invertido através do ducto inicia a síntese de um hidroperoxiácido graxo que suprime a produção de prostaciclina e expõe assim o ducto aos efeitos contráteis do endoperóxido de prostaciclina. Após o fechamento, o ducto se torna o ligamento arterioso que conecta a artéria pulmonar esquerda (próximo à sua origem) ao arco da aorta.

CORAÇÃO FETAL E NEONATAL

Em um bebê a termo, o coração está situado a meio caminho entre a coroa da cabeça e o nível inferior das nádegas (Fig. 14.4). A superfície anterior é formada principalmente pelo átrio direito e pelo ventrículo direito, como ela é no adulto. Essa superfície é usualmente coberta pelo timo, o qual pode se estender sobre a base do ventrículo direito. O coração é relativamente grande ao nascimento, pesando em torno de 20 gramas. O débito cardíaco é em torno de 550 ml por minuto, e a pressão sanguínea é de 80/46 mmHg. A frequência cardíaca durante a vida fetal, conforme o nascimento se aproxima, está em torno de 150 batimentos por minuto. Ela aumenta ao nascimento para em torno de 180 batimentos, diminui durante os primeiros dezminutos após o nascimento para 170 batimentos e atinge 120-140 batimentos por minuto de 15 minutos a uma hora após o nascimento. Quaisquer sinais de angústia fetal aumentarão este nível básico geral. A frequência cardíaca diminui ainda mais com o avançar da idade: ela é normalmente de 113-127 batimentos por minuto dos seis

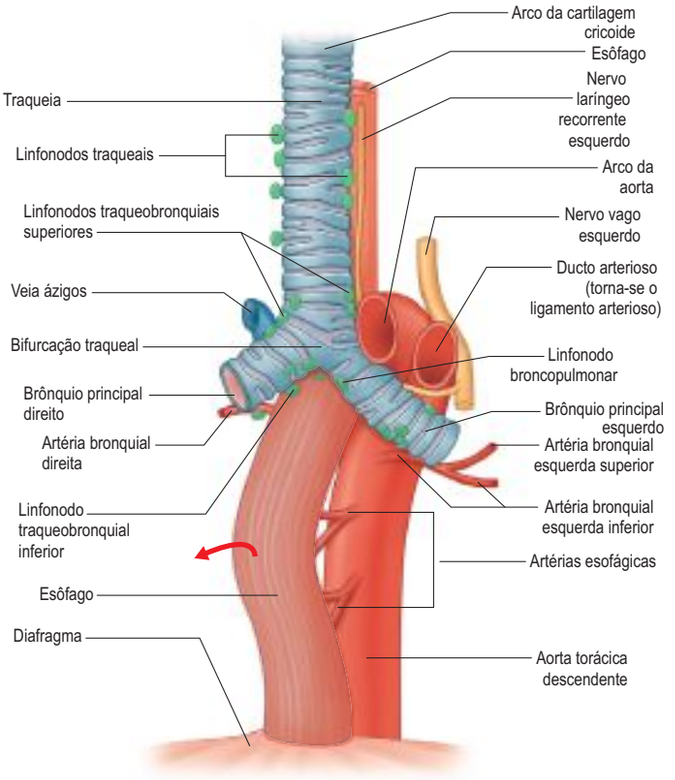


Fig. 59.19 Vista anterior com o coração removido para mostrar a relação entre o brônquio principal esquerdo, o arco da aorta e o ducto arterioso em um feto a termo. (Segundo Crelin ES, 1969, Anatomy of the Newborn. Philadelphia: Lea and Fabiger.)

meses ao 1º ano de idade e se ajusta ao redor de 100 batimentos por minuto por volta do final do primeiro ano.

Considerado relativo aos marcos torácicos, o forame oval se localiza ao nível do terceiro espaço intercostal, com seu longo eixo no plano mediano. Ele tem 4-6 mm em comprimento vertical e 3-4 mm de largura (Fig. 14.4). Ele se encontra quase exatamente no plano coronal do corpo, de modo que o sangue passe do átrio direito, em posição anterior, ou ventral, para uma posição posterior e para cima, de modo a atingir a parte superior e posterior do átrio esquerdo. Após o nascimento, as pressões intra-atriais são equalizadas, e a borda livre da valva em aba, formada pelo septo atrial primário, é mantida em contato com o lado esquerdo das bordas da fossa, promovendo a subsequente fusão anatômica, embora o forame permaneça patente e permita a passagem de sondas em até um terço de todos os indivíduos. A margem em crescente, inicialmente livre, da prega interatrial superior invaginada forma a borda da fossa após a fusão; a valva em aba formada pelo septo primário representa seu assoalho no coração adulto.

Funcionalmente, o septo ventricular é frequentemente considerado como parte do ventrículo esquerdo: enquanto isto é certamente verdadeiro em termos da orientação dos agregados miocárdicos que constituem as paredes ventriculares, isto não está correto a partir de uma perspectiva de linhagens celulares. A relação do peso cardíaco é normalmente expressa como o peso do ventrículo direito em relação ao do ventrículo esquerdo e do septo. Calculado desta maneira, o ventrículo esquerdo ao nascimento pesa aproximadamente 25% a mais que o ventrículo direito. No entanto, o ventrículo direito está trabalhando contra a pressão sistêmica do feto, a circulação pulmonar ainda não está ativa e existe uma preponderância da função ventricular direita nos primeiros dois ou três meses após o nascimento. Com o estabelecimento da circulação pulmonar, o trabalho do lado direito do coração diminui, e o lado esquerdo do coração, particularmente o ventrículo, cresce rapidamente para atingir as demandas do recém-nascido ativo. Ao final do segundo ano, o lado esquerdo pesa duas vezes mais que o direito, uma relação que continua até a meia idade. Ao nascimento, as espessuras médias das paredes laterais dos ventrículos são aproximadamente iguais (5 mm). Ao final do terceiro mês pós-natal, o ventrículo esquerdo já se tornou mais espesso que o direito; ele se torna duas vezes mais espesso no segundo ano, e três vezes mais espesso na puberdade.

DEFEITOS CARDÍACOS CONGÊNITOS

Os defeitos do desenvolvimento cardíaco podem não ser elucidados até após o nascimento, embora muitos, se não a maioria, podem agora ser observados ao exame de ultrassom fetal. Eles podem afetar qualquer parte do coração em desenvolvimento, e incluem formas mais complexas com conexões inapropriadas de componentes cardíacos. Eles incluem anomalias tais como um ventrículo de dupla entrada; ausência de uma conexão atrioventricular, comumente descrita como atresia tricúspide ou mitral; e conexões atrioventriculares e ventriculoarteriais discordantes, também conhecidas como transposição congenitamente corrigida.

As malformações congênitas cardíacas são frequentemente múltiplas, e provavelmente ocorrem mais frequentemente em irmãos e em crianças de casamentos consanguíneos: existe uma baixa correlação entre gêmeos monozigóticos. Os defeitos septais ventriculares são as lesões mais comuns e perfazem em torno de um quinto dos casos, seguido pela patência persistente do ducto arterioso, coarctação, estenose pulmonar, tetralogia de Fallot, transposição, estenose aórtica e hipoplasia do coração esquerdo.

Defeitos do septo atrial

Uma comunicação persistente entre as câmaras atriais na fossa oval é comum, e resulta da falha da valva em aba do septo atrial primário em se fundir com as bordas musculares invaginadas da fossa. Quando a valva em aba ainda é capaz de se sobrepor às bordas, a comunicação não tem significado funcional, contanto que a pressão atrial esquerda seja maior que a direita, o que normalmente acontece. Entretanto, quando a valva em aba é menor que a fossa oval, ou quando ela é perfurada, existe um verdadeiro defeito do septo atrial (Fig. 59.20A).

No desenvolvimento normal, a borda livre condutora do septo primário se funde com os coxins endocárdicos atrioventriculares, o que perme a subsequente formação do septo atrioventricular. Quando isto não acontece, existe uma junção atrioventricular comum e um defeito septal atrioventricular. Isto pode ocorrer quando as válvulas da valva atrioventricular são fundidas à crista do septo ventricular (Fig. 59.20A), produzindo uma comunicação interatrial no local esperado do septo atrioventricular. Este é o chamado defeito do óstio primário, e na realidade é um defeito septal atrioventricular que permite um exclusivo desvio atrial. Outras comunicações interatriais podem ser formadas nas desembocaduras das veias cavas, mais frequentemente a veia cava superior, e são usualmente associadas à drenagem das veias pulmonares direitas para a junção cavo-atrial. Conhecidas como defeitos do seio venoso (Fig. 59.20A), seu aspecto essencial é uma conexão biatrial da veia cava envolvida. Uma comunicação interatrial também pode ocorrer através da desembocadura do seio coronário quando houver uma deficiência ou ausência das paredes que usualmente separam o seio do átrio esquerdo.

Defeitos septais atrioventriculares resultam da falha de fusão dos coxins endocárdicos atrioventriculares, produzindo um orifício atrioventricular comum e deficiências das estruturas septais adjacentes (Fig. 59.20B). O orifício comum é guardado por uma valva basicamente comum, com válvulas ("folhetos") superior e inferior que formam uma ponte no septo ventricular escavado e ligada aos ventrículos direito e esquerdo. Embora o componente esquerdo da valva assim formada seja frequentemente interpretado como uma "valva mitral em fenda", na realidade ele não apresenta semelhanças com a valva mitral normalmente estruturada, porque esta tem três válvulas; a "fenda" forma a zona de aposição entre os componentes ventriculares esquerdos dos "folhetos" que formam a ponte. Dois subgrupos principais são identificados. O padrão mais frequente tem um orifício atrioventricular comum, e o potencial para desvio através do defeito septal em ambos os níveis atrial e ventricular (Fig. 59.20B). O menos comum tem orifícios atrioventriculares direito e esquerdo separados, e o desvio ocorre apenas ao nível atrial. Ocasionalmente, quando os folhetos que formam a valva estão aderidos à face inferior do septo atrial, o desvio é confinado ao nível ventricular, e é tipicamente pequeno.

Defeitos do septo ventricular

O defeito mais comum do septo ventricular ocorre ao redor do lado esperado do septo membranoso, na parede direita do vestíbulo aórtico, abaixo da zona de aposição entre as válvulas não coronária e coronária direita da valva aórtica (Fig. 59.20C). O defeito está intimamente relacionado à válvula septal da valva tricúspide, mas pode se estender para se abrir na saída ventricular abaixo da crista supraventricular. Ele ocorre porque o septo interventricular está incompletamente fechado por seu componente membranoso, e ele está frequentemente associado à sobreposição da crista do septo muscular pelo orifício aórtico, juntamente com estenose ou atresia pulmonar e hipertrofia do ventrículo direito (esta última combinação é conhecida como tetralogia de Fallot). Raramente, o tronco pulmonar pode ser normal ou até mesmo dilatado com esta combinação de anormalidades (complexo de Eisenmenger). Defeitos perimembranosos, os quais retêm o remanescente do septo membranoso como parte de seu perímetro, também podem ocorrer com conexões ventriculoarteriais anormais; por exemplo, o tronco pulmonar pode se sobrepor ao septo muscular (a anomalia de Taussig-Bing). Nos defeitos septais ventriculares

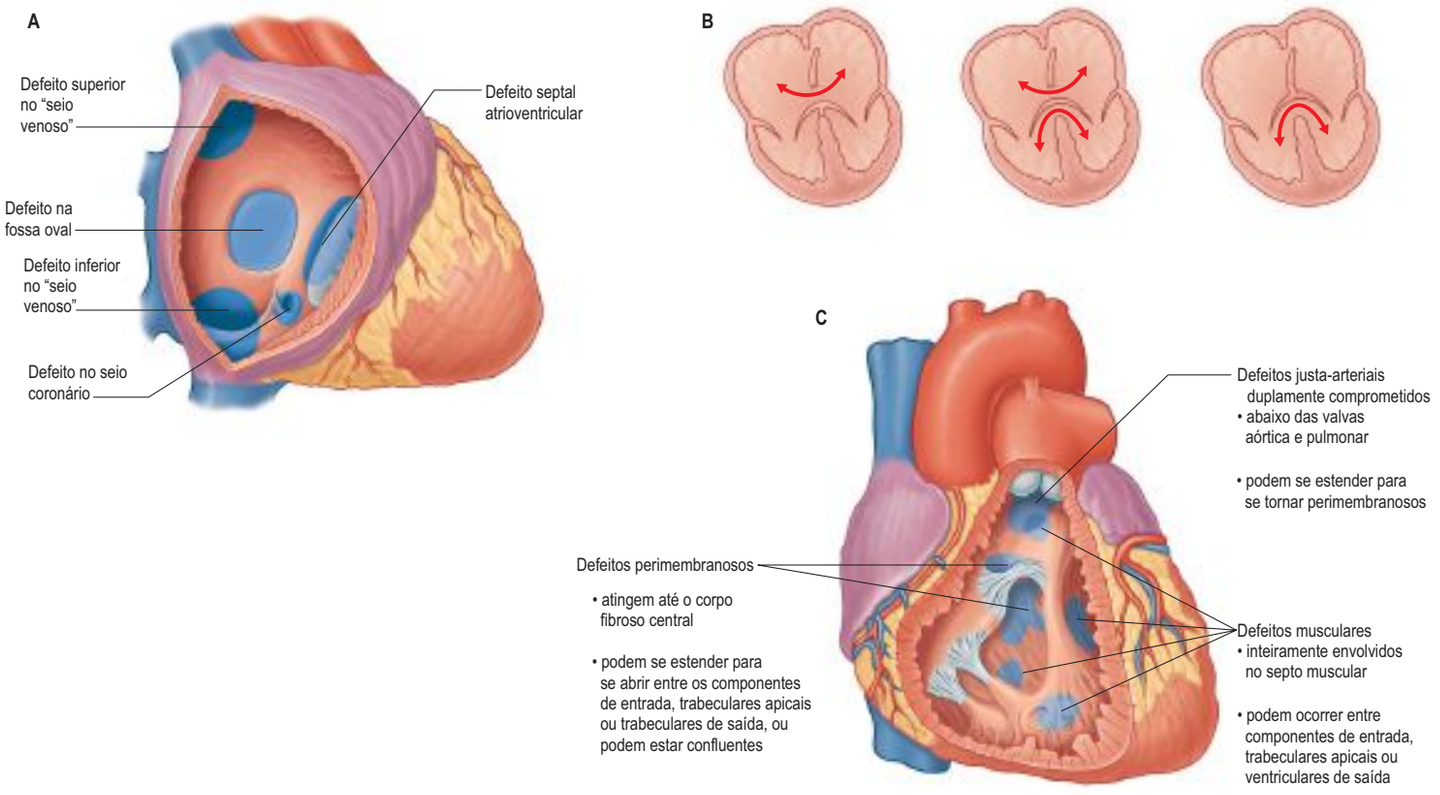


Fig. 59.20 A, Localização dos defeitos que produzem uma comunicação interatrial. Apenas defeitos na fossa oval são verdadeiros defeitos septais atriais. **B,** Desvio através de um defeito septal atrioventricular. Este pode ser atrial (à esquerda), ventricular (à direita) ou em ambos os níveis (no meio), dependendo da inserção das válvulas que fazem a ligação. **C,** Defeitos septais ventriculares. Dependendo da estrutura dos limites anatômicos vistos a partir do ventrículo direito, esses defeitos podem ser colocados em grupos perimembranosos, musculares ou duplamente comprometidos. (**B** e **C** Por cortesia do Professor RH Anderson, Institute of Child Health, University College, London.)

perimembranosos, o feixe atrioventricular e seus ramos direito e esquerdo são sempre encontrados ao longo da margem posteroinferior do defeito.

Menos comumente, um defeito septal pode ser encontrado nos tratos de saída ventricular tampado pelas válvulas das valvas aórtica e pulmonares com as faces voltadas umas às outras. Tais defeitos justa-arteriais estão duplamente comprometidos, pelo fato de eles se abrirem abaixo dos orifícios de ambas as valvas aórtica e pulmonar. Eles são o resultado da falha de formação do infundíbulo muscular subpulmonar de posição livre, mas com a apropriada septação das junções ventrículo-arteriais. Eles usualmente têm uma borda muscular posteroinferior, a qual protege o feixe atrioventricular, mas pode se estender para se tornar perimembranoso.

O terceiro tipo de defeito septal ventricular ocorre dentro da musculatura do septo: os defeitos podem afetar todas as partes do septo e podem ser múltiplos, produzindo o chamado septo em "queijo suíço".

Defeitos na parte de entrada do septo são importantes, porque o feixe atrioventricular passa em sua borda superior. Defeitos perimembranosos se abrem na entrada do ventrículo direito, onde o feixe atrioventricular está localizado posteroinferiormente.

CONEXÕES ANORMAIS DAS GRANDES ARTÉRIAS E VEIAS

Um número de anomalias dos tratos de saída pode ocorrer caso os coxins do trato de saída falhem em se desenvolver ou em se fundir de maneira inapropriada. Quando os coxins e o septo espiral falham em se fundir, o resultado é um tronco arterial comum, representado por um canal arterial não dividido, guardado por uma valva arterial comum, posicionada acima e montada sobre a margem livre do septo ventricular muscular (Fig. 59.21). Há, consequentemente, uma deficiência justa-arterial coexistente do septo ventricular. As artérias pulmonares direita e esquerda usualmente surgem através de um segmento confluente, mas podem ter uma origem independente a partir do tronco arterial comum, que continua como a aorta ascendente. A valva comum usualmente tem três válvulas, mas pode ter duas, quatro ou mais. A lesão é quase certamente ligada à migração anormal de células da crista neural para o coração.

A transposição dos troncos arteriais (também referida como transposição dos grandes vasos) é a condição na qual a aorta se origina do ventrículo direito e o tronco pulmonar do ventrículo esquerdo. Melhor descritos como tendo conexões ventrículo-arteriais discordantes, tais corações podem coexistir com deficiências da septação cardíaca. Eles também podem ser encontrados com conexões discordantes nas junções atrioventriculares, produzindo a transposição congenitamente corrigida. A história de desenvolvimento de conexões discordantes permanece desconhecida.

O ventrículo de dupla entrada existe quando as maiores partes de ambas as valvas arteriais estão associadas ao mesmo ventrículo, quase sempre o direito. Para que a circulação continue, é então necessário que o septo ventricular seja deficiente, embora o defeito septal possa raramente fechar como um evento secundário. A posição do defeito septal serve para uma subclassificação. Ele se encontra normalmente abaixo da aorta ou do tronco pulmonar, mas pode ser duplamente comprometido ou mesmo não comprometido.

Tanto as veias sistêmicas como as veias pulmonares podem estar conectadas de forma anômala. As veias cavas superiores direita e esquerda estão presentes em alguns animais, e ocasionalmente persistem na espécie humana. A anomalia sistêmica mais comum é uma veia cava superior esquerda persistente que drena para o átrio direito através de um orifício aumentado do seio coronário. Mais raramente, a veia cava persistente do lado esquerdo pode se conectar diretamente à face superior do átrio esquerdo, usualmente associada ao chamado "destelhamento" do seio coronário, de modo que o orifício do seio atue como uma comunicação interatrial. A lesão mais comum da veia cava inferior é quando seu trajeto abdominal é interrompido, com a drenagem para o coração através do sistema venoso ázigos ou hemiázigos. Essa lesão é encontrada mais frequentemente com isomerismo dos apêndices atriais esquerdos. As veias pulmonares podem estar conectadas a um local anômalo individualmente ou em combinação. Uma conexão totalmente anômala tem maior significado. Usualmente, as veias formam uma confluência atrás do átrio esquerdo que em seguida se conecta à veia cava superior, com o seio coronário, ou com o sistema venoso porta após atravessar o diafragma.

Um arco da aorta direito é encontrado mais frequentemente com a tetralogia de Fallot ou com um tronco arterial comum. Ele também pode existir, juntamente com um arco esquerdo, em várias combinações conhecidas como anéis arteriais, os quais comprimem o esôfago e geram a chamada disfagia lusória. A patência persistente do ducto arterioso deve ser distinguida do fechamento retardado. O ducto patente de modo persistente pode ser uma parte obrigatória da circulação quando associada à atresia aórtica ou pulmonar. A coarctação da aorta pode ser encontrada como uma lesão isolada quando o ducto arterioso está fechado, ou com

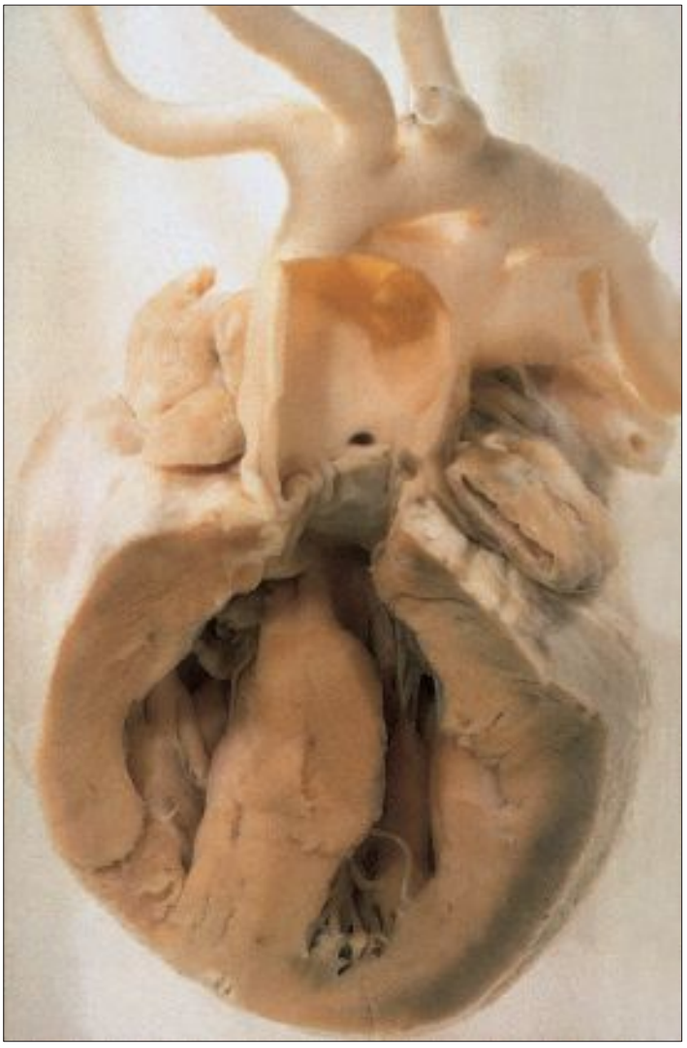


Fig. 59.2 Este coração possui um tronco arterial comum, com uma valva truncal comum sobreposta a uma deficiência justa-arterial do septo ventricular, o resultado de uma falha de septação do polo arterial do coração em desenvolvimento. (Por cortesia do Professor RH Anderson, Institute of Child Health, University College, London. Espécime preparado por Dr Leon M Gerlis.)

um ducto aberto, quando é mais provável de estar associada a lesões adicionais no coração (pág. 984).

No adulto, a artéria subclávia direita ocasionalmente se origina a partir do arco da aorta distalmente à origem da artéria subclávia esquerda, e em seguida passa para cima e para a direita, por trás da traqueia e do esôfago. Esta condição é possivelmente explicada pela persistência da aorta dorsal direita embrionária e da obliteração do quarto arco aórtico do lado direito.

VASOS ARTERIAIS E VENOSOS NEONATAIS

No recém-nascido, os vasos sanguíneos do tronco e seus ramos viscerais associados são relativamente maiores que os vasos nos membros, um arranjo que favorece a concentração central de sangue. Os vasos periféricos neonatais são quase microscópicos: sua canulação consequentemente aparece muito mais como um problema do que é o caso com seus equivalentes no adulto. Os grandes vasos estão nas mesmas posições relativas que no adulto, mas podem corresponder a diferentes níveis vertebrais. Deste modo, embora a bifurcação da artéria carótida comum em artérias carótidas interna e externa ocorre ao nível da borda superior da cartilagem tireoide, tanto no recém-nascido como no adulto, a cartilagem tireoide é relativamente mais alta no pescoço do recém-nascido do que no adulto. As artérias renais também surgem em posição mais alta no recém-nascido, frequentemente entre T12 e L1, enquanto no adulto surgem na borda superior de L2. A aorta abdominal se bifurca em artérias ilíacas comuns na borda superior de L4, em vez de sê-lo na borda inferior de L4 como ocorre no adulto.

Cateterização venosa central

Cateteres de pequeno calibre podem ser introduzidos em grandes veias centrais ou no átrio direito através de agulhas ou cateteres inseridos nas veias periféricas. Tipicamente, as veias cubital média ou basílica são usadas no membro superior e a longa veia safena no maléolo medial do membro inferior. O comprimento do cateter necessário é avaliado a partir de medição direta da distância entre o ponto da entrada superficial no membro até o átrio direito, estimado ao nível medioesternal. Para detalhes da cateterização umbilical, consulte o Capítulo 73.

ÁRVORE RESPIRATÓRIA

O desenvolvimento do sistema respiratório pode ser conceitualizado como o crescimento de seis árvores entrelaçadas: a árvore bronquial das vias aéreas condutoras e os espaços de trocas; as árvores arterial e venosa sistêmicas que suprem as vias aéreas; as árvores arterial e venosa pulmonares que fornecerão a oxigenação do sangue após o nascimento; e a árvore linfática. O desenvolvimento de cada árvore está relacionado ao da outra, e todas prosseguem em crescimento e expansão da direção proximal para a distal.

O desenvolvimento do divertículo respiratório pode ser primeiramente visto no estágio 12 (aproximadamente 26 dias), quando existe um início abrupto da proliferação epitelial no intestino anterior em regiões do tubo endodérmico destinadas a se tornar os pulmões, estômago, fígado e pâncreas dorsal. O epitélio respiratório especializado se forma a partir do endoderma; os outros elementos da parede das vias aéreas são de origem mesenquimal. O futuro epitélio respiratório projeta-se ventralmente para o interior do mesênquima esplâncnico circunjacente, e em seguida cresce caudalmente como um tubo em formato de bulbo ou garrafa (Figs. 59.1, 59.22 e 73.9). Por volta do estágio 13, a extremidade caudal do tubo se dividiu assimetricamente para formar os futuros brônquios principais: com o crescimento, o brônquio principal direito se torna orientado mais caudalmente, ao passo que o esquerdo se estende mais transversalmente. A traqueia é claramente reconhecível no estágio 14. A partir deste momento, a origem da traqueia permanece fechada em relação a seu local de evaginação a partir do futuro esôfago; entretanto, o crescimento longitudinal da traqueia faz com que a região da futura carina desça. A falha na separação completa entre a traqueia e o esôfago resultará no nascimento do bebê com uma fístula traqueoesofágica (veja adiante). O desenvolvimento pulmonar é controlado por grupos de genes homeobox, fatores de transcrição e fatores de crescimento (resumidos em detalhe por Roth-Kleiner & Post, 2005). A formação do brotamento pulmonar é dependente dos fatores de transcrição fator nuclear de hepatócitos 3β (HNF-3β), fator de transcrição tireoidiano (*TTF-1*) e *sonic hedgehog* (SSH). Receptores para proteínas *Gli* e para ácido retinoico estão implicados nas interações celulares entre epitélio e mesênquima que são essenciais para a morfogênese da ramificação pulmonar.

Existe um dimorfismo sexual no desenvolvimento pulmonar. Os andrógenos retardam a maturação pulmonar fetal, enquanto estimulam o crescimento pulmonar fetal: em homens, as células do tipo II estão menos maduras do que em mulheres à medida que elas se desenvolvem na fase canalicular, talvez porque os andrógenos bloqueiam os efeitos do cortisol sobre as concentrações de fator fibroblasto-pneumócito. É possível que em fetos masculinos a produção de surfactante seja retardada. O equivalente clínico é a observação de que bebês masculinos prematuros podem apresentar uma angústia respiratória pior do que bebês femininos após o controle de outros fatores de risco, tais como o grau de prematuridade.

TRAQUEIA

A traqueia começa a se desenvolver no estágio 12, como uma evaginação ventral a partir do endoderma do intestino anterior para o interior do mesênquima circunjacente ao seio venoso e ao trato de entrada do coração (Figs. 59.1B e C; 73.3 e 73.5). O ponto do qual o divertículo respiratório se origina brota do intestino anterior, o sulco laringotraqueal, permanece a um nível constante durante o período embrionário, e a traqueia se alonga distalmente à medida que o ponto de bifurcação desce. O divertículo respiratório geralmente se torna circundado por um mesênquima angiogênico que se conecta ao sexto arco aórtico arterial em desenvolvimento e que é essencial para a ramificação das vias aéreas. Por volta do estágio 17, o mesênquima ao redor da traqueia começa a se condensar para formar peças cartilaginosas.

Inicialmente, o mesênquima traqueal é contínuo com aquele que envolve a parede ventral do esôfago (Fig. 59.3). O progressivo alongamento e a contínua divisão do brotamento traqueal, juntamente com o desvio dos brotamentos pulmonares dorsalmente, isolam o esôfago e a traqueia dentro do mesênquima específico para o tecido e facilita a diferenciação regional, não somente entre a traqueia e os pulmões, mas

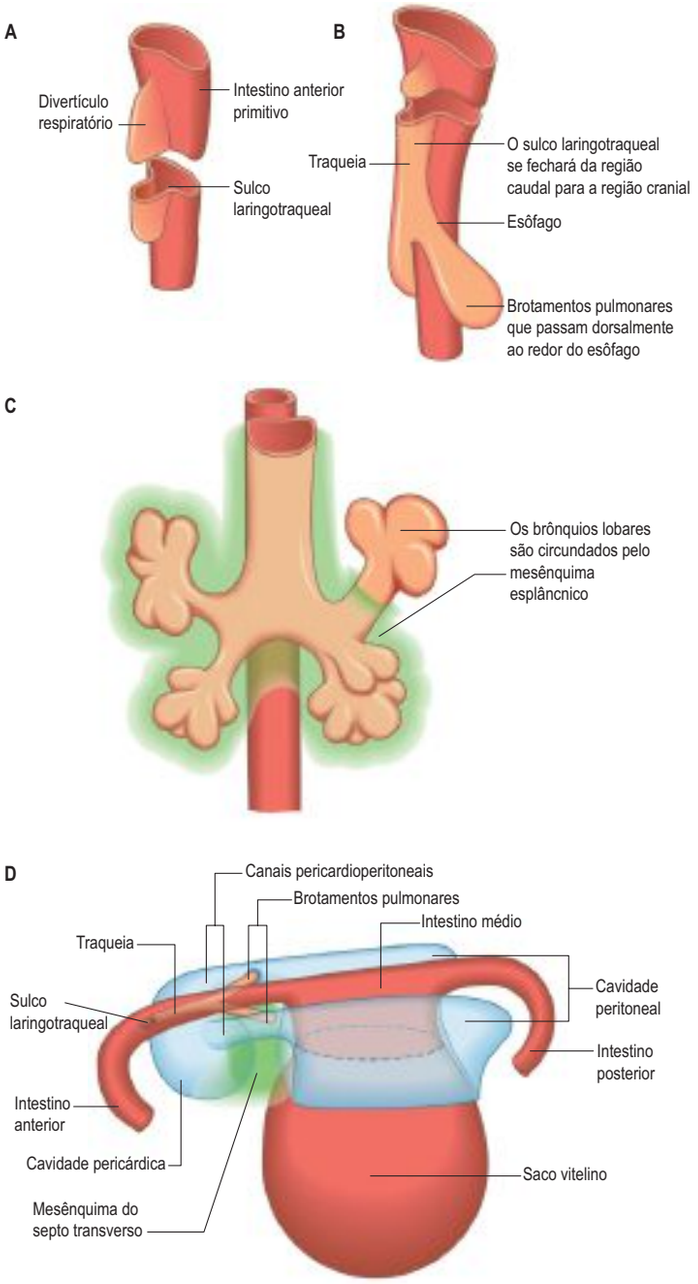


Fig. 59.22 Desenvolvimento da árvore respiratória e do diafragma. **A-C,** Desenvolvimento da árvore respiratória endodérmica. **D,** Principais populações epiteliais no embrião primitivo a partir de uma vista dorsolateral esquerda. Os brotamentos pulmonares se projetam para os canais pericardioperitoneais lateralmente localizados.

também dentro dos pulmões em si, isto é, o número de lobos, ou o grau de crescimento e maturidade de um pulmão em particular. Cada pulmão se desenvolve por um processo de ramificação dicotômica. Para que a ramificação ocorra, uma fenda deve se desenvolver na ponta (ou face) do tubo epitelial. O epitélio em seguida se evagina a cada lado da fenda, forma novos ramos que se alongam e o processo é repetido em seguida. Nas pontas dos brotamentos epiteliais em desenvolvimento, o mesênquima é achatado e densamente compactado, enquanto ele forma uma fileira ordenada de células cuboides ao longo da face do brotamento e nas fendas. As células em ambos os arranjos enviam prolongamentos em direção à lâmina basal epitelial, a qual é mais espessa nas fendas, porém mais atenuada, até quase ser quase indistinguível nas pontas dos brotamentos em que o epitélio e as células mesenquimais formam contatos íntimos. A tenascina, uma molécula da matriz extracelular, está presente nas regiões de brotamento e de extremidades distais, mas ausente nas fendas. De modo inverso, a fibronectina, uma molécula da matriz extracelular encontrada comumente em lâminas basais, é encontrada nas fendas e ao longo das faces dos brônquios em desenvolvimento, mas não sobre as regiões de brotamento e extremidades distais.

O controle do padrão de ramificação da árvore respiratória reside no mesênquima esplâncnico. A recombinação experimental do mesênquima traqueal com o endoderma respiratório bronquial resulta em inibição da ramificação bronquial, enquanto a recombinação do mesênquima bronquial com o epitélio traqueal induzirá a formação de evaginações bronquiais a partir da traqueia. A exposição experimental das vias aéreas fetais de ratos ao mesênquima de galinha produz um padrão de ramificação das vias aéreas de galinha. De modo amplo, receptores do tipo tirosinaquinase e seus ligantes modulam positivamente o crescimento e a morfogênese da ramificação, enquanto membros da família do fator de crescimento transformante β (TGF-β) têm um efeito inibitório.

No recém-nascido normal, a traqueia é relativamente pequena em relação à laringe (Fig. 14.4). As paredes da traqueia são relativamente espessas e as cartilagens traqueais estão relativamente mais próximas umas às outras do que no adulto. A traqueia se inicia na borda superior da sexta vértebra cervical, uma relação que é conservada com o crescimento, e ela se bifurca ao nível da terceira ou quarta vértebra torácica.

Intubação endotraqueal no recém-nascido

A inserção de um tubo endotraqueal é um procedimento que pode ser necessário para a ressuscitação do recém-nascido ao nascimento e subsequentemente para permitir uma ventilação artificial. O tubo é introduzido usualmente por via oral inicialmente e guiado através das cordas vocais com o auxílio de um laringoscópio. O comprimento da traqueia no recém-nascido pode ser tão curto quanto 3,1 cm em bebês prematuros, e a distância de T1 até a carina varia de 1,4 cm em bebês que pesam 500-1.000 g, a 1,8 cm naqueles que pesam 3.001-3.500 g. Uma vez colocado, a ponta do tubo deve estar na parte média da traqueia, bem acima da carina.

O comprimento necessário do tubo pode ser estimado de acordo com o peso ao nascimento. Se um tubo com abas for utilizado, apenas a porção distal afilada do tubo é inserida além das cordas vocais, e as abas devem prevenir que o tubo seja avançado muito para adiante. A confirmação do correto posicionamento do tubo endotraqueal é obtido através de um raio X de tórax. Os pontos de referência anatômica utilizados para que os raios X avaliem a posição do tubo endotraqueal são as clavículas, os corpos das vértebras e a carina (embora esta última nem sempre seja visível aos raios X). Previamente, costumava-se avisar de que a ponta do tubo endotraqueal deveria estar bem abaixo das clavículas, ao nível da primeira costela ou 1-2 cm acima da carina. Recentemente, isto foi revisado porque o posicionamento das clavículas pode variar de acordo com a angulação e a localização do bebê, e a carina nem sempre pode ser identificada. Sugere-se agora que o corpo da primeira vértebra torácica (T1) é um ponto de referência mais estável como o alvo para a ponta do tubo endotraqueal.

PULMÕES

A ramificação das vias aéreas condutoras é geralmente completada por volta da 16ª semana. As vias aéreas subsequentemente aumentam de tamanho, mas não em número. O desenvolvimento alveolar é grandemente (mas não completamente) um fenômeno pós-natal. O desenvolvimento dos vasos sanguíneos pré-acinares segue o desenvolvimento das vias aéreas condutora, enquanto o desenvolvimento de vasos sanguíneos intra-acinares segue o desenvolvimento dos ductos alveolares e sacos alveolares. O desenvolvimento pulmonar é descrito histologicamente como progredindo através das fases embrionária, pseudoglandular, canalicular, sacular e alveolar (para maiores detalhes, Rosenthal & Bush, 2002; Bush, 2005).

Fase embrionária

Os brotamentos pulmonares crescem dorsalmente, passam a cada lado do esôfago, relativamente menor, e se projetam para as paredes mediais dos canais pericardioperitoneais situados lateralmente (Figs. 59.22 e 73.5A). O mesênquima esplâncnico circunjacente que envolve os brotamentos pulmonares contém uma população mista de células. Células mesenquimais adicionais se diferenciarão nas células musculares lisas que circundam tanto os tubos respiratórios como os vasos sanguíneos. Em embriões no estágio 13, a proliferação do epitélio celomático esplâncnico adjacente (das cavidades pleurais primitivas) é especialmente evidente. A atividade proliferativa diminui no estágio 14, e o mesênquima se torna organizado em zonas ao redor do endoderma em desenvolvimento. Moléculas fundamentais na ramificação das vias aéreas incluem os fatores de crescimento de fibroblastos (FGF), especialmente o FGF-10, e seus quatro receptores. Existe quase certamente uma redundância no sistema, uma vez que camundongos nulos para FGF-1 ou FGF-7 exibem um desenvolvimento pulmonar normal, apesar dos potentes efeitos *in vitro* desses mediadores. O receptor fundamental parece ser o FGFR2IIIb, e os ligantes que se ligam a ele. O SHH é outro gene importante no desenvolvimento pulmonar: ele é intimamente regulado e a superexpressão leva à formação de um excessivo mesênquima pulmonar. Os três membros da família gli de fatores de transcrição estão implicados na sinalização por SHH. O SHH produzido nas células epiteliais distais parece atuar sobre células mesen-

quimais para suprimir o FGF-10 a fim de limitar o brotamento. Outros sinais que interagem com esse processo incluem a proteína morfogenética óssea 4 e o TGF-β1.

No estágio 15, o mesênquima angiogênico encontra-se aparente ao redor dos brônquios principais. Ele forma uma extensa rede capilar ao redor de cada brotamento pulmonar, recebe sangue derivado do sexto arco aórtico em desenvolvimento e drena-o para uma anastomose conectada à superfície dorsal do átrio esquerdo no mesênquima mediastinal. As artérias pulmonares se originam a partir do sexto arco aórtico e as veias pulmonares se desenvolvem a partir de um canal solitário derivado do mesocárdio dorsal, que estabelece continuidade com o plexo vascular formado no mesênquima mediastinal. As veias pulmonares se tornam circundadas pelo miocárdio ao nível da segunda bifurcação; as veias em si se expandem e são incorporadas no teto do átrio esquerdo: o músculo cardíaco é, consequentemente, encontrado nos ramos centrais da árvore venosa pulmonar (Hislop, 2005).

Os brotamentos pulmonares a cada lado do esôfago se projetam dorsalmente para os canais pericardioperitoneais no estágio 15. Após esse estágio, o epitélio celomático no perímetro da superfície pulmonar segue uma via de diferenciação para formar a pleura visceral. Os brônquios lobares ou secundários podem ser vistos no estágio 16, e os segmentos broncopulmonares estão presentes no estágio 17 (Fig. 73.3). Estágios mais tardios do desenvolvimento respiratório envolvem a divisão repetida da árvore bronquial para formar os brônquios subsegmentares.

Fase pseudoglandular

Por volta do estágio 17 (final da sexta semana e início da sétima semana), a separação dos pulmões do sistema digestório está terminada e a fase pseudoglandular do desenvolvimento pulmonar, a qual inclui o desenvolvimento das vias aéreas condutoras inferiores e o aparecimento de estruturas acinares, pode ser identificada. Durante este período, quase toda a estrutura ramificada da futura árvore bronquial está construída, dando origem a 20 gerações.

O crescimento e a ramificação do epitélio endodérmico são controlados pelo mesênquima esplâncnico circunjacente local. As vias aéreas começam a se diferenciar durante este estágio. Células ciliadas primitivas aparecem em torno da 7ª semana, inicialmente na região da traqueia membranosa, e na região cartilaginosa por volta da 12ª semana. A função *in utero* dessas células ciliadas primitivas é obscura; em vários locais no embrião, os cílios primitivos têm importantes funções no desenvolvimento; por exemplo, em determinar o local do órgão (cílios nodais). Não está claro se as células ciliadas das vias aéreas se desenvolvem a partir de um precursor indiferenciado ou através do desenvolvimento subsequente de uma população de células secretoras. O epitélio se diferencia em células ciliadas e células caliciformes. As vias aéreas proximais desenvolvem células basais a partir da 11ª semana, e a ciliogênese é completa ao nascimento em seres humanos. Glândulas mucosas se desenvolvem em torno de 12 semanas e aumentam na submucosa: a atividade secretora foi identificada na traqueia por volta da 14ª semana. O mesênquima esplâncnico se condensa ao redor do epitélio e se diferencia em tipos celulares do tecido conjuntivo e músculo liso, o qual se diferencia em posição proximal às pontas das vias aéreas em desenvolvimento, da 6ª semana em diante. Células musculares lisas são inervadas tão logo se inicie a 8ª semana (veja adiante). As células musculares lisas traqueais humanas no primeiro trimestre apresentam um potencial de membrana de repouso flutuante, o qual está associado ao desenvolvimento espontâneo do tônus e de contrações semelhantes a uma peristalse das vias aéreas de uma natureza miogênica, provavelmente modificada por fatores neuro-humorais. Essas contrações são importantes na movimentação de líquido da região distal para a região proximal das vias aéreas, o que é essencial para o desenvolvimento pulmonar normal, e pode estimular a liberação de mediadores. As células de Clara se desenvolvem nas vias aéreas periféricas durante o período pseudoglandular. Elas produzem uma proteína de 10 kDa (CC10), a qual tem atividades imunomoduladora e anti-inflamatória, além de produzir uma apoproteína surfactante. As peças de cartilagem também se desenvolvem durante este período, e são encontradas nas vias aéreas em uma distribuição de adulto por volta de 24 semanas. Ao final deste período, a ramificação das vias aéreas e os padrões vasculares pré-acinares estão completamente maduros. Um "modelo" normal de vias aéreas é essencial para a formação alveolar normal: em condições caracterizadas por um padrão anormal de ramificação de vias aéreas (p. ex., tanto ipsilateral como contralateralmente em relação a uma hérnia diafragmática), um grau de hipoplasia alveolar pulmonar é inevitável.

O desenvolvimento endotelial é também visto na fase pseudoglandular quando redes capilares se formam ao redor dos brotamentos pulmonares em desenvolvimento. Essas redes se tornarão anastomoses capilares ao redor dos futuros alvéolos. O mesênquima produz tanto o endotélio como as células musculares lisas da túnica média dos vasos. A vimentina ocorre nas células ao redor dos vasos em desenvolvimento no estágio pseudoglandular, mas é substituída pela desmina na fase sacular.

Fase canalicular

Durante a fase canalicular ocorrem cerca de duas a três gerações de ramificações, após o que a quantidade de mesênquima ao redor das pontas em ramificação da árvore respiratória em divisão diminui e os espaços aéreos distais se ampliam. Com 23 semanas, cortes longitudinais das futuras regiões distais mostram uma margem serrilhada, o que pode indicar o local de ácinos adicionais. O crescimento periférico é acompanhado por um aumento na rede capilar ao redor dos espaços aéreos distais. Em muitos locais, os capilares estão em íntimo contato com o epitélio respiratório cuboide. As células cuboides primitivas, que até agora predominaram nesta parte do pulmão, diferenciam-se em células epiteliais do tipo 2 (pneumócitos do tipo 2), que contêm corpos lamelares que formam as estruturas intracelulares de armazenamento de surfactante, e células epiteliais do tipo 1 (pneumócitos do tipo 1). Acredita-se que os pneumócitos do tipo 2 sejam as células-tronco do epitélio alveolar. A aposição das redes capilares aos delgados pneumócitos do tipo 1 e a redução do tecido intersticial do pulmão são pré-requisitos para uma futura troca gasosa efetiva. Com 24 semanas de gestação, as características histológicas das vias aéreas são as mesmas que no adulto.

Fase sacular

Sáculos terminais de parede delgada estão aparentes no estágio sacular: eles se tornarão os ductos alveolares à medida que o desenvolvimento prossegue. A expansão dos prospectivos espaços aéreos respiratórios que ocorre durante este período é acompanhada por uma diminuição adicional na quantidade de tecido intersticial, e as redes capilares se tornam cada vez mais intimamente justapostas aos pneumócitos do epitélio. As invaginações denominadas de cristas secundárias se desenvolvem a partir das paredes dos sáculos. À medida que uma crista se projeta para o interior de um sáculo, parte da rede capilar se torna inserida nela. Após a expansão mais tardia dos sáculos a cada lado da crista, uma dupla camada capilar se torna anexada entre o que são agora as paredes alveolares. Durante o estágio sacular, a elastina é depositada abaixo do epitélio (um importante passo para a futura formação alveolar) e a produção de surfactante pelos pneumócitos do tipo 2 amadurece (essencial para a sobrevivência de um recém-nascido a termo).

Fase alveolar

O momento exato que a estrutura sacular do pulmão pode ser denominada de alveolar ainda não está claro: as opiniões variam de 28 a 32 semanas. Os espaços aéreos distais se expandem durante a gestação tardia e continuam a fazê-lo após o nascimento. Este processo é acompanhado pela fusão de redes capilares adjacentes, de modo que logo após o nascimento há uma dupla rede capilar extensa. A fusão destas camadas é aparente aos 28 dias pós-natais e extensa com 1,5 ano; ela está provavelmente completa em torno dos cinco anos. O estágio alveolar continua pela infância, talvez até os oito anos de idade, embora o balanço das evidências seja de que a maioria dos alvéolos esteja presente por volta dos dois anos de idade. O número de alvéolos presentes ao nascimento (variavelmente estimado como entre zero a 5×10^7) e à idade ao final da alveolarização (estimada entre dois e 20 anos) é controverso. O processo de formação de novos alvéolos é rápido por seis meses, e até então completo em sua maior parte, com uma fase platô de dois anos, com a formação de alvéolos largamente completos nesta época. Em consequência disso, provavelmente o crescimento de novos alvéolos é mínimo.

A formação de milhões de alvéolos é realizada por um complexo processo de pregueamento e divisão. As paredes existentes dos espaços aéreos distais se tornam mais delgadas à medida que os pneumócitos do epitélio se achatam e algumas células sofrem apoptose. As cristas subsequentemente se expandem a partir das laterais das paredes dos sáculos e formam alvéolos primitivos. Os septos secundários contêm uma dupla camada capilar, novos alvéolos adicionais se formam pela invaginação de uma dessas camadas e subdividem ainda mais os espaços aéreos. As duplas redes capilares em seguida sofrem uma remodelação para formar a típica camada capilar única ao redor de cada alvéolo. As vias aéreas condutoras também sofrem profundas alterações pós-natais, e exibem uma musculatura lisa aumentada e uma responsividade a broncoconstritores. Embora a precisa sinalização molecular para estes processos seja desconhecida, ela é reconhecida como firmemente regulada durante o desenvolvimento; deste modo, o tratamento de ratos com dexametasona durante o período de alveolarização anula permanentemente o desenvolvimento alveolar. Este achado implica que a lesão iatrogênica aos alvéolos em desenvolvimento quando da ventilação a um bebê prematuro com misturas enriquecidas com oxigênio é provavelmente irreversível.

Está se tornando claro de que a expressão do gene da elastina, possivelmente modulada através do ácido retinoico, é de importância capital no brotamento alveolar. O tratamento de ratos com ácido retinoico aumenta a alveolarização e salva alguns alvéolos no modelo de tratamento com esteroides, ao passo que camundongos com uma deleção no receptor

γ para o ácido retinoico apresentam uma alveolarização prejudicada. O ácido retinoico regula a expressão de um número de moléculas de sinalização para o crescimento, genes homeobox e genes epiteliais pulmonares; outros grupos de genes envolvidos na alveolarização provavelmente incluem TGF-β e fatores de crescimento derivados de plaquetas e de fibroblastos.

Desenvolvimento da vascularização intrapulmonar e de vasos linfáticos

Em um pulmão de adulto, as artérias pulmonares acompanham as vias aéreas. As veias pulmonares apresentam um número similar de tributárias, mas estão separadas das vias aéreas pelos alvéolos: elas têm uma origem embriológica diferente e são derivadas do mesênquima mediastinal de localização proximal, em vez do mesênquima esplâncnico ao redor da árvore respiratória em bifurcação. O mesênquima ao redor do brotamento pulmonar único contém um número de células que cora positivamente para CD34 e CD31, os quais são marcadores de células endoteliais. Os vasos pulmonares mais primitivos se formam no mesênquima por vasculogênese: os capilares coalescem para formar pequenos vasos sanguíneos junto às vias aéreas. Com 34 dias de gestação, o sangue circula do saco aórtico através das artérias pulmonares para um plexo capilar ao redor dos dois brotamentos pulmonares e drena para o átrio em desenvolvimento. À medida que cada nova via aérea se forma no mesênquima, um novo plexo se forma como um halo ao seu redor e coalesce com os vasos já presentes ao longo da via aérea anterior. Desta maneira, a adição de túbulos recém-formados aos vasos existentes é sustentada: as vias aéreas atuam como um molde para o desenvolvimento dos vasos sanguíneos. A formação dos vasos ocorre pelo menos até o final do estágio pseudoglandular e é provavelmente controlado pela produção de VEGF pelas células epiteliais dos brotamentos pulmonares periféricos. À medida que as artérias aumentam de tamanho elas adquirem uma parede muscular. Inicialmente, esta túnica média muscular é derivada da musculatura lisa bronquial das vias aéreas adjacentes, mas conforme os vasos aumentam ainda mais, células derivadas do mesênquima esplâncnico se diferenciam ao redor da parede para formar camadas de células musculares lisas. A parede muscular é espessa em relação ao lúmen e isto em parte aumenta a resistência ao fluxo sanguíneo, embora apenas 10% do fluxo sanguíneo seguem através da circulação pulmonar do pulmão durante a vida intrauterina. Com 20 semanas, a estrutura dos vasos pulmonares é a mesma da observada no adulto. A inervação vascular segue a muscularização; os peptídeos vasoativos nestes nervos são predominantemente vasoconstritores.

À medida que as veias pulmonares aumentam, elas se tornam separadas das vias aéreas por vasos linfáticos que se encontram em meio ao tecido conjuntivo. Por volta da 12ª semana, as veias periféricas desenvolvem uma camada única de células musculares lisas em suas paredes. Essa camada é derivada apenas do mesênquima esplâncnico e não da musculatura lisa bronquial (como ocorre nas artérias). O lúmen de cada veia é relativamente grande e a parede é relativamente delgada em todos os níveis. As artérias e veias continuam a se desenvolver na fase canalicular, provavelmente por angiogênese; células em divisão são vistas nos capilares periféricos. O epitélio da maioria das vias aéreas condutoras periféricas se achata quando os capilares em desenvolvimento vêm a se dispor imediatamente subjacentes a ele durante esta fase (para uma revisão do desenvolvimento da circulação pulmonar, veja Hislop, 2005).

Os capilares e vasos linfáticos seguem em meio a feixes broncovasculares. Os canais linfáticos se desenvolvem a partir de evaginações de células endoteliais vasculares. O gatilho molecular para o brotamento linfático é o VEGF-C e D, atuando através do receptor 3 para o VEGF (Janér *et al.*, 2006).

Assim como há o desenvolvimento de uma circulação pulmonar, o pulmão também desenvolve um suprimento bronquial a partir da circulação sistêmica. Duas ou três artérias bronquiais crescem a partir da aorta descendente da 8ª semana em diante e entram no pulmão pelo hilo. Essas artérias se estendem para baixo, ao longo das vias aéreas intrapulmonares e finalmente formam plexos subepiteliais e adventiciais, os quais ao nascimento alcançaram as porções distais dos bronquíolos. As veias bronquiais derivadas da periferia dos pulmões drenam para as veias pulmonares. As artérias bronquiais também suprem a pleura próxima ao hilo, e formam vasa vasora na adventícia das grandes artérias e veias. Na vida pós-natal, doenças inflamatórias pulmonares, tais como a bronquiectasia, causam hipertrofia da circulação bronquial; esses vasos podem sangrar e originar uma massiva hemoptise em alguns casos.

Maturação intrauterina dos pulmões

Existem mais de 30 diferentes tipos celulares no pulmão adulto, os quais amadurecem durante o desenvolvimento. Apenas algumas alterações importantes, que são relevantes para doenças humanas, serão aqui destacados.

O surfactante pulmonar é produzido pelas células epiteliais alveolares do tipo 2 e armazenado em corpos lamelares. Esta substância é crucial para a manutenção da integridade funcional dos alvéolos: a principal morbidade da prematuridade extrema reflete a deficiência de surfactante, a qual causa a angústia respiratória neonatal (o tratamento foi modificado devido à disponibilidade de surfactante exógeno). Os movimentos respiratórios fetais parecem ser importantes na síntese do surfactante: a maturação funcional do sistema surfactante pode ser acelerada terapeuticamente pela administração de esteroides à mãe.

O desenvolvimento pulmonar normal requer um espaço intratorácico suficiente, movimentos respiratórios fetais normais e uma quantidade suficiente de líquido amniótico. Existem evidências de que a perturbação do fluxo sanguíneo pulmonar fetal também afeta o crescimento pulmonar, muito embora a maioria do fluxo sanguíneo cardíaco do ventrículo direito seja desviada para longe dos pulmões através do ducto arterioso: a estenose da valva pulmonar está associada à hipoplasia pulmonar.

Embora muitos órgãos fetais sejam capazes de crescer em proporções normais mesmo se eles estivessem em locais anormais, este não é o caso dos pulmões. O crescimento pulmonar se torna prejudicado por causa da expansão restrita, e a distensão do pulmão em desenvolvimento pode proporcionar um estímulo principal para o crescimento durante o desenvolvimento normal. A ausência ou impedimento dos movimentos fetais de respiração, e defeitos que afetam a atividade diafragmática, estão todos associados a uma hipoplasia pulmonar. Acredita-se que os movimentos de respiração fetais normais aumentem o volume pulmonar e estimulem o crescimento dos espaços aéreos distais. Os movimentos fetais de respiração envolvem a ativação rítmica do diafragma e dos músculos do trato respiratório superior. Embora tais movimentos sejam necessariamente muito pequenos comparados àqueles vistos após o nascimento, porque as vias aéreas fetais estão preenchidas com líquido pulmonar, existem evidências de que esses movimentos fásicos sejam importantes na liberação de fatores de crescimento.

Durante o desenvolvimento, as glândulas mucosas da traqueia e dos brônquios secretam um líquido rico em cloreto, o qual usualmente segue para cima do trato respiratório para se misturar ao líquido amniótico. A relação entre o fluido pulmonar e o líquido amniótico é bem mais complexa do que se acreditava previamente. A hipoplasia pulmonar ao nascimento pode estar associada a uma severa obstrução urinária congênita e ao oligoidrâmnio (síndrome de Potter). Na agenesia renal, a reduzida ramificação bronquial ocorre logo às 12-14 semanas de gestação (*i. e.*, em um momento anterior à produção de urina pelos rins, à qual é adicionada ao líquido amniótico), o que sugere que um fator renal direto sustenta o desenvolvimento pulmonar. Futuramente, a presença de líquido amniótico é necessária para o desenvolvimento pulmonar fetal normal. O pulmão fetal é um secretor típico de líquidos, e o rendimento de líquido atinge cerca de 5 ml/kg logo após o nascimento. A maior parte do líquido produzido dentro dos pulmões permanece aí por causa do efeito mecânico exercido pela pressão do líquido amniótico, e normalmente apenas uma pequena quantidade deste líquido contribui para o líquido amniótico. O funcionamento normal dos rins regula o volume e a pressão do líquido das vias aéreas intrapulmonares e pode, por sua vez, fornecer a pressão necessária para a expansão e o aumento dos sistemas bronquial e pulmonar. De modo interessante, a obstrução das vias aéreas fetais causa uma acelerada maturação dos alvéolos; esta abordagem tem sido usada terapeuticamente na hérnia diafragmática congênita, em que a insuflação intermitente e a deflação de um balão intratraqueal em um modelo de cordeiro resultaram em melhores crescimento e maturação pulmonares (Nelson *et al.*, 2005).

ALTERAÇÕES FUNCIONAIS NO PULMÃO POR VOLTA DA ÉPOCA DE NASCIMENTO

Um pouco antes do nascimento, a placenta é o órgão da respiração. Quase todo o retorno venoso para o coração direito é desviado para longe dos pulmões através do forame oval e do ducto arterioso. A resistência vascular pulmonar (RVP) é mantida em um nível muito alto pelos vasos pré-capilares musculares. Ao nascimento, o cordão umbilical é ligado e cortado, e dentro de segundos os pulmões devem assumir toda a função respiratória a fim de manter a vida. Eles também devem se converter da função de secreção para a função de absorção de líquido. Os mecanismos que medeiam essas dramáticas alterações são obscuros. Entretanto, está claro que a primeira respiração resulta em vasodilatação por pelo menos dois mecanismos. Primeiro, o efeito mecânico de tração sobre a vascularização: à medida que a parede torácica se expande, ela puxa os vasos pulmonares para que se mantenham abertos. Segundo, o oxigênio que entra nos pulmões pela primeira vez produz uma vasodilatação pulmonar. A demonstração experimental de que a RVP cai, mesmo se o feto for expulso em uma atmosfera de puro nitrogênio, implica que outros mediadores, como os metabólitos da ciclo-oxigenase, são indubitavelmente importantes. O gene para a ciclo-oxigenase 1 (mas não para a 2) no endotélio e no músculo liso vascular mostra uma expressão aumentada na vida fetal avançada e na vida pós-natal inicial. A expressão do receptor para a endotelina aumenta ao redor do tempo de nascimento, o que implica um papel para este sistema na adaptação pós-natal. O papel do óxido nítrico na

adaptação pós-natal é controverso, e provavelmente deve haver importantes diferenças entre espécies. A óxido nítrico sintase (NO-sintase, ou NOS) é mais abundante em animais jovens comparado a animais maduros, e a sensibilidade do músculo liso ao óxido nítrico pode ser maior ao nascimento do que em animais mais velhos. Os efeitos dos mediadores podem ser diferentes na vida pré-natal e na vida pós-natal; por exemplo, a endotelina 1 (ET-1) causa uma vasodilatação em fetos de ovelha, mas provoca uma vasoconstrição na vida pós-natal.

Imediatamente após o nascimento, e antes que a remodelação estrutural ocorra, a RVP pode se elevar abruptamente se o bebê se tornar mesmo minimamente hipóxico ou acidêmico. Os desvios fetais (forame oval e ducto arterioso) são reabertos e o desvio da direita para a esquerda causa uma profunda hipoxemia, o que caracteriza a "circulação fetal persistente".

DESENVOLVIMENTO PULMONAR PÓS-NATAL

A quantidade e o tipo de tecido conjuntivo no pulmão mudam após o nascimento. O pulmão neonatal tem abundante quantidade de colágenos dos tipos II e IV, mas pouca quantidade de colágeno do tipo I. Os colágenos dos tipos III e IV não são fortes sob o ponto de vista mecânico, o que sugere que o pulmão neonatal tenha um fenótipo que facilita as alterações no formato celular e na orientação que caracterizam a adaptação à vida extrauterina. É provável que a rápida deposição de colágeno do tipo I na vida pós-natal contribua para a rigidez estrutural às paredes dos vasos sanguíneos.

O volume pulmonar aumenta mais rapidamente durante o primeiro ano de vida e também aumenta mais rapidamente do que o calibre das vias aéreas durante esta época, um achado que é consistente com o conceito de crescimento pulmonar disanáptico, isto é, uma dissociação entre o crescimento do parênquima pulmonar e as vias aéreas. A maioria dos alvéolos foi formada por volta dos dois anos de idade, e o subsequente crescimento pulmonar resulta principalmente de um aumento no tamanho de alvéolos individuais. A capacidade vital forçada é relatada como a mesma em bebês masculinos e femininos e em crianças muito novas (Jones *et al.*, 2000), o que é consistente com as medições morfométricas *post-mortem*. Por volta do segundo ano de vida, a frequência de aumento na capacidade vital forçada é similar àquela relatada em crianças com mais idade.

Durante a infância, os volumes e as frequências de fluxo pulmonares aumentam linearmente com a altura, com uma maior interrupção e uma inclinação mais positiva em meninos comparados a meninas (Rosenthal *et al.*, 1993a & b). A linearidade destas alterações é interrompida pela puberdade, quando mudanças importantes de formato ocorrem no tórax, particularmente em meninos, e são refletidos por alterações no tamanho do pulmão subjacente (e em particular dos alvéolos) à medida que se manifestam por um aumento abrupto na capacidade vital, no volume expirado forçado em um segundo e na capacidade pulmonar total. Consequentemente, a alteração no tamanho pulmonar novamente progride de uma maneira linear. O escaneamento em tomografia computadorizada de alta resolução tem sido usado para medir as dimensões das vias aéreas, embora essa técnica deva ser usada com cautela por causa da exposição à radiação. O tamanho alveolar pode agora ser medido pelo uso do hélio hiperpolarizado, que utiliza o imageamento de ressonância magnética.

Desenvolvimento arterial pulmonar pós-natal normal

Imediatamente após o nascimento, uma dramática remodelação da vascularização pulmonar ocorre para efetuar uma redução abrupta da resistência vascular pulmonar. Este processo continua em um ritmo rápido durante os primeiros 1-2 meses, enquanto os pulmões se adaptam à vida extrauterina, e em seguida mais lentamente durante toda a infância. A falha na remodelação na presença de um coração anatomicamente normal leva à hipertensão pulmonar persistente. O desenvolvimento arterial pulmonar pós-natal normal no recém-nascido a termo pode ser dividido em três estágios:

O estágio um dura do nascimento até cerca do 4º dia pós-natal e diz respeito à imediata adaptação à vida extrauterina. Ao nascimento, as células endoteliais das artérias pré-capilares são bastante abauladas e têm estreitas bases sobre o subendotélio, uma baixa relação superfície:volume e muitas projeções de superfície. Cinco minutos após o nascimento, as células endoteliais estão mais delgadas e gradualmente apresentam uma menor sobreposição celular, a relação superfície:volume aumenta, poucas projeções celulares são vistas, a parede do vaso se torna mais delgada e o diâmetro do lúmen aumenta (Fig. 59.23). As células musculares lisas apresentam uma redução significativa no diâmetro durante este momento.

O estágio dois dura do 4º dia até 3-4 semanas, e é o momento em que as células depositam uma matriz ao redor de si mesmas para fixar suas novas posições. Ao nascimento, a lâmina elástica interna das pequenas artérias musculares consiste apenas em elastina amorfa em uma matriz semelhante a uma lâmina basal. Por volta das três semanas de idade, uma lâmina elástica definitiva é evidente, embora ela seja intensamente fenestrada, o que permite o contato entre as células endoteliais e as células musculares lisas.

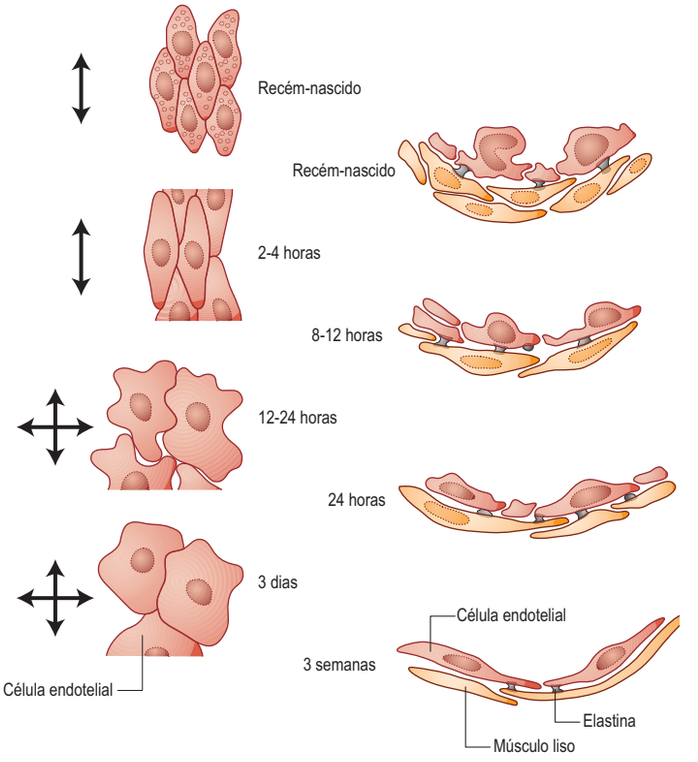


Fig. 59.23 Vistas superficiais (à esquerda) e cortes transversais (à direita) mostram as alterações nas células endoteliais e musculares lisas de pequenas artérias musculares pulmonares que acompanham brônquios terminais, desde o período neonatal até três semanas após o nascimento.

O estágio três continua ao longo da vida adulta. As artérias intrapulmonares aumentam de tamanho e suas paredes aumentam de espessura. Entretanto, a maturação de todas as células musculares lisas vasculares pulmonares, do hilo até o leito pré-capilar, não é avançada até os dois anos. À medida que os espaços aéreos distais se expandem, as redes capilares se fundem de um alvéolo para outro e formam, por um período, uma extensa dupla rede capilar: este processo pode ser visto a partir do 28º dia pós-natal, torna-se mais extenso por volta de um ano e meio e acredita-se que termine por volta dos cinco anos.

MALFORMAÇÕES CONGÊNITAS DA TRAQUEIA, DOS BRÔNQUIOS E DOS PULMÕES

Este é um enorme tópico e apenas um pequeno número de anormalidades pode ser mencionado aqui (para informações adicionais, consulte Bush, 2001; Abel *et al.*, 2006). O conceito do pulmão como seis "árvores" foi mencionado anteriormente: todas, com exceção da árvore venosa sistêmica, podem contribuir para uma malformação torácica congênita (MTC). Além disso, as anormalidades congênitas do coração e dos grandes vasos, e das paredes torácica e abdominal, incluindo doenças neuromusculares, podem impactar o desenvolvimento pulmonar. É um tanto artificial descrever as malformações das vias aéreas isoladamente, e a possibilidade de anormalidades vasculares associadas deve sempre ser considerada. Ademais, as descrições do que é visto clinicamente devem ser mantidas em separado de especulações sobre as origens embriológicas da anormalidade.

Doenças das vias aéreas proximais

Traqueomalacia e broncomalacia

As anormalidades no desenvolvimento das peças de cartilagem fazem com que as vias aéreas afetadas se tornem "moles" e colapsem durante a inspiração ou expiração, dependendo de se elas estão fora ou dentro do tórax ósseo, respectivamente: essas anormalidades são denominadas traqueomalacia, quando a traqueia é afetada, e broncomalacia, quando os brônquios estão envolvidos. A anormalidade pode envolver uma pequena área

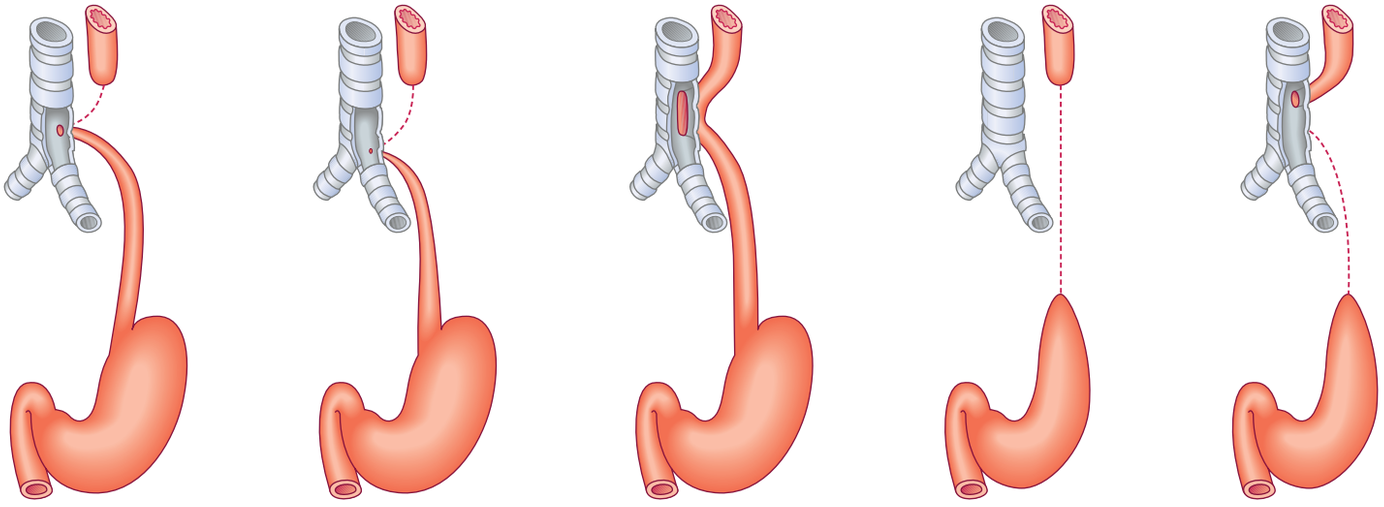


Fig. 59.24 Exemplos de fístulas traqueoesofágicas e de atresia esofágica.

localizada, ou pode ser mais generalizada (p. ex., síndrome de Williams-Campbell – deficiência congênita de cartilagens nas vias aéreas – na qual existe uma difusa broncomalacia da segunda à sétima geração de brônquios). A traqueobroncomalacia usualmente se apresenta precocemente na infância com tosse, taquipneia, estridor e ofego; ela também pode estar associada a anormalidades cardíacas e respiratórias, tais como a síndrome da valva pulmonar ausente ou fístula traqueoesofágica, respectivamente. Pacientes com uma significativa obstrução e apneia podem ser tratados através da inserção de *stents* nas vias aéreas se a doença for localizada; a doença generalizada pode necessitar de suporte respiratório, com ventilação não invasiva por máscara durante o sono ou com uma traqueostomia, dependendo da severidade. O tratamento cirúrgico por aortopexia é controverso.

Fístulas traqueoesofágicas

As fístulas traqueoesofágicas são as anormalidades mais comuns do trato respiratório inferior e ocorrem em cerca de 1 em 3.000 nascimentos. Elas usualmente se apresentam no recém-nascido com angústia respiratória recorrente e períodos de engasgo, embora a apresentação tardia na vida adulta tenha sido descrita. A anomalia pode estar associada à atresia esofágica. Normalmente, o esôfago se alonga com o rápido alongamento do embrião até sete semanas. A rápida proliferação do lúmen esofágico oblitera parcialmente a mucosa, e a recanalização não está terminada até oito semanas. Os processos celulares que levam à separação entre a traqueia e o esôfago ocasionalmente produzem a atresia esofágica. A atresia traqueoesofágica é rara, com uma incidência de 1 em 3.000 a 1 em 4.500 nascimentos. Cinco tipos de fístulas traqueoesofágicas podem ser reconhecidos (Fig. 59.24). Em quase todos os casos, o esôfago termina em fundo cego e o estômago está conectado à extremidade inferior da traqueia. Por causa dessa conexão, o abdome se torna rapidamente distendido com ar logo que o bebê é expulso e comece a respirar. Na vida pré-natal, um polidrâmnio pode ser um aspecto clínico, mas pode não estar aparente até o terceiro trimestre. Em dois dos cinco tipos de fístulas traqueoesofágicas não existe uma comunicação entre o estômago e o trato digestório superior. Tais casos são identificáveis ao ultrassom, porque o estômago deve sempre estar visível em um exame de 20 semanas, e sua ausência ao ultrassom deve incitar uma nova avaliação.

A fístula traqueoesofágica é comumente associada a outras anomalias congênitas, incluindo defeitos cardiovasculares (30%), anomalias anorretais (15%) e genitourinárias (15%). Esses defeitos podem estar combinados na síndrome VATER, a qual envolve anomalias vertebrais, anorretais, cardíacas e esofágicas, juntamente com aplasia radial e a presença de uma única artéria umbilical.

Anéis cartilaginosos completos

As grandes cartilagens das vias aéreas têm normalmente um formato de ferradura. Anéis cartilaginosos completos podem se desenvolver na traqueia e em grandes vias aéreas, e a parte membranosa posterior da via aérea pode estar ausente em uma única cartilagem ou em longos segmentos da via aérea. Esta anormalidade pode estar associada a anormalidades vasculares, tais como a alça da artéria pulmonar (onde a artéria pulmonar esquerda se origina da artéria pulmonar direita, e não do tronco pulmonar principal). Uma extensa e severa doença pode se apresentar com a angústia respiratória neonatal; apresentações tardias incluem a asma aparentemente resistente a esteroides. O transplante de traqueia tem sido usado para tratar a estenose traqueal em longos segmentos.

Doenças das vias aéreas distais

Agenesia e aplasia dos pulmões

A agenesia/aplasia dos pulmões são anormalidades congênitas extremamente raras, nas quais pode haver a ausência unilateral ou bilateral do pulmão. Na agenesia, o coto da via aérea está ausente, isto é, a traqueia está ausente na doença bilateral, ou o brônquio principal está ausente na doença unilateral. Na aplasia, existe um coto rudimentar da via aérea, mas não há pulmão distal; o pulmão contralateral está aumentado, com um número maior de alvéolos, mas tem um padrão bronquial normal. Indivíduos com aplasia podem se apresentar com infecção recorrente, dispneia e capacidade de exercício reduzida, e pode haver um acúmulo de secreções bronquiais, com infecção secundária e derramamento excessivo de secreções infectadas no pulmão contralateral normal.

Cistos broncogênicos e outros tipos de cistos

Cistos de vários tipos, por ordem de frequência, podem ser encontrados nas regiões carinal (51%), paratraqueal direita (19%), paraesofágica (14%), hilar (9%) e pericárdica, retroesternal e paravertebral (7%). Sob o ponto de vista clínico, eles são parte do espectro de malformações torácicas congênitas e podem apenas ser classificados em maiores detalhes sob o ponto de vista patológico quando a parede do cisto é examinada; eles podem ter um suprimento sanguíneo sistêmico e uma drenagem venosa. Anormalidades multicísticas, descritas como vários tipos de malformações adenomatosas císticas congênitas (MACC) e sequestros (intra e extrapulmonares), são mais bem consideradas genericamente como espectro das MTC, pelo menos até que sejam examinadas patologicamente. A apresentação pode ocorrer com uma gama de problemas, desde a angústia respiratória intratável do recém-nascido até um achado casual na vida adulta. O tratamento é usualmente cirúrgico, se possível, para todos, com exceção das malformações mais minúsculas.

Atresia bronquial

A atresia bronquial é uma doença congênita na qual um brônquio principal ou via aérea segmentar termina em fundo cego ou com uma membrana delgada. Em geral, o desenvolvimento pulmonar ocorre distalmente, e com o tempo este tecido se torna distendido com resíduos e muco (broncocele), com o tecido pulmonar adjacente insuflado em excesso. Ela afeta de modo característico o lobo superior esquerdo (64% dos casos) e os achados radiográficos de tórax são de uma densidade ovoide peri-hilar, com faixas que se projetam para uma área localizada de pulmão hiperlucente. O lobo inferior esquerdo é afetado em 14% dos casos, e o lobo inferior direito e o lobo médio direito em 8% dos casos. A maioria dos casos é assintomática e é revelada como achados incidentais em radiografias de tórax. No entanto, muitos finalmente se tornam o estabelecimento de uma infecção recorrente e requerem remoção cirúrgica. Alguns bebês podem apresentar um grande lobo pulmonar hiperlucente congênito (LPHC). Esta doença é denominada de "enfisema lobar congênito", embora ela não tenha nada a ver com o enfisema do adulto. A apresentação em casos severos ocorre com angústia respiratória do recém-nascido, em cujo caso a cirurgia emergencial é necessária; de outro modo, ela pode ser um achado radiográfico casual tardio na vida, em cujo caso nenhuma ação é necessária.

REFERÊNCIAS

Abel R, Bush A, Chitty L, Harcourt J, Nicholson A 2006 Congenital lung disease. In: Chernick V, Boat T, Wilmott R, Bush A (eds) Kendig's Disorders of the Respiratory Tract in Children, 7th edn. Edinburgh: Elsevier, pp. 280–316.
Uma revisão de todos os aspectos do diagnóstico, nomenclatura e tratamento de malformações congênitas das vias respiratórias, pulmões e parede torácica.

Allen J, Gripp KW 2002 Development of the thoracic cage. In: Basic Mechanisms of Pediatric Respiratory Disease, 2nd edn. Haddad GG, Abman SH, Chernick V (eds) Hamilton, Ont: BC Decker, pp. 124–38.

Anderson RH, Webb S, Brown NA, Lamers WH, Moorman AFM 2003 Development of the heart. 2. Septation of the atriums and ventricles. Heart 89: 949–58.

Anderson RH, Webb S, Brown NA, Lamers WH, Moorman AFM 2003 Development of the Heart. 3. Formation of the ventricular outflow tracts, arterial valves, and intrapericardial arterial trunks. Heart 89: 1110–18.

Anderson RH, Christoffels VM, Moorman AFM 2004 Controversies concerning the anatomical definition of the conduction tissues. Anat Record B New Anat 280: 8–14.

Anderson RH, Brown NA, Moorman AFM 2006 Development and structures of the venous pole of the heart. Dev Dyn 235: 2–9.

Buckingham M, Meilhac S, Zaffran S 2005 Building the mammalian heart from two sources of myocardial cells. Nat Rev Genet 6: 826–37.

Bush A 2001 Congenital lung disease: a plea for clear thinking and clear nomenclature. Pediatr Pulmonol 32: 328–37.
Uma nova classificação das malformações pulmonares congênitas.

Bush A 2005 Asthma research: The real action is in children. Paediatr Respir Rev 6: 101–10.
Uma revisão de como os problemas precoces de crescimento e desenvolvimento dos pulmões influenciam a doença pulmonar tardia.

Christoffels VM, Burch JBE, Moorman AFM 2004 Architectural plan for the heart: Early patterning and delineation of the chambers and the nodes. Trends in Cardiovasc Med 14: 301–307.

de Lange FJ, Moorman AFM, Anderson RH et al 2004 Lineage and morphogenetic analysis of the cardiac valves. Circ Res 95: 645–54.

Hislop A 2005 Developmental biology of the pulmonary circulation. Paediatr Respir Rev 6: 35–43.

Janér J, Lassus P, Haglund C, Paavonen K, Alitalo K, Andersson S 2006 Pulmonary vascular endothelial growth factor-C in development and lung injury in preterm infants. Am J Respir Crit Care Med 174: 326–30.
O papel do VEGF e seus receptores no desenvolvimento do sistema linfático.

Jesudason EC. Challenging embryological theories on congenital diaphragmatic hernia: Future therapeutic implications for paediatric surgery. Ann R Coll Surg Engl 2002; 84: 252–9.

Jones M, Castile R, Davis S et al 2000 Forced expiratory flows and volumes in infants: Normative data and lung growth. Am J Respir Crit Care Med 161: 353–9.

Lamers WH, Moorman AFM 2002 Cardiac septation: A late contribution of the embryonic primary myocardium to heart morphogenesis. Circ Res 91: 93–103.

Mommersteeg MTM, Soufan AT, de Lange FJ et al 2006 Two distinct pools of mesenchyme contribute to the development of the atrial septum. Circ Res 99: 351–3.

Moorman AFM, Christoffels VM 2003 Cardiac chamber formation: Development, genes and evolution. Physiol Rev 83: 1223–67.

Moorman AFM, Webb S, Brown NA, Lamers WH, Anderson RH 2003 Development of the heart: I. Formation of the cardiac chambers and arterial trunks. Heart 89: 806–814.

Moorman AFM, Christoffels VM 2003 Development of the cardiac conduction system: A matter of chamber development. Novartis Found Symp 250: 25–34.

Mortola JP 2002 Comparative aspects of neonatal respiratory mechanics. In: Basic Mechanisms of Pediatric Respiratory Disease, 2nd edn. Haddad GG, Abman SH, Chernick V (eds) Hamilton, Ont: BC Decker, pp. 171–8.

Nelson SM, Hajivassiliou CA, Haddock G et al 2005 Rescue of the hypoplastic lung by prenatal cyclical strain. Am J Respir Crit Care Med 171: 1395–1402.
Como a oclusão traqueal pode ser usada em um modelo animal para melhorar o crescimento e maturação pulmonar.

Rosenthal M, Bain SH, Cramer D, Helms P, Denison D, Bush A, Warner JO 1993a Lung function in white children aged 4–19 years: I. Spirometry. Thorax 48: 794–802.

Rosenthal M, Cramer D, Bain SH, Denison D, Bush A, Warner JO 1993b Lung function in white children aged 4–19 years: II. Single breath analysis and plethysmography. Thorax 48: 803–808.

Rosenthal M, Bush A 2002 The growing lung: Normal development, and the long-term effects of pre- and post-natal insults. In: Bush A, Zach M, Carlsen K-H (eds) Growing up with lung disease: The lung in transition to adult life. Eur Respir Monogr 7: 1–24.

Roth-Kleiner M, Post M 2005 Similarities and dissimilarities of branching and septation during lung development. Pediatr Pulmonol 40: 113–34.
Uma descrição dos mecanismos moleculares subjacentes ao desenvolvimento normal do pulmão.

Soufan AT, van den Hoff MJB, Ruijter JM 2004 Reconstruction of the patterns of gene expression in the developing mouse heart reveals an architectural arrangement that facilitates the understanding of atrial malformations and arrhythmias. Circ Res 95: 1207–15.

SEÇÃO
8

ABDOME E PELVE

60 Abdome e pelve: revisão e anatomia de superfície 1041
Estrutura geral e função da cavidade abdominopélvica 1041
Estrutura musculoesquelética do abdome e da pelve 1041
Disposição geral das estruturas neurovasculares abdominopélvicas 1041
Inervação autônoma 1041
Inervação simpática 1042
Inervação parassimpática 1044
Plexos e gânglios autônomos abdominopélvicos 1045
Corpos para-aórticos 1046
Principais disposições arteriais e venosas abdominopélvicas 1047
Suprimento arterial para o trato gastrointestinal 1047
Sistema venoso portal 1048
Microestrutura geral da parede do intestino 1048
Anatomia de superfície e diagnóstica do abdome e da pelve 1051
Planos e regiões do abdome 1051
Parede abdominal anterior 1051
Vísceras intra-abdominais 1052
Vísceras retroperitoneais 1053
Procedimentos clínicos 1053

61 Parede abdominal anterior 1055
Pele e tecidos moles 1055
Músculos 1060
Canal inguinal 1064
Hérnias da parede abdominal anterior 1066
Lesões dos nervos intercostais 1067

62 Parede abdominal posterior e retroperitônio 1069
Pele e tecidos moles 1069
Fáscia toracolombar 1069
Outras camadas fasciais 1070
Ossos 1070
Músculos 1070
Suprimento vascular e drenagem linfática 1072
Aorta abdominal 1072
Veia cava inferior 1074
Relações da parte abdominal da veia cava inferior 1075
Tributárias 1075
Drenagem linfática 1076
Cisterna do quilo e troncos linfáticos abdominais 1077
Inervação 1078
Plexo lombar 1078
Plexo lombossacral 1081
Sistema simpático lombar 1081
Sistema parassimpático lombar 1081
Corpos para-aórticos 1081

63 Pelve verdadeira, assoalho pélvico e períneo 1083
Pelve verdadeira e assoalho pélvico 1083
Músculos e fáscias da pelve 1083
Suprimento vascular e drenagem linfática da pelve 1086
Inervação da pelve 1091
Tronco lombossacral e plexo sacral 1091
Plexo coccígeo 1092
Parte pélvica do sistema simpático 1093
Períneo 1093
Músculos e fáscias do períneo 1093
Triângulo anal 1093
Triângulo urogenital 1094
Suprimento vascular e drenagem linfática do períneo 1097
Inervação do períneo: nervo pudendo (no períneo) 1098

64 Peritônio e cavidade peritonial 1099
Arranjo geral do peritônio 1099
Peritônio do abdome superior 1099
Peritônio do abdome inferior 1104
Peritônio da parede abdominal anterior inferior 1105
Peritônio da pelve 1105
Suprimento vascular e drenagem linfática 1106
Inervação 1106
Organização geral da cavidade peritoneal 1106
Compartimento supramesocólico 1107
Compartimento inframesocólico 1108
Recessos da cavidade peritoneal 1108

TRATO GASTROINTESTINAL

65 Parte abdominal do esôfago e estômago 1111
Parte abdominal do esôfago e estômago 1111
Suprimento vascular e drenagem linfática 1111
Inervação 1111
Estômago 1112
Partes do estômago 1112
Relações gástricas 1112
Curvaturas gástricas 1113
Superfícies gástricas 1113
Orifícios gástricos 1113
Óstio cárdico e junção gastroesofágica 1113
Óstio pilórico 1114
Formato gástrico e aspectos internos 1114
Suprimento vascular e drenagem linfática 1116
Inervação 1120
Microestrutura 1120

66 Intestino delgado 1125
Visão Geral 1125
Duodeno 1125
Jejuno 1128
Íleo 1129
Microestrutura 1132

67 Intestino grosso 1137
Revisão 1137
Aparência externa 1138
Aparência interna 1138
Aparências radiográficas 1138
Suprimento vascular e drenagem linfática 1140
Inervação 1141
Ceco, apêndice vermiforme e cólon ascendente 1141
Ceco 1141
Apêndice vermiforme 1142
Cólon ascendente 1144
Suprimento vascular e drenagem linfática 1144
Inervação 1146
Cólon transverso 1146
Suprimento vascular e drenagem linfática 1146
Inervação 1146
Cólon transverso 1146
Suprimento vascular e drenagem linfática 1147
Inervação 1147
Cólon descendente 1147
Cólon sigmoide 1147
Suprimento vascular e drenagem linfática 1148
Inervação 1150
Reto 1150
Suprimento vascular e drenagem linfática 1154
Inervação 1155
Canal anal 1155
Suprimento vascular e drenagem linfática 1159
Inervação 1160
Reflexos, controle da função anorretal e continência 1160
Microestrutura 1160

VÍSCERAS ABDOMINAIS

68 Fígado 1163
Faces no Fígado 1163
Anatomia macroscópica dos lobos 1165
Divisões anatomofuncionais 1165
Suprimento vascular e drenagem linfática 1169
Artéria hepática 1169
Veia porta 1170
Inervação 1172
Microestrutura 1173

69 Vesícula biliar e árvore biliar 1177
Vesícula biliar 1177
Árvore biliar intra-hepática 1177
Árvore biliar extra-hepática 1178
Suprimento vascular e drenagem linfática 1179
Inervação 1180
Microestrutura 1181
Vesícula biliar 1181
Ductos biliares 1181

70 Pâncreas 1183
Cabeça 1183
Colo 1184

Corpo . . . 1184
Cauda . . . 1184
Processo uncinado . . . 1185
Ductos pancreáticos . . . 1185
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1185
Inervação do pâncreas exócrino . . . 1187
Microestrutura . . . 1188
Pâncreas exócrino . . . 1189
Pâncreas endócrino . . . 1190

71 Baço . . . 1191
Relações . . . 1191
Conexões peritoneais do baço . . . 1191
Esplenomegalia . . . 1192
Trauma esplênico . . . 1192
Esplenectomia . . . 1193
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1193
Inervação . . . 1193
Microestrutura . . . 1193

72 Glândula suprarrenal (adrenal) . . . 1197
Glândula suprarrenal direita . . . 1197
Glândula suprarrenal esquerda . . . 1197
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1198
Inervação: plexo suprarrenal . . . 1200
Microestrutura . . . 1200
Excisão da glândula suprarrenal . . . 1200

DESENVOLVIMENTO DA CAVIDADE PERITONEAL, DO TRATO GASTROINTESTINAL E DE SEUS ANEXOS

73 Desenvolvimento da cavidade peritoneal, do trato gastrointestinal e de seus anexos . . . 1203
Intestino anterior pós-faríngeo . . . 1203
Esôfago . . . 1203
Estômago . . . 1204
Duodeno . . . 1206
Mesentérios dorsal e ventral do intestino anterior . . . 1206
Glândulas especiais do intestino anterior pós-faríngeo: fígado, pâncreas . . . 1206
Intestino médio . . . 1206
Alça intestinal primária (ou intestino médio) . . . 1209
Cordão umbilical . . . 1209
Maturação do intestino delgado . . . 1209
Intestino posterior primitivo . . . 1212
Intestino posterior entérico . . . 1212
Maturação do intestino grosso . . . 1212
Canal anal . . . 1212
Sistema nervoso entérico . . . 1213
Linfoides associados às alças intestinais . . . 1213
Maturidade funcional do intestino ao nascer . . . 1213
Cavidade peritonial . . . 1213
Peritônio . . . 1213
Mesentérios do intestino em desenvolvimento . . . 1214
Mesentérios do intestino anterior . . . 1214
Consequências da rotação do estômago . . . 1214
Estágios iniciais do desenvolvimento do saco menor . . . 1214
Estágios tardios do desenvolvimento do saco menor . . . 1216
Maturação do saco menor . . . 1216
Peritônio associado ao intestino médio e posterior . . . 1217
Intestino delgado . . . 1217
Cólon ascendente . . . 1217
Cólon transverso . . . 1217
Cólon descendente . . . 1218
Cólon sigmoide . . . 1218
Reto . . . 1218
Cavidade peritonial neonatal . . . 1218
Baço . . . 1218
Glândulas suprarrenais . . . 1218
Veia cava inferior, circulação porta e vasos umbilicais . . . 1219

SISTEMA UROGENITAL

74 Rim e ureter . . . 1225
Rim . . . 1226
Fáscia perirenal . . . 1228
Relações . . . 1228
Macroestrutura interna . . . 1230
Pelve e cálices renais . . . 1231
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1233
Inervação . . . 1233
Microestrutura . . . 1237
Produção de urina . . . 1238
Ureter . . . 1238
Relações . . . 1241
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1241
Inervação . . . 1242
Microestrutura . . . 1242

75 Bexiga, próstata e uretra . . . 1245
Bexiga urinária . . . 1245
Relações . . . 1245
Ligamentos da bexiga . . . 1246
Interior da bexiga . . . 1247
Colo da bexiga . . . 1248
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1249
Microestrutura . . . 1250
Uretra masculina . . . 1250
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1252
Inervação . . . 1252
Microestrutura . . . 1253
Uretra feminina . . . 1253
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1253
Inervação . . . 1253
Microestrutura . . . 1253
Micção e continência urinária . . . 1253
Próstata . . . 1255
Anatomia zonal . . . 1256
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1257
Inervação . . . 1258
Alterações relacionadas com a idade . . . 1259

76 Sistema genital masculino . . . 1261
Cordão espermático . . . 1261
Escroto . . . 1262
Testículos e epidídimo . . . 1262
Testículos . . . 1262
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1262
Inervação . . . 1264
Microestrutura . . . 1264
Alterações testiculares relacionadas à idade . . . 1267
Epidídimo . . . 1268
Microestrutura . . . 1268
Ducto (canal) deferente, paradídimo e ducto ejaculatório . . . 1268
Ducto deferente . . . 1268
Ductos ejaculatórios . . . 1269
Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação . . . 1269
Microestrutura . . . 1269
Estruturas glandulares acessórias . . . 1270
Vesículas seminais . . . 1270
Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação . . . 1270
Microestrutura . . . 1270
Glândulas bulbouretrais . . . 1270
Microestrutura . . . 1271
Pênis . . . 1271
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1274
Inervação . . . 1275
Microestrutura . . . 1276
Ereção e ejaculação . . . 1276

77 Sistema genital feminino . . . 1279
Trato genital inferior . . . 1279
Vulva . . . 1279
Monte pubiano . . . 1279
Grandes lábios . . . 1279
Pequenos lábios . . . 1279
Vestíbulo . . . 1280
Clitóris . . . 1280
Suprimento vascular e drenagem linfática da vulva . . . 1280
Inervação . . . 1280
Vagina . . . 1280
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1281
Inervação . . . 1281
Microestrutura . . . 1281
Trato genital superior . . . 1281
Útero . . . 1284
Corpo . . . 1284
Cérvix . . . 1285
Ligamentos pélvicos e pregas peritoneais . . . 1286
Ligamentos da pelve . . . 1288
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1289
Inervação . . . 1290
Microestrutura . . . 1290
Imagens de ressonância magnética do útero . . . 1291
Tubas uterinas (de Falópio) . . . 1292
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1293
Inervação . . . 1293
Microestrutura . . . 1293
Ovários . . . 1293
Suportes peritoneais e ligamentares do ovário . . . 1294
Suprimento vascular e drenagem linfática . . . 1294
Inervação . . . 1294
Microestrutura . . . 1294
Ciclo menstrual . . . 1297
Fase proliferativa . . . 1297
Fase secretória . . . 1297
Fase menstrual . . . 1298
Alterações vasculares dentro do útero durante o ciclo menstrual . . . 1298
Gestação e parto . . . 1298
O útero na gestação . . . 1298
Crescimento do útero na gestação . . . 1299
Cérvix na gestação . . . 1299
Relações do útero na gestação . . . 1300
Alterações pélvicas na gestação . . . 1300
Localização da placenta . . . 1300

78 Desenvolvimento do sistema urogenital . . . 1305
Sistema urinário . . . 1305
Sistema urinário neonatal . . . 1312
Anomalias do sistema urinário . . . 1313
Sistema reprodutor . . . 1314
Desenvolvimento gonadal inicial (estágio ambissexual ou indiferenciado) . . . 1314
Ductos reprodutores . . . 1314
Células embrionárias primordiais . . . 1317
Desenvolvimento das gônadas . . . 1317
Descida das gônadas . . . 1320
Cloaca e genitália externa . . . 1322
Maturação dos órgãos reprodutores na puberdade . . . 1325

Abdome e pelve: revisão e anatomia de superfície

CAPÍTULO 60

ESTRUTURA GERAL E FUNÇÃO DA CAVIDADE ABDOMINOPÉLVICA

Apesar de geralmente serem considerados separadamente, o abdome e a pelve formam a maior cavidade visceral efetivamente contínua do corpo. Atuam em conjunto para fornecer várias funções vitais como: suporte e proteção para os tratos digestório e urinário e órgãos reprodutores internos e seus suprimentos neurovasculares associados; como via de passagem do suprimento neurovascular do tórax para os membros inferiores e vice-versa; como suporte e fixação para genitália externa e acesso para os órgãos reprodutores e urinários internos; atuam como músculos acessórios para ações fisiológicas na respiração, defecação e micção; fornecem suporte para a coluna vertebral na sustentação do peso corporal e no movimento.

ESTRUTURA MUSCULOESQUELÉTICA DO ABDOME E DA PELVE

As paredes da cavidade abdominopélvica consistem em cinco vértebras lombares e seus discos intervertebrais intermediários (localizados na linha mediana posterior); em três camadas de músculos esqueléticos (transverso abdominal, oblíquo interno e oblíquo externo) associadas à pele e à fáscia (lateral e anterolateralmente); em uma única camada muscular (reto abdominal) com suas coberturas fasciais associadas (localizada anteriormente); na 'bacia' óssea formada pelas paredes da pelve verdadeira e falsa (ossos íleo, ísquio e púbis em cada lado); nos músculos do assoalho pélvico e do períneo (localizados inferiormente); e no diafragma pélvico (localizado superiormente no assoalho pélvico) (Fig. 60.1).

A proteção óssea da cavidade se restringe à pelve (verdadeira ou falsa) e ao abdome superior, que é parcialmente fechado pelas porções anterolaterais das seis costelas inferiores e suas cartilagens mesmo que essas estruturas tecnicamente façam parte da parede torácica. Entre essas duas regiões, a parede abdominal anterolateral é completamente musculofascial, mas com espessura e força suficientes para fornecer proteção adequada para as vísceras mesmo na presença de impactos diretos.

A parede abdominal e as estruturas retroperitoniais desempenham um importante papel nas funções da coluna vertebral tanto no movimento do tórax em relação à pelve como no auxílio de suporte da coluna na sustentação do peso corporal. Os músculos anterolaterais fornecem auxílio para a flexão e rotação do tórax em relação à pelve (ou vice-versa se o tórax estiver fixado).

Na posição ereta, a pelve se posiciona em um ângulo no qual o canal pélvico se inclina posteriormente em um ângulo de 45 graus em relação à principal cavidade visceral abdominal. Essa cavidade é delimitada pela coluna vertebral e pelos músculos da parede abdominal posterior. Essa parede, apesar de menos pronunciada que no tórax, em virtude da presença dos músculos quadrado lombar e psoas maior, projeta-se para o interior da cavidade abdominal e produz duas goteiras paravertebrais distintas em cada um dos lados da coluna vertebral. A lordose da coluna lombar em combinação com o ângulo entre a quinta vértebra lombar e o sacro produz o formato de parábola do corte sagital de cada goteira paravertebral.

Interface toracoabdominal

As cavidades torácica e abdominal fazem interface entre si através do diafragma. Existem seis comunicações principais entre as duas cavidades: a veia cava inferior, em seu curso entre sua curta porção supra-hepática e a porção intratorácica abaixo do átrio direito, atravessa o hiato da veia cava do diafragma (Cap. 62); o esôfago que passa através da abertura esofágica do diafragma (Cap. 65); a aorta entre as porções torácica descendente e abdominal passa posteriormente ao ligamento arqueado mediano do diafragma (Cap. 62); os vasos linfáticos do abdome que drenam superiormente para o tórax, principalmente posteriores ao ligamento arqueado mediano via ducto torácico que se localiza posterolateral à aorta, também através de linfáticos pericavais e de pequenos vasos que drenam diretamente através e nas inserções periféricas do diafragma; as veias ázigos e hemiázigos que ascendem por trás do ligamento arqueado mediano do diafragma para o sistema ázigos torácico (Cap. 62); o sistema nervoso autônomo, simpático e parassimpático (ver adiante) que cruzam entre as duas cavidades por trás do ligamento arqueado mediano do diafragma, através das várias aberturas diafragmáticas e diretamente através da massa muscular do diafragma propriamente dita (Cap. 54). Estruturas neurovasculares cutâneas também transitam do tórax para o abdome através das paredes de ambas as cavidades

Interface pelve - membro inferior

A pelve forma uma parte essencial da estrutura óssea da cavidade abdominopélvica e do membro inferior. Ela transmite o peso do corpo ereto desde a coluna lombar para as cabeças femorais, bem como fornece uma plataforma estável sobre a qual o movimento da articulação do quadril pode ocorrer. Suas superfícies ósseas proporcionam origem a um grande número de músculos das nádegas e coxas (Cap. 67), bem como para os músculos do assoalho pélvico e do diafragma perineal (Cap. 63). Através da pelve também transitam, ou dela se originam, estruturas neurolinfovasculares que suprem o membro inferior. As principais estruturas são descritas a seguir. A drenagem venosa inclui a veia femoral comum que passa sob o ligamento inguinal para se tornar a veia ilíaca externa; a veia obturatória que passa através do forame obturado; as veias glúteas superior e inferior drenam das nádegas para a veia ilíaca interna através dos forames isquiáticos maior e menor; além de vários canais venosos menores. O suprimento arterial inclui a artéria ilíaca externa que passa sob o ligamento inguinal para se tornar a artéria femoral; a artéria obturatória que passa para a coxa através do forame obturado; as artérias glúteas superior e inferior oriundas da divisão posterior da artéria ilíaca interna que passa para fora da pelve via forames isquiáticos maior e menor. A drenagem linfática passa principalmente por sob o ligamento inguinal, via canais femoral e obturatório e através dos forames isquiáticos, para drenar para as cadeias linfáticas pélvicas (Cap. 63). As estruturas neurais somáticas incluem os nervos femoral, obturatório e isquiático e outros ramos menores do plexo lombossacral (Cap. 62). As estruturas neurais autônomas incluem aquelas que acompanham o suprimento arterial e os ramos do plexo lombossacral. Estruturas neurovasculares cutâneas também transitam entre o abdome inferior e a pelve para a pele e os tecidos superficiais do membro inferior.

DISPOSIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS NEUROVASCULARES ABDOMINOPÉLVICAS

É útil rever aqui a disposição geral dos sistemas neurovasculares que abrangem várias regiões ou múltiplas vísceras da região abdominopélvica. Descrições do suprimento neurovascular para órgãos individuais são encontradas nos respectivos capítulos.

INERVAÇÃO AUTONÔMICA

O suprimento autônomico para as vísceras abdominais e pélvicas é feito pela parte abdominopélvica da cadeia simpática e pelos nervos esplâncnicos maior, menor e imo (simpático) e nervos vago e parassimpático pélvico (parassimpático). Existe uma ramificação considerável entre os plexos e os gânglios, particularmente nos principais plexos ao redor da aorta abdominal; por esse motivo, as descrições tendem a ser simplificações baseadas no suprimento 'principal' para cada órgão (Fig. 60.2). Os detalhes das terminações destas fibras são fornecidos na página 1050.

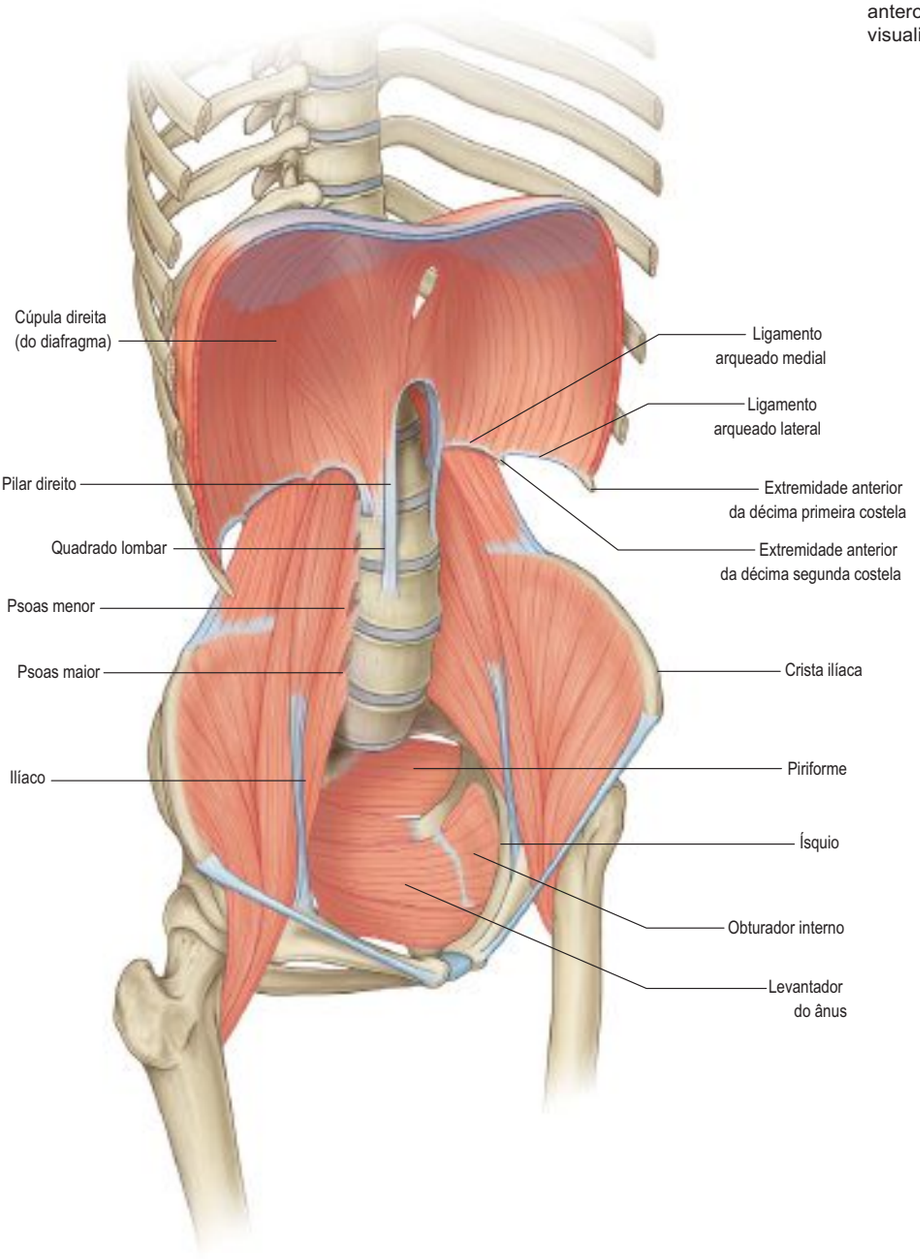


Fig. 60.1 As estruturas ósseas e musculares que delimitam a 'cavidade' abdominopélvica. Os músculos abdominais anterolaterais foram removidos para uma melhor visualização.

Inervação simpática

Os corpos celulares dos neurônios do suprimento simpático do abdome e da pelve se localizam na substância cinzenta intermediolateral do primeiro ao décimo segundo segmentos torácicos e dos dois primeiros segmentos lombares. Esses neurônios dão origem a axônios mielinizados que trafegam no ramo comunicante ventral do nervo espinal do mesmo nível, deixando-o através do ramo comunicante branco para entrar em um gânglio paravertebral torácico ou lombar. Ramos viscerais podem sair no mesmo nível, ascender ou descer vários níveis antes deixar o gânglio sem fazer sinapse nos ramos mediais (viscerais). Estes dão origem aos nervos esplâncnicos maior, menor e imo, e aos nervos esplâncnicos lombar e sacral. Axônios destinados para o suprimento de estruturas somáticas sempre fazem sinapses no gânglio do mesmo nível e axônios não mielinizados pós-ganglionares deixam o gânglio via ramo comunicante cinzento para entrar no nervo espinal do mesmo nível.

Nervo esplâncnico maior

O nervo esplâncnico maior é derivado dos ramos mediais viscerais do quinto ao nono gânglios torácicos. Ele entra no abdome através das fibras do pilar ipsilateral do diafragma e localiza-se sobre o pilar em seu trajeto anteroinferior. O tronco principal do nervo entra na face superior do gânglio celíaco.

Nervo esplâncnico menor

O nervo esplâncnico menor é derivado dos ramos mediais viscerais do décimo e décimo primeiro gânglios torácicos. Ele entra no abdome através das fibras mais inferiores do pilar ipsilateral do diafragma e localiza-se sobre esse pilar em seu trajeto anteroinferior. O tronco do nervo entra no gânglio aorticorrenal e pode emitir ramos para a face lateral do gânglio celíaco. Ocasionalmente ele se une aos nervos esplâncnicos maior e imo como um nervo esplâncnico único.

Nervo esplâncnico imo

O nervo esplâncnico imo é derivado dos ramos mediais viscerais do décimo segundo gânglio torácico. Ele entra no abdome junto com a cadeia simpática sob o ligamento arqueado medial, desloca-se inferiormente para entrar no gânglio aorticorrenal e pode dar origem a ramos para a face lateral do gânglio celíaco. Algumas vezes faz parte do nervo esplâncnico menor, quando ele forma uma projeção que entra no plexo renal logo abaixo do gânglio aorticorrenal.

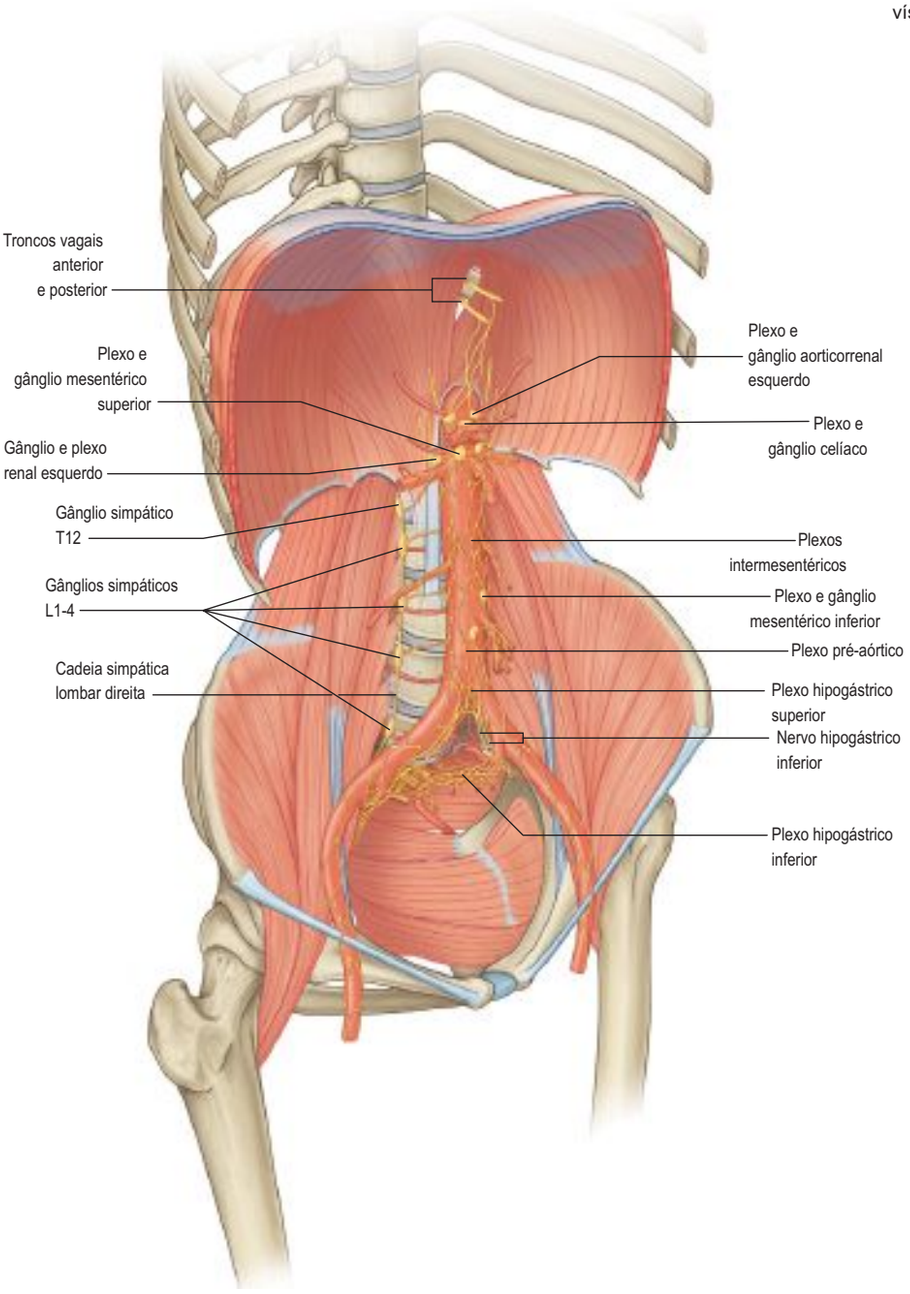


Fig. 60.2 A disposição geral dos plexos autônomos das vísceras abdominais e pélvicas.

Sistema simpático lombar

A parte lombar de cada tronco simpático geralmente contém quatro gânglios interconectados. O tronco localiza-se no tecido conjuntivo extraperitoneal anterior à coluna vertebral e ao longo da margem medial do psoas maior. Superiormente, ele é contínuo com o tronco torácico, posteriormente ao ligamento arqueado medial. Inferiormente, ele passa posteriormente à artéria ilíaca comum e é contínuo com o tronco simpático pélvico. No lado direito, ele se localiza posteriormente à veia cava inferior, e à esquerda, é posterior aos linfonodos aórticos laterais. Ele é anterior à maioria dos vasos lombares, mas pode passar por trás de algumas veias lombares.

O primeiro, o segundo e algumas vezes o terceiro ramo enviam ramos comunicantes brancos para os gânglios correspondentes. Ramos comunicantes cinzentos passam dos quatro gânglios lombares para os nervos espinais lombares. Eles são longos e acompanham as artérias lombares ao redor dos lados dos corpos vertebrais, mediais aos arcos fibrosos aos quais o psoas se fixa. Eles suprem a inervação simpática para os somátomos lombares através dessas artérias. Quatro nervos esplâncnicos lombares passam como ramos mediais dos gânglios para se unir aos plexos celíaco, mesentérico inferior (ou ocasionalmente aórtico abdominal) e hipogástrico superior. O primeiro nervo esplâncnico lombar, do primeiro gânglio, origina ramos para os plexos celíaco, renal e mesentérico inferior. O segundo nervo une-se à parte inferior do plexo intermesentérico ou mesentérico inferior. O terceiro nervo se origina do terceiro ou quarto gânglio e passa anteriormente aos vasos ilíacos comuns para se unir ao plexo hipogástrico superior. O quarto nervo esplâncnico lombar dos gânglios mais inferiores passa acima dos vasos ilíacos comuns para se unir à parte inferior do plexo hipogástrico superior, ou 'nervo' hipogástrico inferior.

Ramos vasculares

Os ramos vasculares de todos os gânglios lombares se unem no plexo aórtico abdominal. Fibras dos nervos esplâncnicos inferiores passam para as artérias ilíacas comuns e formam um plexo que se estende ao longo das artérias ilíacas interna e externa. A maioria das fibras pós-ganglionares trafega nos ramos muscular, cutâneo e safeno do nervo femoral e suprimem os nervos vasoconstritores para a artéria femoral e seus ramos na coxa. Outras fibras pós-ganglionares trafegam via nervo obturador para a artéria obturadora. Persiste uma incerteza considerável em relação ao caminho exato do suprimento nervoso simpático para o membro inferior (Pick, 1970). A denervação simpática dos vasos no membro inferior pode ser efetuada pela remoção ou ablação dos três gânglios lombares superiores e partes intervenientes do tronco simpático; muito raramente, este procedimento é útil no tratamento da insuficiência vascular do membro inferior.

Sistema simpático pélvico

O tronco simpático pélvico localiza-se no tecido extraperitoneal anterior ao sacro abaixo da fáscia pré-sacral. Ele fica medial ou anteriormente ao forame sacral anterior e possui quatro ou cinco gânglios sacrais interconectados (geralmente se fundem em maior ou menor extensão). Acima, é contínuo com o tronco simpático lombar e recebe fibras pré-ganglionares que descem pela cadeia lombar dos segmentos espinais lombares inferiores. Abaixo dos gânglios mais inferiores, os dois troncos convergem para se unir no pequeno gânglio ímpar anterior ao cóccix. Ramos comunicantes cinzentos passam dos gânglios para os nervos espinais sacrais e coccígeos, mas não se encontram ramos comunicantes brancos. Ramos mediais conectam-se através da linha média a partir dos dois primeiros gânglios, denominados nervos esplâncnicos sacrais, e unem-se ao plexo hipogástrico inferior ou o 'nervo' hipogástrico a ser distribuído para as vísceras pélvicas através de uma fina rede de nervos pélvicos (o 'plexo pélvico'). Pequenos ramos formam um plexo na artéria sacral mediana.

Ramos vasculares

Fibras pós-ganglionares passam através dos ramos comunicantes cinzentos para as raízes do plexo sacral. Aquelas que formam o nervo tibial são transportadas até a artéria poplítea e seus ramos na perna e no pé, enquanto aquelas nos nervos pudendo e glúteos superior e inferior acompanham as artérias com os mesmos nomes para os tecidos glúteos e perineais. Os ramos também podem suprir os linfonodos da pelve.

Fibras pré-ganglionares para o resto do membro inferior são derivadas dos três segmentos torácicos inferiores ou dois ou três segmentos lombares superiores. Eles chegam aos gânglios torácicos inferiores e lombares superiores através dos ramos comunicantes brancos e descem através do tronco simpático para fazer sinapses nos gânglios lombares.

Inervação parassimpática

Os neurônios parassimpáticos que inervam o abdome e a pelve se localizam no núcleo motor dorsal do nervo vago ou na substância cinzenta intermediolateral do segundo, terceiro e quarto segmentos espinais sacrais. O nervo vago supre a inervação parassimpática para as vísceras abdominais com exceção do segmento distal do cólon descendente, reto e segmento superior do canal anal. Os nervos são derivados do plexo esofágico e entram no abdome pela abertura esofágica do diafragma, intimamente relacionados com as paredes anterior e posterior do esôfago abdominal, do qual se separam por tecido conjuntivo frouxo. O vago anterior é derivado principalmente do vago esquerdo e o posterior do vago direito. Os nervos suprem diretamente o esôfago intra-abdominal e o estômago. O nervo anterior fornece ramos para o plexo hepático, que inerva o parênquima e a vasculatura do fígado, a árvore biliar incluindo a vesícula biliar e as estruturas no bordo livre do omento menor. O nervo posterior supre ramos para o plexo celíaco. Essas fibras frequentemente constituem a maior porção das fibras derivadas do plexo: elas se originam diretamente do nervo e do nervo gástrico posterior maior e trafegam por baixo do peritônio, profundamente à parede posterior da pequena cavidade dos epiplons no limite superior do omento menor para chegar ao plexo celíaco. Suas sinapses com os neurônios pós-ganglionares localizam-se nos plexos mioentérico (Auerbach) e submucoso (Meissner) (veja adiante).

Nervos esplâncnicos pélvicos

Os nervos esplâncnicos pélvicos para as vísceras pélvicas trafegam nos ramos anteriores do segundo, terceiro e quarto nervos espinais sacrais. Eles deixam os nervos ao passarem pelos forames sacrais anteriores e passam no tecido pré-sacral como uma rede fina de ramos que se distribuem para três localizações. A maioria passa anterolateralmente para a rede que se forma no plexo hipogástrico inferior, de onde a maioria é distribuída como uma fina rede de nervos (o 'plexo pélvico') para as vísceras pélvicas (ao longo do suprimento simpático para a pelve). Alguns se unem diretamente com as fibras que formam os nervos hipogástricos inferiores e de lá ascendem para a pelve, algumas chegam até o plexo hipogástrico superior. Outros trafegam superolateralmente no tecido pré-sacral, sobre o bordo pélvico, anteriormente aos vasos ilíacos. Eles passam diretamente para o tecido do retroperitônio e para a face posterior do mesocólon do sigmoide e do cólon descendente.

Os nervos esplâncnicos pélvicos são motores para a musculatura lisa do reto, do ânus e da parede da bexiga urinária, mas inibitórios para o esfíncter vesical. Eles suprem fibras vasodilatadoras para o tecido eréctil do pênis e clitóris e provavelmente também são vasodilatadores para os testículos, os ovários, as tubas uterinas e o útero. Eles são visceromotores

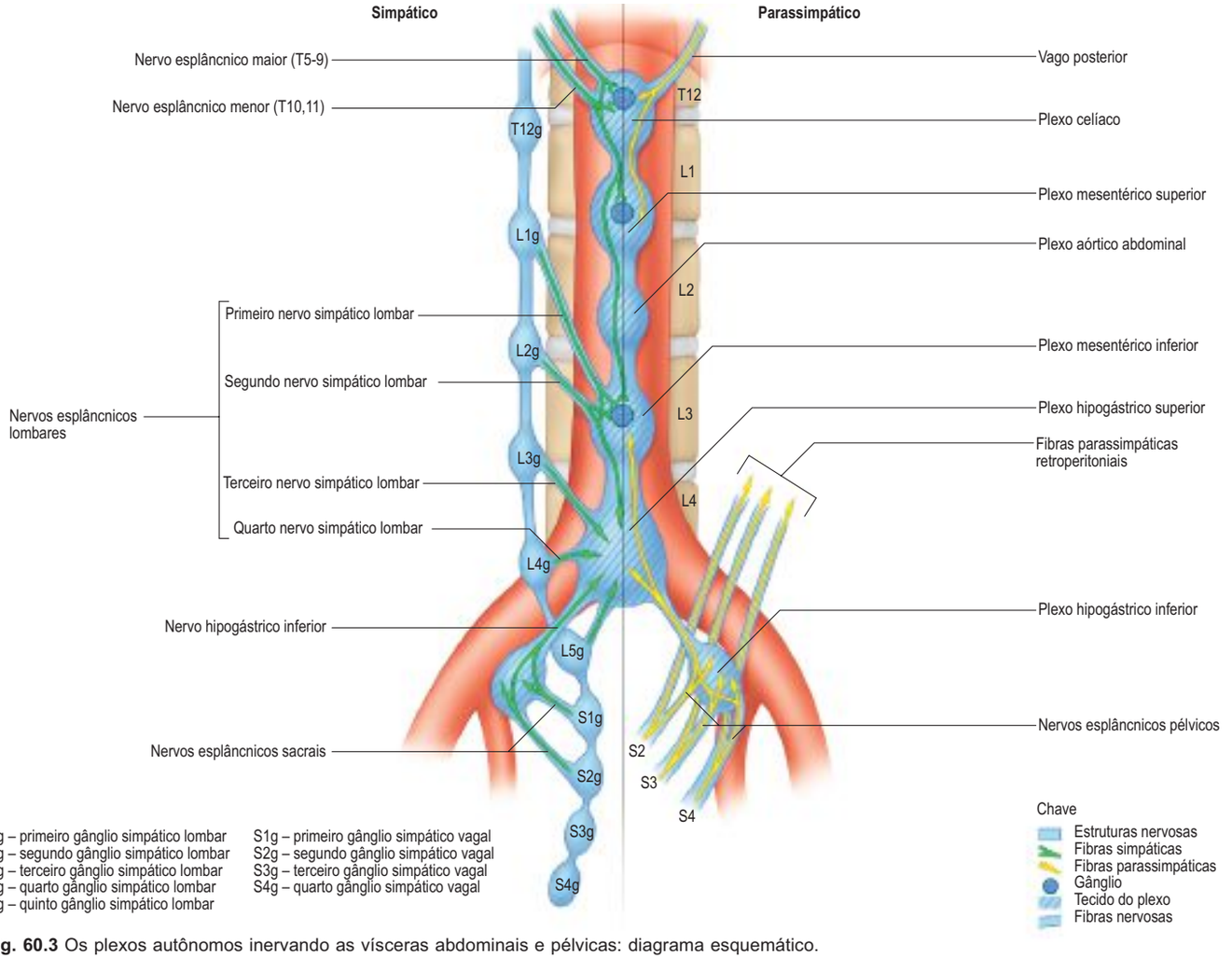


Fig. 60.3 Os plexos autônomos inervando as vísceras abdominais e pélvicas: diagrama esquemático.

para o cólon sigmoide e cólon descendente até a flexura esplênica e o segmento distal do cólon transverso.

Plexos e gânglios autônomos abdominopélvicos

Os plexos autônomos abdominopélvicos são variáveis e geralmente se fundem ou estão intimamente relacionados. As descrições a seguir reconhecem suas principais características (Figs. 60.3, 60.4).

Plexo celíaco

O plexo celíaco é o maior plexo autônomo, localizado no nível da décima segunda vértebra torácica e primeira vértebra lombar. É uma densa rede que une dois gânglios celíacos e circunda a artéria celíaca e a raiz da artéria mesentérica superior. Ele está localizado posteriormente ao estômago e à pequena cavidade dos epiplons, anterior ao pilar do diafragma e começo da aorta abdominal, entre as glândulas suprarrenais. O plexo e o gânglio se unem através dos nervos esplâncnicos maior e menor e os ramos dos nervos vago e frênico. O plexo se estende na forma de inúmeros plexos secundários ao longo das artérias adjacentes. O plexo celíaco se conecta ou dá origem aos plexos frênico, esplênico, hepático, mesentérico superior, suprarrenal, renal e gonadal (Fig. 60.5).

Gânglios celíacos e aorticorrenal

Os gânglios celíacos são massas irregulares em ambos os lados do tronco celíaco adjacente às glândulas suprarrenais e anterior ao pilar do diafragma. O gânglio direito é posterior à veia cava inferior, o gânglio esquerdo posterior à origem da artéria esplênica. O nervo esplâncnico maior ipsilateral se une com a parte superior de cada gânglio. A parte inferior de cada gânglio forma uma subdivisão distinta, geralmente denominada gânglio aorticorrenal, que recebe o nervo esplâncnico menor ipsilateral e dá origem à maior parte do plexo renal (que mais comumente se localiza anterior à origem da artéria renal).

Plexo frênico

O plexo frênico localiza-se ao redor das artérias frênicas inferiores no pilar do diafragma. Ele se origina como uma extensão superior do gânglio celíaco e geralmente recebe um ou dois ramos sensitivos do nervo frênico. O plexo frênico esquerdo geralmente é maior do que o direito. À esquerda, ele supre ramos para a glândula suprarrenal esquerda e o orifício cárdico do estômago. O plexo frênico direito se une ao nervo frênico e forma um pequeno gânglio frênico que distribui ramos para a veia cava inferior, a glândula suprarrenal e o plexo hepático.

Plexo e gânglio mesentérico superior

O plexo mesentérico superior localiza-se no tecido conjuntivo pré-aórtico posterior ao pâncreas, ao redor da origem da artéria mesentérica superior. É a continuação inferior do plexo celíaco e inclui ramos do nervo vago posterior e do plexo celíaco. Seus ramos acompanham a artéria mesentérica superior e se dividem em plexos secundários que são distribuídos ao longo dos ramos da artéria. O gânglio mesentérico superior localiza-se superiormente no plexo, geralmente acima da origem da artéria mesentérica superior.

Plexo aórtico abdominal (plexo intermesentérico)

O plexo aórtico abdominal localiza-se nos lados e na frente da aorta, entre as origens das artérias mesentéricas superior e inferior. Ele consiste em 4-12 nervos intermesentéricos, conectados pelos ramos oblíquos. Ele é contínuo acima com o plexo mesentérico superior e abaixo com o plexo hipogástrico superior e é formado por ramos parassimpáticos e simpáticos do plexo celíaco. Ele recebe ramos do primeiro e segundo nervos esplâncnicos lombares (que contêm fibras simpáticas). O plexo aórtico abdominal é conectado aos plexos gonadal, mesentérico inferior, ilíaco e hipogástrico superior.

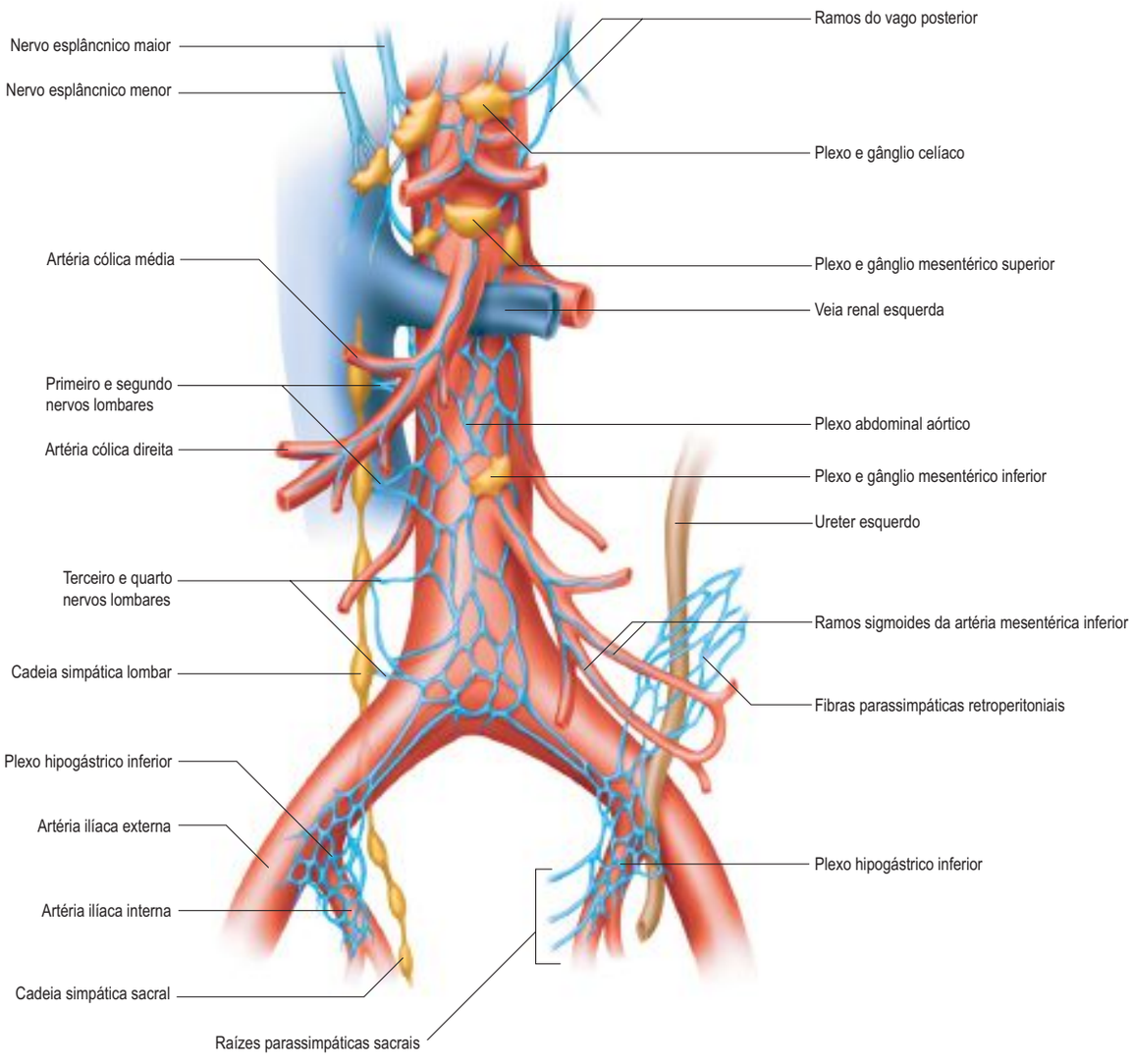


Fig. 60.4 Os plexos autônomos das vísceras abdominais e pélvicas.

Plexo mesentérico inferior

O plexo mesentérico inferior localiza-se ao redor da origem da artéria mesentérica inferior e se distribui ao longo de seus ramos. Ele é formado predominantemente a partir do plexo aórtico e do primeiro e segundo nervos esplâncnicos lombares (fibras simpáticas), mas também recebe conexões do plexo hipogástrico superior (fibras simpáticas e parassimpáticas). A ruptura dos plexos intermesentérico e mesentérico inferior raramente causa distúrbios clinicamente relevantes na função autônoma.

Plexo hipogástrico superior

O plexo hipogástrico superior localiza-se anteriormente à bifurcação aórtica, à veia ilíaca comum, aos vasos sacrais mediais, ao corpo da quinta vértebra lombar, ao promontório sacral e entre as artérias ilíacas comuns. Ocasionalmente ele é denominado nervo pré-sacral, mas raramente é um nervo isolado e é pré-lombar em vez de pré-sacral. Mais frequentemente encontrado à esquerda da linha média, ele se localiza no tecido conjuntivo extraperitoneal do qual o peritônio parietal pode ser facilmente dissecado. A largura e a condensação de seus nervos constituintes variam. A fixação do mesocólon sigmoide e do limite superior do mesorreto que contém os vasos retais superiores são anteriores e à esquerda da parte inferior do plexo, separados dele por uma fina folha de tecido conjuntivo frouxo. O plexo é formado por ramos do plexo aórtico e do terceiro e quarto nervos esplâncnicos lombares (que são principalmente simpáticos). Ele também contém fibras parassimpáticas dos nervos esplâncnicos parassimpáticos oriundos dos nervos esplâncnicos pélvicos, que ascendem dos dois plexos hipogástricos inferiores através de uma série de filamentos que algumas vezes são identificados como 'nervos' hipogástricos direito e esquerdo. O último se localiza no tecido conjuntivo frouxo posterolateral ao início do mesorreto e passa por sobre o bordo pélvico na direção dos vasos ilíacos internos. O plexo hipogástrico superior supre fibras para o plexo mesentérico inferior e para os plexos uretérico, gonadal e ilíaco comum, bem como pequenos ramos que giram abruptamente para a frente na direção do mesorreto superior a fim de suprir o plexo ao redor da artéria retal superior.

Plexo hipogástrico inferior, plexo e nervos pélvicos

O plexo hipogástrico inferior se localiza no fino tecido conjuntivo extraperitoneal na parede lateral pélvica anterolateral à fáscia mesorretal. Ele está diretamente relacionado com os vasos ilíacos internos e as fixações do elevador do ânus, do coccígeo e do obturador interno que se localizam lateralmente e com as artérias vesical superior e umbilical obliteradas superiormente. Nos homens, o plexo hipogástrico inferior localiza-se posterolateralmente em ambos os lados das vesículas seminais, da próstata e de parte posterior da bexiga urinária. Nas mulheres, cada plexo localiza-se lateralmente à cérvice uterina, fórnice vaginal e parte posterior da bexiga urinária e geralmente estende-se para os ligamentos largos do útero.

O plexo hipogástrico inferior é formado principalmente pelos ramos esplâncnico sacral (simpático) e esplâncnico pélvico (parassimpático); uma pequena contribuição é feita por algumas fibras simpáticas (dos gânglios lombares inferiores) que descem para o plexo através dos nervos hipogástricos inferiores a partir do plexo hipogástrico superior. Ele dá origem a uma complexa rede de finos ramos pélvicos, geralmente denominados 'plexo pélvico', que supre as vísceras pélvicas diretamente ou através de plexos periarteriais. Os ramos do plexo pélvico suprem o ducto deferente, as vesículas seminais, a próstata, as glândulas acessórias e o pênis nos homens; o ovário, as tubas de falópio, o útero, a cérvix uterina e a vagina nas mulheres; e a bexiga urinária e o ureter distal em ambos os sexos. O plexo também dá origem aos ramos longos dos nervos esplâncnicos parassimpáticos pélvicos.

Nervos hipogástricos inferiores Os 'nervos' hipogástricos inferiores geralmente são duplos, múltiplos ou formam um plexo estendido em ambos os lados. Eles contêm principalmente fibras simpáticas e algumas fibras parassimpáticas. A maioria dessas fibras ascende do plexo hipogástrico inferior e, desta forma, é melhor descrevê-los quando trafegam superiormente a partir da pelve do que quando descem em sua direção.

Outros plexos

Existem plexos separados para órgãos dentro do abdome e da pelve: por exemplo, os plexos hepático, esplâncnico e gonadal. Cada um deles tende a se localizar ao redor do suprimento arterial principal para o órgão e é suprido por fibras simpáticas e parassimpáticas de um ou mais plexos principais.

Corpos para-aórticos

Os corpos para-aórticos são condensações de tecido cromafin encontrados em íntima relação com os plexos autônomos aórticos e as cadeias simpáticas lombares. Eles são maiores no feto, tornam-se relativamente menores na infância e praticamente desaparecem na vida adulta. Eles são encontrados mais comumente como um par de corpos localizados anterolateralmente à aorta na região dos plexos intermesentérico, mesentérico inferior e hipogástrico superior. Eles podem se localizar em uma porção alta como em nível do plexo celíaco, ou baixa no nível do plexo hipogástrico inferior na pelve, ou podem estar intimamente aplicados aos gânglios simpáticos da cadeia lombar. Células dispersas que persistem até a vida adulta podem, raramente, ser locais de desenvolvimento de um tumor de tecido cromafin (feocromocitoma); esses tumores mais comumente se originam das células da medula suprarrenal. A ampla variação no local da persistência do tecido do corpo para-aórtico é responsável pela amplitude de localizações desses tumores.

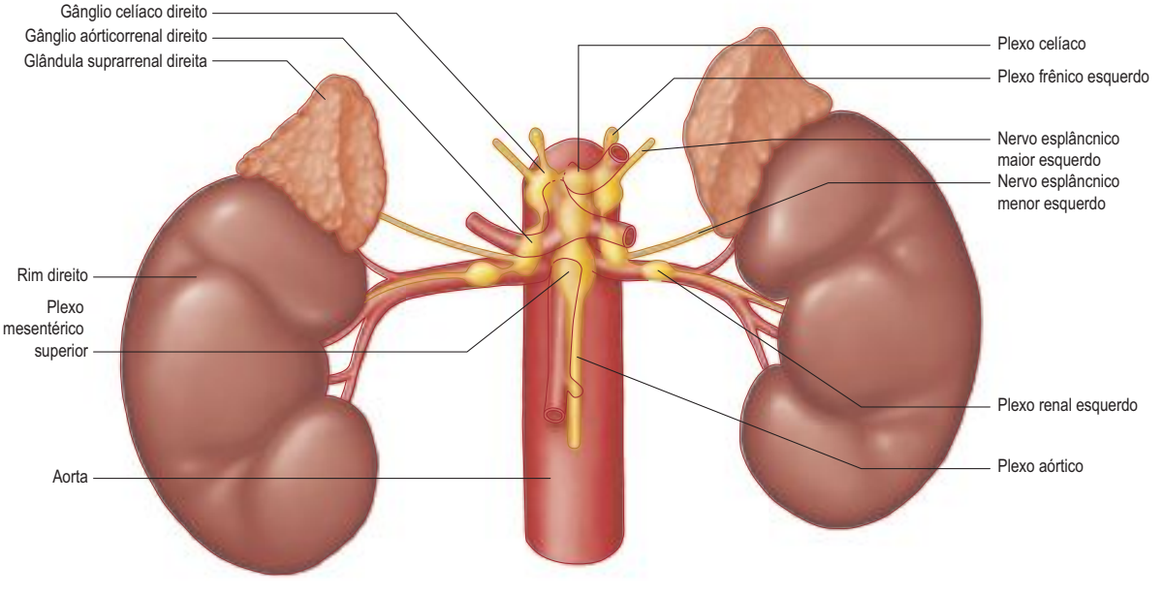


Fig. 60.5 Distribuição dos plexos autônomos abdominais superiores.

PRINCIPAIS DISPOSIÇÕES ARTERIAIS E VENOSAS ABDOMINOPÉLVICAS

Os principais vasos que ocupam o abdome e a pelve não somente suprem as vísceras, as estruturas retroperitoneais e muitos dos ossos e tecidos moles parietais das cavidades, como também passam através das cavidades rota para suprir os membros inferiores. Os sistemas arterial e venoso do abdome e da pelve localizam-se em geral posteriormente no abdome e posterolateralmente na pelve; a partir do forame da veia cava e do hiato aórtico no diafragma e de outros pontos nos quais vasos menores cruzam a interface abdominotorácica, eles acompanham o formato parabólico geral da coluna lombar. As divisões pélvicas seguem os contornos do bordo e da parede lateral da pelve verdadeira (Figs. 60.6 e 60.7). As partes individuais dos sistemas aortoilíaco e iliocaval são descritas nos capítulos apropriados.

Suprimento arterial para o trato gastrintestinal

O suprimento arterial para o trato gastrointestinal é derivado dos ramos viscerais da linha média anterior da aorta. Geralmente existem três ramos anteriores: o tronco celíaco e as artérias mesentéricas superior e inferior. Variações na origem das artérias são muito raras. O mais comum é uma origem unida dos dois ramos superiores como um tronco celiacomesentérico ou um tronco lienohepaticomesentérico com uma artéria gástrica esquerda separada. Ramos acessórios ou substitutos para as vísceras abdominais superiores são mais comuns (Caps. 65, 66, 67 e 68). Vasos anastomóticos acessórios entre a origem do tronco celíaco e a artéria mesentérica superior são raros. A artéria mesentérica inferior sempre se origina separadamente; entretanto, caso não exista, vasos anastomóticos ou acessórios ocasionalmente se originam da artéria mesentérica superior ou de seus ramos e realizam o suprimento arterial para o território proximal da artéria mesentérica inferior.

O tronco celíaco e seus ramos suprem o trato gastrointestinal desde o terço distal do esôfago até a parte média do duodeno e todos os anexos derivados (fígado, árvore biliar, baço, pâncreas dorsal, omento maior e omento menor). A artéria mesentérica superior supre o trato desde a segunda parte do duodeno até o terço distal do cólon transverso (jejuno, íleo, ceco, apêndice, cólon ascendente e mesentério ileal). A artéria mesentérica inferior supre o trato desde o cólon transverso distal até o segmento superior canal anal. Artérias acessórias e várias artérias de médio calibre formam anastomoses entre os territórios vasculares. A maior parte destas ocorre ao redor da cabeça do pâncreas e do duodeno,

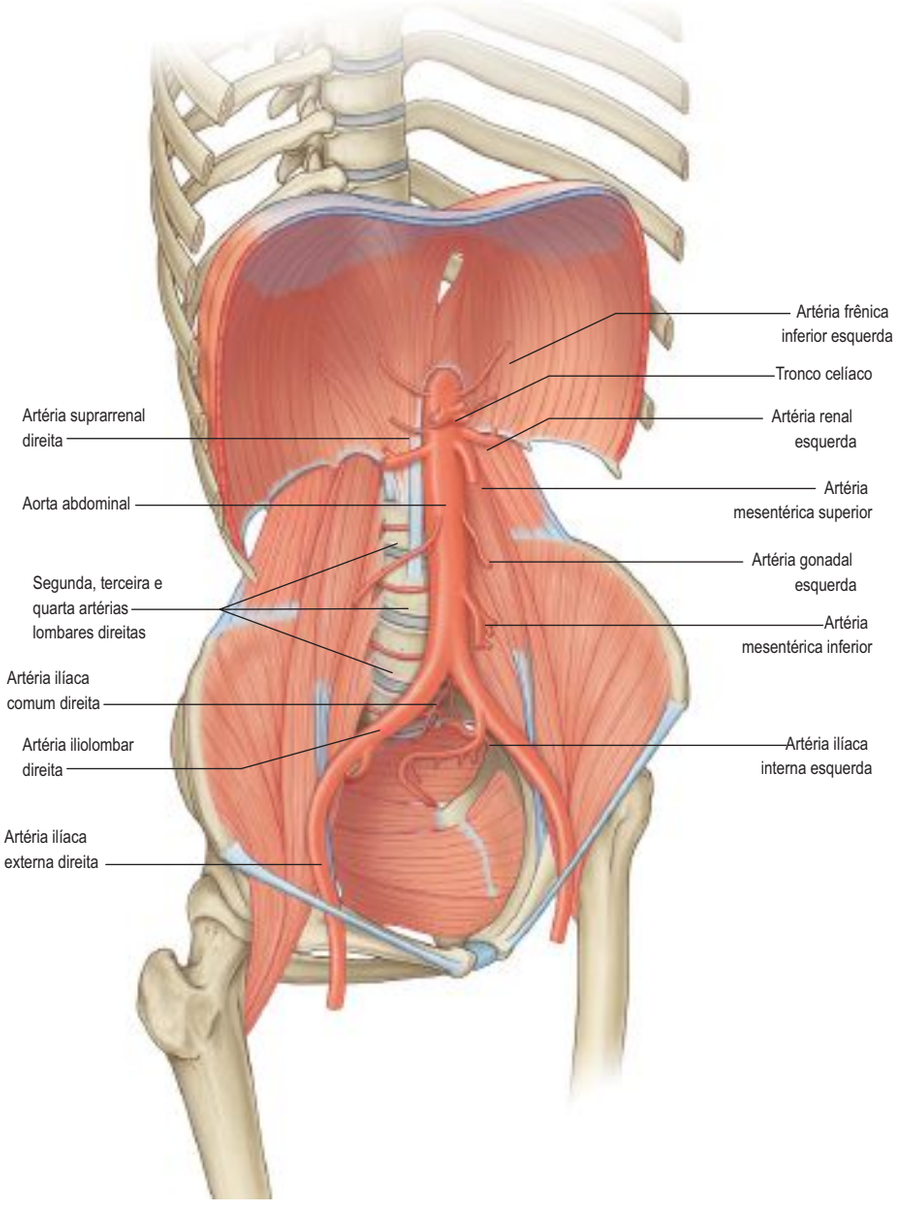


Fig. 60.6 Disposição geral aortoilíaca do abdome e da pelve.

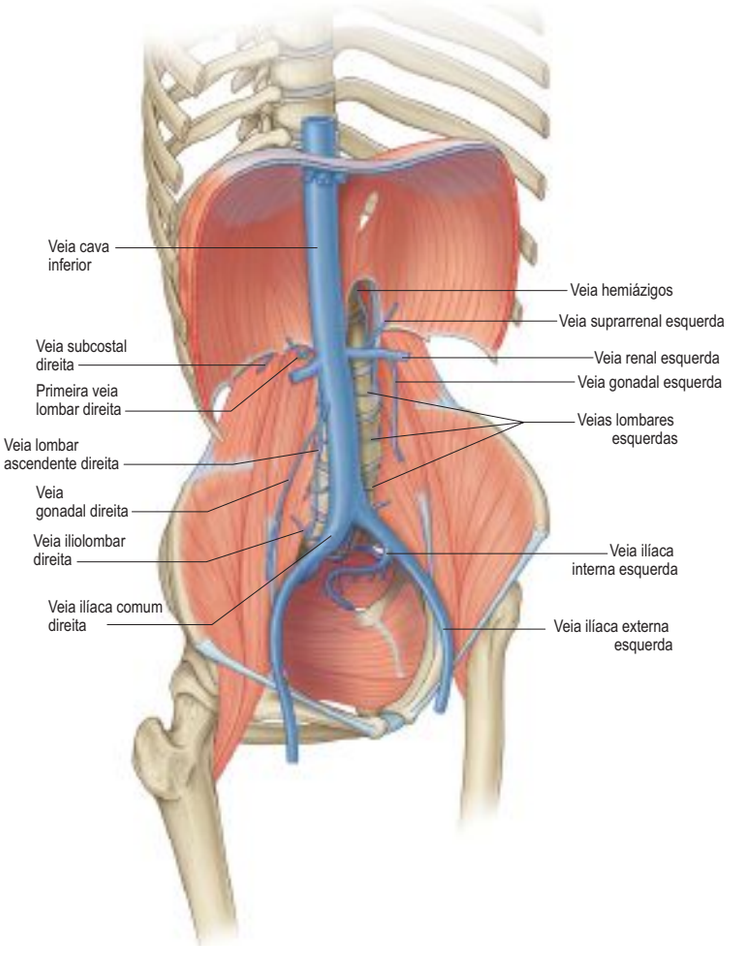


Fig. 60.7 Disposição geral do sistema venoso iliocaval do abdome e da pelve.

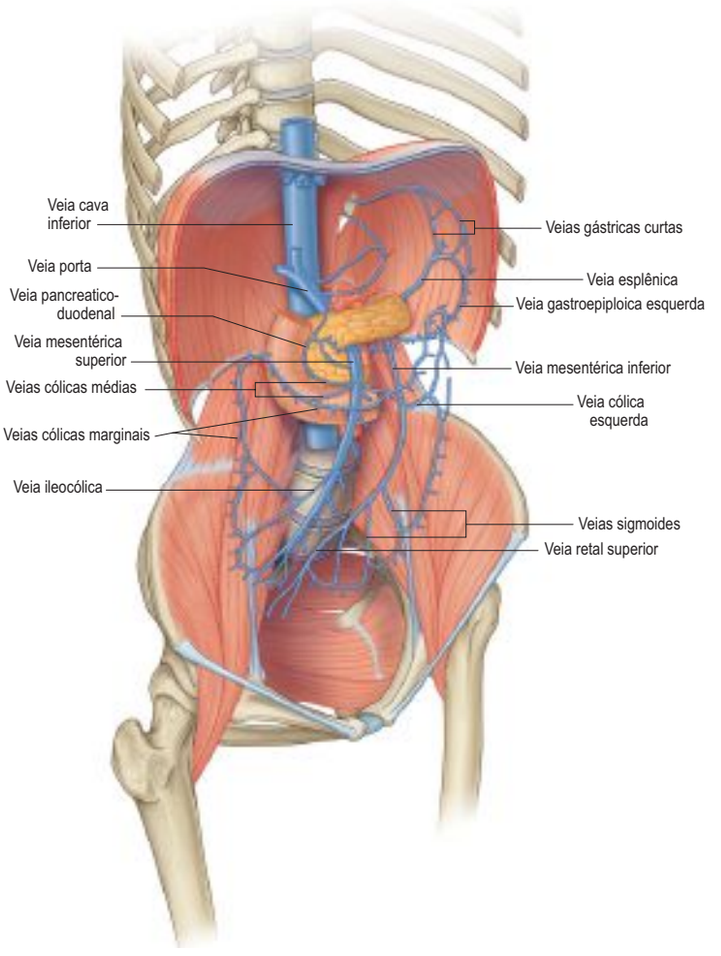


Fig. 60.8 Disposição geral do sistema venoso portal que drena as vísceras abdominais.

onde se formam anastomoses entre as artérias pancreaticoduodenais superiores anterior e posterior e artérias pancreaticoduodenais inferiores; a artéria pancreaticoduodenal posterior superior e as artérias jejunais. As anastomoses entre os territórios das artérias mesentéricas superior e inferior são menos pronunciadas e são mais variáveis: a mais confiável é a artéria marginal pericólica, que passa ao longo do cólon transverso. Arcadas anastomóticas adicionais podem existir no mesocólon entre o cólon transverso e o cólon descendente.

Sistema venoso portal

O sistema venoso portal (hepático), como todos os sistemas venosos portais, conecta dois leitos capilares: o da parte abdominal do tubo digestivo, com exceção do segmento inferior do canal anal, mas incluindo a parte abdominal do esôfago, e todos os órgãos, exceto o fígado, derivados deste tubo (i.e., baço, pâncreas e vesícula biliar) e o leito 'capilar' sinusoidal hepático. A veia porta intra-hepática se ramifica como uma artéria e entra nos sinusoides de onde vasos novamente convergem para chegar à veia cava inferior através das veias hepáticas. Em adultos, a veia porta e suas tributárias não possuem válvulas. Na vida fetal e durante um curto período neonatal, as válvulas são demonstráveis em suas tributárias, mas elas geralmente atrofiam; apesar de algumas ocasionalmente persistirem em uma forma atrófica na vida adulta.

Veia porta

A veia porta-hepática começa no nível da segunda vértebra lombar e é formada pela convergência das veias mesentérica superior e esplênica (Fig. 70.8). Ela tem aproximadamente 8 cm de comprimento e se localiza anteriormente à veia cava inferior, posterior ao colo do pâncreas (Fig. 60.8) e obliquamente para a direita. Ela ascende atrás da primeira parte do duodeno, do ducto biliar comum e da artéria gastroduodenal. Neste ponto ela está diretamente anterior à veia cava inferior. Ela entra no bordo direito do omento menor, ascende anteriormente ao forame epiploico para chegar à extremidade direita do hilo hepático e depois se divide em ramos principais direito e esquerdo que acompanham os ramos correspondentes da artéria hepática na direção do fígado. No omento menor, ela se localiza posteriormente ao ducto biliar comum e à artéria hepática. A veia porta é circundada pelo plexo nervoso hepático e acompanhada por vários vasos linfáticos e alguns linfonodos.

Tributárias da veia porta

O ramo direito da veia porta geralmente recebe a veia cística e entra no lobo direito do fígado. O ramo esquerdo recebe somente a veia umbilical obliterada pelo ligamento redondo que se conecta a sua porção vertical. As principais tributárias extra-hepáticas da veia porta principal são a veia coronária ou veia gástrica esquerda que termina na margem esquerda da veia porta e a veia pancreaticoduodenal posterior superior próximo à cabeça do pâncreas.

MICROESTRUTURA GERAL DA PAREDE DO INTESTINO

A parede do intestino demonstra um plano estrutural comum que é modificado regionalmente para levar em conta as diferenças funcionais locais. A microestrutura geral é mais bem apreciada pela referência do desenvolvimento do intestino (Cap. 73). Grande parte do

canal alimentar se origina como um tubo de endoderma envolto pelo mesoderma esplancnoplêurico. Sua superfície externa está voltada para o celoma embrionário e o revestimento endodérmico forma o epitélio do canal e também as células secretórias e ductais das várias glândulas que secretam no lúmen, que incluem o pâncreas e o fígado. O mesoderma esplancnoplêurico forma o tecido conjuntivo, as camadas musculares, os vasos sanguíneos e os vasos linfáticos da parede, e sua superfície externa se torna o mesotélio visceral ou serosa. Não há serosa que circunda as porções cervical e torácica do intestino, ou onde o intestino posterior atravessa o assoalho pélvico: nesses locais o tubo intestinal é circundado por adventícia de tecido conjuntivo. Os elementos neurais invadem o intestino a partir do tecido da crista neural (Cap. 24). A musculatura lisa das camadas musculares externas do canal alimentar é suplementada com músculo estriado cranialmente (a partir de ramos branquiais) e caudalmente. A parede intestinal madura possui quatro camadas principais: mucosa, submucosa, muscular externa e serosa (Fig. 60.9). A mucosa (membrana mucosa) é a camada mais interna e é subdividida em um epitélio de revestimento, uma lâmina própria subjacente (uma camada de tecido conjuntivo frouxo na qual muitas glândulas também são encontradas) e uma terceira camada de fina musculatura lisa, a muscular da mucosa. A submucosa é uma camada sólida e altamente vascularizada de tecido conjuntivo. A muscular externa consiste em camadas circular interna e longitudinal externa que estão presentes ao longo de todo o tubo digestivo: uma camada oblíqua parcial está presente somente no estômago. A superfície externa é limitada pela serosa ou adventícia, dependendo de sua posição no corpo.

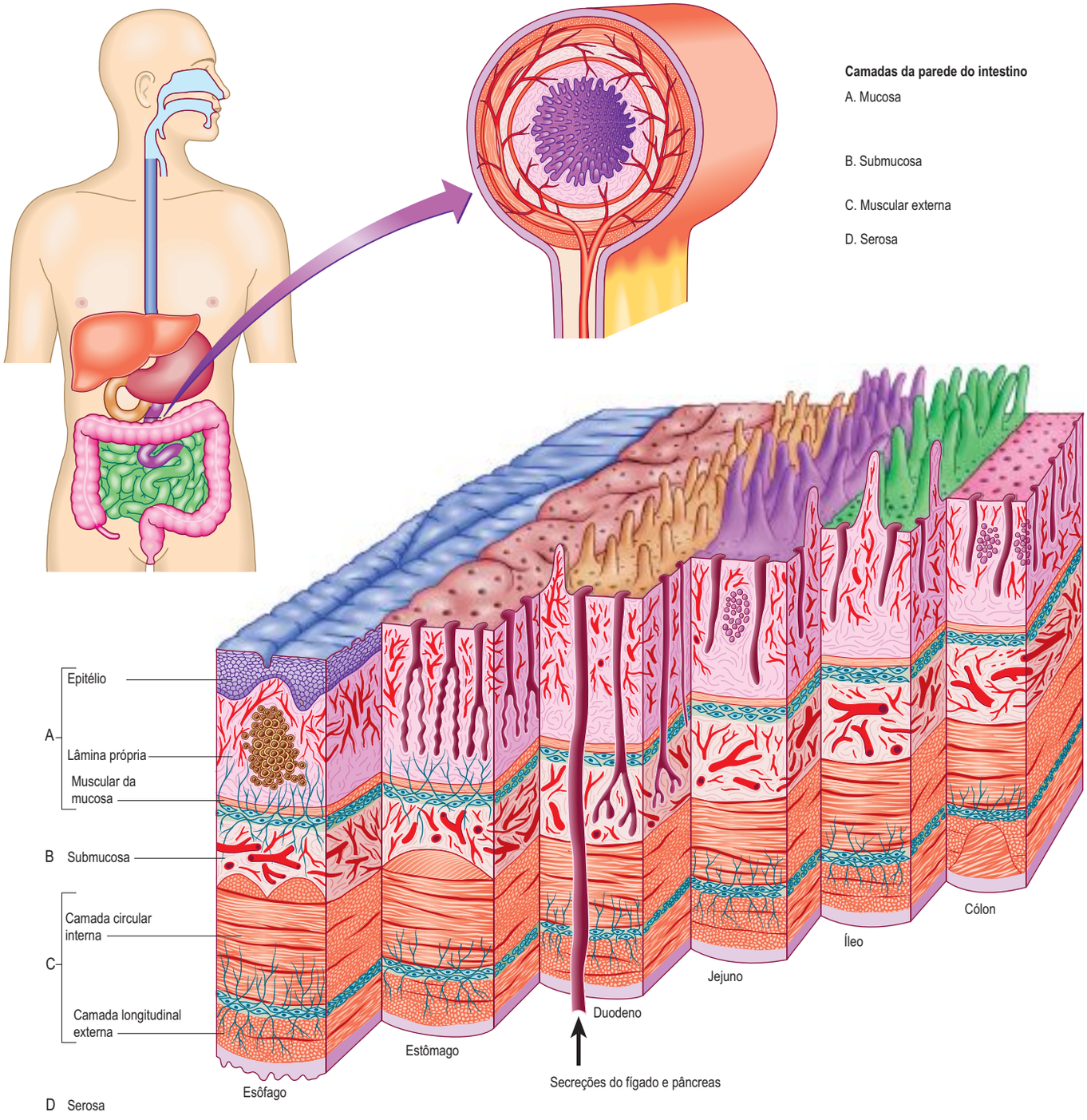


Fig. 60.9 Disposição geral do canal alimentar para demonstrar as camadas da parede intestinal nos níveis indicados.

Mucosa

Epitélio

O epitélio é uma barreira protetora e o local de secreção e absorção. Sua função protetora (contra lesões mecânicas, térmicas e químicas) é particularmente evidente no esôfago e na parte terminal do reto, onde é espesso, estratificado e coberto por muco, que serve como um lubrificante protetor. Nos outros locais, o revestimento epitelial da parede intestinal tem uma única camada, sendo cuboidal (nas glândulas) ou colunar. Ele contém células modificadas para a absorção, bem como vários tipos de células secretoras.

A função de barreira e a seletividade da absorção dependem das junções *thight* (apertadas) de todo o epitélio. A área de superfície da luz do tubo disponível para a secreção ou absorção é aumentada pela presença de pregas mucosas, depressões, criptas, vilosidades e glândulas (Fig. 60.9). As microvilosidades nas superfícies de cada célula responsável pela absorção amplificam a área da membrana plasmática apical em contato com o conteúdo do intestino. Algumas glândulas se localizam na lâmina própria, outras na submucosa e outras ainda (o fígado e o pâncreas) são totalmente externas à parede do intestino. Todas essas glândulas drenam para a luz intestinal através de ductos individuais. O epitélio também contém células neuroendócrinas (enteroendócrinas) dispersas.

Lâmina própria

A lâmina própria consiste em tecido conjuntivo compacto, geralmente rico em fibras de elastina, que suporta a superfície epitelial e fornece vasos nutridores e linfáticos. Folículos linfoides estão presentes em várias regiões do intestino, mais notavelmente nas placas de Peyer. As células dentro da lâmina própria são as fontes dos fatores de crescimento que regulam o *turnover* celular, a diferenciação e o reparo do epitélio sobrejacente.

Muscular da Mucosa

A muscular da mucosa é bem desenvolvida no esôfago e no intestino grosso, especialmente na parte terminal do reto. Além disto, células musculares isoladas, originárias da muscular da mucosa podem ser encontradas dentro dos vilos ou entre as glândulas tubulares do estômago e do intestino grosso. Por sua contração, a muscular da mucosa pode alterar localmente a configuração de superfície da mucosa, o que permite que ela se adapte aos formatos e às forças mecânicas impostas pelo conteúdo da luz e, nas vilosidades intestinais, promova a troca vascular e a drenagem linfática.

Submucosa

A submucosa contém grandes feixes de colágeno e é a camada mais forte da parede intestinal. Entretanto, ela também é maleável e deformável e pode, portanto, ajustar-se às alterações no comprimento e diâmetro do intestino. Ela contém a maior rede arterial da parede, que supre a mucosa e a cobertura muscular. A submucosa invade as pregas que se projetam para a luz do esôfago e do reto, as rugas da parede gástrica e as pregas circulares do intestino delgado, mas não penetra nas vilosidades.

Muscular externa

A muscular externa geralmente consiste em uma camada circular interna e uma camada longitudinal externa distintas cujas atividades antagônicas criam ondas de peristalse responsáveis pelo movimento do material ingerido através da luz do intestino. No estômago, onde os movimentos são mais complexos, há uma camada oblíqua parcial, interna às duas outras camadas. A camada de músculo circular invariavelmente é mais espessa do que o músculo longitudinal, exceto no cólon, onde o músculo longitudinal é unido em três cordões (*taenia coli*).

A muscular externa é composta quase exclusivamente por músculo liso, exceto no segmento superior do esôfago, onde a musculatura lisa se funde com o músculo estriado. Embora a musculatura esofágica se assemelhe à da faringe, ela está completamente sob controle involuntário. Pela maior parte de seu comprimento, a musculatura lisa da parede intestinal consiste em feixes mal definidos de células, tipicamente do tipo visceral, e um tanto maiores do que as células da musculatura lisa vascular. Elas têm aproximadamente 500 micrômetros de comprimento, a despeito do tamanho corporal, e são elétrica e mecanicamente conjugadas. Seus fascículos não possuem perimísio, mas possuem limites bem definidos.

A disposição da musculatura significa que um segmento do intestino também muda extensivamente de diâmetro (até a oclusão virtual da luz) e também em seu comprimento, apesar do alongamento se limitar pela presença dos mesentérios. A atividade coordenada das duas camadas musculares produz um comportamento motor característico que é principalmente propulsivo e direcionado para o ânus (peristalse), combinada com uma atividade motora não propulsiva que mistura o conteúdo luminal, como ocorre no estômago, ou parte este conteúdo, como ocorre no esfíncter pilórico. O músculo mantém volume constante, de modo que o encurtamento da parede intestinal é acompanhado por um aumento na circunferência da camada muscular.

A musculatura lisa intestinal exibe graus variáveis e alternados de contração nos quais as contrações rítmicas (ou fásicas) são superpostas. Ondas lentas de atividade elétrica rítmica, direcionadas por alterações no potencial de membrana nas células marca-passo (células intersticiais), espalham-se através da espessura das coberturas musculares lisa circular e longitudinal. Após a disseminação circunferencial, as ondas lentas podem se mover na direção oral ou anal e causar contração segmentar. As distâncias de propagação e os padrões de atividade espontânea variam entre as áreas do intestino. A regulação neural das contrações lenta e fásica envolve transmissores excitatórios e inibitórios que são liberados pelo plexo mioentérico. Este controle motor é coordenado com a absorção e a secreção mucosa e é mediado por nervos intrínsecos no plexo submucoso. O reflexo peristáltico ocorre durante a passagem do conteúdo luminar pelo intestino. Ele envolve a contração ascendente e o relaxamento descendente: o componente sensitivo é mediado por neurônios sensitivos que respondem ao estímulo mucoso (aferentes primários intrínsecos) ou distensão muscular (aferentes extrínsecos).

Células intersticiais

As células intersticiais (de Cajal) atuam como marca-passos para a contração miogênica da muscular externa e estabelece o ritmo das contrações intestinais através de suas influências na atividade elétrica das ondas lentas. Elas recebem estímulos modulatórios do sistema nervoso entérico e da inervação extrínseca do intestino.

As células intersticiais são finas, planas e ramificadas. Elas se assemelham a células musculares lisas porque contêm filamentos de actina e miosina e são ligadas por junções *gap* (abertas) às células musculares lisas típicas. Entretanto, elas são fenotipicamente distintas das células musculares porque seus filamentos intermediários são vimentina em vez de desmina (que é típica das células musculares). Elas se localizam em aposição íntima com as terminações nervosas varicosas de pelo menos dois tipos; um contém vesículas pequenas, arredondadas e claras (50 nanômetros de diâmetro) e o outro contém vesículas discoidais planas (70 nanômetros de diâmetro).

As posições das camadas de células intersticiais variam de modo regional. Em geral, elas se localizam nas mesmas camadas dos plexos entéricos. Elas estão dispersas entre as células da camada muscular circular no esôfago e estômago, localizam-se entre as camadas interna e externa da musculatura lisa circular do intestino delgado e colocalizam com o plexo mioentérico e a camada única do plexo submucoso no lado luminar do componente circular da muscular externa, no intestino grosso.

Serosa e adventícia

Uma camada de tecido conjuntivo de espessura variável se localiza externamente à muscular externa. Em muitos locais, ela contém tecido adiposo. Nos locais em que o intestino é coberto pelo peritônio visceral, a camada externa é a serosa, que consiste em uma fina camada de tecido conjuntivo e uma cobertura externa de mesotélio. Nos outros locais o tecido conjuntivo se mistura com o da fáscia circundante e é denominada adventícia. Nos locais em que o trato alimentar é retroperitoneal, a superfície voltada para a cavidade abdominal é coberta por serosa e as outras partes são cobertas pela adventícia.

Plexos venosos

Existem plexos vasculares em vários níveis da parede, especialmente na submucosa e mucosa: eles fazem conexão com plexos de vasos que suprem os tecidos circundantes ou aqueles que entram através do mesentério e acompanham os ductos das glândulas externas.

Inervação

O intestino é densamente inervado pelos sistemas nervosos autônomo e entérico, e está sob controle neuronal intrínseco e extrínseco. Os corpos celulares neuronais do sistema nervoso entérico localizam-se entre os componentes circular e longitudinal da muscular externa (plexo mioentérico) e dentro da submucosa (plexo submucoso). Eles fornecem o suprimento motor e sensitivo intrínseco da parede do intestino e fazem conexão com nervos sensitivos, motores e sensorimotores extrínsecos de origem craniana ou espinal.

Inervação extrínseca

A inervação extrínseca é derivada dos neurônios fora do intestino e contém os componentes funcionais das divisões simpática, parassimpá-

tica e visceral sensitiva do sistema nervoso periférico (ver pág. 1041). As terminações sensitivas viscerais respondem à contração muscular excessiva ou distensão: seus corpos celulares localizam-se no gânglio nodoso do nervo vago e nos gânglios espinais torácicos e lombares ou gânglios da raiz dorsal. Os corpos celulares dos axônios eferentes parassimpáticos localizam-se no núcleo motor dorsal vagal na medula oblonga. As fibras eferentes simpáticas originam-se da medula espinal torácica e lombar e transmitem impulsos nos gânglios simpáticos pré-vertebrais (celíaco, mesentérico e pélvico).

Um plexo submucoso, que algumas vezes contém corpos celulares neuronais, faz conexão entre as fibras nervosas extrínsecas e o plexo mioentérico e é particularmente proeminente próximo ao mesentério. As fibras oriundas desse plexo trafegam através da camada muscular longitudinal para chegar até o plexo mioentérico.

Inervação intrínseca

A inervação intrínseca da parede do intestino é derivada dos neurônios que se localizam completamente dentro da parede nos plexos ganglionados intramurais. O plexo mioentérico (de Auerbach) é uma rede de finos feixes de axônios e pequenos gânglios que se localiza dentro da muscular externa, entre as camadas circular e longitudinal. Ele geralmente está associado a aplexos secundários e terciários de fibras nervosas que algumas vezes contêm corpos celulares neuronais isolados. Existem dois ou mais plexos submucosos, o mais superficial deles é o plexo de Meissner.

Plexos nervosos não ganglionados localizam-se em vários níveis da parede, notavelmente na lâmina própria (plexo mucoso); na interface entre a submucosa e muscular externa; entre os músculos circular e longitudinal (a parte não ganglionada do plexo mioentérico); e dentro da serosa. Um plexo não ganglionado adicional localiza-se entre os componentes interno e externo do músculo circular do intestino delgado. Todas as partes do plexo mioentérico são contínuas não somente entre si, mas também com feixes de fibras nervosas no músculo circular. Os últimos são conectados a plexos ganglionados e não ganglionados da submucosa e estes, por sua vez, são conectados ao plexo mucoso por fibras que passam através da muscular da mucosa.

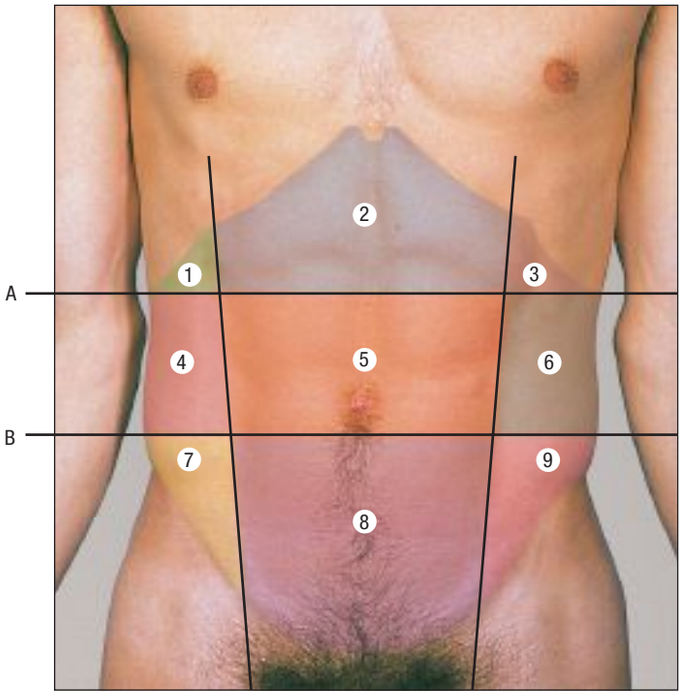


Fig. 60.10 Planos e regiões do abdome. Chave para os planos: **A.** Plano subcostal. **B.** Plano transtubercular. Chave para nove regiões do abdome: **1.** Hipocôndrio direito. **2.** Epigástrio. **3.** Hipocôndrio esquerdo. **4.** Lombar direita. **5.** Central/umbilical. **6.** Lombar esquerda. **7.** Fossa ilíaca direita. **8.** Suprapúbica/hipogástrica. **9.** Fossa ilíaca esquerda. (Fotografia com permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE E DIAGNÓSTICA DO ABDOME E DA PELVE

PLANOS E REGIÕES DO ABDOME

Para propósitos descritivos, o abdome pode ser dividido por inúmeras linhas horizontais e verticais imaginárias traçadas com o uso dos marcos anatômicos esqueléticos do tórax e do abdome (Fig. 60.10). As projeções dessas linhas nos planos sagital ou transversal podem ser utilizadas para definir certos 'planos' abdominais. Além de dividir o abdome em diferentes regiões para propósitos descritivos, esses planos também são valiosos na definição dos níveis vertebrais apropriados e as posições de algumas estruturas intra-abdominais relativamente fixas.

Planos verticais

Além da linha mediana, que passa através do processo xifoesternal e da sínfise pubiana, existem dois planos paramedianos que se projetam a partir da linha clavicular média (algumas vezes chamada linhas laterais ou mamárias). Essa linha passa através do ponto médio da clavícula, cruza a margem costal lateral à ponta da nona cartilagem costal e passa por um ponto a meio caminho entre a espinha ilíaca anterior superior e a sínfise pubiana. Ela se aproxima mas não corresponde exatamente à borda lateral do músculo reto abdominal.

Planos horizontais

Foram definidos vários planos horizontais, mas somente os planos subcostal e transtubercular são comuns no uso clínico.

O plano xifoesternal passa horizontalmente através do processo xifoide no nível da nona vértebra torácica. Ele demarca o platô cardíaco na parte central do bordo superior do fígado.

O plano transpilórico localiza-se a meio caminho entre a incisura supraesternal do manúbrio e o bordo superior da sínfise pubiana. Ele geralmente se localiza no nível do corpo da primeira vértebra lombar próximo ao seu bordo inferior e se une às margens costais nas pontas da nona cartilagem costal, onde um 'ressalto' distinto pode ser sentido na margem costal. A linha semilunar cruza a margem costal no plano transpilórico. Os hilos dos dois rins, a origem da artéria mesentérica superior, o término da medula espinal, o colo, o corpo adjacente e a cabeça do pâncreas e a confluência das veias mesentérica superior e esplênica para formar a veia porta hepática podem se localizar neste plano. O piloro pode ser encontrado no plano transpilórico, mas não é uma característica constante.

O plano subcostal é uma linha que se funde ao ponto mais inferior das margens costais, formado pela décima cartilagem costal em cada lado. Ele geralmente se localiza no nível do corpo da terceira vértebra lombar, na origem da artéria mesentérica inferior na aorta e na terceira parte do duodeno, apesar de variar com a postura.

O plano supracristal se une ao ponto mais alto da crista ilíaca em cada lado. Ele geralmente se localiza no nível do corpo da quarta vértebra lombar e marca o nível da bifurcação da aorta abdominal. Na superfície abdominal posterior, é um nível comum para a identificação da quarta vértebra lombar e é utilizado para a realização da punção lombar no nível L4-5 ou L5-S1, que está seguramente abaixo do término da medula espinal.

O plano transtubercular se une aos tubérculos das cristas ilíacas e geralmente se localiza no nível do corpo da quinta vértebra lombar próximo ao seu bordo superior. Ele indica, ou está imediatamente acima, a confluência das veias ilíacas comuns e marca a origem da veia cava inferior.

O plano interespinal se une aos centros das espinhas ilíacas anteriores superiores das cristas ilíacas. Ele passa através do disco lombossacral, do promontório sacral ou logo abaixo deles, dependendo do grau de lordose lombar, da inclinação e da curvatura sacral.

O plano da crista púbica localiza-se no nível da extremidade inferior do sacro ou parte do cóccix, dependendo do grau da lordose lombar, da inclinação e da curvatura sacral.

Regiões abdominais

O abdome pode ser dividido em nove regiões arbitrárias pelos planos subcostal e transtubercular e dois planos medioclaviculares projetados na superfície do corpo. Essas regiões são utilizadas na prática para a localização descritiva da posição de uma massa ou a localização da dor do paciente e também pode ser utilizado na descrição da localização de uma víscera abdominal. As nove regiões assim formadas são: epigástrio; hipocôndrio direito e esquerdo; central ou umbilical; lombar direita e esquerda; hipogástrio ou suprapúbico; fossas ilíacas direita e esquerda.

PAREDE ABDOMINAL ANTERIOR

Marcos anatômicos esqueléticos

O limite superior da parede abdominal anterior é formado por vários marcos anatômicos claros (Fig. 60.11). Na linha mediana superiormente

localiza-se o processo xifoide. A partir deste ponto, as margens costais estendem-se para ambos os lados da sétima cartilagem costal na articulação xifoesternal até a extremidade anterior da décima segunda costela (esta última é difícil de sentir no obeso ou se o paciente tem baixa estatura). A parte mais inferior da margem costal localiza-se na linha axilar média e é formada pela margem inferior da décima cartilagem costal. A ponta do bordo inferior da nona cartilagem costal geralmente pode ser definida como um 'ressalto' distinto ao longo da margem costal.

O limite inferior da parede abdominal anterior é formado, em ordem, pela crista ilíaca, que desce do tubérculo da crista ilíaca para a espinha ilíaca anterossuperior; o ligamento inguinal, que passa para baixo e para a frente para o tubérculo púbico; e a crista púbica, que se estende do tubérculo púbico lateralmente para a sínfise púbica na linha média. O tubérculo púbico pode ser identificado pela palpação direta em indivíduos magros e pode ser detectado, mesmo em obesos, pela palpação do tendão do adutor longo, até sua fixação no púbis, diretamente abaixo do tubérculo púbico. O tendão é mais bem palpado em tensão com o quadril flexionado, abduzido e em rotação externa.

O limite posterolateral é definido pela linha auxiliar média.

Marcos anatômicos de tecidos moles

Cicatriz umbilical

A cicatriz umbilical é um marco anatômico óbvio, mas muito inconstante. No adulto em decúbito dorsal, ela geralmente se localiza no nível do disco entre a terceira e quarta vértebras lombares. A bifurcação da aorta abdominal localiza-se aproximadamente 2 cm caudais à cicatriz umbilical. Na posição ereta, em crianças e em obesos, ou indivíduos com abdome em pêndulo, a cicatriz umbilical pode se localizar em um nível mais baixo.

Reto abdominal

Nos indivíduos magros e musculosos, as inscrições tendíneas do reto abdominal podem ser visíveis quando o músculo está tensionado ao elevar-se a cabeça contra a resistência ou ao pedir para o paciente se sentar: as inscrições geralmente se localizam no nível da cicatriz umbilical, em nível do processo xifoide e a meio caminho entre esses dois pontos.

Linha alba

A linha alba geralmente só é visível em indivíduos musculosos e magros. Ela é larga e óbvia acima da cicatriz umbilical, mas é quase linear e invisível abaixo deste nível.

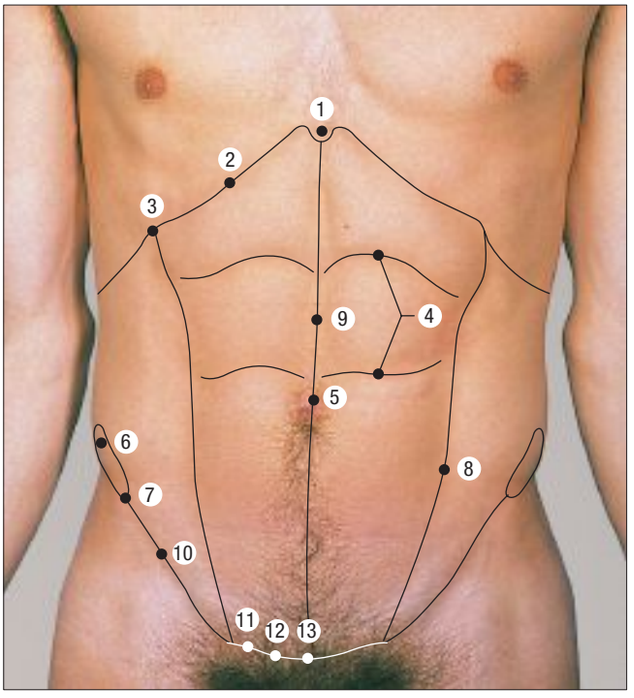


Fig. 60.11 Marcos anatômicos da parede abdominal anterior. **1.** Processo xifoide. **2.** Margem costal. **3.** Ponta da nona cartilagem costal. **4.** Inscrições tendíneas. **5.** Cicatriz umbilical. **6.** Crista ilíaca. **7.** Espinha ilíaca anterosuperior. **8.** Linha semilunar. **9.** Linha alba. **10.** Ligamento inguinal. **11.** Tubérculo púbico. **12.** Crista púbica. **13.** Sínfise púbica. (Fotografia com permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

Linha semilunar

A linha semilunar localiza-se ao longo da margem lateral da bainha do reto e é visível como um sulco curvo raso em indivíduos musculosos quando os músculos abdominais estão tensos, por exemplo quando o indivíduo se senta a partir do decúbito dorsal.

Região inguinal

Os dois marcos anatômicos de superfície comumente descritos na região inguinal são o ponto médio inguinal e o ponto médio do ligamento inguinal.

Ponto médio inguinal O ponto médio inguinal localiza-se no ponto médio da linha entre a sínfise púbica e a espinha ilíaca anterossuperior. Ele é superior ao ponto de palpação do pulso da artéria femoral que emerge abaixo do ligamento inguinal. A marcação aproximada da superfície do anel inguinal profundo localiza-se imediatamente acima do ponto médio inguinal e é um marco anatômico útil para a palpação da origem de um saco herniário inguinal indireto.

Ponto médio do ligamento inguinal O ponto médio do ligamento inguinal encontra-se a meio caminho entre o tubérculo púbico e a espinha ilíaca anterossuperior, diretamente lateral à origem dos vasos epigástricos inferiores junto à parede posterior do canal inguinal.

VÍSCERAS INTRA-ABDOMINAIS

Os marcos de superfície das vísceras intra-abdominais são variáveis e dependem da idade, do hábito corporal, do estado nutricional, da fase da respiração e da posição do corpo. O uso das imagens radiológicas das vísceras abdominais torna a localização das vísceras através dos marcos de superfície quase obsoleta na clínica prática moderna. As descrições a seguir devem ser consideradas como as marcas mais comuns ou aproximadas em um indivíduo saudável em decúbito dorsal (Fig. 60.12).

Estômago

O estômago localiza-se em uma curva dentro do hipocôndrio esquerdo e epigástrio, apesar de, quando distendido e pendente, poder se localizar no local usual para a ausculta dos ruídos hidroaéreos causados pela estase gástrica crônica na obstrução intestinal superior.

Duodeno

A primeira parte do duodeno algumas vezes se localiza logo acima do plano transpilórico, o que depende de sua mobilidade e seu comprimento. A segunda parte geralmente se localiza no plano transpilórico à direita da linha mediana e a terceira parte geralmente se localiza no plano subcostal através da linha mediana. A quarta parte geralmente se localiza no plano transpilórico à esquerda da linha mediana, embora sua posição varie de acordo com o comprimento de seu mesentério.

Intestino delgado e seu mesentério

O intestino delgado se localiza na região umbilical central, mas geralmente ocupa parte de ambas as fossas ilíacas, das regiões lombares e do hipogástrio. O mesentério do intestino delgado cruza obliquamente em uma linha de um ponto 2 cm à esquerda do corpo da segunda vértebra lombar acima do plano subcostal para um ponto imediatamente anterior à articulação sacroilíaca direita logo abaixo do plano interespinhoso.

Apêndice

O apêndice é altamente variável em comprimento e posição. Sua base comumente se localiza abaixo de um ponto marcado a dois terços do caminho ao longo de uma linha que une a cicatriz umbilical e a espinha ilíaca anterossuperior.

Fígado

O bordo inferior do fígado estende-se ao longo de uma linha que passa da décima cartilagem costal direita para a quinta costela esquerda na linha clavicular média. O bordo superior do fígado segue uma linha que passa da quinta costela na linha clavicular média à direita até um ponto equivalente no lado esquerdo. Esse bordo superior curva-se levemente para baixo em seu centro e cruza a linha mediana por trás do processo xifoide. O bordo direito do fígado é curvo para a direita e une os limites direitos superior e inferior. O delineamento do fígado pode ser definido pelo som semitimpânico que gera à percussão quando comparado com o timpanismo dos pulmões acima e das vísceras abdominais ocas abaixo.

O bordo inferior de um fígado normal geralmente não pode ser palpado, mesmo em mulheres e crianças, nos quais o fígado localiza-se em um nível um pouco mais baixo. O que geralmente é confundido com o fígado na palpação abdominal é a protuberância do reto abdominal acima de sua inserção tendinosa superior.

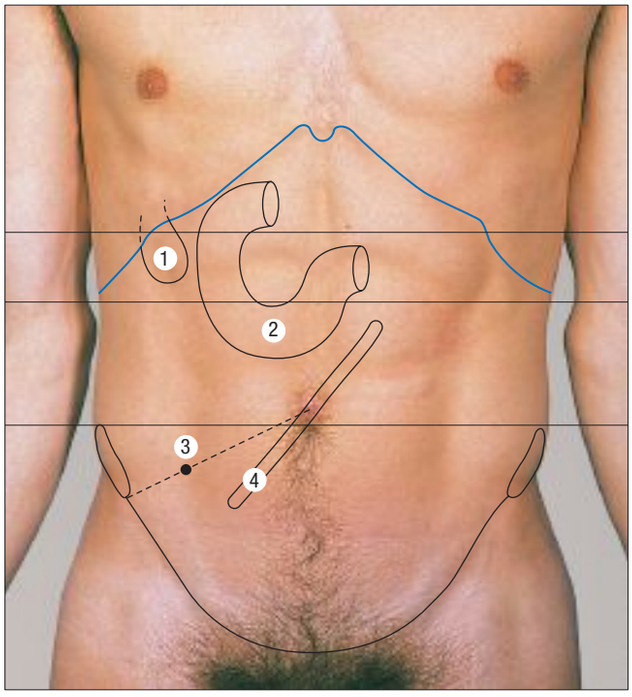


Fig. 60.12 Marcos anatômicos das vísceras intra-abdominais. **1.** Vesícula biliar. **2.** Duodeno. **3.** Apêndice vermiforme. **4.** Raiz do mesentério do intestino delgado. (Fotografia com permissão de Lumley JSP 2002 Surface Anatomy, 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

Vesícula biliar

O fundo da vesícula biliar tem localização bastante variável. Ele comumente é identificado com a ponta da nona cartilagem costal (no plano transpilórico), próximo à junção da linha semilunar com a margem costal.

Baço

O baço localiza-se debaixo da nona, décima e décima primeira costelas no lado esquerdo. Suas marcas de superfície podem ser delineadas na parede torácica posteroinferior pela definição de seu eixo, que se estende de um ponto 5 cm à esquerda da linha mediana em nível da décima vértebra torácica, e passa lateralmente ao longo da linha da décima costela na direção da linha axilar média.

VÍSCERAS RETROPERITONEAIS

As projeções superficiais das vísceras retroperitoneais são bastante confiáveis, mas tem pouca utilização clínica, já que a maioria das intervenções e procedimentos são guiados por imagens radiológicas.

Pâncreas

A projeção superficial da cabeça do pâncreas localiza-se dentro da curva duodenal. O colo localiza-se no plano transpilórico, atrás do piloro na linha mediana. O corpo passa obliquamente para cima e para a esquerda por aproximadamente 10 cm, com sua parte esquerda localizada pouco acima do plano transpilórico. A cauda localiza-se pouco acima e à esquerda da interseção dos planos transpilórico e lateral esquerdo.

Rim

As projeções superficiais anterior e posterior dos rins se relacionam com os marcos anatômicos da parede abdominal anterior e posterior. Na descrição que se segue, todas as mensurações são aproximadas. O rim direito localiza-se 1,25 cm mais baixo do que o esquerdo. Na superfície anterior, o centro do hilo localiza-se no plano transpilórico a 5 cm da linha mediana e levemente medial à ponta da nona cartilagem costal. A partir do hilo, o delineamento da superfície anterior pode ser traçado em 11 cm de comprimento e 4,5 cm de largura, com o polo superior sendo de 2,5 cm e o inferior de 7,5 cm, a partir da linha mediana: como o eixo transverso é oblíquo, a largura demonstrada é 1,5 cm menor do que a largura real do rim. Na superfície posterior, o centro do hilo localiza-se na posição oposta ao bordo inferior do processo espinhoso da primeira vértebra lombar e a 5 cm da linha mediana. O delineamento da superfície posterior pode ser traçado similarmente ao da superfície anterior. O polo inferior localiza-se a 2,5 cm acima do ápice da crista ilíaca. Os rins são 2,5 cm mais baixos na posição ereta do que na posição de decúbito dorsal; eles sobem e descem um pouco com a respiração, o que é de particular importância na cirurgia renal endoscópica. O polo inferior do rim direito normal ocasionalmente pode ser palpado em um indivíduo magro, especialmente nas mulheres, através da palpação bimanual durante uma inspiração total.

Ureter

O ureter se origina em ambos os lados aproximadamente no plano transpilórico (o esquerdo mais alto que o direito), a aproximadamente 5 cm da linha mediana. Cada um dos ureteres passa inferior e medialmente para entrar na bexiga em um ponto marcado superficialmente pela posição do tubérculo púbico.

Aorta abdominal

A aorta abdominal começa imediatamente à esquerda da linha mediana, no nível do corpo da décima segunda vértebra torácica. Ela continua para baixo por 10 cm como uma banda de 2 cm de largura e se bifurca no nível da quarta vértebra lombar (que é marcada pelo plano transtubercular) 1,5 cm abaixo e à esquerda da cicatriz umbilical. As pulsações da aorta podem ser sentidas em um indivíduo magro na posição de decúbito dorsal ao se pressionar firmemente para trás a linha mediana em direção à coluna vertebral. Uma aorta facilmente palpável em uma pessoa obesa poderia aumentar a suspeita de um aneurisma, que deveria ser verificado por meio de exames radiológicos.

Artérias viscerais

O tronco celíaco origina-se na aorta imediatamente após sua entrada no abdome no nível da décima segunda vértebra torácica. A origem da artéria mesentérica superior geralmente se localiza acima do plano transpilórico e o da artéria mesentérica inferior se localiza no nível do corpo da terceira vértebra lombar, no plano subcostal.

Artérias renais

As artérias renais podem ser projetadas como amplas linhas que passam lateralmente por 4 cm a partir da aorta, inferiormente ao plano transpilórico; a esquerda se inclina através do plano.

Artérias ilíacas

A projeção superficial da artéria ilíaca comum corresponde ao terço superior de uma larga linha, que se localiza lateral e levemente convexa, da bifurcação da aorta a um ponto no meio caminho entre a espinha ilíaca anterossuperior e a sínfise pubiana. A artéria ilíaca externa corresponde aos dois terços inferiores desta linha.

Artéria glútea superior

As marcas de superfície da saída da artéria glútea superior da pelve correspondem à junção dos terços superior e médio de uma linha que une a espinha ilíaca posterossuperior ao ápice do trocanter maior.

Artéria glútea inferior

A marca de superfície da saída da artéria glútea inferior da pelve se localiza próximo ao ponto médio de uma linha que une a espinha ilíaca posterossuperior à tuberosidade isquiática.

Veia cava inferior

A veia cava inferior começa em nível do corpo da quinta vértebra lombar, geralmente no plano transtubercular (2,5 cm abaixo do plano supracristal). A partir deste nível, pode ser representada por uma banda, que cruza verticalmente e 2,5 cm para a direita da linha mediana. A veia cava inferior deixa o abdome ao atravessar o diafragma no nível da oitava vértebra torácica, diretamente atrás da extremidade esternal da sexta cartilagem costal direita.

PROCEDIMENTOS CLÍNICOS

Pneumoperitônio para laparoscopia

O estabelecimento de um pneumoperitônio é frequentemente realizado pelo acesso da cavidade peritoneal no nível da cicatriz umbilical. Mais comumente o procedimento é feito abaixo da cicatriz umbilical, a incisão através da linha alba permite o acesso à cavidade peritonial no ponto em que há relativamente pouca gordura extraperitoneal e no local em que a linha alba é relativamente larga.

Incisões cirúrgicas

A maioria das incisões cirúrgicas é realizada de acordo com imperativos cirúrgicos e não pelas restrições anatômicas. A incisão paramediana é utilizada para diminuir o risco de hérnia incisional. As incisões na pele

e na fáscia anterior são feitas sobre o ventre do reto abdominal, no nível necessário. O músculo é desviado lateralmente, de modo a não interferir com seu suprimento neurovascular (que entra lateralmente) e a bainha posterior do reto é então incisionada no plano paramediano. Essa abordagem permite que o reto abdominal se posicione entre as duas incisões fasciais quando a ferida é fechada.

Estomas intestinais (ileostomia, colostomia, cecostomia)

Nos locais em que é possível, os estomas intestinais geralmente são formados através de incisões transretais (através do músculo reto do abdome). Uma incisão cruzada é feita na bainha anterior do reto e as fibras musculares são partidas até que a bainha posterior seja visualizada. A seguir, esta é incisionada sem lesão dos vasos epigástricos (inferior ou superior, dependendo do nível). Essa incisão tem a vantagem de as fibras musculares do reto abdominal atuarem no suporte do estoma: elas fornecem uma estrutura de apoio dinâmica e contrátil que tende a reduzir o risco de herniação ao redor do estoma.

Cateterização suprapúbica

A bexiga urinária comumente é acessada para a cateterização de curta e longa duração através da parede abdominal anterior. Conforme a bexiga se enche, a parte superior de sua cúpula ocupa o espaço pré-peritoneal na região suprapúbica e pode ser relativamente fácil seu acesso por punção transcutânea na linha mediana (pois não existem grandes estruturas neurovasculares neste nível e a linha alba é relativamente fina).

REFERÊNCIA

Pick J 1970 The Autonomic Nervous System. Philadelphia: Lippincott.

CAPÍTULO
61

Parede abdominal anterior

A parede abdominal anterior estende-se das margens costais e do processo xifoide superiormente até as cristas ilíacas, o púbis e a sínfise púbica inferiormente. Ela se sobrepõe e está conectada tanto à parede abdominal posterior como aos tecidos paravertebrais. Ela forma uma lâmina contínua, porém flexível, de tecido através das faces anterior e laterais do abdome. A parede abdominal anterior é composta pelo tegumento, músculos e tecido conjuntivo que recobrem a cavidade peritoneal (Figs. 61.1-61.5). Ela tem um importante papel na manutenção do formato do abdome e está envolvida em muitas atividades fisiológicas. Os tecidos da parede abdominal anterior formam o canal inguinal que conecta a cavidade abdominal ao escroto em homens ou os lábios maiores em mulheres, e também forma o umbigo; todos esses locais são de considerável importância clínica.

PELE E TECIDOS MOLES

O tegumento da parede abdominal anterior inclui a pele, os tecidos moles, as estruturas linfáticas e vasculares e os nervos segmentares. A camada externa é formada pela pele e pela gordura subcutânea. A pele é não especializada e variavelmente hirsuta, dependendo do sexo e da raça. Todos os indivíduos pré-púberes apresentam alguma extensão dos pelos púbicos por sobre a pele da parede abdominal anterior, embora isto seja comumente mais pronunciado em homens, nos quais os pelos podem se estender quase até ao umbigo em um padrão triangular. A gordura subcutânea da parede abdominal é altamente variável em espessura e é uma

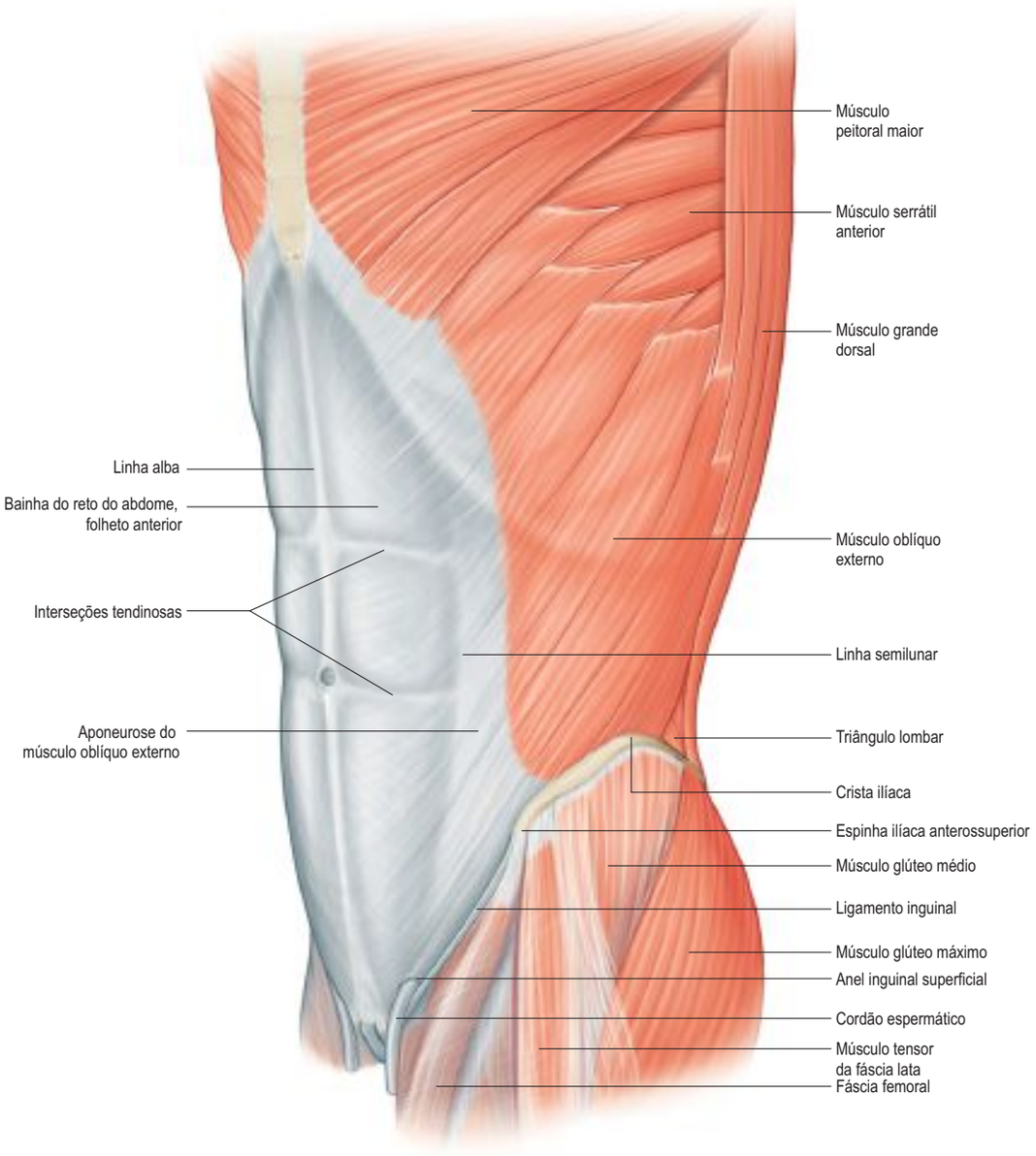


Fig. 61.1 Músculos da parede abdominal anterolateral esquerda.

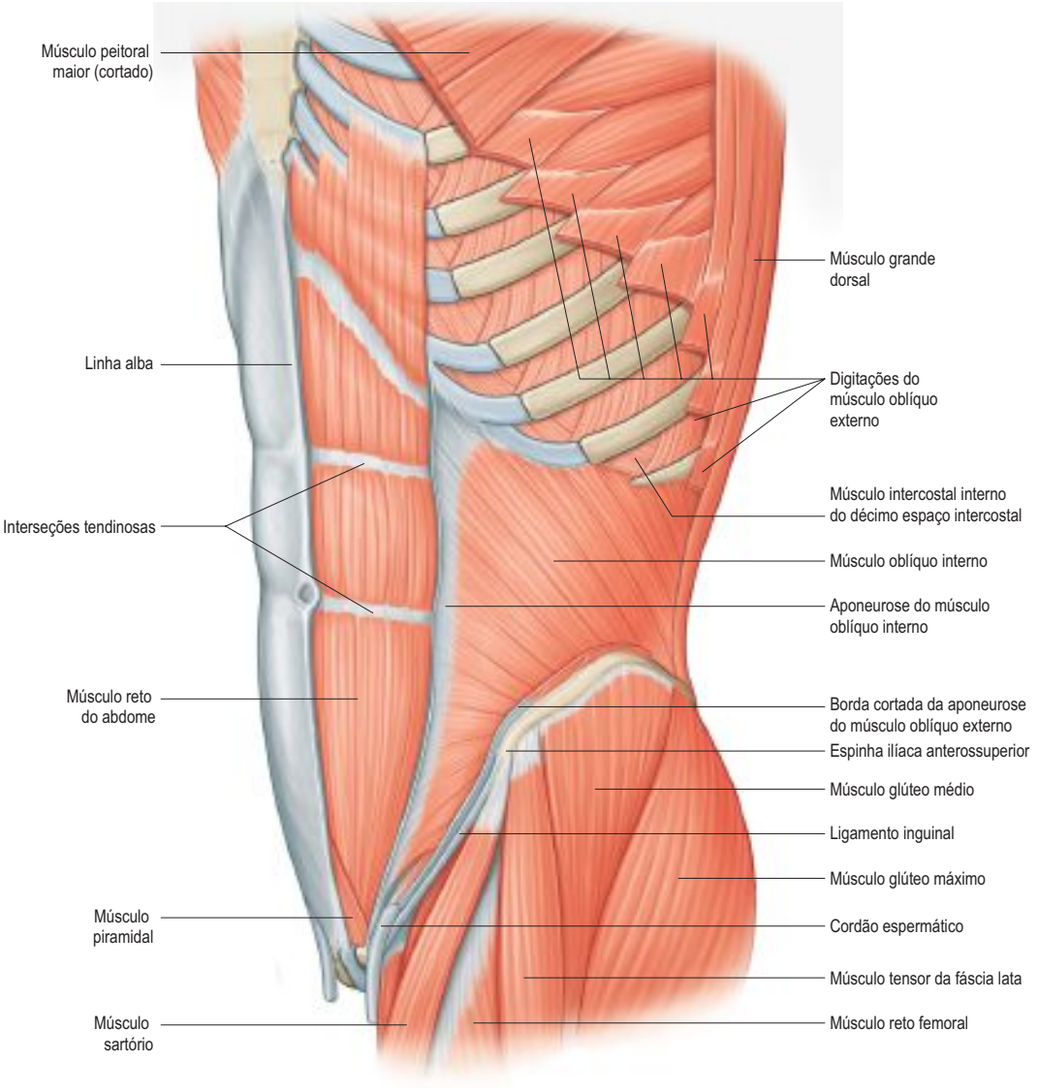


Fig. 61.2 Músculos do lado esquerdo do tronco. O músculo oblíquo externo foi removido para mostrar o músculo oblíquo interno, mas suas digitações a partir das costelas foram preservadas. A bainha do reto do abdome foi aberta e seu folheto anterior removido.

das áreas nas quais o excesso de gordura é armazenado durante períodos de obesidade, particularmente em homens.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

A parede abdominal anterior recebe seu suprimento sanguíneo a partir de pares de artérias epigástricas superiores e inferiores que seguem verticalmente através dos tecidos, e de pares de vasos intercostais posteriores, subcostais e lombares que seguem obliquamente ao redor das faces anterolaterais do abdome.

Artéria e veias epigástricas superiores

A artéria epigástrica superior é um ramo terminal da artéria torácica interna. Ela desce por entre as partes costal e xifoide do diafragma, acompanhada de duas ou mais veias (Fig. 61.4). Os vasos passam anteriormente às fibras inferiores do músculo transverso do tórax e às fibras superiores do músculo transverso do abdome. A artéria entra na bainha do reto, por trás do músculo reto do abdome e segue para baixo para se anastomosar com a artéria epigástrica inferior, usualmente acima do nível do umbigo. Seus ramos suprem o músculo reto do abdome e perfuram a bainha para suprir a pele abdominal suprajacente. Um ramo originado superiormente na bainha do reto do abdome passa anteriormente ao processo xifoide do esterno e se anastomosa com o mesmo ramo contralateral. Este vaso pode originar um sangramento problemático durante incisões cirúrgicas que se estendam para cima e ao lado do processo xifoide. A artéria epigástrica superior fornece pequenos ramos para a parte anterior do diafragma. À direita, pequenos ramos atingem o ligamento falciforme, onde eles se anastomosam com ramos que surgem da artéria hepática.

Artéria e veias epigástricas inferiores

A artéria epigástrica inferior origina-se da artéria ilíaca externa posteriormente ao ligamento inguinal (Fig. 61.6). Suas veias acompanhantes, usualmente duas, drenam para a veia ilíaca externa. Ela se curva para a frente no tecido extraperitoneal anterior e ascende obliquamente ao longo da margem medial do anel inguinal interno. Ela se encontra posteriormente ao cordão espermático, mas está separada dele pela fáscia transversal. Ela perfura a fáscia transversal, a qual forma o delicado suporte posterior do músculo reto do abdome, e ascende entre o músculo e a fáscia para sobrepor-se ao tecido conjuntivo pré-peritoneal. Nesta parte de seu trajeto, ela eleva o peritônio parietal da parede abdominal anterior como a prega umbilical lateral, mas tem pouco tecido de suporte posteriormente. A ruptura da artéria, por incisões cirúrgicas – por exemplo, em acessos laparoscópicos e instalações de drenos –, não é incomum e o hematoma resultante pode se expandir a um considerável tamanho em função da falta de tecido contra o qual o sangramento seja efetivamente comprimido. A artéria se divide em numerosos ramos. Aqueles que se anastomosam com ramos da artéria epigástrica superior o fazem posteriormente ao músculo reto do abdome a uma altura variável acima do umbigo. Os vasos epigástricos inferiores são em geral significativamente maiores que os vasos superiores homólogos, e fornecem o suprimento sanguíneo "dominante" ao músculo reto do abdome. A ligadura preparatória da artéria epigástrica inferior é frequentemente realizada na obtenção de retalhos miocutâneos pela utilização da parte média ou inferior do músculo reto do abdome baseado na artéria epigástrica superior para permitir a expansão do fluxo arterial superior a fim de melhorar a viabilidade do retalho. Alguns ramos se anastomosam com ramos terminais das seis artérias intercostais posteriores inferiores posteriormente ao músculo reto do abdome, na borda lateral próximo à bainha. A artéria é uma importante relação inferomedial do anel inguinal profundo durante o reparo de hérnias, particularmente quando este é realizado no plano pré-peritoneal. O canal deferente no homem, ou o ligamento redondo na mulher, giram lateralmente ao redor dela. Ela tem os seguintes ramos: a artéria cremastérica, um ramo púbico e ramos musculares e cutâneos.

A artéria cremastérica acompanha o cordão espermático em homens e supre o músculo cremaster e outras coberturas do cordão. Ela se anastomosa com a artéria testicular. Em mulheres, ela é pequena e acompanha o ligamento redondo (do útero). Um ramo púbico, próximo ao anel femoral, desce posteriormente ao púbis e se anastomosa com o ramo

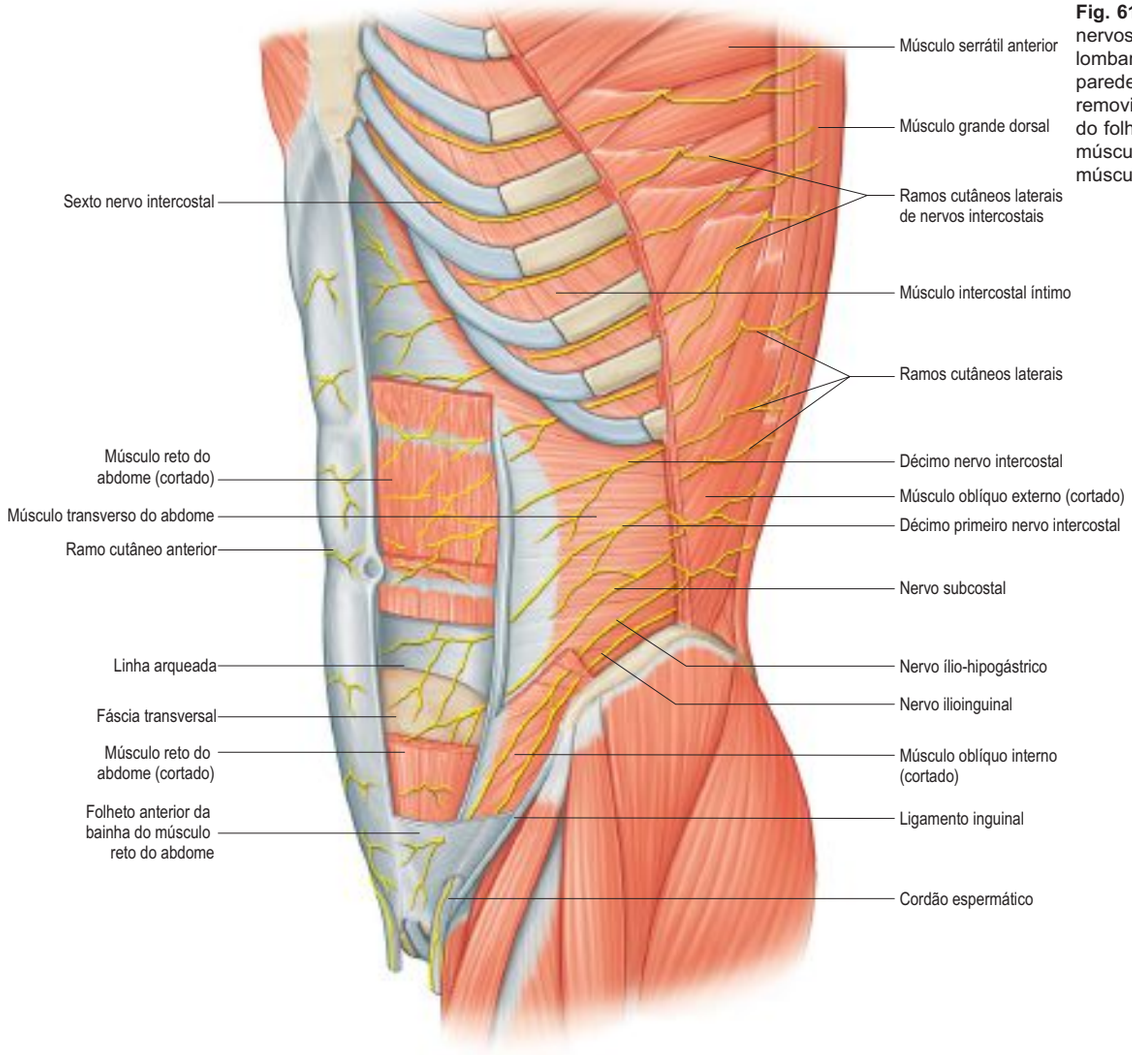


Fig. 61.3 Ramos cutâneos dos nervos intercostais inferiores e lombares. Porções dos músculos da parede abdominal anterior foram removidas, incluindo a maior parte do folheto anterior da bainha do músculo reto do abdome e parte do músculo reto do abdome.

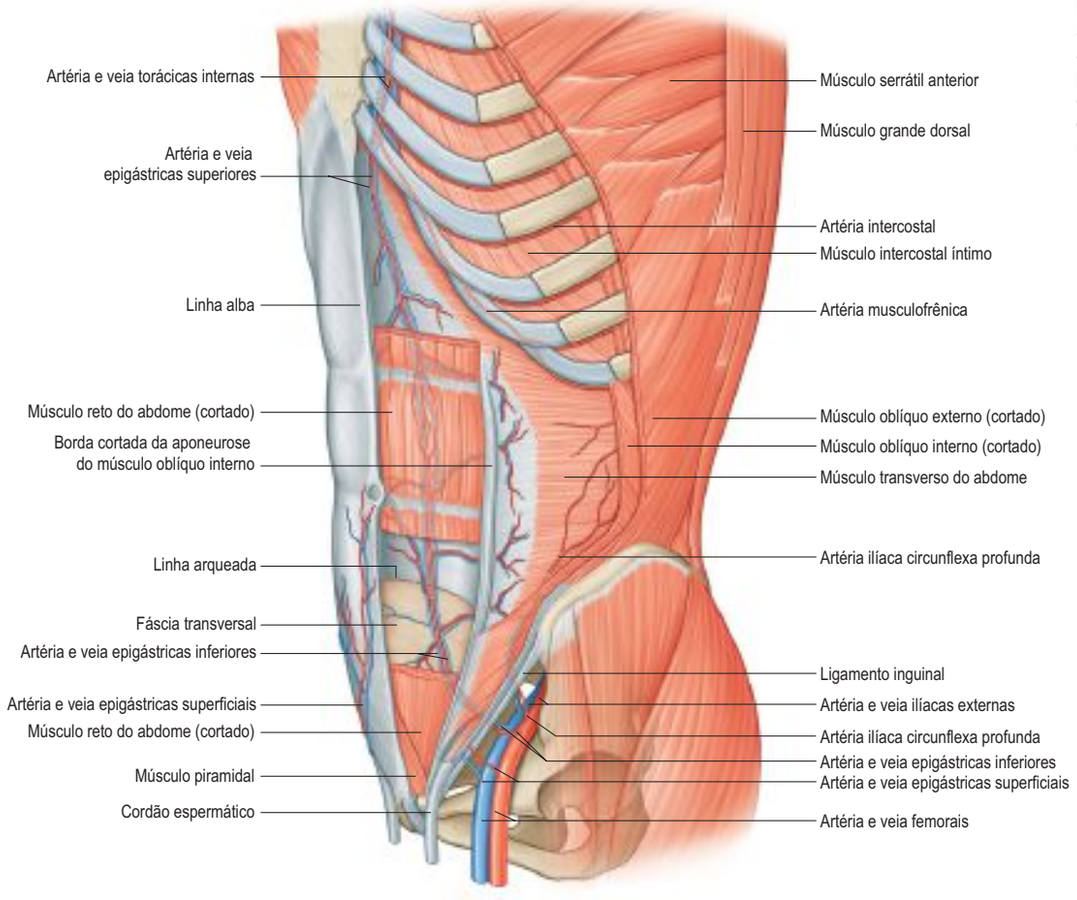


Fig. 61.4 Músculos profundos e suprimento arterial da parede abdominal anterolateral. A maior parte do músculo reto do abdome esquerdo foi removida para mostrar os vasos epigástricos superiores e inferiores.

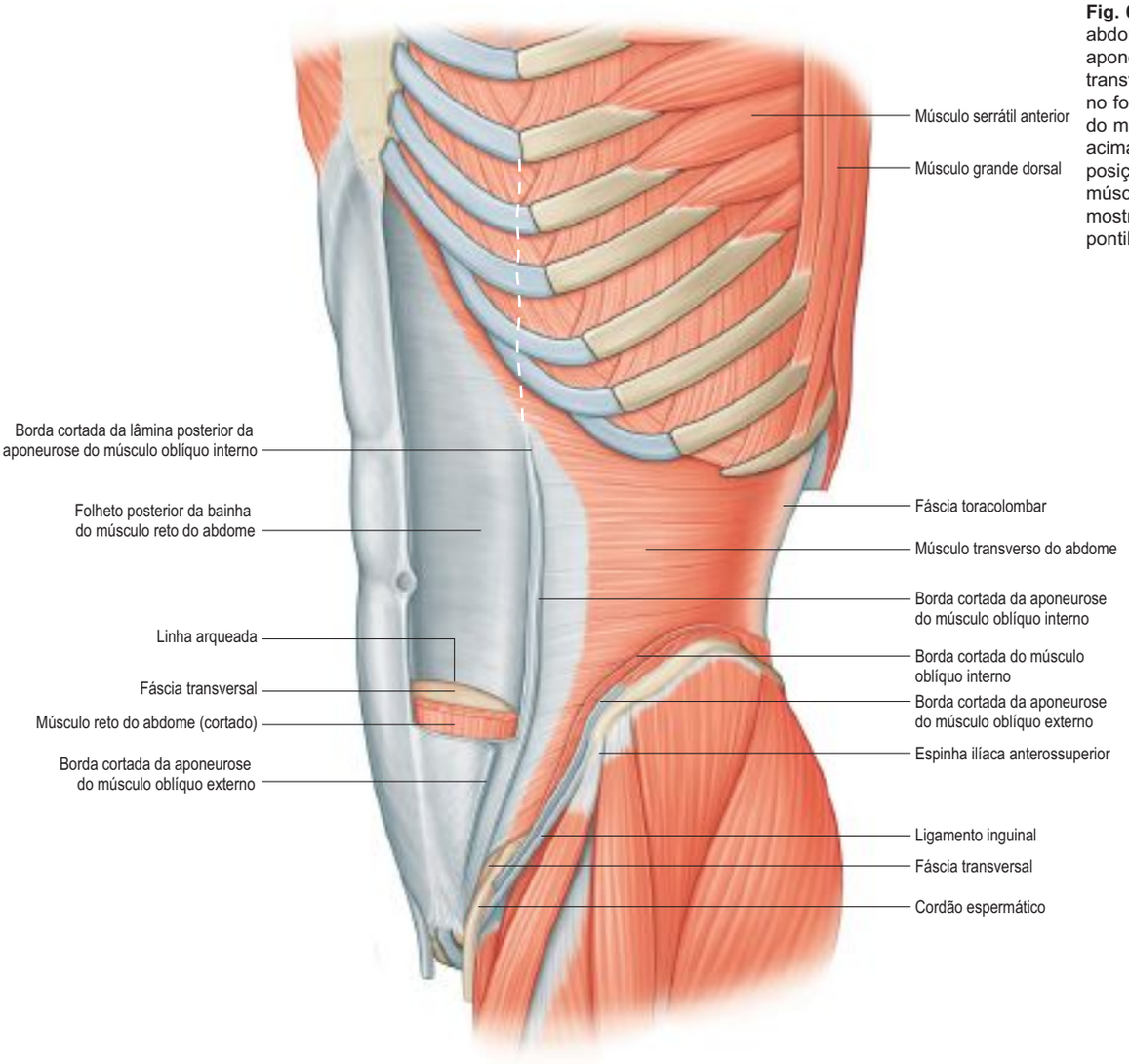
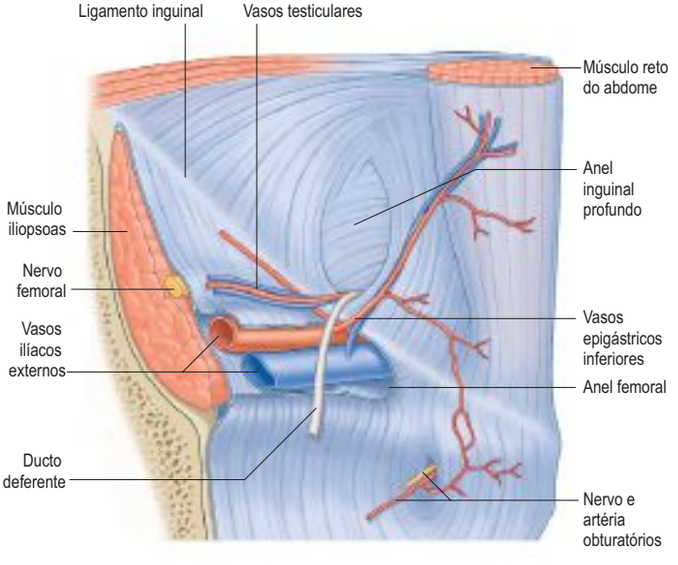


Fig. 61.5 Músculo transverso do abdome esquerdo. A aponeurose do músculo transverso do abdome se funde no folheto posterior da bainha do músculo reto do abdome acima da linha arqueada. A posição da borda lateral do músculo reto do abdome é mostrada pela linha branca pontilhada.

A



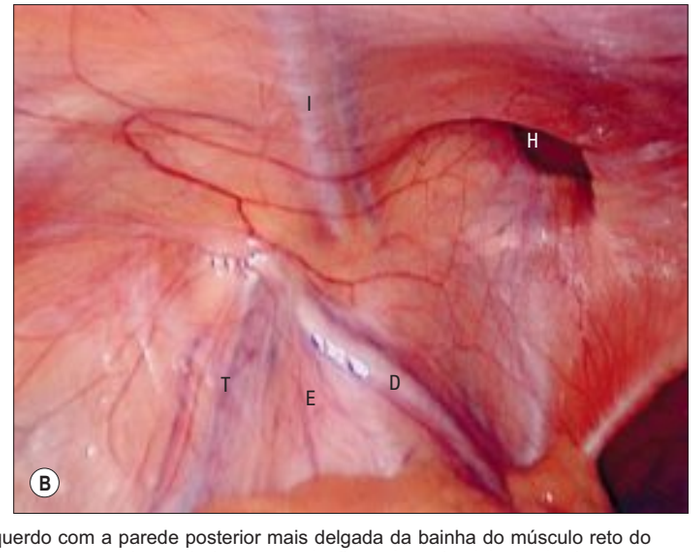


Fig. 61.6 A, Aspecto profundo da parte inferior da parede abdominal do lado esquerdo com a parede posterior mais delgada da bainha do músculo reto do abdome. Os anéis femoral e inguinal profundo estão mostrados, juntamente com os vasos e outras estruturas em relação a eles e também a abertura no canal obturatório. **B,** Vista laparoscópica mostra o peritônio parietal que cobre a área. I, vasos epigástricos inferiores; H; orifício da hérnia; D, ducto deferente; T, vasos testiculares; E, vasos ilíacos externos. (**B**, Com a permissão de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

púbico da artéria obturatória. Ocasionalmente, o ramo púbico da artéria epigástrica inferior é maior que a principal origem da artéria obturatória e ela supre a maior parte do fluxo para a artéria obturatória na coxa. Ela é então referida como a artéria obturatória aberrante. Ela se encontra próxima à borda medial do anel femoral e pode ser lesada em uma dissecção medial do anel durante o reparo de uma hérnia femoral. Os ramos musculares suprem os músculos abdominais e o peritônio, e se anastomosam com as artérias circunflexa ilíaca e lombar. Os ramos cutâneos perfuram a aponeurose do músculo oblíquo externo, suprem a pele e se anastomosam com ramos da artéria epigástrica superficial.

Às vezes, a artéria epigástrica inferior surge da artéria femoral. Em seguida ela ascende anteriormente à veia femoral para o abdome, para seguir seu trajeto como descrito anteriormente. Ela ocasionalmente surge a partir da artéria ilíaca externa, em comum com uma artéria obturatória aberrante e, raramente, a partir da artéria obturatória.

As artérias epigástricas superior e inferior são importantes fontes para uma potencial circulação colateral entre a artéria torácica interna e a artéria ilíaca externa em situações em que o fluxo na aorta torácica ou na aorta abdominal esteja comprometido. Pequenas tributárias da veia epigástrica inferior drenam a pele ao redor do umbigo e se anastomosam com os ramos terminais da veia umbilical, drenando a superfície interna do umbigo através do ligamento falciforme. Essas anastomoses podem se abrir amplamente em casos de hipertensão porta, quando o sangue da veia porta pode drenar para a circulação sistêmica através dos vasos epigástricos inferiores. As veias dilatadas e em disposição radiada vistas sob a pele umbilical são referidas como a "cabeça da medusa" (*caput medusae*).

Artérias intercostais posteriores, subcostais e lombares

As 10ª e 11ª artérias intercostais posteriores e a artéria subcostal emergem sob o sulco subcostal de suas respectivas costelas e passam para os tecidos da parede abdominal anterior. Elas seguem através da aponeurose do músculo transverso do abdome e se encontram profundamente às fibras do músculo oblíquo interno. As artérias lombares também cruzam a aponeurose do músculo transverso do abdome e se encontram profundamente ao músculo oblíquo interno. As artérias a cada lado seguem para diante e dão origem a ramos musculares aos músculos oblíquos interno e externo suprajacentes antes de se anastomosar com os ramos laterais das artérias epigástricas superior e inferior na borda lateral da bainha do reto do abdome (Fig. 61.7). Vasos cutâneos perfurantes seguem verticalmente através dos músculos para suprir o tecido subcutâneo e a pele suprajacente. Uma pequena contribuição ao suprimento dos músculos abdominais inferiores advém dos ramos das artérias ilíacas circunflexas profundas.

Drenagem linfática

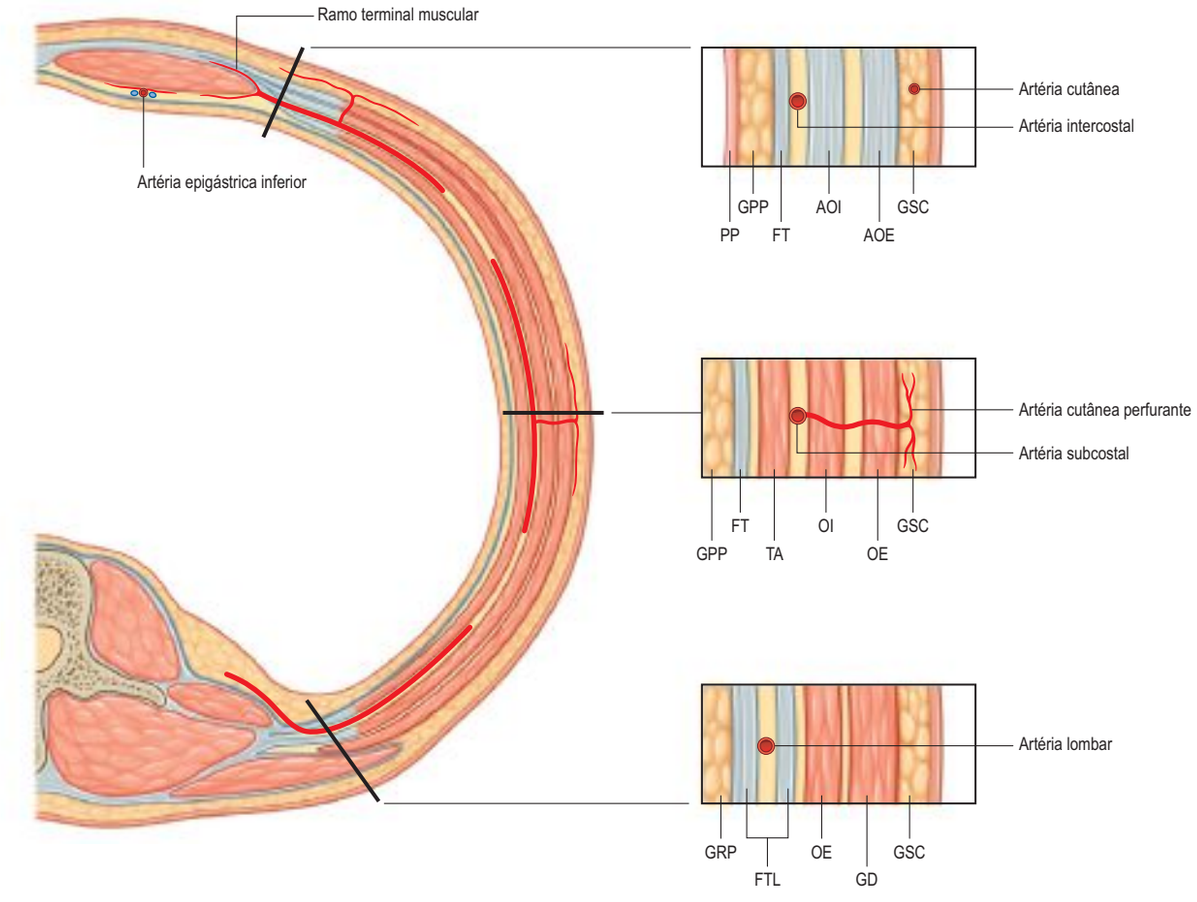
Os vasos linfáticos da parede abdominal anterior encontram-se tanto superficialmente como profundamente à fáscia profunda.

Vasos superficiais

Os vasos linfáticos superficiais acompanham os vasos sanguíneos subcutâneos. Os vasos derivados das regiões lombar e glútea seguem com os vasos ilíacos circunflexos superficiais. Aqueles derivados da pele infraumbilical seguem com os vasos epigástricos superficiais. Ambos drenam para os linfonodos inguinais superficiais. A região supraumbilical é drenada por vasos que seguem obliquamente para cima até os linfonodos peitorais e axilares subescapulares, e existe alguma drenagem para os linfonodos paraesternais.

Vasos profundos

Os vasos linfáticos profundos acompanham as artérias profundas. Os vasos derivados da porção posterior da parede abdominal passam com as artérias lombares para drenar para os linfonodos aórticos laterais e retroaórticos. Os vasos derivados da parede abdominal anterior superior seguem com os vasos epigástricos superiores para os linfonodos paraesternais. Os vasos da parede abdominal anterior inferior drenam para os linfonodos ilíacos circunflexos, epigástricos inferiores e ilíacos externos.



OE – Músculo oblíquo externo	GD – Músculo grande dorsal	GSC – Gordura subcutânea
AOE – Aponeurose do músculo oblíquo externo	GPP – Gordura pré-peritoneal	FT – Fáscia transversal
OI – Músculo oblíquo interno	RA – Músculo reto do abdome	FTL – Fáscia toracolombar
AOI – Aponeurose do músculo oblíquo interno	GRP – Gordura retroperitoneal	PP – Peritônio parietal

Fig. 61.7 Organização dos vasos da parede abdominal anterolateral no nível da região média do abdome.

NERVOS SEGMENTARES

Do sétimo ao 12º ramos ventrais torácicos inferiores continuam anteriormente a partir dos espaços intercostais para dentro da parede abdominal (Fig. 61.3). Ao aproximar-se das extremidades anteriores de seus respectivos espaços, os sétimo e oitavo nervos curvam-se superomedialmente através da superfície profunda das cartilagens costais entre as digitações do músculo transverso do abdome. Eles atingem a face profunda da camada posterior da aponeurose do músculo oblíquo interno. Então, tanto o sétimo como o oitavo nervos seguem através desta aponeurose, passam posteriormente ao músculo reto do abdome e fornecem ramos para a porção superior do músculo. Eles passam pelo músculo próximo à sua borda lateral e perfuram o folheto anterior da bainha do reto para suprir a pele do epigástrio.

Do nono ao 11º nervos intercostais passam de seus espaços intercostais entre as digitações do diafragma e do músculo transverso do abdome. Eles entram na camada entre os músculos transverso do abdome e oblíquo interno. Aqui, o nono nervo segue adiante quase horizontalmente, enquanto o 10º e o 11º nervos passam inferomedialmente. Na borda lateral do músculo reto do abdome os nervos perfuram a camada posterior da aponeurose do músculo oblíquo interno e passam por trás do músculo para terminar, assim como o sétimo e o oitavo nervos intercostais, como ramos cutâneos. O nono nervo supre a pele acima do umbigo, o 10º supre a pele, a qual inclui o umbigo, e o 11º supre a pele abaixo do umbigo (Fig. 15.12 e Caps. 42, 45 e 79). O 12º nervo torácico (nervo subcostal) conecta-se ao primeiro ramo ventral lombar (nervo dorsolombar). Ele acompanha os vasos subcostais ao longo da borda inferior da 12ª costela e passa por trás do ligamento arqueado lateral e do rim, anteriormente à parte superior do músculo quadrado lombar. Ele perfura a fáscia abdominal transversal e segue profundamente ao músculo oblíquo interno para ser distribuído como os nervos intercostais inferiores. Ele supre a pele da região glútea anteriormente e segue para baixo até o trocanter maior.

Os sétimo ao 12º nervos intercostais suprem os músculos intercostais, subcostais e abdominais. O 10º, 11º e 12º nervos suprem o músculo serrátil posterior inferior. Todos os seis nervos também fornecem fibras sensitivas para as partes costais do diafragma e a pleura e peritônio parietais relacionados. Como os nervos intercostais superiores, eles dão origem a ramos colaterais e laterais cutâneos antes de alcançar os ângulos costais. O ramo colateral pode juntar-se novamente com seu nervo de origem, mas, caso o faça, ele o abandona novamente próximo à borda lateral do músculo reto do abdome. Então, ele segue adiante, através do músculo e do folheto anterior de sua bainha, próximo à linha alba para suprir a pele suprajacente. Os ramos cutâneos laterais perfuram os músculos intercostais e oblíquo interno e se dividem em ramos anterior e posterior. Esses ramos suprem a pele do abdome e do dorso. Os ramos anteriores suprem o músculo oblíquo externo. Os ramos posteriores suprem a pele por sobre o músculo grande dorsal. Cada nervo cutâneo lateral desce à medida que ele perfura o músculo oblíquo externo e a fáscia superficial e atinge a pele em um nível com os nervos cutâneos anterior e posterior do segmento.

Dermátomos

Os dermátomos da parede abdominal anterior estão mostrados na Figura 15.12.

TECIDOS MOLES

Fáscia superficial

A fáscia superficial da parede abdominal consiste principalmente em uma camada única que contém uma quantidade variada de gordura. Ela se localiza entre a pele e os músculos da parede abdominal anterior. Na parte inferior, a fáscia se diferencia em camada superficial e camada profunda, entre as quais se encontram os vasos e os nervos superficiais e, na região da virilha, os linfonodos inguinais superficiais.

Camada superficial

Onde estiver presente, a camada superficial é espessa, de textura areolar e contém uma quantidade variável de gordura. Em geral, ela é grandemente espessada em indivíduos obesos. Inferiormente, ela se localiza superficialmente ao ligamento inguinal e é contínua com a fáscia superficial da coxa. No homem, essa camada estende-se por sobre o pênis e por sobre a superfície externa do cordão espermático para dentro do escroto, onde ela muda sua característica. Nesta região, ela é geralmente delgada, com muito pouco tecido adiposo presente, e de tonalidade vermelha pálida. No escroto, ela também contém fibras musculares lisas, as quais formam o músculo dartos. A partir do escroto, ela estende-se posteriormente à fáscia superficial do períneo. Na mulher, ela estende-se a partir da pele supra-púbica do abdome nos grandes lábios da vulva e no períneo.

Camada profunda (membranosa)

Quando presente como uma entidade distinta, a camada profunda da fáscia é mais membranosa do que a superficial e contém fibras elásticas. Ela se encontra mais frouxamente conectada por tecido conjuntivo areolar à aponeurose do músculo oblíquo externo, mas na linha média ela está intimamente aderida à linha alba e à sínfise púbica. No homem, ela se estende por sobre o dorso do pênis e forma parte do ligamento superficial do pênis. Superiormente, ela é contínua com a fáscia superficial por sobre o restante do tronco. Inferiormente, ela se localiza superficial ao ligamento inguinal e se funde à camada superficial suprajacente e à fáscia lata subjacente na linha da flexura inguinal ou na prega da coxa.

No homem, a camada profunda da fáscia estende-se inferiormente e medialmente por sobre o pênis e o cordão espermático até o escroto, onde ela se torna contínua com a camada membranosa da fáscia superficial do períneo. Na mulher, ela estende-se aos grandes lábios e é contínua com a fáscia do períneo.

Na criança, os testículos podem frequentemente estar retraídos para fora do escroto no interior do tecido conjuntivo frouxo (areolar) entre o músculo oblíquo externo e a camada profunda da fáscia superficial por sobre o canal inguinal. Esse "espaço" é às vezes chamado de bolsa inguinal superficial.

Fáscia transversal

A fáscia transversal é uma camada delgada de tecido conjuntivo localizada entre a superfície interna do músculo transverso do abdome e a gordura extraperitoneal. Ela é parte da camada geral de fáscia entre o peritônio e a parede abdominal. Posteriormente, ela é contínua com a camada anterior da fáscia toracolombar e forma uma lâmina contínua anteriormente. Inferiormente, ela é contínua com as fáscias ilíaca e pélvica e superiormente ela se funde com a cobertura fascial da superfície inferior do diafragma. Ela está aderida ao comprimento inteiro da crista ilíaca, entre as origens dos músculos transverso do abdome e ilíaco e até a margem posterior do ligamento inguinal entre a espinha ilíaca anterossuperior e os vasos femorais. Na região inguinal, ela é espessa e densa, e aumentada pela aponeurose do músculo transverso do abdome. Medialmente aos vasos femorais, ela é delgada e fundida ao púbis por trás do tendão conjunto. Anteriormente aos vasos femorais, a fáscia estende-se para baixo para formar a parte anterior da bainha femoral. Neste ponto a fáscia é reforçada por fibras, que se arqueiam transversalmente. Algumas fibras espalham-se lateralmente em direção à espinha ilíaca anterossuperior, algumas fibras seguem medialmente por trás do músculo reto do abdome e outras descem para o púbis por trás do tendão conjunto. Estas fibras arqueadas constituem o arco crural profundo. As fibras curvas do arco crural profundo espessam a parte inferomedial da borda do anel inguinal profundo. O cordão espermático no homem, ou o ligamento redondo do útero na mulher, passam através da fáscia transversal no anel inguinal profundo. Esta abertura não é visível durante a dissecção através da pele porque a fáscia transversal é prolongada sobre essas estruturas como a fáscia espermática interna, mas ela pode ser vista por dentro do abdome, uma vez que o peritônio tenha sido removido. A fáscia espermática interna circunda o testículo e se funde com o tecido conjuntivo frouxo sobre a camada parietal da túnica vaginal: ela pode conter fibras musculares lisas.

Tecido conjuntivo extraperitoneal

O tecido conjuntivo extraperitoneal é uma camada de tecido conjuntivo frouxo (ou areolar) que se localiza entre o peritônio e as fáscias que recobrem as cavidades abdominal e pélvica. A quantidade de tecido extraperitoneal varia: ele é especialmente abundante sobre a parede posterior do abdome, particularmente ao redor dos rins, onde contém muito tecido adiposo; variável em espessura na parede anterolateral, onde ele é delgado em crianças e em adultos normais, mas frequentemente espessado nos obesos, particularmente em homens; escasso na região suprapúbica, acima da crista ilíaca e na pelve. O tecido extraperitoneal é contínuo com o epimísio dos músculos da parede abdominal.

MÚSCULOS

MÚSCULOS ANTEROLATERAIS DO ABDOME

Os músculos reto do abdome, piramidal, oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome constituem os músculos anterolaterais do abdome. Eles atuam juntos para realizar várias funções, algumas das quais envolvem a geração de uma pressão positiva dentro de uma ou mais cavidades corporais. Embora muitas dessas atividades possam ocorrer sem "assistência forçada", atividades tais como expiração, defecação e micção podem ser auxiliadas pela geração de uma pressão positiva intra-abdominal. O parto, a tosse e o vômito sempre requerem tal pressão positiva. Sob condições de repouso, o tônus desenvolvido pelos músculos fornece o suporte

para as vísceras abdominais e mantém o contorno normal do abdome. As consequências da falta de suporte muscular podem ser vistas em condições tais como a "síndrome do abdome em ameixa seca", onde há uma ausência congênita desses músculos.

A contração ativa dos músculos desempenha um importante papel na manutenção do tônus da parede abdominal quando a pressão intra-abdominal é aumentada. A compressão da cavidade abdominal requerida para aumentar a pressão interna é causada principalmente pela contração do diafragma. A pelve óssea e a parte inferior da caixa torácica proporcionam uma estrutura quase incompressível para parte da parede abdominal. Durante a geração de uma pressão positiva intra-abdominal, a parede abdominal atua de modo a manter a posição da parede fixa, em vez de gerar pressão diretamente: uma vez que a maior parte da parede abdominal é muscular, os músculos da parede abdominal anterolateral devem estar contraídos de modo sincronizado para prevenir o deslocamento das vísceras e a resultante perda de pressão. Os músculos oblíquos, que atuam através da aponeurose anterior e da bainha do reto do abdome, fornecem a maior parte dessa tensão, embora os músculos transverso do abdome e reto do abdome também contribuam.

Os músculos laterais – oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome – desempenham os maiores papéis nestas funções ao tensionarem a bainha do reto do abdome e a linha alba. Os músculos abdominais anterolaterais contribuem pouco para os movimentos do tronco durante as atividades normais de sentar e ficar em posição ereta, as quais são movimentos controlados predominantemente pelos músculos paravertebrais e espinais. Entretanto, os movimentos do tronco contra a resistência ou quando o indivíduo está em posição de supino requerem os músculos abdominais anterolaterais. O músculo reto do abdome é o mais importante nessas situações, pois causa a flexão anterior do tronco. Se a cintura pélvica estiver fixa, ocorre a flexão do tórax e da cintura escapular (ou cíngulo peitoral). Com uma caixa torácica fixada, a contração do músculo reto do abdome faz com que a pelve se eleve e se incline para posicionar-se quase em um plano horizontal. A flexão lateral e a rotação do tronco contra a resistência é fornecida pela contração unilateral dos músculos oblíquos.

Músculo reto do abdome

O músculo reto do abdome é um músculo longo, semelhante a uma fita, que se estende por todo o comprimento da parede abdominal anterior. Ele é mais largo no abdome superior e se encontra bem ao lado da linha mediana. O par de músculos retos está separado na linha mediana pela linha alba (Fig. 61.4).

As fibras musculares do reto do abdome estão interrompidas por três faixas fibrosas ou interseções tendinosas. Uma está usualmente localizada no nível do umbigo, outra oposta à extremidade livre do processo xifoide e uma terceira a cerca de meio caminho entre as outras duas. Essas interseções passam transversalmente ou obliquamente através do músculo em ziguezague. Elas raramente atravessam completamente o músculo e podem estender-se apenas a meio caminho através do seu ventre. Elas normalmente se fundem com as fibras do folheto anterior da bainha do músculo. Às vezes, uma ou duas interseções incompletas estão presentes abaixo do nível do umbigo. As interseções podem ocorrer durante o desenvolvimento ou podem representar os miosseptos que delineiam os miótomos que formam o músculo.

A borda medial do reto do abdome está intimamente relacionada à linha alba. Sua borda lateral pode estar visível sobre a superfície da parede abdominal anterior como um sulco curvo, a linha semilunar, a qual se estende da ponta da nona cartilagem costal até o tubérculo púbico. Em um indivíduo musculoso, ela é facilmente visível, mesmo quando o músculo não está ativamente em contração, mas em muitos indivíduos normais e obesos ela pode estar obscurecida.

Fixações O músculo reto abdominal origina-se através de dois tendões. O tendão lateral, maior, está preso à crista do púbis e pode estender-se além do tubérculo púbico até a linha pectínea. O tendão medial se entrelaça com o músculo contralateral e se funde com as fibras ligamentosas que cobrem a frente da sínfise púbica. Fibras adicionais podem surgir da parte inferior da linha alba. Superiormente, o músculo reto do abdome está inserido por três abas de músculo à quinta, sexta e sétima cartilagens costais. As fibras mais laterais estão usualmente inseridas à extremidade anterior da quinta costela. Às vezes, esta aba está ausente e ocasionalmente ela pode estender-se à quarta e à terceira costelas. As fibras mais mediais estão ocasionalmente conectadas aos ligamentos costoxifoides e à lateral do processo xifoide. Em homens, a origem púbica do reto do abdome pode seguir por sobre a superfície anterior da sínfise púbica e tornar-se contínua com a inserção do músculo grácil e da fáscia lata ao púbis.

Suprimento vascular O músculo reto abdominal é suprido principalmente pelas artérias epigástricas superior e inferior. A artéria epigástrica inferior tende a ser maior em calibre do que a superior. Pequenos ramos terminais derivados das três artérias intercostais inferiores, da artéria subcostal, das artérias lombares posteriores e da artéria circunflexa ilíaca profunda podem fornecer alguma contribuição, particularmente para as bordas laterais e as fixações inferiores, e eles formam pequenas anastomoses com os ramos laterais das artérias epigástricas. O reto do abdome fornece um excelente retalho miocutâneo, seja pediculado ou livre, por causa da excelente vascularização fornecida pelos vasos epigástricos e pelo fato de seu ventre estar separado do tecido circunjacente dentro da bainha conjuntiva que o envolve. A metade superior do músculo pode ser usada para reconstrução da mama ou para compensar a perda de tecido na região anterior do tórax. A metade inferior pode ser usada na região da coxa e pode ser girada sobre suas origens, passada através da pelve e liberada no períneo para reconstrução após ressecções pélvicas e perineais radicais.

Inervação O músculo reto do abdome é inervado pelos ramos terminais dos ramos ventrais dos seis ou sete nervos espinais torácicos inferiores através dos nervos intercostais e subcostais inferiores.

Ações Os músculos retos contribuem para a flexão do tronco. Eles também contribuem para a manutenção do tônus da parede abdominal quando tensionada.

Bainha do reto do abdome

O músculo reto do abdome é envolvido a cada lado por uma bainha fibrosa. A porção anterior dessa bainha estende-se por todo o comprimento do músculo e se funde com o periósteo das fixações musculares. Posteriormente, este folheto é completo apenas nos dois terços superiores do músculo. No terço inferior, a camada posterior da bainha estende-se aproximadamente até o meio do caminho entre o umbigo e o púbis. Na maioria dos indivíduos, esta é uma linha claramente definida, embora a transição nem sempre possa estar nítida em outros. A borda inferior do folheto posterior é chamada de linha arqueada. Abaixo deste nível, o reto do abdome é envolvido posteriormente apenas pela fáscia transversal e pelo tecido conjuntivo extraperitoneal (Figs. 61.8 e 61.9). A bainha do reto do abdome é formada a partir de fibras de inserção decussantes derivadas dos três músculos abdominais laterais. Os músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome formam, cada um, uma aponeurose bilaminar em suas bordas mediais. As fibras derivadas dos três folhetos anteriores seguem obliquamente para cima, enquanto os folhetos posteriores seguem obliquamente para baixo em ângulos retos aos folhetos anteriores.

O folheto anterior da bainha do reto do abdome é composto dos dois folhetos da aponeurose do músculo oblíquo externo e pelo folheto anterior da aponeurose do músculo oblíquo interno fundidos um ao outro. O folheto posterior da bainha do reto do abdome é composto pelo folheto posterior da aponeurose do músculo oblíquo interno e por ambos os folhetos da aponeurose do músculo transverso do abdome (Fig. 61.10). Por causa deste arranjo, tanto a camada anterior como a camada posterior da bainha do reto do abdome consistem em três camadas de fibras, com a camada média seguindo obliquamente a ângulos retos com as outras duas. Na linha mediana, as camadas anterior e posterior estão intimamente aproximadas. Fibras de cada camada decussam para o lado oposto da bainha e formam uma aponeurose contínua com os músculos contralaterais (Fig. 61.11). As fibras também decussam anteroposteriormente e cruzam do folheto anterior para o folheto posterior. A linha densa fibrosa causada por essa decussação é chamada de linha alba. Os músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome a cada lado podem então ser considerados músculos pares e digástricos, com um tendão central na forma da linha alba. Essas fibras decussantes podem ser usadas para identificar a linha mediana durante incisões cirúrgicas, uma vez que elas podem ser vistas como fibras oblíquas que cruzam em ângulos retos. Abaixo do nível da linha arqueada, as fibras que formam o folheto posterior da bainha do reto do abdome rapidamente deixam de seguir por trás do reto e todas as camadas passam a compor o folheto anterior da bainha deste músculo.

Linha alba

A linha alba é uma rafe tendinosa que se estende do processo xifoide até a sínfise púbica e a crista púbica. Ela se localiza entre os dois músculos retos e é formada pelo entrelaçamento e decussação das fibras aponeuróticas dos músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome. Ela é visível apenas no individuo magro e musculoso, como um leve sulco na parede abdominal anterior. Uma cicatriz fibrosa, o umbigo, encontra-se um pouco abaixo do ponto médio da linha alba e é coberta por uma área aderente de pele. Abaixo do umbigo, a linha alba se estreita progressivamente à medida que os músculos retos se encontram cada vez mais próximos. Acima do umbigo, os músculos retos divergem um do outro e a linha alba é mais larga de modo correspondente. A linha alba tem duas inserções em sua extremidade inferior: suas fibras superficiais estão inseridas à sínfise púbica e suas fibras mais profundas formam uma lamela triangular que está inserida atrás do reto do abdome até a superfície posterior da crista púbica a cada lado. Essa inserção posterior da linha alba é denominada de "adminículo da linha alba". A linha alba é cruzada de um lado ao outro por alguns minúsculos vasos.

No feto, o umbigo permite a passagem dos vasos umbilicais, do úraco e, até o terceiro mês, do pedículo vitelino. Ele se fecha alguns dias após o parto, mas os vestígios dos vasos e o do úraco permanecem aderidos à sua superfície. O remanescente da veia umbilical esquerda fetal forma o liga-

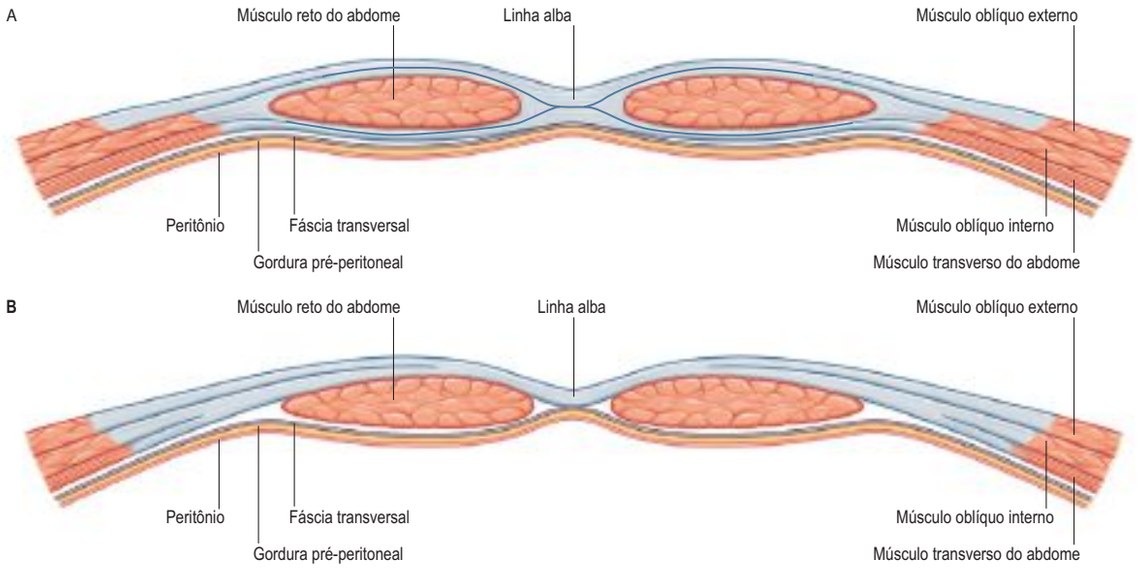


Fig. 61.8 Cortes transversais através da parede abdominal anterior: **A**, imediatamente acima do umbigo; **B**, abaixo da linha arqueada. A natureza bilaminar de cada aponeurose muscular é difícil de ilustrar em corte transversal. As fibras parecem se fundir em uma camada única durante a formação da bainha do músculo reto do abdome. Observe que o músculo reto do abdome está sustentado diretamente pela fáscia transversal abaixo da linha arqueada.

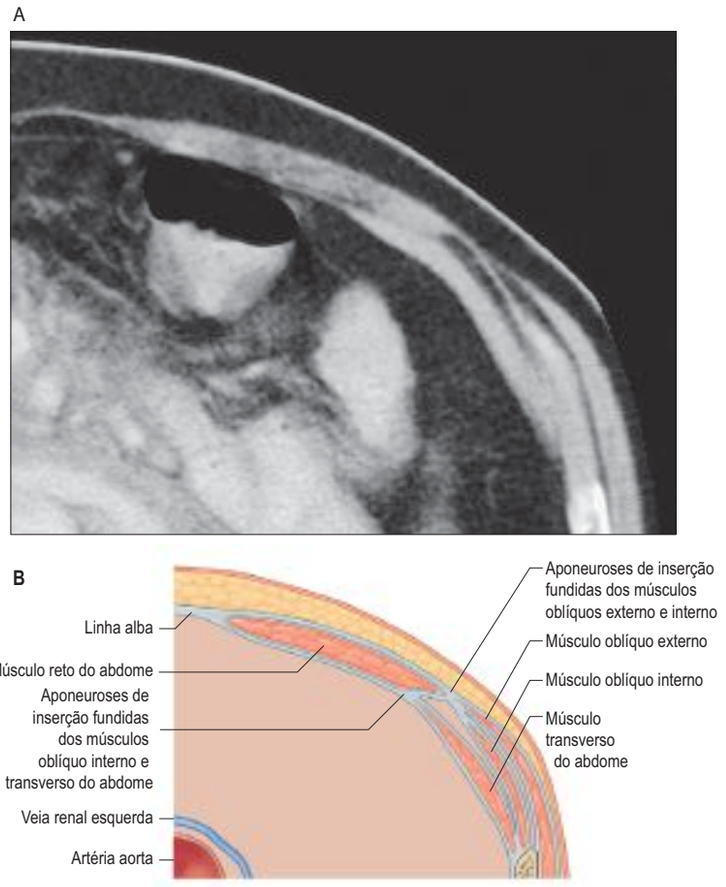


Fig. 61.9 Bainha do músculo reto do abdome. Tomografia computadorizada (**A**) e diagrama (**B**) da parede abdominal anterior, demonstra a formação da bainha do reto do abdome acima do umbigo. O folheto anterior da bainha do músculo reto do abdome é composto tanto pelas lâminas da aponeurose de inserção do músculo oblíquo externo como pela lâmina anterior da aponeurose de inserção do músculo oblíquo interno, fundidas umas as outras. O folheto posterior da bainha do músculo reto do abdome é composto pela lâmina posterior da aponeurose de inserção do músculo oblíquo interno e por ambas as lâminas da aponeurose de inserção do músculo transverso do abdome.

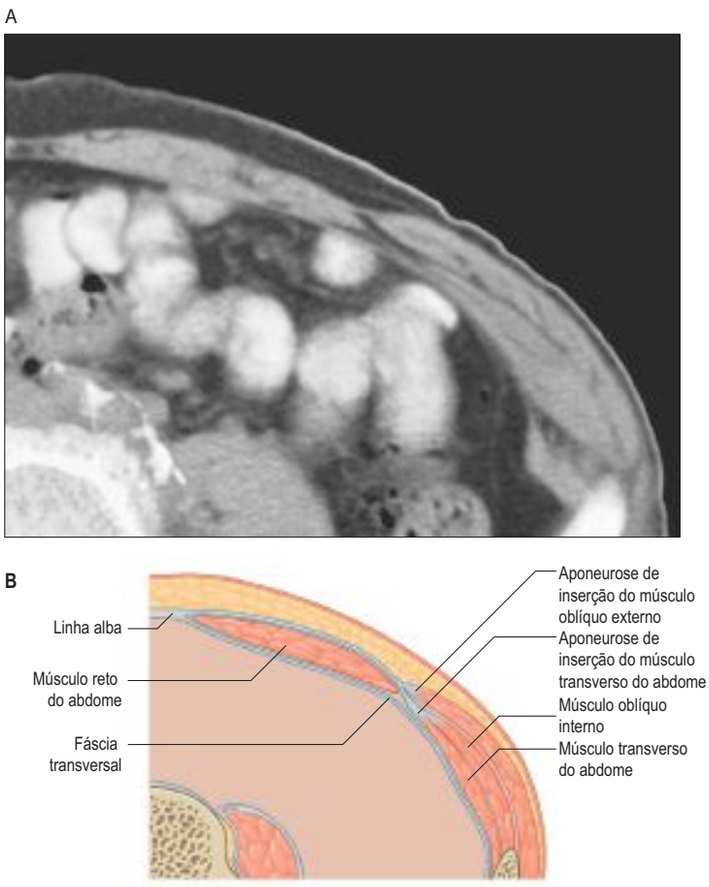


Fig. 61.10 Bainha do músculo reto do abdome. Tomografia computadorizada (**A**) e diagrama (**B**) da parede abdominal anterior, demonstra a formação da bainha do reto do abdome abaixo do umbigo. O folheto posterior da bainha do reto do abdome está formado pela fáscia transversal e por tecido conjuntivo extraperitoneal.

mento redondo do fígado. As artérias umbilicais obliteradas formam os ligamentos umbilicais mediais, envolvidos em pregas peritoneais do mesmo nome. Os restos parcialmente obliterados do úraco persistem como o ligamento umbilical mediano.

Bifurcação (separação) dos músculos retos

O adelgaçamento e o alargamento da linha alba superior pode ocorrer mais comumente como resultado de obesidade ou tensão crônica. Esse processo rompe o arranjo das fibras da aponeurose bilaminar. A contração dos músculos abdominais anterolaterais falha em ser transmitida através

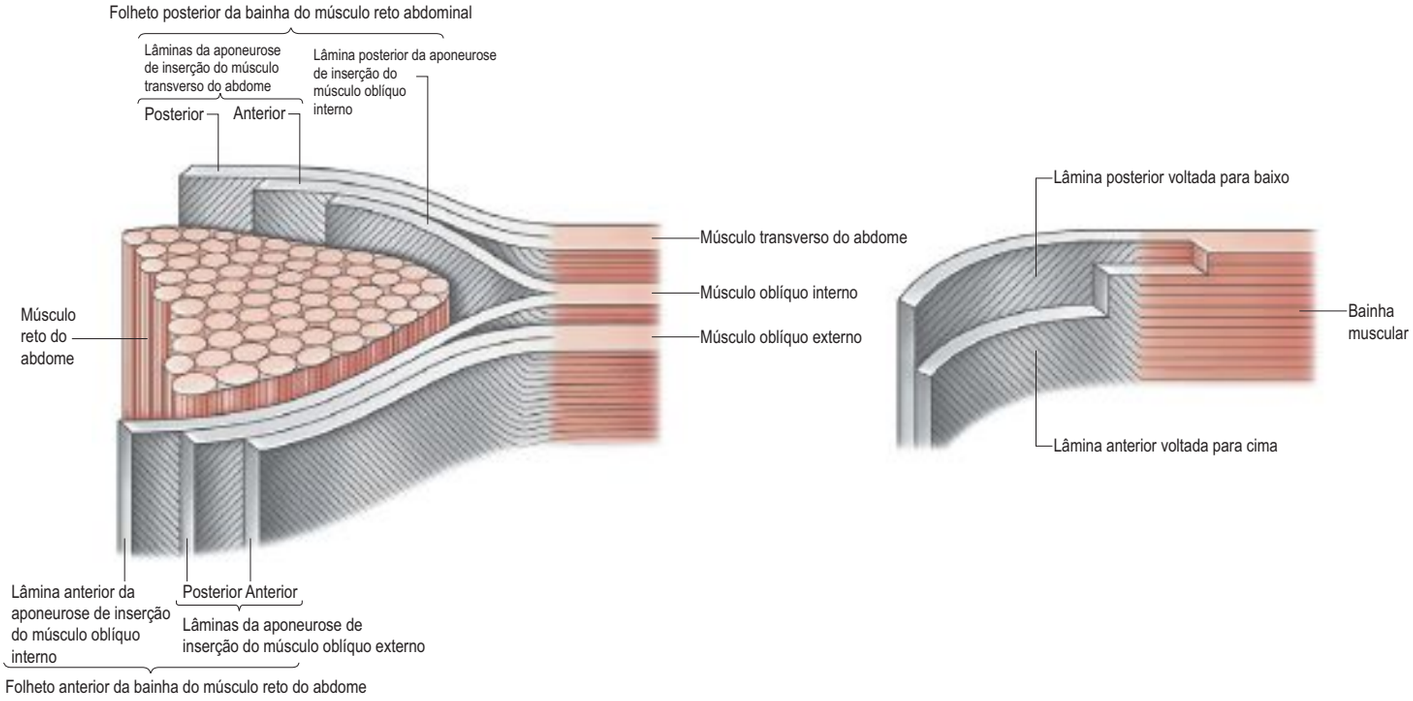


Fig. 61.11 Conceito de aponeuroses de inserção bilaminares dos músculos oblíquos externos. Observe que as fibras das lâminas superficial e profunda estão aproximadamente em ângulos retos; as decussações ocorrem como parte da linha alba.

da linha mediana pela linha alba e a pressão intra-abdominal aumentada faz com que as vísceras abdominais se projetam por baixo do tecido adelgaçado como uma ampla saliência na linha mediana. Os músculos retos se tornam amplamente separados, ou divaricados. Isto não é uma verdadeira herniação, uma vez que todas as camadas da parede abdominal naquela região estão intactas.

Hérnia umbilical

Existem três variedades de hérnia umbilical. Na verdadeira herniação congênita, um defeito está presente desde o nascimento. Isto normalmente é simplesmente o resultado da falha no fechamento do umbigo após a retração da alça intestinal umbilical. Menos comumente, a alça intestinal não se retrai e permanece, em parte, fora da cavidade abdominal. Uma hérnia umbilical infantil é causada pela distensão do tecido cicatricial umbilical, associada à pressão intra-abdominal aumentada. Uma hérnia umbilical adquirida ou paraumbilical realmente ocorre através de pequenas áreas de fraqueza na linha alba, acima ou abaixo da cicatriz umbilical.

Músculo piramidal

Fixações O músculo piramidal é um músculo triangular que se localiza em frente à parte inferior do reto do abdome no interior da bainha do reto. Ele se origina de fibras tendinosas na frente do púbis e de fibras ligamentosas em frente à sínfise púbica. O músculo diminui de tamanho à medida que ele segue para cima e termina em um ápice pontiagudo que está inserido na linha alba. Essa inserção normalmente se localiza a meio caminho entre o umbigo e o púbis, mas pode ocorrer em uma posição mais alta. O músculo varia consideravelmente de tamanho. Ele pode ser maior de um lado do que do outro, ausente em um lado ou em ambos, ou até mesmo duplicado.

Suprimento vascular O músculo piramidal é suprido por ramos da artéria epigástrica inferior, com alguma contribuição da artéria circunflexa ilíaca profunda. Uma pequena artéria em geral cruza a linha mediana posteriormente ao ventre do músculo para se anastomosar com o vaso contralateral. Isto pode causar um sangramento problemático durante as incisões cirúrgicas para baixo até a bainha do reto do abdome acima da sínfise púbica.

Inervação O músculo piramidal é suprido pelos ramos terminais do nervo subcostal, que é o ramo ventral do 12º nervo espinal torácico.

Ações O músculo piramidal contribui para tensionar a parte inferior da linha alba, mas é de significado fisiológico duvidoso.

Músculo oblíquo externo

Fixações O músculo oblíquo externo é o maior e o mais superficial dos três músculos abdominais laterais (Fig. 61.1). Ele se curva ao redor das partes laterais e anterior do abdome e se origina das superfícies externas e bordas inferiores das oito costelas inferiores. As origens rapidamente tornam-se musculares e se interdigitam com a origem inferior dos músculos serrátil anterior e grande dorsal ao longo de uma linha oblíqua que se estende para baixo e para trás. As origens superiores estão próximas às cartilagens das costelas correspondentes, as médias surgem a partir das costelas a alguma distância de suas cartilagens e as inferiores estão próximas ao ápice da cartilagem da 12ª costela. As fibras do músculo oblíquo externo divergem a partir de suas origens inferiores. Aquelas derivadas das duas costelas inferiores passam quase verticalmente para baixo e estão inseridas à metade anterior ou mais do lábio externo do segmento anterior da crista ilíaca. As fibras médias e superiores passam para baixo e para a frente e terminam na aponeurose anterior, ao longo de uma linha tirada verticalmente a partir da nona cartilagem costal até um pouco abaixo do nível do umbigo. As fibras musculares raramente descem além de uma linha a partir da espinha ilíaca anterossuperior até o umbigo. A borda posterior do músculo é livre.

O ligamento inguinal é formado pela margem da aponeurose do músculo oblíquo externo, que se estende entre a espinha ilíaca anterossuperior e o tubérculo púbico. As fibras profundas da aponeurose do músculo oblíquo externo não são inicialmente paralelas ao longo eixo do ligamento inguinal: elas se aproximam do ligamento obliquamente em um ângulo de 10-20º. Ao atingir o ligamento, as fibras se voltam medialmente e a maioria segue ao longo do ligamento para alcançar o tubérculo púbico. As fibras mais profundas da aponeurose se espalham para fora posteromedialmente a fim de se inserir na linha pectínea.

As origens do músculo em costelas superiores e inferiores podem estar ausentes. As digitações ou mesmo todo o músculo podem estar reduplicados. As origens superiores do músculo são, às vezes, contínuas com os músculos peitoral maior ou serrátil anterior.

Suprimento vascular O músculo oblíquo externo é suprido por ramos derivados das artérias intercostais posteroinferiores e subcostais, das artérias epigástricas superior e inferior, das artérias circunflexas ilíacas, superficial e profunda, e das artérias lombares posteriores.

Inervação O músculo oblíquo externo é inervado pelos ramos terminais dos cinco nervos intercostais inferiores e pelo nervo subcostal a partir dos ramos ventrais dos seis nervos espinais torácicos inferiores.

Ações O músculo oblíquo externo contribui para a manutenção do tônus abdominal e aumenta a pressão intra-abdominal e a flexão lateral do tronco contra resistência.

Ligamento inguinal

O ligamento inguinal é a espessa borda inferior enrolada da aponeurose do músculo oblíquo externo e que se estende da espinha ilíaca anterossuperior até o tubérculo púbico. Sua superfície abdominal sulcada forma o "assoalho" do canal inguinal. O ligamento não é linear e tem uma convexidade inferior e uma anterior. Em sua borda inferior, ele é contínuo com a fáscia lata. A metade lateral é arredondada e se localiza mais obli-

quamente do que a metade medial. Esta última gradualmente se amplia em direção à sua inserção no púbis, onde ela se torna mais horizontal e sustenta o cordão espermático. Em sua extremidade medial, algumas fibras não se inserem ao tubérculo púbico, mas se estendem em duas direções. Algumas se expandem posterior e lateralmente para se inserir na linha pectínea e formam o complexo do ligamento lacunar. Outras fibras passam para cima e medialmente por trás do anel inguinal superficial e do músculo oblíquo externo para se unir à bainha do reto do abdome e à linha alba. Estes constituem a parte refletida do ligamento inguinal. Fibras de cada lado decussam na linha alba, de forma similar à aponeurose dos músculos abdominais.

Músculo oblíquo interno

Inserções O músculo oblíquo interno localiza-se profundo ao músculo oblíquo externo na maior parte de seu trajeto (Fig. 61.2). Ele é mais fino e menos volumoso que o oblíquo externo. Suas fibras se originam a partir dos dois terços laterais da superfície superior sulcada do ligamento inguinal, onde elas formam uma inserção comum com a fáscia ilíaca para o ligamento inguinal. Lateralmente, o músculo oblíquo interno também se origina dos dois terços anteriores da linha intermediária do segmento anterior da crista ilíaca, posteriormente algumas fibras se originam da fáscia toracolombar. As fibras que se originam a partir da extremidade posterior da inserção ilíaca passam para cima e lateralmente e estão fixas às bordas inferiores e às extremidades das três ou quatro costelas inferiores e suas cartilagens. Aqui, as origens se fundem com aquelas dos músculos intercostais internos. As mais superiores destas fibras formam uma curta borda superior livre. As fibras originadas a partir da crista ilíaca anteriormente, divergem e terminam na aponeurose anterior, que gradualmente se alarga de baixo para cima. A parte mais superior da aponeurose é originada das cartilagens das sétima, oitava e nona costelas. As fibras que se originam do ligamento inguinal arqueiam-se para baixo e medialmente através do cordão espermático no homem e do ligamento redondo do útero na mulher. Elas se tornam bastante tendinosas, fundem-se com a parte correspondente da aponeurose do músculo transverso do abdome e se fixam à crista e à parte medial da linha pectínea, formando o tendão conjunto.

Suprimento vascular O músculo oblíquo interno é suprido por ramos derivados das artérias intercostais posteriores inferiores e subcostais, das artérias epigástricas superior e inferior, das artérias circunflexas ilíacas, superficial e profunda, e das artérias lombares posteriores.

Inervação O músculo oblíquo interno é inervado pelos ramos terminais dos cinco nervos intercostais inferiores e pelo nervo subcostal a partir dos ramos ventrais dos seis nervos espinais torácicos inferiores, além de uma pequena contribuição dos nervos ílio-hipogástrico e ilioinguinal a partir do ramo ventral do primeiro nervo espinal lombar.

Ações O músculo oblíquo interno contribui para a manutenção do tônus abdominal, aumentando a pressão intra-abdominal, e permite a flexão lateral do tronco contra uma resistência.

Músculo cremaster

Fixações O músculo cremaster consiste em fascículos musculares frouxamente organizados dispostos ao longo do cordão espermático. Ele tem espessura variável e é mais espesso em homens jovens. Ele pode formar uma cobertura incompleta ao redor do cordão, conhecida como a fáscia cremastérica, que se estende ao redor do testículo, mas se encontra no interior da fáscia espermática externa. A fixação do músculo origina-se principalmente a partir da borda inferomedial dos músculos oblíquo interno e transverso do abdome. Uma origem tendinosa separada também pode ocorrer na metade do ligamento inguinal, que se estende até a espinha ilíaca anterossuperior. A porção medial está fixa ao tubérculo púbico e à crista púbica lateral. As fibras se espalham por sobre a face lateral do cordão espermático à medida que ele se aproxima do anel inguinal superficial. Os fascículos mais curtos e mais superiores se voltam para dentro em frente ao cordão para se unir à parte medial. Os fascículos mais longos e laterais se fundem com a fáscia por sobre o cordão e a parte superior da túnica vaginal. Na mulher, umas poucas fibras que provêm do ligamento redondo do útero representam a parte lateral do músculo cremaster. A parte medial do músculo é variavelmente desenvolvida e pode estar ausente. Ela está fixa ao tubérculo púbico e à crista púbica lateral, ao tendão conjunto e à borda inferior do músculo transverso do abdome. Esses fascículos formam uma alça sobre a face posteromedial do cordão e se entrelaça com aqueles da parte lateral. Todo o músculo parece formar alças contínuas que passam da metade do ligamento inguinal até a túnica vaginal e em seguida retornam para se inserir ao tubérculo púbico.

Suprimento vascular O cremaster é suprido pela artéria cremastérica, um ramo da artéria epigástrica inferior.

Inervação O cremaster é inervado pelo ramo genital do nervo genitofemoral, derivado do primeiro e segundo nervos espinais lombares.

Ações O cremaster puxa o testículo para cima em direção ao anel inguinal superficial. Embora suas fibras sejam estriadas, ele comumente não está sob controle voluntário. Um toque na pele da face medial da coxa provoca uma contração reflexa do músculo, o reflexo cremastérico, que é mais pronunciado em crianças. Ele pode representar um reflexo protetor, e o cremaster também pode ter um papel na termorregulação testicular.

Músculo transverso do abdome

Fixações O músculo transverso do abdome é o mais profundo dos músculos abdominais laterais (Fig. 61.5). Ele se origina do terço lateral do ligamento inguinal e da fáscia ilíaca associada, dos dois terços anteriores do lábio interno do segmento anterior da crista ilíaca, da fáscia toracolombar entre a crista ilíaca e a 12ª. costela e das faces internas das seis cartilagens costais inferiores. As origens costais se interdigitam com a origem do músculo diafragma. O músculo termina em uma aponeurose anterior. As fibras inferiores curvam-se para baixo e medialmente, juntamente com aquelas da aponeurose do músculo oblíquo interno, e se inserem na crista púbica e na linha pectínea para formar o tendão conjunto. Uma faixa de fibras, às vezes musculares, podem seguir da borda inferior do músculo até o ligamento inguinal e é chamada de ligamento interfoveolar. O restante da aponeurose passa medialmente e as fibras decussam na linha alba e se misturam com ela. As fibras costais superiores e ilíacas anteriores do músculo transverso do abdome são curtas. As fibras costais inferiores e ilíacas posteriores são mais longas e as fibras toracolombares são as mais longas. Próximo ao processo xifoide, a aponeurose é formada apenas a 2-3 cm da linha alba, de modo que a parte muscular do músculo transverso do abdome se estenda por trás do reto do abdome para dentro do folheto posterior da bainha do reto do abdome. A borda medial do músculo, no início da aponeurose, curva-se primeiro para baixo e lateralmente e está mais afastada da borda lateral da bainha do reto do abdome ao nível do umbigo. Ela em seguida curva-se para baixo e medialmente em direção ao meio do pilar superior do anel inguinal superficial.

Defeitos ocasionais preenchidos por fáscia podem ocorrer nas partes musculares inferiores e aponeuróticas tanto do músculo oblíquo interno como do músculo transverso do abdome. Os dois músculos estão às vezes fundidos e, raramente, o transverso do abdome pode estar ausente.

Suprimento vascular O músculo transverso do abdome é suprido por ramos derivados das artérias intercostais posteriores inferiores e subcostais, das artérias epigástricas superior e inferior, das artérias circunflexas ilíacas superficial e profunda e das artérias lombares posteriores.

Inervação O músculo transverso do abdome é inervado pelos ramos terminais dos cinco nervos intercostais inferiores, do nervo subcostal e dos nervos ílio-hipogástrico e ilioinguinal. Estes se originam a partir dos ramos ventrais dos seis nervos torácicos inferiores e do primeiro nervo espinal lombar.

Ação O músculo transverso do abdome contribui principalmente para a manutenção do tônus abdominal e para aumentar a pressão intra-abdominal.

Tendão conjunto

O tendão conjunto é formado a partir das fibras inferiores do músculo oblíquo interno e da parte inferior da aponeurose do músculo transverso do abdome. Ele está inserido na crista púbica e na linha pectínea. Ele cruza por trás do anel inguinal superficial e atua para reforçar a porção medial da parede posterior do canal inguinal. A inserção à linha pectínea frequentemente está ausente. Medialmente, as fibras superiores do tendão se fundem com a parede anterior da bainha do reto do abdome e lateralmente algumas fibras podem se fundir com o ligamento interfoveolar.

Canal inguinal

O canal inguinal é um hiato natural nos tecidos da parede abdominal anterior e é formado a partir das várias camadas da parede na região da virilha (Figs. 61.12, 61.13, 61.14, 61.15 e 76.2). Seu tamanho e formato variam com a idade e, embora esteja presente em ambos os sexos, ele é mais desenvolvido no homem. O canal é um túnel oblíquo, com aberturas ou anéis profundo e superficial. Ele contém o cordão espermático nos homens, o ligamento redondo do útero nas mulheres e o nervo ilioinguinal em ambos os sexos.

Anel inguinal superficial

O anel inguinal superficial é um hiato na aponeurose do músculo oblíquo externo, logo acima e lateralmente à crista do púbis. O anel é realmente triangular e seu ápice aponta ao longo da linha das fibras profundas da aponeurose. Embora varie de tamanho, ele normalmente não se estende lateralmente para além do terço medial do ligamento inguinal – o anel é menor na mulher. A base se localiza ao longo da crista do púbis e suas faces são os pilares da abertura na aponeurose. O pilar lateral é o mais forte e é reforçado por fibras do ligamento inguinal inseridas no tubérculo púbico. O pilar medial é delgado. As fibras se inserem à frente da sínfise púbica e se entrelaçam com as fibras derivadas do lado oposto. Na camada externa da fáscia de revestimento do músculo oblíquo externo, algumas

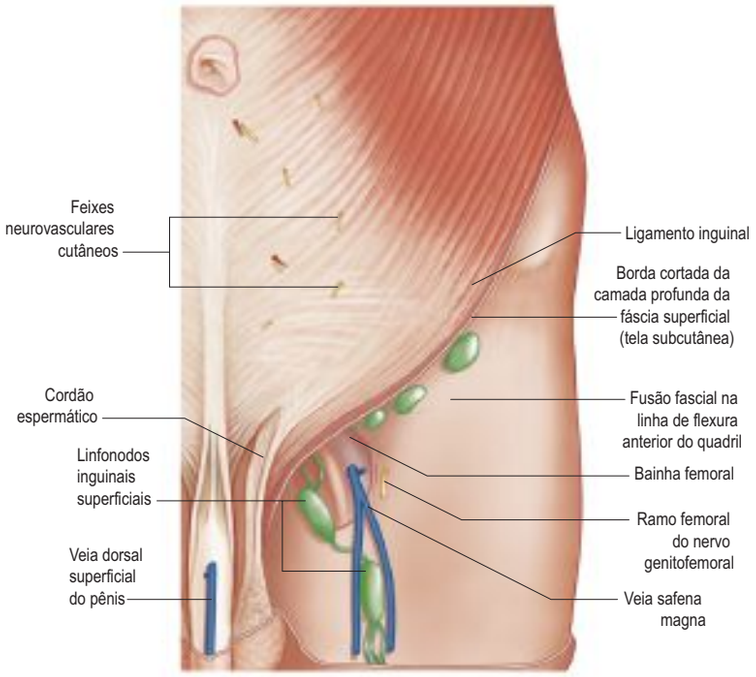


Fig. 61.12 Estruturas superficiais da região inguinal e do segmento inferior da parede abdominal anterior do lado esquerdo.

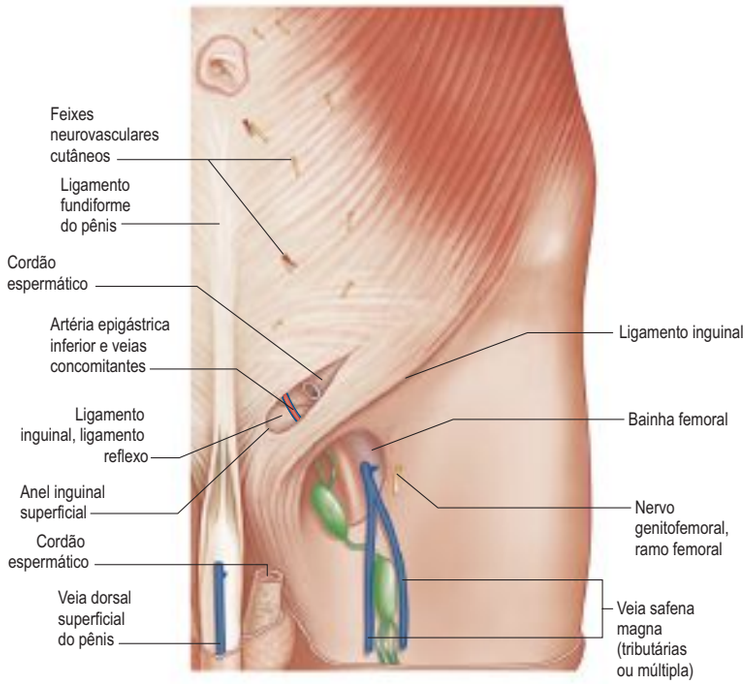


Fig. 61.13 Estruturas superficiais da região inguinal e do segmento inferior da parede abdominal anterior do lado esquerdo: a camada aponeurótica superficial foi removida.

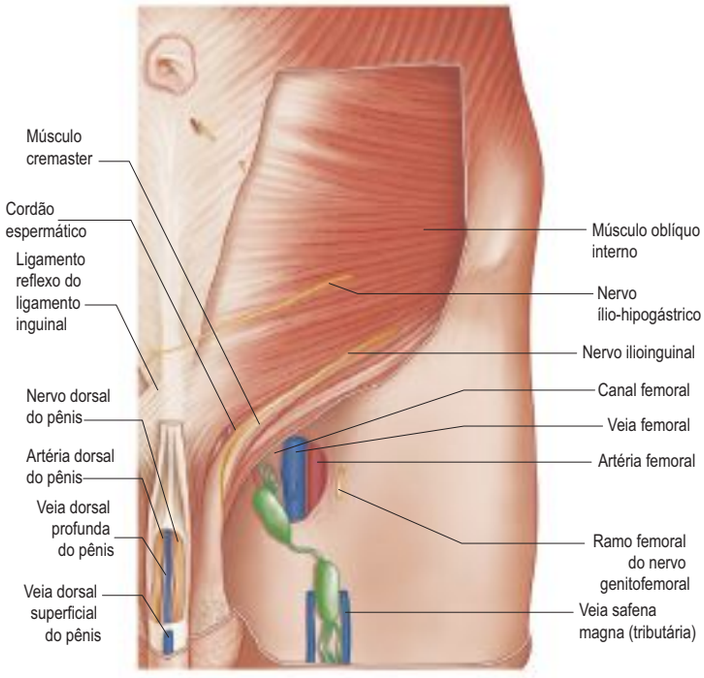


Fig. 61.14 Dissecção das regiões mostradas na **Figura 61.12**, com parte do músculo oblíquo externo removida.

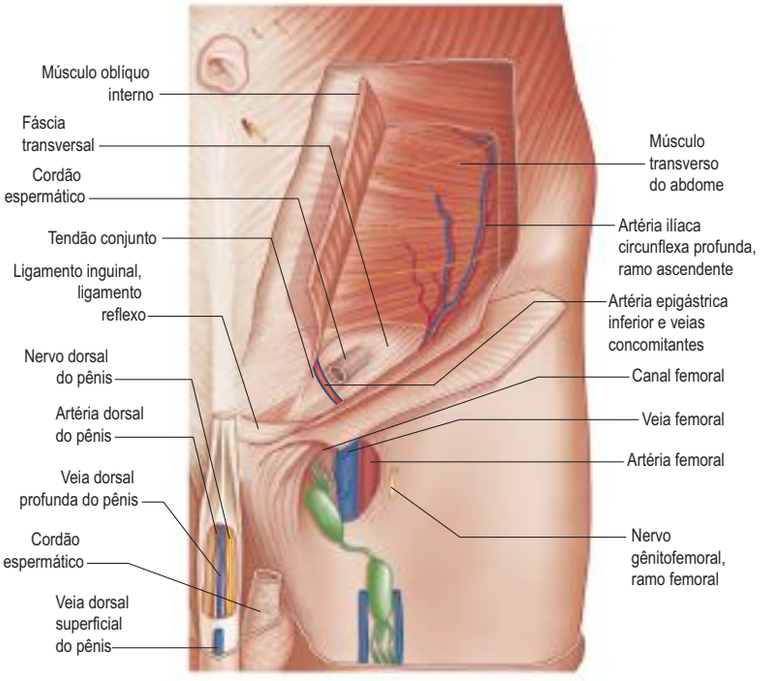


Fig. 61.15 Dissecção das regiões mostradas na **Figura 61.13**, com partes dos músculos oblíquos externo e interno removidas.

fibras se arqueiam acima do ápice do anel inguinal superficial como fibras intercrurais. No homem, o pilar lateral é curvo para formar um sulco no qual o cordão espermático repousa. Fibras derivadas da aponeurose do músculo oblíquo externo e da fáscia suprajacente se estendem para baixo a partir dos pilares do anel e formam um delicado prolongamento tubular de tecido fibroso ao redor do cordão espermático e do testículo. Esta é a fáscia espermática externa e constitui a cobertura mais externa do cordão. O anel inguinal superficial é apenas uma distinta abertura quando a continuidade dessa fáscia com a aponeurose é interrompida.

Anel inguinal profundo

O anel inguinal profundo está localizado na fáscia transversal, a meio caminho entre a espinha ilíaca anterossuperior e a sínfise púbica, a aproximadamente 1,25 cm acima do ligamento inguinal. Ele é oval, com um longo eixo quase vertical. Seu tamanho varia entre os indivíduos, e ele é sempre muito maior no homem. Ele está relacionado acima à margem inferior arqueada do músculo transverso do abdome e medialmente aos vasos epigástricos inferiores e ao ligamento interfoveolar, quando este está presente. A tração sobre o anel fascial exercida pelo músculo oblíquo interno pode constituir um mecanismo de segurança semelhante a uma valva, quando a pressão intra-abdominal está aumentada.

Limites

O canal inguinal é um espaço virtual disposto entre as várias camadas formadas a partir dos tecidos inferiores da parede abdominal anterior. Ele se localiza obliquamente e se inclina para baixo e medialmente, paralelamente e um pouco acima ao ligamento inguinal. Ele se estende a partir do anel inguinal profundo até o anel inguinal superficial: o comprimento

depende da idade do indivíduo, mas no adulto está entre 3 e 5 cm. O canal é delimitado anteriormente pela pele, pela fáscia superficial (tela subcutânea) e pela aponeurose do músculo oblíquo externo. Em seu terço lateral, a parede anterior é reforçada pelas fibras musculares do músculo oblíquo interno logo acima de sua origem a partir do ligamento inguinal. Posteriormente localizam-se o ligamento inguinal reflexo, o tendão conjunto e a fáscia transversal, que o separam do tecido conjuntivo extraperitoneal e do peritônio. Superiormente localizam-se as fibras arqueadas dos músculos oblíquo interno e transverso do abdome, que formam o tendão conjunto, e inferiormente está a união da fáscia transversal com o ligamento inguinal e, na extremidade medial, o ligamento lacunar.

Em recém-nascidos, os anéis profundo e superficial estão quase superpostos e o canal é extremamente curto. Isto cria um defeito aproximadamente oval na parede abdominal. À medida que a criança cresce, os músculos da parede abdominal anterior crescem rapidamente e fazem com que as posições dos anéis se separem e o canal se alongue. O defeito, deste modo, torna-se progressivamente mais oblíquo até que, na vida adulta, a presença das paredes anterior e posterior do canal separadas forma um efeito de "valva em aba". Aumentos na pressão intra-abdominal transmitida através da parede posterior e do anel profundo são suportados pela presença da parte mais espessa da parede anterior suprajacente. No anel superficial e na extremidade medial da parede anterior, onde ela é mais fraca, a parede posterior é reforçada pelo tendão conjunto e pelo ligamento inguinal reflexo. As fibras dos músculos oblíquo interno e transverso do abdome, que formam o tendão conjunto, estão constantemente ativas durante a posição ereta; essa atividade aumenta durante episódios de pressão intra-abdominal aumentada.

Relações

Os vasos epigástricos inferiores são importantes relações posteriores da extremidade medial do canal (Fig. 61.16). Eles se localizam sobre a fáscia transversal à medida que ascendem obliquamente por trás do tendão conjunto para o interior da bainha do reto do abdome posteriormente ao músculo.

O triângulo inguinal localiza-se na parede posterior do canal. Ele é delimitado inferiormente pela metade medial do ligamento inguinal, medialmente pela borda lateral inferior do reto do abdome e lateralmente pela artéria epigástrica inferior. Sobrepõe-se à fossa inguinal medial e, em parte, à fossa supravesical.

Ligamento lacunar

O ligamento lacunar é uma espessa faixa triangular de tecido disposta principalmente posterior à extremidade medial do ligamento inguinal. Ele mede aproximadamente 2 cm da base ao ápice e é um pouco maior no homem. Ele é formado a partir de fibras da extremidade medial do ligamento inguinal e por fibras derivadas da fáscia lata da coxa, que se unem à extremidade medial do ligamento inguinal a partir de baixo. As fibras inguinais seguem posteriormente e lateralmente à extremidade medial da linha pectínea e são contínuas com a fáscia pectínea. Elas formam uma lâmina triangular, quase horizontal, com uma borda lateral curva, que forma a borda medial do canal femoral. O ápice do triângulo está inserido no tubérculo púbico. Uma forte faixa fibrosa, o ligamento pectíneo de Astley Cooper, estende-se lateralmente ao longo da linha pectínea a partir da inserção pectínea. As fibras derivadas da fáscia lata unem-se à borda inferior/posterior do ligamento inguinal; este último, em combinação com fibras derivadas da fáscia transversal, funde-se com a fáscia pectínea à medida que ela se une ao espesso periósteo da linha pectínea. Esta porção do ligamento lacunar forma a extensão inferior da borda medial do canal femoral e da bainha femoral.

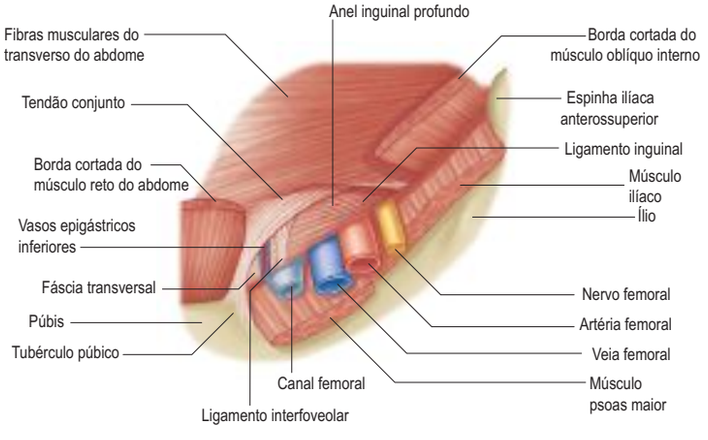


Fig. 61.16 Estruturas profundas do canal inguinal. A aponeurose de inserção do músculo oblíquo externo foi removida. Para fins de clareza, as fibras dos músculos oblíquo interno e reto do abdome foram divididas e as estruturas que passam posteroinferiormente ao ligamento inguinal foram excluídas.

HÉRNIAS DA PAREDE ABDOMINAL ANTERIOR

HÉRNIA INGUINAL

Embora o canal inguinal esteja organizado de modo que as fraquezas na parede abdominal anterior causadas pelos anéis inguinais profundo e superficial sejam suportadas, a região permanece uma causa potencial de herniação. Uma hérnia inguinal envolve a protrusão de uma víscera através dos tecidos da região inguinal da parede abdominal.

Hérnia inguinal indireta

Uma hérnia indireta é definida como a que surge lateralmente aos vasos epigástricos inferiores. Muitas hérnias indiretas estão relacionadas à persistência congênita anormal do processo vaginal, outras são adquiridas como resultado de um progressivo enfraquecimento das paredes laterais e posterior do canal. A hérnia pode passar através do anel profundo ou pode expandir o anel profundo de modo que ele não seja mais uma entidade evidente. Pequenas hérnias indiretas tendem a se dispor abaixo e lateralmente às fibras do tendão conjunto, porém hérnias maiores frequentemente distorcem e adelgaçam o tendão superiormente. Pequenas hérnias, que não se projetam além do canal inguinal, são cobertas pelas mesmas camadas internas que o cordão espermático, incluindo a fáscia espermática interna e o cremaster. Se a hérnia estender-se através do anel inguinal superficial, ela é adicionalmente coberta pela fáscia espermática externa.

Em hérnias relacionadas a um processo vaginal persistente completamente patente, o conteúdo da hérnia desce em frente ao testículo para dentro da túnica vaginal (hérnia congênita completa) e o processo vaginal e a túnica vaginal formam parte do saco herniário. Onde o processo vaginal é selado da túnica vaginal, o conteúdo da hérnia desce até o topo do testículo (hérnia congênita incompleta). Embora ambos os tipos estejam relacionados a uma anormalidade congênita, a real herniação para o interior do saco potencial pode não ocorrer até a vida adulta, quando isto pode acontecer como consequência de uma pressão intra-abdominal aumentada ou uma súbita tensão muscular.

Hérnia inguinal direta

Uma hérnia inguinal direta é definida como a que surge medialmente aos vasos epigástricos inferiores. As hérnias diretas são sempre causadas por um enfraquecimento adquirido do triângulo inguinal na parede posterior medial do canal e frequentemente se estendem através da parede anterior do canal ou do anel superficial. A hérnia pode se projetar através da fáscia transversal, entre o tendão conjunto e os vasos epigástricos inferiores, e entrar no canal inguinal. Ela pode se assemelhar de perto a uma hérnia indireta, pelo fato de as coberturas serem similares. Sua apresentação clínica também pode imitar uma hérnia inguinal indireta. Outras hérnias diretas surgem por entre as fibras do tendão conjunto ou por eventração do tendão, de modo que ele forme uma delgada cobertura para a hérnia. Em quaisquer dos casos, uma hérnia entra na extremidade inferior do canal, projeta-se através do anel superficial medialmente ao cordão e é coberta pela fáscia espermática externa.

Aspectos clínicos das hérnias inguinais

As hérnias indiretas frequentemente descem da porção lateral para a medial no mesmo ângulo oblíquo que o canal por causa de sua origem na extremidade lateral do canal inguinal. Isto é particularmente verdadeiro para as hérnias congênitas. As hérnias diretas surgem a partir da extremidade medial do canal e tendem a se projetar de modo mais direto anteriormente. Com o paciente em posição de supino (decúbito dorsal) e a hérnia reduzida, a pressão aplicada sobre a região do anel inguinal profundo pode prevenir o aparecimento de uma hérnia indireta durante o posicionamento ereto ou sob tensão. Este método de determinação do tipo de hérnia é carregado de dificuldades. As hérnias indiretas podem ter um amplo colo e a oclusão do anel profundo pode não ser possível com uma simples pressão digital. Uma hérnia indireta adquirida pode surgir medialmente ao anel profundo. O ângulo de descida da hérnia também é um indício não confiável, uma vez que ele depende do tamanho do defeito na parede posterior do canal, do comprimento do canal e se a hérnia projeta-se através da parede anterior. As hérnias diretas são mais prováveis de ter uma origem com amplo colo, o que torna o estrangulamento menos provável.

HÉRNIA FEMORAL

Uma hérnia femoral projeta-se através do anel femoral. O anel femoral está normalmente fechado por um septo femoral de tecido extraperitoneal modificado e é consequentemente um ponto fraco. Em mulheres, o anel é relativamente grande e sujeito a profundas alterações durante a gravidez, o que explica por que as hérnias femorais são mais comuns em mulheres. Quando um segmento do intestino projeta-se através do anel, ele empurra para fora um saco herniário de peritônio. Ele é coberto por tecido extraperitoneal (o septo femoral) e desce ao longo do canal femoral até a abertura safena. Ele é impedido de se projetar ainda mais ao longo da bainha femoral por causa da estreita abertura safena, dos vasos e da justa inserção da fáscia superficial e da bainha femoral à parte inferior da borda da abertura safena. Por isso, a hérnia vira-se para a frente, distende a fáscia cribriforme e se curva para cima por sobre o ligamento inguinal e a parte inferior da aponeurose do músculo oblíquo externo. No canal, a hérnia é normalmente pequena por causa da resistência dos tecidos circunjacentes, mas ela aumenta à medida que escapa para dentro do tecido conjuntivo frouxo inguinal. Uma hérnia femoral primeiro desce e em seguida sobe para a frente: a pressão para reduzi-la deve, portanto, ser direcionada na ordem reversa, com as coxas passivamente flexionadas para um relaxamento maior.

As coberturas de uma hérnia femoral são de dentro para fora: o peritônio, o septo femoral, a bainha femoral, a fáscia cribriforme, a fáscia superficial e a pele. Uma cobertura fibrosa, a fáscia própria, pode localizar-se fora do saco peritoneal e está frequentemente separada dele por tecido adiposo. Ela representa um septo femoral que foi espessado para formar uma lâmina membranosa pela pressão herniária. A fáscia própria pode facilmente ser confundida com o saco e a gordura extraperitoneal nele contida com o omento; a gordura pode se assemelhar a um lipoma, mas a dissecção revelará o verdadeiro saco herniário em seu centro. O intestino alcança apenas a abertura safena na hérnia femoral incompleta, em contradistinção à hérnia completa, na qual ele passa através da abertura. O pequeno tamanho de uma hérnia incompleta a torna difícil de ser detectada e consequentemente perigosa, especialmente no indivíduo corpulento. O local de estrangulamento varia: ele pode estar no colo do saco herniário, mais frequentemente na junção da margem falciforme da abertura safena com a borda livre da parte pectínea do ligamento inguinal, ou pode estar na abertura safena. O local de estreitamento deve ser dividido superomedialmente em uma distância de 4-6 mm de modo a evitar todos os vasos normalmente posicionados e outras estruturas importantes. Ocasionalmente, a artéria obturatória é substituída por um ramo púbico aumentado da artéria epigástrica inferior que desce quase verticalmente para o forame obturado. Esse vaso, às vezes, se curva ao longo da borda da parte lacunar do ligamento inguinal, cerca o colo de um saco herniário e pode ser inadvertidamente cortado no alargamento do anel femoral durante a redução de uma hérnia femoral.

O tubérculo púbico é um importante marco na distinção de hérnias inguinais e femorais; o colo da hérnia é superomedial a ele na hérnia inguinal, mas inferolateral na forma femoral.

LESÕES DOS NERVOS INTERCOSTAIS

As lesões dos nervos intercostais individuais não produzem quaisquer efeitos clínicos apreciáveis. Os músculos anterolaterais são inervados por um número de diferentes nervos: a lesão a um único nervo não reduzirá o tônus da parede muscular. A sobreposição entre dermátomos sequenciais significa que uma anestesia cutânea importante é apreciada apenas após a secção de pelo menos dois nervos sequenciais.

REFERÊNCIAS

Cormack GC, George B, Lamberty H 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps, 2nd edn. London, Edinburgh: Churchill Livingstone: 168–72.

Lytle WJ 1979 Inguinal anatomy. J Anat 128: 581–94.

Rizk NN 1980 A new description of the anterior abdominal wall in man and mammals. J Anat 131: 373–85.

Shafik A 1977 The cremasteric muscle. In: Johnson AD, Gomes WR (eds) The Testis. Academic Press: New York.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Parede abdominal posterior e retroperitônio

CAPÍTULO 62

A parede abdominal posterior consiste em fáscias, músculos e seus vasos e nervos espinais relacionados; o tegumento sobrejacente é contínuo com o do dorso. Ela não é facilmente definida e é mais bem descrita como aquela parte da parede abdominal disposta entre as duas linhas mediodorsais, abaixo das inserções posteriores do diafragma e acima da pelve. Ela é contínua lateralmente com a parede abdominal anterolateral, superiormente com a parede posterior do tórax por trás das inserções do diafragma e inferiormente com as estruturas da pelve. A coluna vertebral forma parte de sua estrutura e os músculos e fáscias do dorso estão intimamente relacionados a ela, em especial posterolateralmente.

Os principais vasos e canais linfáticos, além dos sistemas nervosos autônomos periféricos do abdome, da pelve e dos membros inferiores localizam-se sobre a parede abdominal posterior. Essas estruturas, juntamente com várias vísceras (como rins [Cap. 74], glândulas suprarrenais [Cap. 72], pâncreas [Cap. 70], ureteres [Cap. 74] e partes do tubo digestório [Caps. 66 e 67]), localizam-se externamente ao peritônio parietal posterior. Essas estruturas e seus planos conjuntivos e fasciais circunjacentes são descritos coletivamente como o retroperitônio.

Tem sido sugerido que o retroperitônio possa ser dividido em vários espaços de acordo com suas relações às camadas fasciais que circundam os rins e ureteres. Em sua descrição, os folhetos da fáscia perirrenal envolvem um espaço perirrenal que contém o rim, a glândula suprarrenal, a parte superior do ureter e seus suprimentos neurovasculares. O folheto anterior da fáscia perirrenal é contínuo através da linha mediana com as principais estruturas neurovasculares do retroperitônio, de modo que os espaços perirrenais direito e esquerdo se comunicam, embora este canal seja limitado e contenha muitas das estruturas neurovasculares da linha mediana no retroperitônio. Atrás do folheto posterior da fáscia perirrenal localiza-se o espaço pararrenal posterior. Anteriormente ao folheto anterior da fáscia perirrenal encontra-se o espaço pararrenal anterior, no qual se localizam partes retroperitoneais do tubo digestório, como o duodeno e o pâncreas. Os espaços pararrenais anteriores também são contínuos através da linha mediana e são limitados posteriormente pelo folheto comunicante anterior da fáscia perirrenal e anteriormente pelo peritônio parietal. Esta descrição ajuda a explicar por que quantidades moderadas de líquido, sangue ou pus que se acumulam no retroperitônio tendem a permanecer contidos no interior do espaço no qual eles são formados, embora quando na presença de processos patológicos, tais como uma invasão tumoral, esses planos fasciais forneçam uma fraca barreira para disseminação local (Figs. 62.1 e 62.2).

Várias estruturas, como o pâncreas, são referidas como retroperitoneais. Embora elas sejam embriologicamente derivadas a partir do tubo digestório, elas não são facilmente separadas das outras estruturas retroperitoneais. Várias outras estruturas, como o cólon descendente, são também referidas como retroperitoneais, mas elas permanecem separadas das outras estruturas retroperitoneais por um plano fascial claramente definido, que corresponde ao plano de fusão de seu mesentério durante o desenvolvimento. Isto é relevante durante a exposição cirúrgica dos órgãos retroperitoneais e em alguns processos patológicos: àquelas definidas por evidentes planos fasciais podem ser mobilizadas com pouco ou nenhum risco de sangramento, enquanto a mobilização do pâncreas, por exemplo, é de difícil realização por ser uma víscera frequentemente muito vascularizada.

PELE E TECIDOS MOLES

A pele do dorso na região da parede abdominal posterior é similar àquela do resto do tronco. Ela é suprida por vasos dos ramos musculocutâneos das artérias e veias lombares e recebe sua inervação dos ramos dorsais dos nervos espinais lombares e dos nervos torácicos inferiores.

Os tecidos moles da parede abdominal posterior e do retroperitônio são compostos por várias camadas distintas de fáscia, as quais separam esses tecidos em compartimentos anatomicamente distintos.

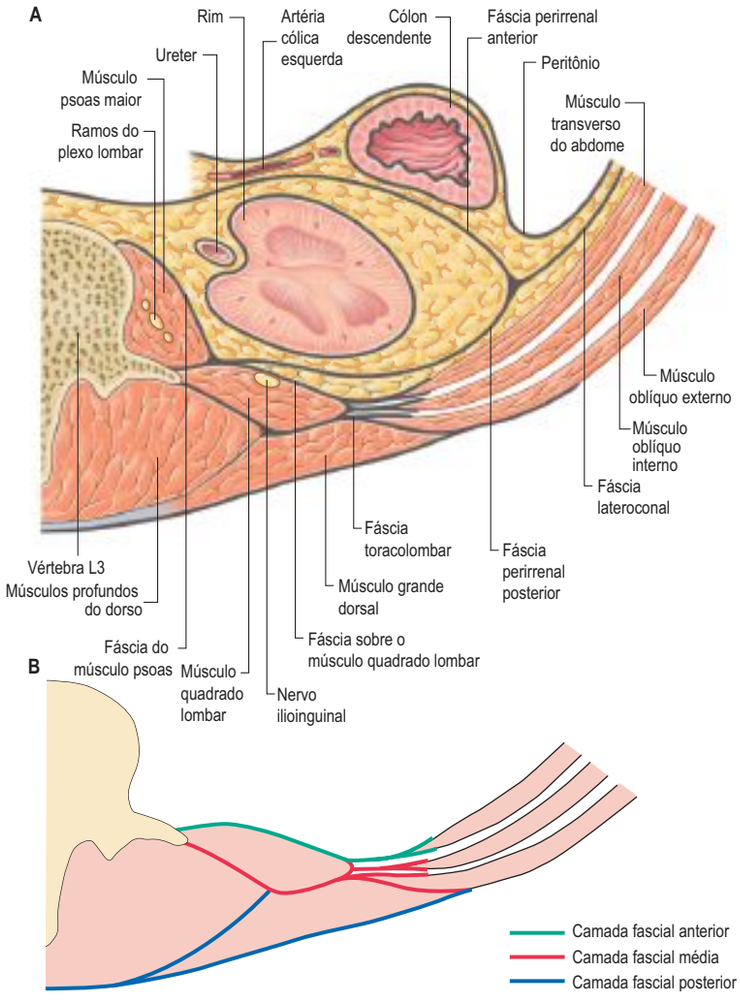


Fig. 62.1 Camadas fasciais da parede abdominal posterior superior. **A,** Corte transversal logo abaixo do nível do hilo do rim. Para fins de clareza, os músculos profundos do dorso não foram identificados separadamente. **B,** As camadas separadas da fáscia toracolombar.

FÁSCIA TORACOLOMBAR

A fáscia toracolombar na região lombar está constituída por três camadas (Figs. 62.1, 62.2 e 62.3). A camada posterior está inserida nos processos espinhosos das vértebras lombares e sacrais e no ligamento supraespinhoso. A camada média está inserida medialmente nas extremidades dos processos transversos das vértebras lombares e nos ligamentos intertransversários, inferiormente à crista ilíaca e superiormente à borda inferior da 12ª costela e ao ligamento lombocostal. A camada anterior cobre o músculo quadrado lombar e está inserida medialmente nas superfícies anteriores dos processos transversos das vértebras lombares por trás da parte lateral do músculo psoas maior. Inferiormente, ela está inserida no ligamento iliolombar e na parte adjacente da crista ilíaca. Superiormente, ela está inserida na extremidade anterior e na borda inferior da 12ª costela e em seguida estende-se para o processo transverso da primeira vértebra lombar a fim de formar o ligamento arqueado lateral do diafragma. As camadas posterior e média da fáscia toracolombar se unem na margem lateral do músculo eretor da espinha. Na borda lateral do músculo qua-

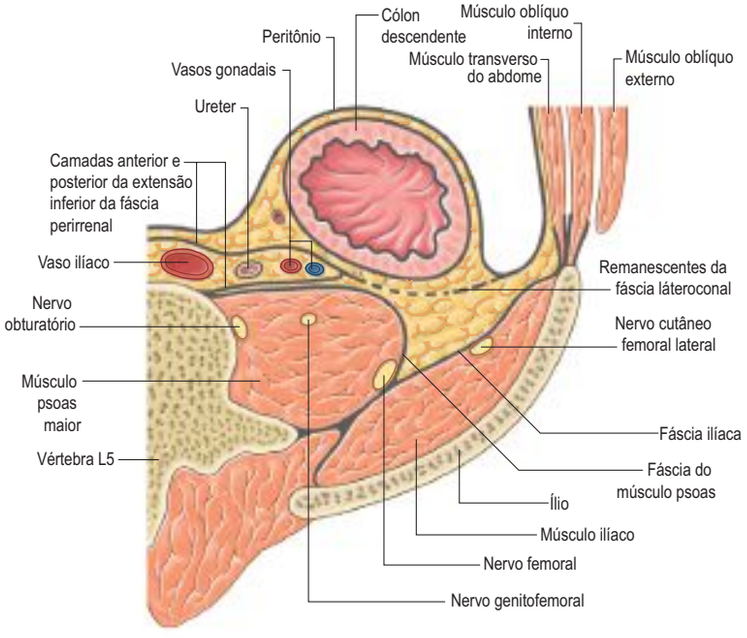


Fig. 62.2 Camadas fasciais da parede abdominal posterior inferior. Corte transversal ao nível da quinta vértebra lombar.

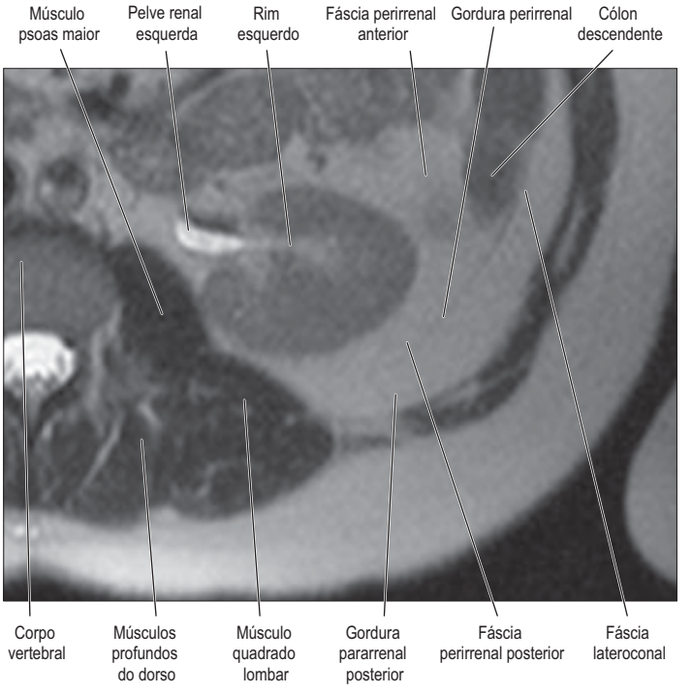


Fig. 62.3 Escaneamento por RM axial T2 mostra as camadas fasciais da parede abdominal posterior ao nível do hilo renal. (Cortesia de Dr. Louise Moore, Chelsea & Westminster Hospital, London).

drado lombar, elas se unem à camada anterior para formar a origem aponeurótica do músculo transverso do abdome.

OUTRAS CAMADAS FASCIAIS

Fáscia do músculo psoas

O músculo psoas maior está contido no interior de uma camada de fáscia que cobre sua superfície anterior. A borda medial é contínua com as origens do músculo nos processos transversos das vértebras lombares, nos corpos das vértebras lombares e nos arcos tendinosos. Superiormente, a fáscia forma parte do ligamento arqueado medial. Lateralmente, a fáscia se funde à fáscia que cobre o músculo quadrado lombar na parte superior do músculo e é contínua com a fáscia ilíaca mais abaixo. Ela separa a massa anterior do psoas maior das estruturas retroperitoneais dispostas sobre ele. A fáscia estende-se para baixo em direção à coxa. Coleções inflamatórias que surgem a partir dos tecidos paraespinais ou dos tecidos retroperitoneais que penetram através da fáscia tendem a ficar confinadas por ela, e essas coleções podem seguir a extensão do músculo para surgir na virilha, onde a fáscia é mais delgada.

Fáscia ilíaca

A fáscia ilíaca é contínua com a fáscia do músculo psoas e indistinguível desta. A fáscia se funde à camada anterior da fáscia toracolombar sobre o músculo quadrado lombar na parte superior do retroperitônio. Mais para baixo, ela está inserida firmemente ao lábio interno da crista ilíaca e medialmente ao periósteo do ílio na borda pélvica. Ela também está inserida no abdome, na eminência iliopectínea.

Fáscia perirrenal

A fáscia perirrenal é uma camada fascial multilaminada que circunda os rins, as glândulas suprarrenais, a parte superior dos ureteres e sua gordura associada, todos contidos no espaço perirrenal (Cap. 74). Embora descrita como tendo folhetos anterior e posterior, estes são contínuos entre si lateralmente e dão origem à fáscia lateroconal neste ponto (Figs. 62.1-62.3). O folheto posterior da fáscia perirenal é aderente à fáscia sobre o músculo psoas maior, à fáscia ilíaca e às camadas anteriores da fáscia toracolombar. No obeso, pode haver algum tecido adiposo frouxo entre essas camadas, mas ele raramente é espesso. O folheto anterior da fáscia renal separa o rim e o espaço perirrenal do espaço pararrenal anterior sobrejacente e de suas vísceras associadas (à direita o duodeno, o cólon ascendente e seu mesocólon; à esquerda o duodeno, o cólon descendente e seu mesocólon). Inferiormente, a fáscia perirrenal estende-se para baixo e envolve o ureter. Ela se torna progressivamente mais delgada em direção à borda da pelve, onde não é mais distinguível do tecido conjuntivo frouxo geral do retroperitônio.

Fáscia lateroconal

A fáscia lateroconal é formada pela face lateral da fáscia perirrenal e estende-se anterolateralmente para se fundir com a fáscia sobre o músculo transverso do abdome. Ela divide os espaços pararrenais anterior e posterior um do outro, mas é mais fina na parte inferior do retroperitônio.

TECIDO CONJUNTIVO EXTRAPERITONEAL POSTERIOR

O retroperitônio usualmente contém tecido conjuntivo frouxo entre as camadas fasciais. Isto é particularmente verdadeiro ao redor da fáscia renal e anterior ao músculo psoas e à fáscia ilíaca. Em todos os indivíduos, com exceção dos mais magros, existe algum tecido adiposo presente nestas áreas, e no obeso ele pode estar notavelmente espessado. As artérias e veias retroperitoneais se localizam em meio a este tecido, mas os ramos do plexo lombar de nervos se localizam profundamente a ele, abaixo das fáscias ilíaca e do psoas.

OSSOS

A parede abdominal posterior é sustentada pelas estruturas ósseas da coluna vertebral e da pelve óssea. Estas incluem as duas costelas mais inferiores, a 12ª vértebra torácica e as cinco vértebras lombares, o sacro e o ílio, além de seus ligamentos interconectantes.

MÚSCULOS

A maioria dos músculos da parede abdominal posterior é funcionalmente parte do membro inferior ou da coluna vertebral. Eles fornecem a superfície contra a qual as estruturas neurovasculares do retroperitônio se encontram, e eles são sustentados e separados da maioria das estruturas retroperitoneais por camadas fasciais (Figs. 62.4, 62.5 e veja a Fig. 62.14).

Músculo quadrado lombar

O músculo quadrado lombar é um músculo de formato irregularmente quadrilátero e é mais largo em sua inserção inferior (origem) do que superiormente.

Inserções O músculo quadrado lombar origina-se abaixo de fibras aponeuróticas no ligamento iliolombar e na porção adjacente da crista ilíaca por aproximadamente 5 cm. A inserção (superior) localiza-se na metade medial da borda inferior da 12ª costela e através de quatro pequenos tendões aos ápices dos processos transversos das quatro vértebras

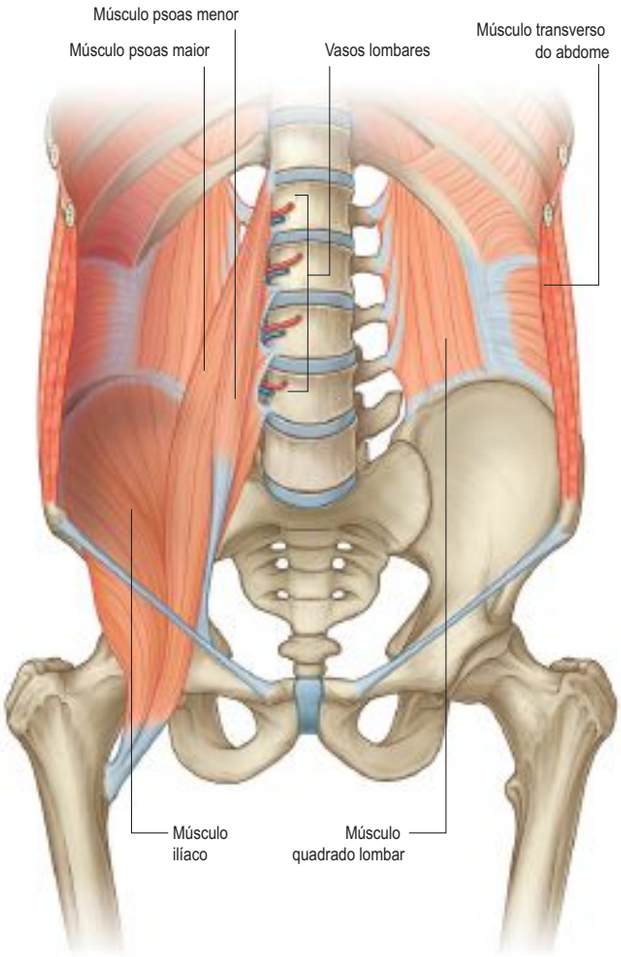


Fig. 62.4 Ossos e músculos profundos da parede abdominal posterior. Os músculos psoas maior esquerdo e o diafragma foram removidos. (Adaptado a partir de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

lombares superiores. Às vezes, ele também origina-se no processo transverso ou no corpo da 12ª vértebra torácica. Ocasionalmente, uma segunda camada deste músculo é encontrada em frente à primeira, originada nas bordas superiores dos processos transversos das três ou quatro vértebras lombares e à margem inferior e à parte inferior da superfície anterior da 12ª costela.

Relações Anteriormente estão o cólon (ascendente à direita, descendente à esquerda), o rim, os músculos psoas maior e menor e o diafragma. Os nervos subcostal, ílio-hipogástrico e ilioinguinal localizam-se sobre a fáscia anterior ao músculo, mas estão delimitados abaixo desta pela continuação medial da fáscia transversal.

Suprimento vascular O músculo quadrado lombar é suprido por ramos das artérias lombares, pela artéria lombar ima, pelo ramo lombar da artéria iliolombar e por ramos da artéria subcostal.

Inervação O músculo quadrado do lombo é inervado pelos ramos ventrais do 12º nervo torácico e pelos três ou quatro nervos espinais lombares superiores.

Ações O músculo quadrado lombar fixa a última costela e atua como um músculo da inspiração por ajudar a estabilizar as origens inferiores do diafragma. Tem sido sugerido que esta ação também poderia proporcionar uma base fixa para o relaxamento controlado do diafragma no ajuste preciso da expiração necessário para a fala e o canto. Com a pelve fixa, o quadrado lombar atua sobre a coluna vertebral, flexionando-a para o mesmo lado. Quando ambos os músculos se contraem, eles provavelmente ajudam a estender a parte lombar da coluna vertebral.

Músculo psoas maior

O músculo psoas maior tem vários locais de origem abdominal. Posteriormente, as origens estão nas superfícies anteriores e bordas inferiores dos processos transversos de todas as vértebras lombares. O músculo que se origina dessas inserções é referido como a massa posterior. O músculo também tem uma massa anterior. Ela consiste em dois diferentes conjuntos de origens. A primeira parte é formada por cinco faixas originadas dos

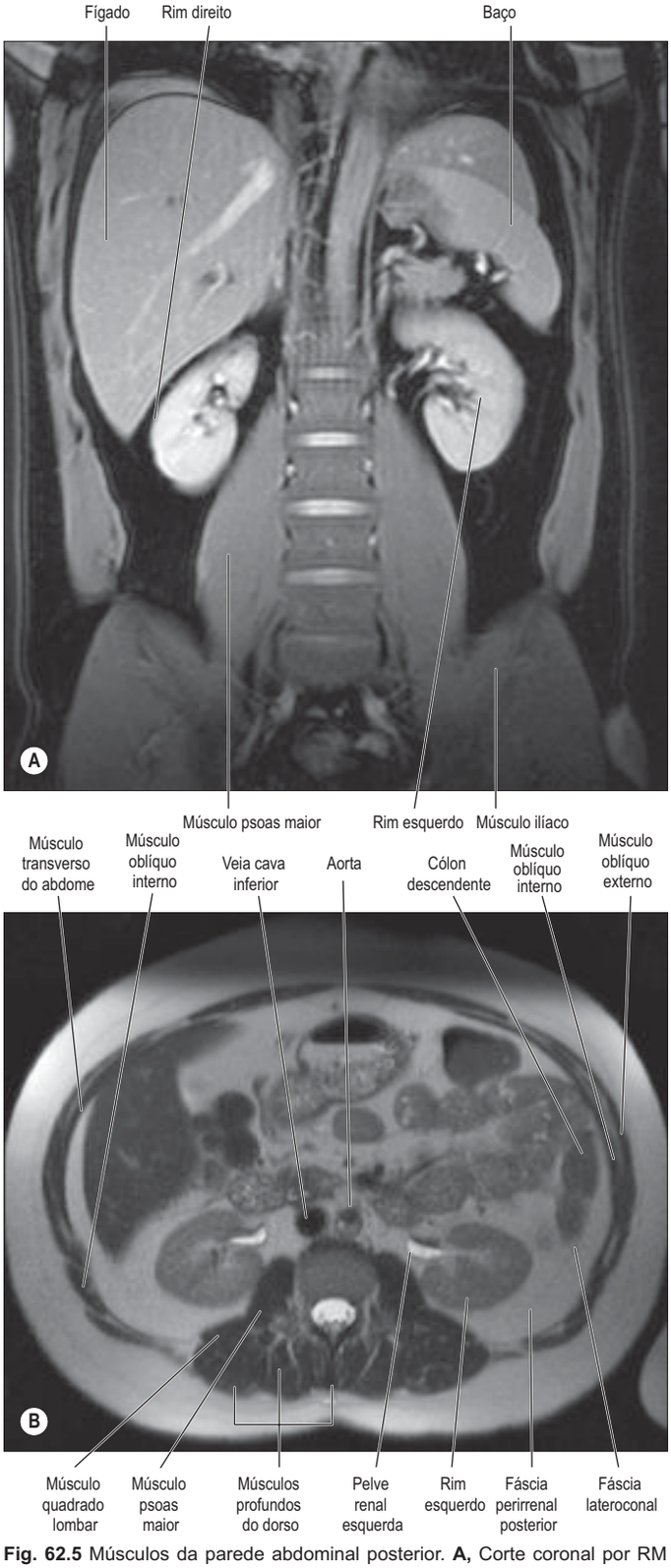


Fig. 62.5 Músculos da parede abdominal posterior. **A,** Corte coronal por RM FISP. **B,** RM axial T2 (Fornecido por Dr. Louise Moore, Chelsea & Westminster Hospital.)

corpos de duas vértebras adjacentes e seu disco intervertebral interposto (da 12ª vértebra torácica e do disco toracolombar até o corpo da quinta vértebra lombar). A segunda parte é uma série de arcos tendinosos que se estendem através de partes estreitas dos corpos das cinco vértebras lombares entre as origens da primeira parte. Os quatro forames intervertebrais lombares superiores apresentam importantes relações a essas origens do músculo. Os forames se localizam anteriormente aos processos transversos (as origens posteriores) e posteriormente aos corpos vertebrais, discos e arcos tendinosos (origens anteriores). As raízes do plexo lombar, portanto, entram no músculo diretamente entre as duas massas e o plexo encontra-se alojado em seu interior. Os ramos em seguida emergem das bordas e superfícies do músculo psoas maior.

Músculo psoas menor

O músculo psoas menor frequentemente está ausente, porém, quando presente, localiza-se anteriormente ao psoas maior. Ele se origina a partir das laterais dos corpos da 12ª vértebra torácica e das primeiras vértebras lombares e a partir do disco entre elas, e termina em um longo tendão plano inserido à linha pectínea e à eminência iliopectínea e, lateralmente, à fáscia ilíaca.

Músculo eretor da espinha

Os músculos do grupo eretor da espinha (Cap. 42) não formam parte da parede abdominal posterior em si, mas estão intimamente associados às camadas fasciais da parede posterior.

Músculo ilíaco

O músculo ilíaco é uma lâmina triangular de músculo que se origina a partir dos dois terços superiores da concavidade da fossa ilíaca, do lábio interno da crista ilíaca, dos ligamentos sacroilíaco ventral e iliolombar e da superfície superior da parte lateral do sacro. Ele alcança o nível das espinhas ilíacas anterossuperior e inferoanterior e recebe algumas fibras a partir da parte superior da cápsula da articulação do quadril. A maioria de suas fibras converge para a face lateral do forte tendão do músculo psoas maior. Ele reveste a parede posterior da pelve menor formada pelo ílio.

Hérnias da parede abdominal posterior

A herniação através da parede abdominal posterior é extremamente rara porque as camadas fasciais normalmente proporcionam uma excelente proteção contra a protrusão das vísceras abdominais posteriores, que são relativamente imóveis. Entretanto, a borda livre posterior do músculo oblíquo externo e a borda livre inferior do músculo grande dorsal criam uma área de potencial fraqueza, referida como o triângulo lombar. As hérnias espontâneas através deste espaço são muito raras na ausência de um prévio acesso cirúrgico, tal como em uma nefrectomia.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

AORTA ABDOMINAL

A aorta abdominal começa no hiato aórtico mediano do diafragma, anterior à borda inferior da 12ª vértebra torácica e ao disco intervertebral toracolombar (Figs. 62.6 e 62.7). Ela desce anteriormente às vértebras lombares para terminar na borda inferior da quarta vértebra lombar, um pouco à esquerda da linha mediana, através da divisão em duas artérias ilíacas comuns. Ela diminui rapidamente de calibre de cima para baixo, porque seus ramos são grandes; entretanto, o diâmetro do vaso em qualquer altura tende a aumentar ligeiramente com a idade. Os calibres superior e inferior avaliados em cadáveres estão entre 9-14 mm e 8-12 mm, respectivamente, com pouca diferença entre os sexos. O ângulo da bifurcação aórtica varia amplamente, particularmente nos idosos. Tem sido sugerido que a relação entre o tamanho e o formato aórticos seja um possível fator causativo no desenvolvimento do aneurisma aórtico abdominal (Newman *et al.*, 1971). A reflexão de ondas de pressão transmitidas nas junções entre os vasos (as quais a aorta abdominal tem muitas) podem enfraquecer focalmente o revestimento da túnica íntima; por exemplo, na bifurcação aórtica oscilações de pressão e possíivel turbulência podem ser estabelecidas como um resultado de diferenças nos diâmetros luminais das artérias ilíacas comuns, o que produz ondas refletidas que podem lesar a túnica íntima da aorta abdominal distal. O papel dos calibres relativos das artérias ilíacas permanece incerto (Shah *et al.*, 1978).

Relações

A aorta abdominal superior está relacionada anteriormente ao tronco celíaco e seus ramos. O plexo celíaco e a pequena cavidade dos epíplons localizam-se entre ela e o lobo esquerdo do fígado e o omento menor. Abaixo deste, a artéria mesentérica superior origina-se da aorta e cruza anteriormente à veia renal esquerda. O corpo do pâncreas, com a veia esplênica sobre sua superfície posterior, estende-se obliquamente para cima e para a esquerda através da aorta abdominal, separado dela pela artéria mesentérica superior e pela veia renal esquerda. Abaixo do pâncreas, as partes proximais das artérias gonadais e a terceira parte do duodeno se dispõem anteriormente. Em parte mais baixa, ela é coberta pelo peritônio parietal posterior e cruzada obliquamente pela origem do mesentério do intestino delgado.

O disco intervertebral toracolombar, as quatro vértebras lombares superiores, os discos intervertebrais intervenientes e o ligamento longitudinal anterior estão todos posteriormente à aorta abdominal. As artérias lombares originam-se a partir de sua face dorsal e cruzam posteriormente a ela. A terceira e a quarta (e às vezes a segunda) veias lombares esquerdas

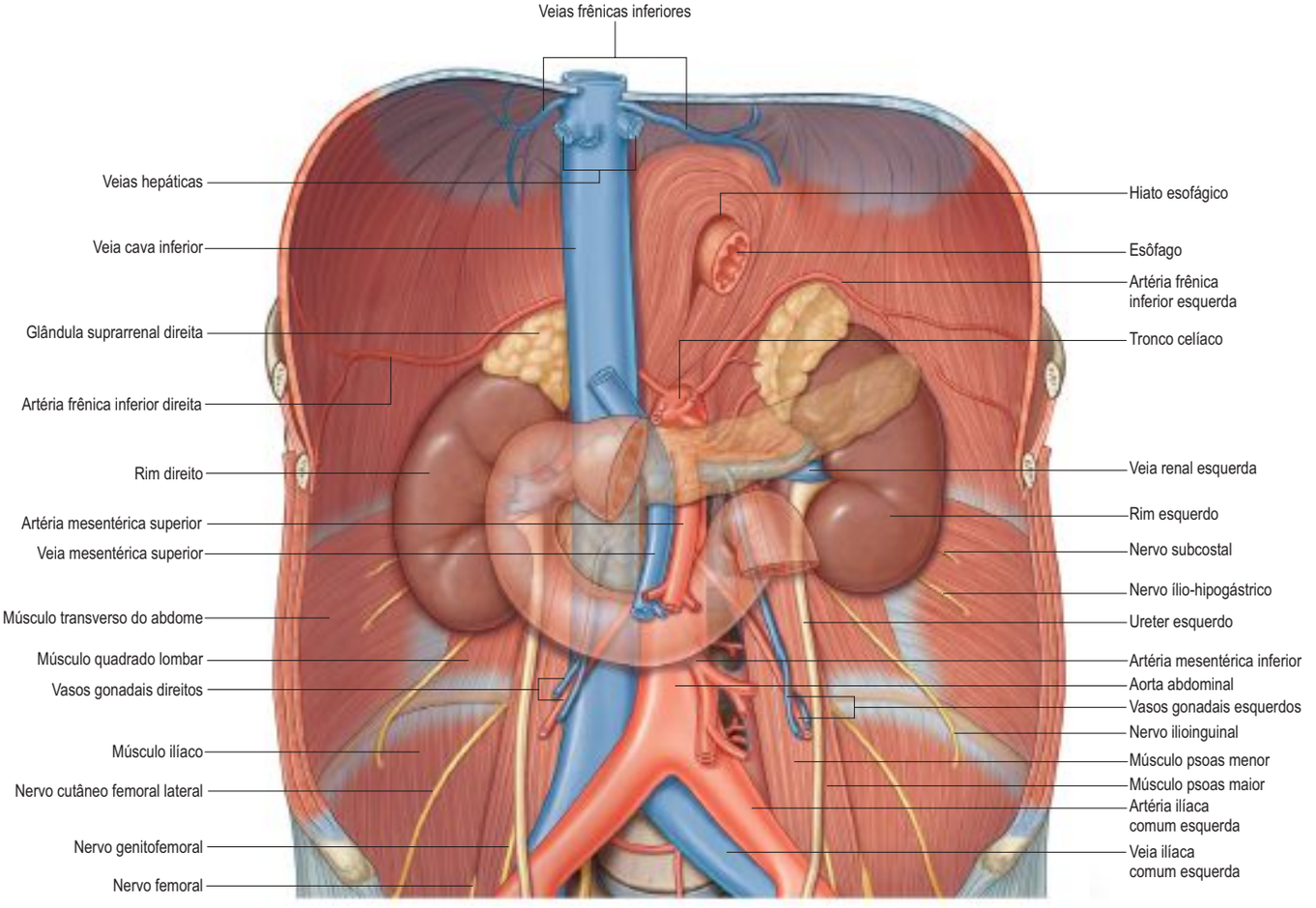


Fig. 62.6 Aorta abdominal e seus ramos e veia cava inferior. As fáscias, os vasos linfáticos e o tecido conjuntivo foram removidos para fins de clareza.

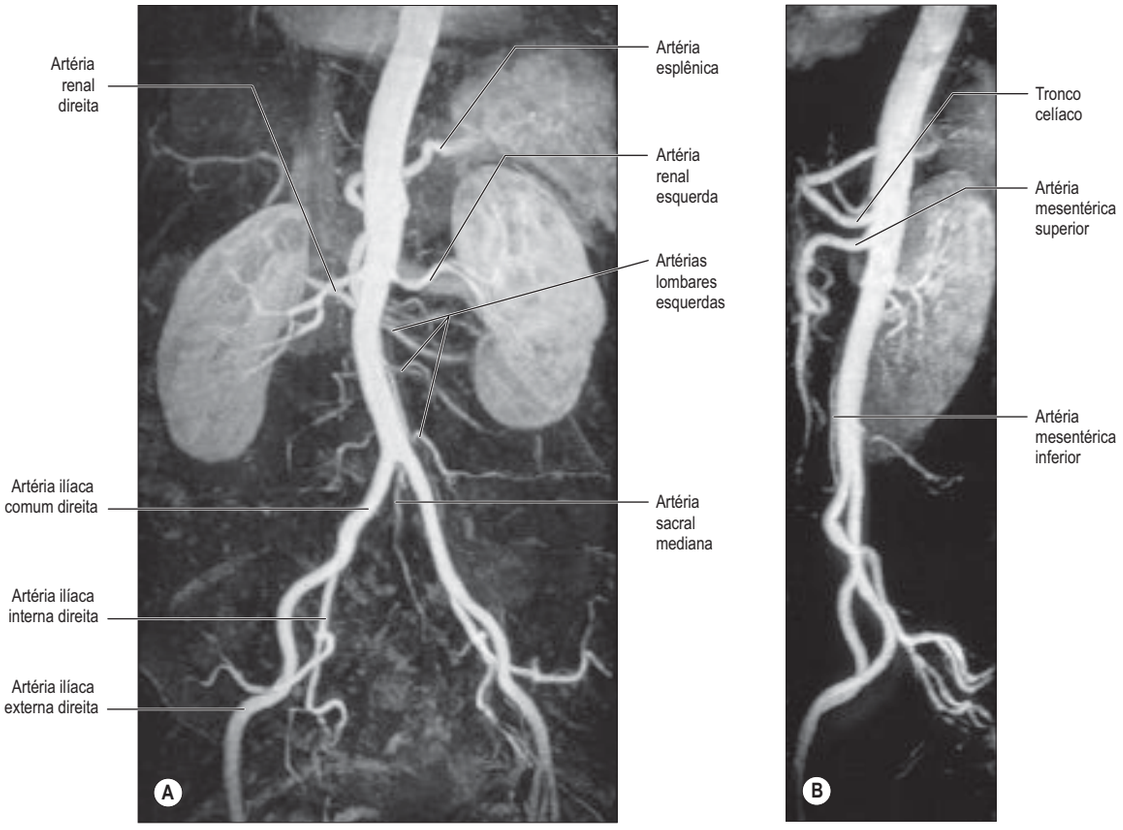


Fig. 62.7 Angiograma aortoilíaco por ressonância magnética. **A,** Representação coronal. **B,** Representação sagital.

também cruzam por trás dela para alcançar a veia cava inferior. A aorta pode sobrepor-se à borda anterior do músculo psoas maior esquerdo.

À direita, a aorta está relacionada acima à cisterna do quilo e ao ducto torácico, à veia ázigo e ao pilar direito do diafragma, que sobrepõe e a separa da veia cava inferior e do gânglio celíaco direito. Abaixo da segunda vértebra lombar, ela está intimamente aplicada ao lado esquerdo da veia cava inferior. Essa íntima relação ocasionalmente permite a formação de uma fístula aortocaval, particularmente, após uma cirurgia por doença aneurismal ou trauma à aorta.

À esquerda, a aorta está relacionada acima ao pilar esquerdo do diafragma e ao gânglio celíaco esquerdo. Ao nível da segunda vértebra lombar, ela está relacionada à flexura duodenojejunal e ao tronco simpático esquerdo, à quarta parte do duodeno e à veia mesentérica inferior.

Ramos

Os ramos da aorta estão descritos como anteriores, laterais e dorsais (Fig. 62.8). Os ramos anteriores e laterais estão distribuídos às vísceras e os ramos dorsais suprem a parede do corpo, a coluna vertebral, o canal vertebral e seu conteúdo. A aorta termina se dividindo nas artérias ilíacas comuns direita e esquerda.

Grupo anterior

Tronco celíaco

O tronco celíaco é o primeiro ramo anterior e se origina logo abaixo do hiato aórtico ao nível dos corpos vertebrais de T12/L1 (Fig. 62.9). Ele tem 1,5-2 cm de comprimento e passa quase horizontalmente para a frente e levemente para a direita, acima do pâncreas e da veia esplênica. Ele se divide em artérias gástrica esquerda, hepática comum e esplênica. O tronco celíaco também pode dar origem a uma ou ambas as artérias frênicas inferiores. A artéria mesentérica superior pode ter uma origem comum com o tronco celíaco. Um ou mais dos ramos mesentéricos superiores pode se originar do tronco celíaco. Anteriormente ao tronco celíaco localiza-se a pequena cavidade dos epíplons. O plexo celíaco circunda o tronco celíaco e envia extensões ao longo de seus ramos. À direita localizam-se o gânglio celíaco direito, o pilar direito do diafragma e o lobo caudado do fígado. À esquerda localizam-se o gânglio celíaco esquerdo, o pilar esquerdo do diafragma e a extremidade cárdica do estômago. O pilar direito pode comprimir a origem do tronco celíaco, o que dá a apa-

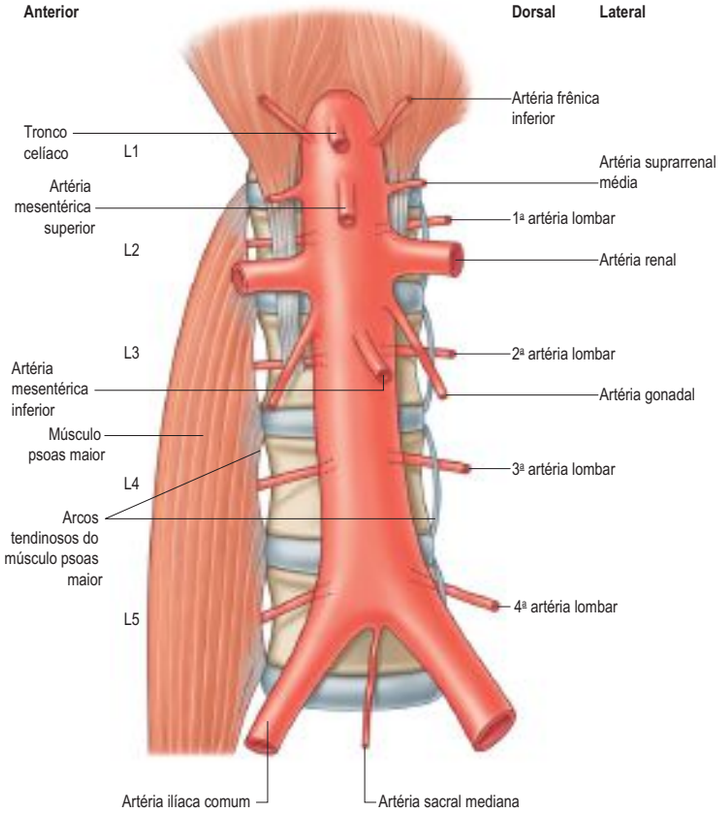


Fig. 62.8 Ramos da aorta abdominal.

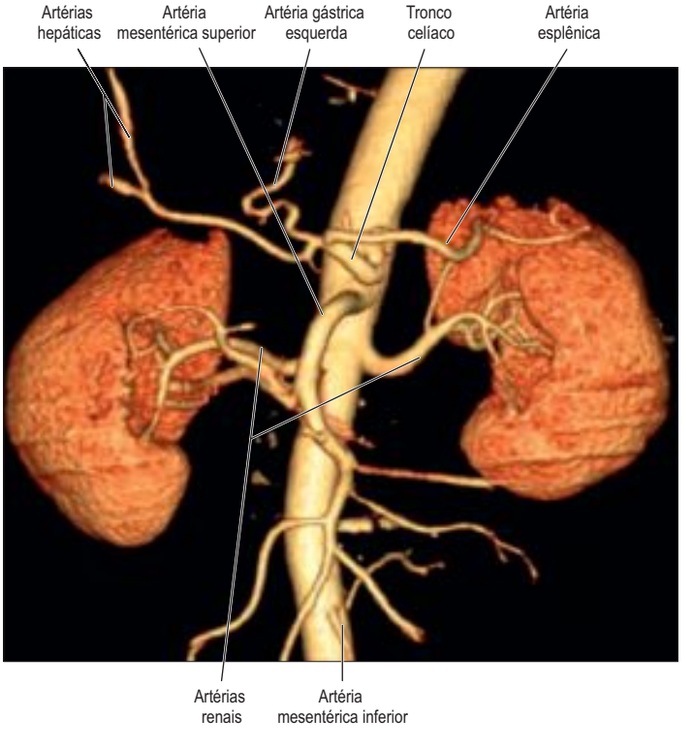


Fig. 62.9 Angiograma por TC de exposição de superfície sombreada e de representação de volume dos principais ramos da aorta abdominal (artérias renal, celíaca e mesentérica superior). (Cortesia de Dr. Nasir Khan, Chelsea & Westminster Hospital, London).

rência de um estreitamento. O corpo do pâncreas e a veia esplênica estão inferiores ao tronco celíaco.

Artéria mesentérica superior

A artéria mesentérica superior origina-se a partir da aorta aproximadamente a 1 cm abaixo do tronco celíaco, ao nível do disco intervertebral entre L1 e L2 (Fig. 62.9). Ela localiza-se posteriormente à veia esplênica e ao corpo do pâncreas e está separada da aorta pela veia renal esquerda. Ela segue inferior e anteriormente, anterior ao processo uncinado do pâncreas e à terceira parte do duodeno.

Artéria mesentérica inferior

A artéria mesentérica inferior é usualmente menor em calibre do que a artéria mesentérica superior. Ela se origina a partir da face anterior ou anterolateral esquerda da aorta ao nível da terceira vértebra lombar, 3 ou 4 cm acima da bifurcação da aorta e posteriormente à parte horizontal do duodeno (Figs. 62.6 e 62.9).

Grupo lateral

Artéria suprarrenal

A artéria suprarrenal média origina-se a partir da face lateral da aorta abdominal, ao nível da artéria mesentérica superior. Ela ascende levemente e segue sobre os pilares do diafragma até as glândulas suprarrenais, na qual ela se anastomosa com os ramos suprarrenais das artérias frênica e renal. A artéria suprarrenal média direita passa por trás da veia cava inferior, próximo ao gânglio celíaco direito. A artéria suprarrenal média esquerda passa próximo ao gânglio celíaco esquerdo, à artéria esplênica e à borda superior do pâncreas.

Artéria renal

As artérias renais são dois dos maiores ramos da aorta abdominal e surgem lateralmente do vaso logo abaixo da origem da artéria mesentérica superior. A direita é mais longa e usualmente origina-se de uma posição ligeiramente mais alta que a esquerda. Ela passa posteriormente à veia cava inferior, à veia renal direita, à cabeça do pâncreas e à segunda parte do duodeno. A artéria renal esquerda origina-se um pouco mais abaixo e passa por trás da veia renal esquerda, do corpo do pâncreas e da veia esplênica.

Artéria gonadal

As artérias gonadais são dois longos vasos delicados que se originam a partir da aorta um pouco inferiormente às artérias renais. Cada uma passa inferolateralmente sob o peritônio parietal sobre o músculo psoas maior.

Grupo dorsal

Artérias frênicas inferiores

As artérias frênicas inferiores usualmente se originam a partir da aorta, logo acima do nível do tronco celíaco. Ocasionalmente, elas surgem a partir de uma origem aórtica comum com o tronco celíaco, a partir do tronco celíaco propriamente dito ou a partir da artéria renal. Elas contribuem para o suprimento arterial do diafragma. Cada artéria ascende e segue lateralmente anterior ao pilar do diafragma, próximo à borda medial da glândula suprarrenal. A artéria esquerda passa por trás do esôfago e para a frente do lado esquerdo de sua abertura diafragmática. A artéria direita passa posteriormente à veia cava inferior e em seguida à direita da abertura diafragmática para a veia cava inferior. Próximo à borda posterior do tendão central do diafragma, cada uma se divide em ramos medial e lateral (Fig. 62.6). O ramo medial se curva para a frente a fim de se anastomosar com seu par em frente ao tendão central e com as artérias musculofrênica e pericardicofrênica. O ramo lateral aproxima-se da parede torácica e se anastomosa com as artérias intercostal posterior inferior e musculofrênica. O ramo lateral da artéria direita fornece o suprimento arterial para a parede da veia cava inferior, enquanto a artéria esquerda envia ramos ascendentes para a superfície serosa da parte abdominal do esôfago. Cada artéria frênica inferior tem dois ou três pequenos ramos suprarrenais. As cápsulas do fígado e do baço também podem receber um pequeno suprimento das artérias.

Artérias lombares

Existem usualmente quatro artérias lombares a cada lado, em série com as artérias intercostais posteriores. Elas se originam a partir da face posterolateral da aorta, em posição oposta às vértebras lombares. Um quinto par, menor, ocasionalmente se origina a partir da artéria sacral mediana, mas ramos lombares das artérias iliolombares normalmente assumem seu lugar. As artérias lombares seguem posterolateralmente sobre os corpos da primeira a quarta vértebras lombares, por trás dos troncos simpáticos, nos intervalos entre os processos transversos lombares adjacentes. A partir desse ponto elas estendem-se para o interior dos músculos da parede abdominal posterior. As artérias direitas passam posteriormente à veia cava inferior. As duas superiores do lado direito, e as primeiras artérias lombares esquerdas, estão posicionadas posteriormente ao pilar correspondente do diafragma. As artérias de ambos os lados passam sob arcos tendinosos que cruzam as concavidades laterais dos corpos vertebrais e que representam as origens dos músculos psoas maiores. As artérias seguem posteriormente aos músculos e aos plexos lombares e em seguida cruzam a superfície anterior dos músculos quadrados lombares. Na borda lateral dos músculos quadrados lombares, elas perfuram a aponeurose posterior dos músculos transversos do abdome e seguem para a frente entre eles e os músculos oblíquos internos. Elas se anastomosam umas com as outras e com as artérias intercostais posteriores inferiores, subcostais, iliolombar, circunflexa ilíaca profunda e epigástrica inferior.

Ramos dorsais

Cada artéria lombar tem um ramo dorsal que passa para trás entre os processos transversos vertebrais adjacentes para suprir os músculos, as articulações e a pele do dorso. Esse ramo também tem um ramo espinal, que entra no canal vertebral para suprir seu conteúdo e as vértebras adjacentes e anastomosa-se com as artérias acima e abaixo dele e através da linha mediana (Fig. 43.9). O ramo espinal da primeira artéria lombar supre a parte terminal da medula espinal propriamente dita e as demais suprem a cauda equina, as meninges e o canal vertebral. A oclusão de todas ou da maioria dessas artérias por dissecção ou aneurisma da aorta abdominal pode causar isquemia da cauda equina, o que produz a chamada "síndrome da cauda equina". Esta condição é rara, mesmo após uma cirurgia infrarrenal de enxerto aórtico, em função da circulação colateral relativamente boa das artérias da medula espinal a partir da aorta torácica descendente. Ramos das artérias lombares e seus ramos dorsais suprem os músculos adjacentes, as fáscias, os ossos, a medula óssea hematopoiética, os ligamentos e as articulações da coluna vertebral.

Artéria sacral mediana

A artéria sacral mediana é um pequeno ramo que se origina a partir da face posterior da aorta um pouco acima de sua bifurcação. Ela desce na linha mediana, anterior à quarta e quinta vértebras lombares, ao sacro e ao cóccix e termina no corpo coccígeo. Ao nível da quinta vértebra lombar ela é cruzada pela veia ilíaca comum esquerda e frequentemente dá origem a uma pequena artéria lombar (artéria lombar ima), cujos pequenos ramos atingem a região anorretal através do ligamento anococcígeo. Anterior à quinta vértebra lombar, a artéria sacral mediana se anastomosa com um ramo lombar da artéria iliolombar. Anterior ao sacro, ela se anastomosa com as artérias sacrais laterais e envia ramos para o interior dos forames sacrais anteriores.

VEIA CAVA INFERIOR

A veia cava inferior conduz o sangue para o átrio direito a partir de todas as estruturas abaixo do diafragma (Fig. 62.10). A maior parte de seu trajeto

encontra-se no interior do abdome, porém uma pequena parte encontra-se dentro do pericárdio fibroso no tórax.

A veia cava inferior é formada pela junção das veias ilíacas comuns, anteriores ao corpo da quinta vértebra lombar, um pouco para a sua direita. Ela ascende anteriormente à coluna vertebral, à direita da aorta, e está contida em um profundo sulco na superfície posterior do fígado, ou às vezes em um túnel fechado por uma faixa de tecido hepático. Em seguida, ela cruza a parte tendinosa do diafragma entre seus "folhetos" mediano e direito, inclina-se levemente anteromedialmente e passa através do pericárdio fibroso e de uma reflexão posterior do pericárdio seroso, para se abrir na parte inferoposterior do átrio direito. A porção abdominal da veia cava inferior é desprovida de valvas.

Relações da parte abdominal da veia cava inferior

Anteriormente, a veia cava inferior está relacionada à artéria ilíaca comum direita em sua origem. Ela é cruzada obliquamente pela raiz do mesentério e seus vasos e nervos contidos, e pela artéria gonadal direita. Ela se localiza atrás do peritônio da parede abdominal posterior e da terceira parte do duodeno e ascende por trás da cabeça do pâncreas e em seguida da primeira parte do duodeno, separada dessas estruturas pelo ducto biliar comum e pela veia porta. Acima do duodeno, ela é novamente coberta pelo peritônio da parede abdominal posterior, que forma a parede posterior do forame epiploico e separa a veia cava inferior da borda livre direita do omento menor e de seus conteúdos. Acima deste, ela está intimamente relacionada ao fígado anteriormente.

Os corpos das três vértebras lombares inferiores e seus discos intervertebrais, o ligamento longitudinal anterior, o músculo psoas maior, o tronco simpático e as terceira e quarta artérias lombares direitos estão todos posteriores à veia cava inferior. Superiormente a estas estruturas, a veia cava inferior está relacionada posteriormente ao pilar direito do diafragma, à parte medial da glândula suprarrenal direita, ao gânglio celíaco direito e às artérias renal, suprarrenal média e frênica inferior direitas.

O ureter direito, a segunda parte do duodeno, a borda medial do rim direito e o lobo direito do fígado estão todos lateralmente ao lado direito da veia cava inferior. A aorta, o pilar direito do diafragma e o lobo caudado do fígado estão todos do lado esquerdo da veia cava inferior.

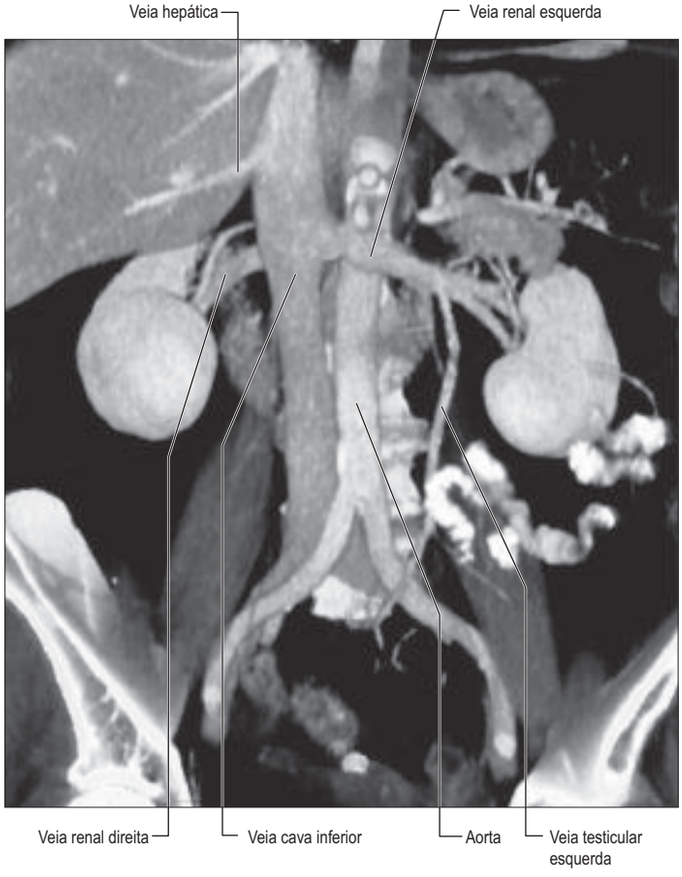


Fig. 62.10 Angiograma tridimensional de exposição de superfície sombreada por tomografia computadorizada de múltiplos cortes da aorta abdominal e da veia cava inferior.

Numerosas anomalias podem ocorrer na anatomia da veia cava inferior, principalmente relacionadas à sua complexa formação. Ela às vezes é substituída, abaixo do nível das veias renais, por dois vasos mais ou menos simétricos (Fig. 62.11), frequentemente associados à falha da interconexão entre as veias ilíacas comuns e à persistência de um canal longitudinal à esquerda (usualmente a veia supracardinal ou a veia subcardinal) que normalmente desaparece no início da vida fetal. Na transposição visceral completa, a veia cava inferior localiza-se à esquerda da aorta.

Tributárias

A veia cava inferior abdominal normalmente recebe as veias ilíacas comuns em sua origem e as veias lombares, gonadal direita, renais, suprarrenal direita, frênicas inferiores e hepáticas durante seu trajeto (Figs. 62.6 e 62.12).

Veias lombares

Quatro pares de veias lombares coletam o sangue através de tributárias dorsais derivadas dos músculos lombares e da pele. Estes ramos se anastomosam com tributárias de origem lombar das veias ázigos e hemiázigos. As tributárias abdominais para as veias lombares drenam o sangue que advém das paredes abdominais posterior, laterais e anterior, incluindo o peritônio parietal. Anteriormente, as tributárias abdominais se anastomosam com tributárias das veias epigástricas inferior e superior. Essas anastomoses fornecem rotas de drenagem venosa contínua a partir da pelve e do membro inferior para o coração no caso de obstrução da veia cava inferior. As tributárias abdominais drenam para as veias epigástricas superiores e daí através das veias torácicas internas para a veia cava superior, enquanto as tributárias dorsais transportam sangue para o sistema ázigos e hemiázigos, e daí para a veia cava superior. Próximo à coluna vertebral, as veias lombares drenam os plexos vertebrais e estão conectadas pela veia lombar ascendente, que é um vaso que segue longitudinalmente anterior às raízes dos processos transversos das vértebras lombares. As terceira e quarta veias lombares são bastante consistentes em seu trajeto, e normalmente passam para a frente nas laterais dos corpos de vértebras correspondentes para entrar na face posterior da veia cava inferior. As veias lombares esquerdas passam por trás da aorta abdominal e, portanto, são mais longas. As primeira e segunda veias lombares a cada lado são muito mais variáveis; elas podem drenar para a veia cava inferior, veia lombar ascendente ou para as veias ázigos ou hemiázigos e estão frequentemente conectadas umas às outras. A primeira veia lombar normalmente não entra na veia cava inferior diretamente, mas segue para baixo a fim de se unir à segunda veia lombar ou, menos comumente, poder drenar diretamente para a veia lombar ascendente ou passar à frente sobre o corpo da primeira vértebra lombar para se unir à veia ázigo. A segunda veia lombar pode se unir à veia cava inferior ao nível das veias renais ou próximo a estas, ou, menos comumente, unir-se à terceira veia lombar ou à veia lombar ascendente.

Veia lombar ascendente

A veia lombar ascendente conecta as veias ilíacas comuns, iliolombares e lombares. Ela se localiza entre o músculo psoas maior e as raízes dos processos transversos lombares. Existe uma considerável variabilidade no trajeto desta veia, da veia ázigos ou hemiázigos e da primeira veia lombar. Superiormente, ela em geral se une à veia subcostal para formar a veia ázigos à direita e a hemiázigos à esquerda. Essas veias seguem adiante sobre o corpo da 12ª vértebra torácica e passam abaixo dos pilares do diafragma e para dentro do tórax. A veia lombar ascendente está usualmente unida a um pequeno vaso advindo da parte de trás da veia cava inferior ou da veia renal esquerda. Essa pequena veia representa a linha ázigos e é referida como a veia ázigos lombar. Às vezes a veia lombar ascendente termina na primeira veia lombar, que em seguida contorna a primeira vértebra lombar com a primeira artéria lombar para se unir à veia ázigos lombar. Nessas circunstâncias, as veias subcostais se unem à veia ázigos à direita e à veia hemiázigos à esquerda.

Veias gonadais

Somente a veia gonadal direita se une à veia cava inferior diretamente. Ela se abre em sua face anterolateral direita em um ângulo agudo, logo inferior ao nível da veia renal esquerda. Ela é frequentemente dupla durante todo o trajeto até o nível de entrada na veia cava inferior.

Veias renais

As veias renais são vasos de grande calibre, que se localizam anteriormente às artérias renais e se abrem na veia cava inferior quase em ângulos retos (Fig. 62.10). A veia esquerda tem um comprimento três vezes maior que a direita (7,5 cm e 2,5 cm, respectivamente). A veia esquerda se localiza na parede abdominal posterior, posteriormente à veia esplênica e ao corpo do pâncreas. Próximo à sua abertura na veia cava inferior, ela se localiza anteriormente à aorta, com a artéria mesentérica superior logo acima dela.

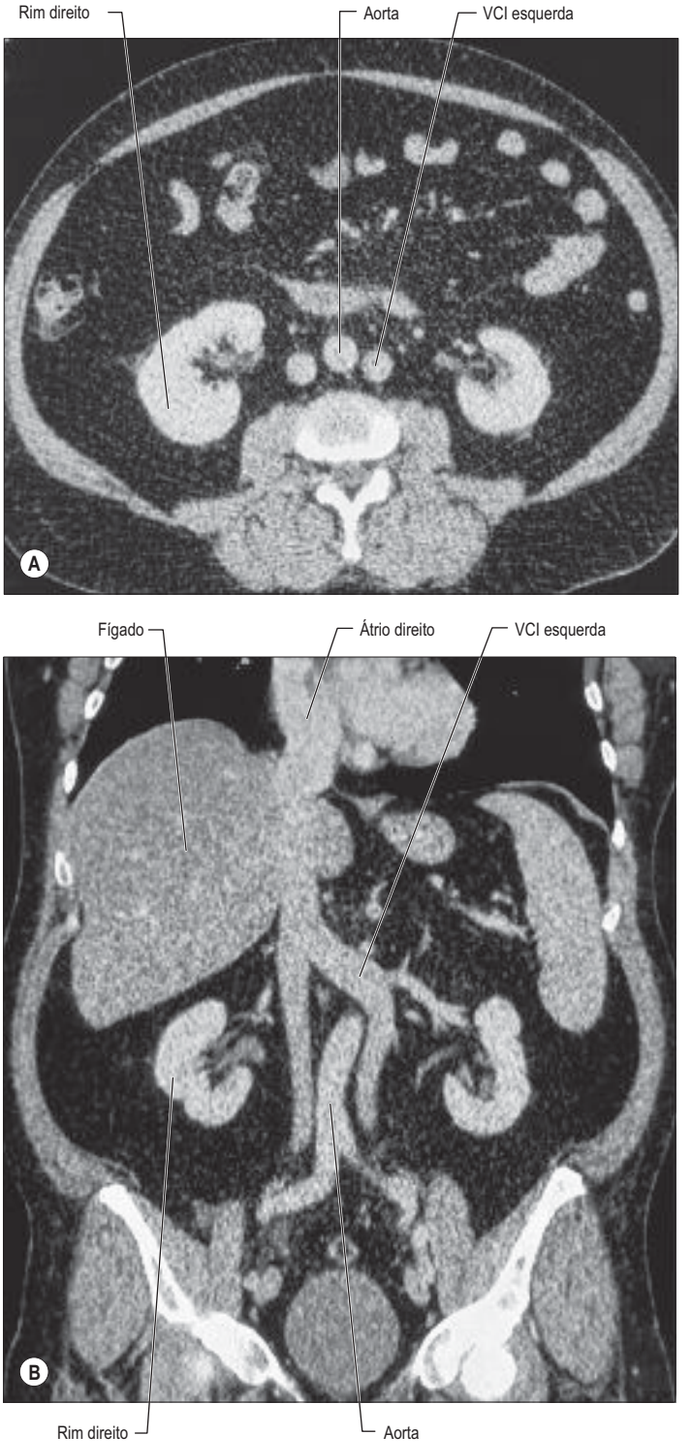


Fig. 62.11 Tomografia computadorizada por múltiplos cortes demonstra uma dupla veia cava inferior (VCI). **A,** TC axial ao nível do hilo renal, mostra uma VCI a cada lado da aorta. **B,** Representação coronal mostra VCI bilaterais que se unem acima do nível das veias renais.

A veia renal direita se localiza posterior à segunda parte do duodeno e às vezes à parte lateral da cabeça do pâncreas.

Veia suprarrenal

A veia suprarrenal direita drena diretamente para a veia cava inferior ao nível da 12ª vértebra torácica.

Veias frênicas inferiores

As veias frênicas inferiores seguem sobre a superfície inferior do tendão central do diafragma. Elas drenam para a face posterolateral da veia cava inferior ao redor do nível da décima vértebra torácica. A veia esquerda tende a drenar para um nível ligeiramente mais alto que a direita e segue acima do nível da abertura esofágica no diafragma. Ela pode ser dupla, com um ramo que drena para a veia renal esquerda ou para a veia suprarrenal.

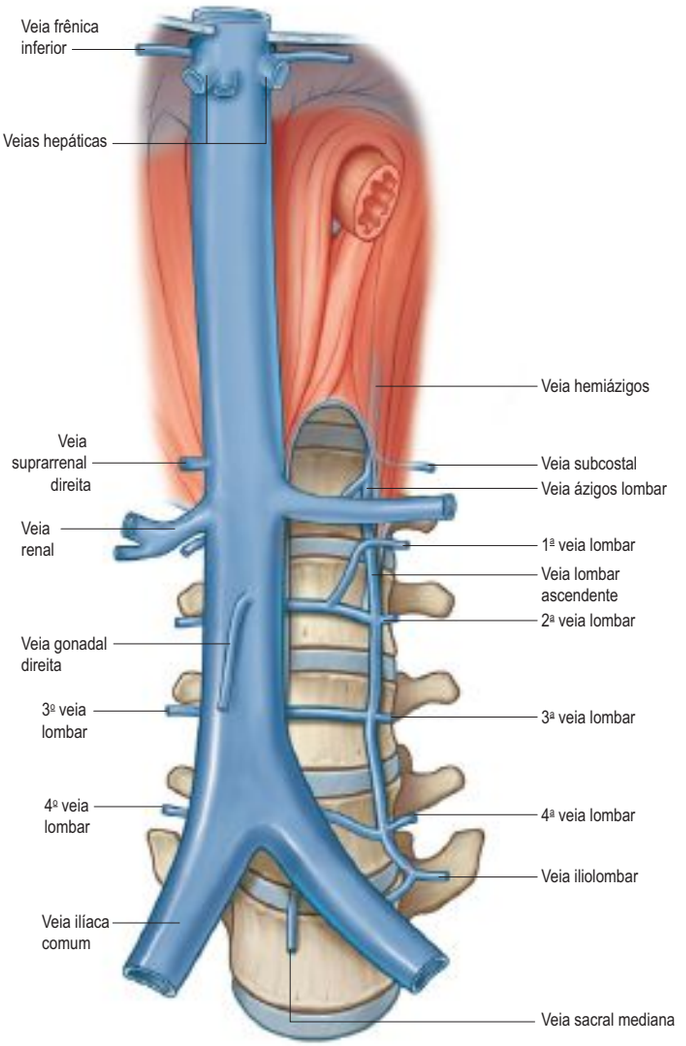


Fig. 62.12 Tributárias da veia cava inferior e das veias lombares. Para fins de clareza, apenas o sistema venoso lombar esquerdo está mostrado.

Circulação colateral na oclusão da veia cava inferior

A oclusão da veia cava inferior pode se seguir à trombose que resulta de condições de hipercoagulação ou de embolismo a partir de tromboses no membro inferior ou pélvicas. A circulação colateral venosa é estabelecida através de uma ampla gama de anastomoses entre vasos que drenam finalmente para a veia cava superior. As veias lombares se conectam às tributárias das veias epigástricas superior e inferior, circunflexa ilíaca, torácica lateral, subcostal e intercostais posteriores. Elas também se anastomosam com tributárias das veias ázigos, hemiázigos, e ázigos lombar. Os plexos venosos vertebrais interconectantes fornecem uma rota adicional de circulação colateral entre as veias cavas.

Filtros da veia cava inferior

A embolização recorrente de coágulos a partir de veias pélvicas e dos membros inferiores pode ser uma séria ameaça à vida. Em um esforço para prevenir o embolismo pulmonar letal, um filtro fenestrado pode ser colocado no interior da veia cava como uma medida para aprisionar o coágulo. Estes são mais comumente inseridos por orientação radiológica através da veia jugular interna e da veia cava superior e colocados em um nível abaixo da origem das veias renais. A oclusão progressiva do filtro por coágulos pode levar a sintomas de obstrução da veia cava. Raramente, uma lesão na parede da veia cava a partir dos ganchos retentores do filtro pode levar ao desenvolvimento de uma fístula aortocaval como resultado da íntima proximidade com a aorta neste nível.

DRENAGEM LINFÁTICA

A drenagem linfática dos músculos, dos tecidos profundos e do tegumento da parede abdominal posterior é de modo geral dividida em quatro regiões. As pequenas regiões superior esquerda e superior direita drenam

para os linfonodos aórticos laterais e para os linfonodos axilares ipsilaterais. As grandes porções inferior esquerda e inferior direita, drenam para os linfonodos laterais à aorta e retroaórticos, embora alguma drenagem também ocorra para os linfonodos inguinais superficiais esquerdos e direitos.

A drenagem linfática das vísceras abdominais ocorre quase exclusivamente através da cisterna do quilo e do ducto torácico. Alguma drenagem linfática pode ocorrer através do diafragma a partir da área nua do fígado e dos tecidos retroperitoneais mais superiores, mas esta é provavelmente de pouca consequência clínica, a não ser durante uma obstrução do ducto torácico. Os linfonodos do retroperitônio se localizam ao redor da aorta abdominal e formam grupos pré-aórticos, laterais e retroaórticos (Fig. 62.13). Coletivamente, eles são referidos como os linfonodos para-aórticos e clinicamente é difícil distinguir entre eles, seja em uma cirurgia ou em imageamento em corte transversal.

Cisterna do quilo e troncos linfáticos abdominais

A origem abdominal do ducto torácico se localiza à direita da linha mediana, ao nível da borda inferior do corpo da 12ª vértebra torácica ou do disco intervertebral toracolombar. Ele recebe toda a linfa liberada pelos quatro principais troncos linfáticos abdominais, os quais convergem para um arranjo alongado de canais, referido como a confluência abdominal dos troncos linfáticos. A confluência pode ser uma estrutura simples em formato de duto ou estar duplicada, triplicada ou plexiforme. Quando ela é mais ampla que o duto torácico, seu interior é às vezes irregular e bilocular ou trilocular, e ela pode circundar linfonodos intercalados. Ocasionalmente, a confluência é uma simples dilatação fusiforme e sacular; o nome "cisterna do quilo", amplamente utilizado, descreve melhor estas formas mais simples.

A confluência abdominal dos troncos linfáticos estende-se a partir do início do duto torácico, verticalmente para baixo por 5-7 cm, e localiza-se anterolateralmente à direita dos primeiro e segundo corpos das vértebras lombares e seus discos intervenientes. Ela se encontra imediatamente à direita da aorta abdominal. Ao longo do seu comprimento, ela se localiza entre os territórios que contêm os linfonodos aórticos laterais direitos superiores e os membros dos grupos pré-aórticos mesentéricos superiores e celíacos do lado direito, ramos dos quais podem drenar diretamente para os vários troncos. As duas artérias lombares direitas superiores e a veia ázigos lombar direita estão entre a confluência e a coluna vertebral. A borda medial do pilar direito do diafragma localiza-se anteriormente à confluência abdominal dos troncos linfáticos. A confluência recebe os troncos linfáticos lombares direito e esquerdo e intestinal, embora estes possam drenar diretamente para o ducto torácico mais raramente.

Os troncos linfáticos lombares são formados por vasos que drenam dos linfonodos aórticos laterais. Deste modo, seja diretamente ou após atravessar grupos intermediários, os troncos transportam a linfa advinda dos membros inferiores, de toda a espessura das paredes pélvica, perirrenal e abdominal infraumbilical, dos tecidos profundos da maioria das paredes abdominais supraumbilicais, da maioria das vísceras pélvicas, das gônadas, dos rins e das glândulas suprarrenais. Os troncos linfáticos intestinais recebem vasos que drenam dos linfonodos celíacos e, através destes linfonodos, dos linfonodos mesentéricos superiores e inferiores, que são coletivamente os linfonodos pré-aórticos. Seja diretamente ou através de grupos intermediários, eles drenam todo o trato gastrointestinal abdominal até o ânus.

A íntima relação da cisterna do quilo e dos troncos linfáticos abdominais com a aorta abdominal pode levar a problemas após cirurgia aórtica, particularmente dissecções realizadas ao redor da aorta acima do nível do eixo celíaco. O grande calibre dos troncos, associado ao volume de linfa que flui através deles, não permite que eles se autorregenerem facilmente após uma lesão, e isto pode levar a uma problemática ascite quilosa (linfática) recorrente.

O ducto torácico sai da extremidade superior da cisterna do quilo ou da confluência abdominal e passa imediatamente através da abertura aórtica do diafragma, posterolateralmente à aorta.

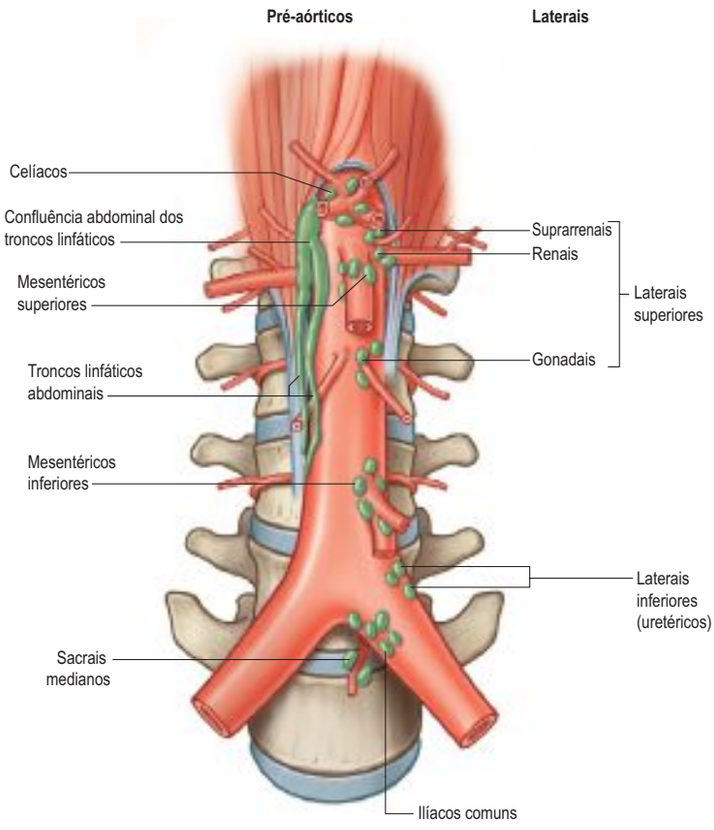


Fig. 62.13 Grupos de linfonodos para-aórticos. Os principais grupos pré-aórticos estão mostrados. Para fins de clareza, apenas os linfonodos laterais do lado esquerdo estão mostrados,

Grupo pré-aórtico

Os grupos pré-aórticos tendem a se dispor ao redor das origens das artérias anteriores (viscerais) e recebem a linfa advinda do trato gastrointestinal e de suas estruturas acessórias (fígado, baço e pâncreas), desde a parte abdominal do esôfago até o nível do ânus. Eles dão origem aos vasos linfáticos que drenam para cima para formar os troncos intestinais que entram na confluência abdominal dos troncos linfáticos. Eles estão divididos em grupos celíaco, mesentérico superior e mesentérico inferior e estão próximos às origens destas artérias.

Linfonodos celíacos

Os linfonodos celíacos localizam-se anteriormente à aorta abdominal, ao redor da origem da artéria celíaca. Eles são um grupo terminal e recebem a linfa drenada dos linfonodos regionais ao redor dos ramos da artéria celíaca (linfonodos gástricos esquerdos, hepáticos e pancreaticoesplênicos) e dos grupos pré-aórticos inferiores (os mesentéricos superiores e mesentéricos inferiores). Os linfonodos celíacos dão origem aos troncos linfáticos intestinais direitos e esquerdos.

Linfonodos gástricos Existem numerosos grupos de linfonodos gástricos. Eles drenam o estômago, a parte superior do duodeno, a parte abdominal do esôfago e o omento maior para o grupo celíaco.

Linfonodos hepáticos Os linfonodos hepáticos estendem-se para o omento menor ao longo das artérias hepáticas e do ducto biliar. Eles variam em número e local, mas quase sempre ocorrem na junção dos ductos cístico e hepático comum (o linfonodo cístico) ao longo da parte superior do ducto biliar comum e na borda anterior do forame epiploico. Os linfonodos hepáticos drenam a maior parte do fígado, da vesícula biliar e dos ductos biliares, mas também recebem drenagem de algumas partes do estômago, duodeno e do pâncreas. Eles drenam para os linfonodos celíacos e daí para os troncos intestinais.

Linfonodos pancreaticoesplênicos Os linfonodos pancreaticoesplênicos drenam o baço, o pâncreas e parte do estômago para os linfonodos celíacos.

Linfonodos mesentéricos superiores e mesentéricos inferiores

Os linfonodos mesentéricos superiores e inferiores localizam-se anteriormente à aorta, próximo às origens de suas respectivas artérias. Os linfonodos mesentéricos superiores e inferiores são grupos pré-terminais para o canal alimentar desde a flexura duodenojejunal até a porção superior do canal anal. Eles coletam a partir de grupos periféricos, como os linfonodos mesentéricos, ileocólicos, cólicos e pararretais, e drenam para os linfonodos celíacos.

Grupo aórtico lateral

Os linfonodos aórticos laterais localizam-se a cada lado da aorta abdominal, anteriormente às margens mediais do músculo psoas maior, dos pilares do diafragma e dos troncos simpáticos. À direita, alguns linfonodos localizam-se lateralmente e anteriormente à veia cava inferior próximo à

extremidade da veia renal direita. Os linfonodos raramente se localizam entre a aorta e a veia cava inferior, onde elas estão intimamente relacionadas. Os linfonodos aórticos laterais drenam as vísceras e outras estruturas supridas pelos ramos aórticos laterais e dorsais. Os grupos laterais superiores recebem a drenagem linfática advinda diretamente das glândulas suprarrenais, dos rins, dos ureteres, das gônadas, das tubas uterinas e da parte superior do útero. Eles também recebem a linfa advinda diretamente dos tecidos mais profundos da parede abdominal posterior. Os vasos linfáticos derivados da pelve, da maioria das vísceras pélvicas, do períneo e da parede abdominal anterolateral passam primeiro para linfonodos regionais amplamente relacionados às artérias ilíacas e seus ramos. Estes incluem os linfonodos ilíacos comuns, ilíacos externos, ilíacos internos e ilíacos circunflexos, além dos linfonodos epigástricos inferiores e sacrais. A linfa advinda dos membros inferiores passa através dos linfonodos pélvicos através dos grupos ilíacos.

O grupo aórtico lateral drena para os dois troncos linfáticos lombares, um de cada lado, os quais terminam na confluência dos troncos linfáticos abdominais. Alguns poucos vasos podem passar para os linfonodos pré-aórticos e retroaórticos e outros cruzam a linha mediana para fluir para os linfonodos contralaterais e formam um plexo relativamente impreciso.

Grupo retroaórtico

O grupo retroaórtico é o menor de todos os grupos para-aórticos e não apresenta áreas particulares de drenagem, embora ele possa receber alguma linfa diretamente da parede abdominal posterior paraespinal. Os linfonodos retroaórticos são efetivamente linfonodos periféricos dos grupos aórticos laterais e fornecem interconexões entre os grupos circunjacentes.

INERVAÇÃO

A parede abdominal posterior contém a origem do plexo lombar e numerosos plexos e gânglios autônomos que se localizam próximos à aorta abdominal e seus ramos (Fig. 62.14).

Os ramos ventrais dos nervos espinais lombares descem lateralmente ao músculo psoas maior e aumentam de tamanho do primeiro para o último. Os primeiros três e a maior parte do quarto formam o plexo lombar; a metade menor do quarto se une ao quinto como o tronco lombossacral, que se une ao plexo sacral. O quarto ramo é frequentemente denominado de nervo furcal, porque ele está dividido entre os dois plexos. Ocasionalmente, o terceiro ramo é o nervo furcal e tanto o terceiro como o quarto ramos ventrais podem ser nervos furcais; neste caso, o plexo é denominado de pré-fixado. Mais frequentemente, o quinto ramo ventral é o furcal, e o plexo é então denominado pós-fixado. Essas variações modificam o plexo sacral.

O primeiro e o segundo, e às vezes o terceiro, ramos ventrais lombares estão conectados, cada um, ao tronco simpático lombar por um ramo branco comunicante. Todos os ramos ventrais lombares estão unidos próximo a suas origens por longos e delicados ramos cinzentos comunicantes derivados dos quatro gânglios simpáticos lombares. Os ramos comunicantes acompanham as artérias lombares ao redor das laterais dos corpos vertebrais, atrás do músculo psoas maior. Sua organização é irregular: um gânglio pode originar ramos para dois ramos ventrais lombares, um ramo ventral lombar pode receber ramos derivados de dois gânglios ou ramos cinzentos frequentemente saem do tronco simpático entre os gânglios.

PLEXO LOMBAR

O plexo lombar localiza-se no interior da substância da parte posterior do músculo psoas maior, anteriormente aos processos transversos das vértebras lombares e em "paralelo" aos forames intervertebrais (Fig. 62.15). Ele é formado pelos três primeiros, e pela maior parte do quarto, ramos ventrais dos nervos espinais lombares, com uma contribuição do 12º ramo ventral torácico. Embora possa haver variações menores, o arranjo mais comum do plexo é descrito aqui.

O primeiro ramo ventral lombar, unido a uma divisão derivada do 12º ramo ventral torácico, bifurca-se: a divisão superior, maior, divide-se novamente nos nervos ílio-hipogástrico e ilioinguinal; a divisão inferior, menor, une-se a uma divisão derivada do segundo ramo ventral lombar

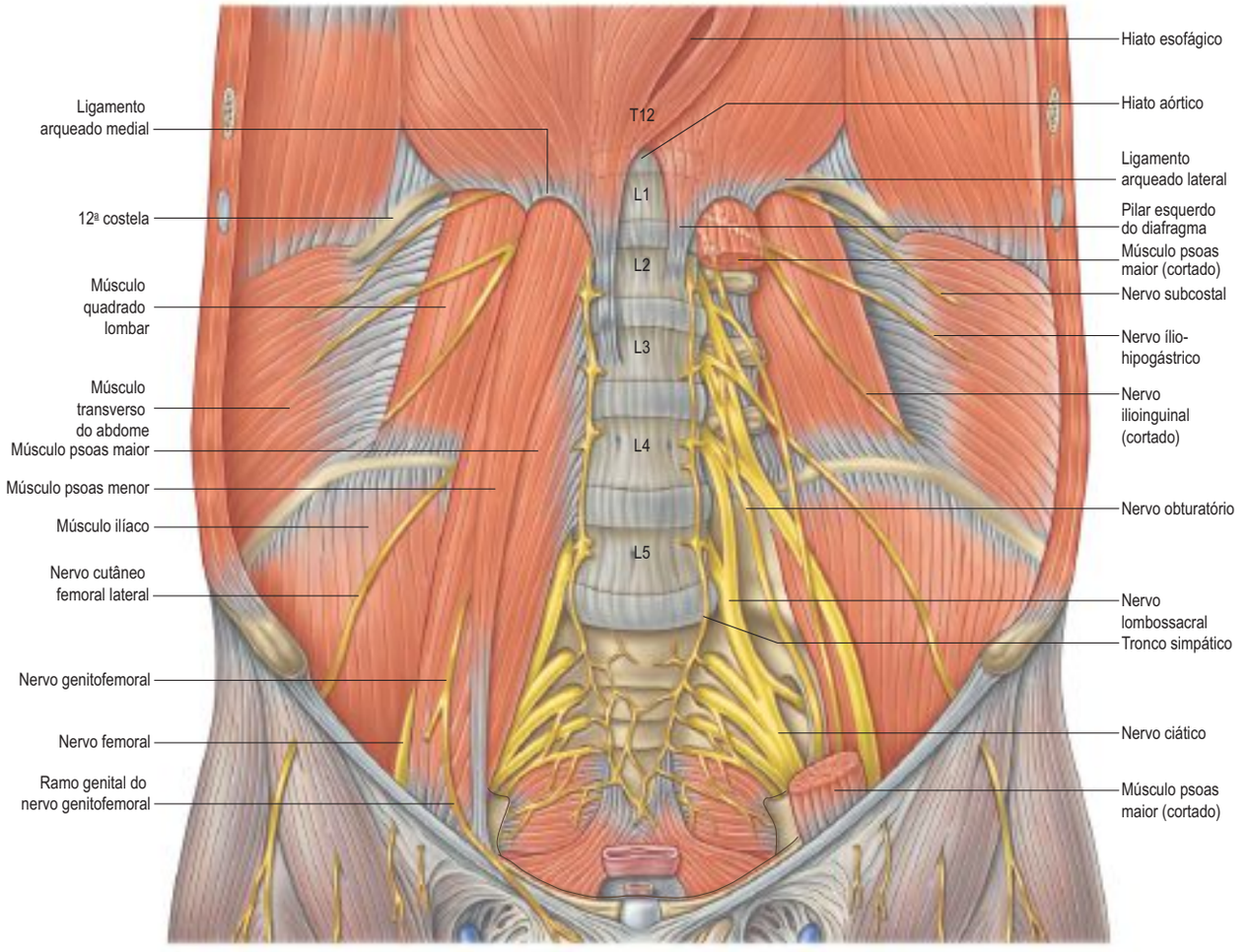


Fig. 62.14 Músculos e nervos da parede abdominal posterior. O músculo psoas maior esquerdo foi removido para expor as origens do plexo lombar e do músculo quadrado lombar.

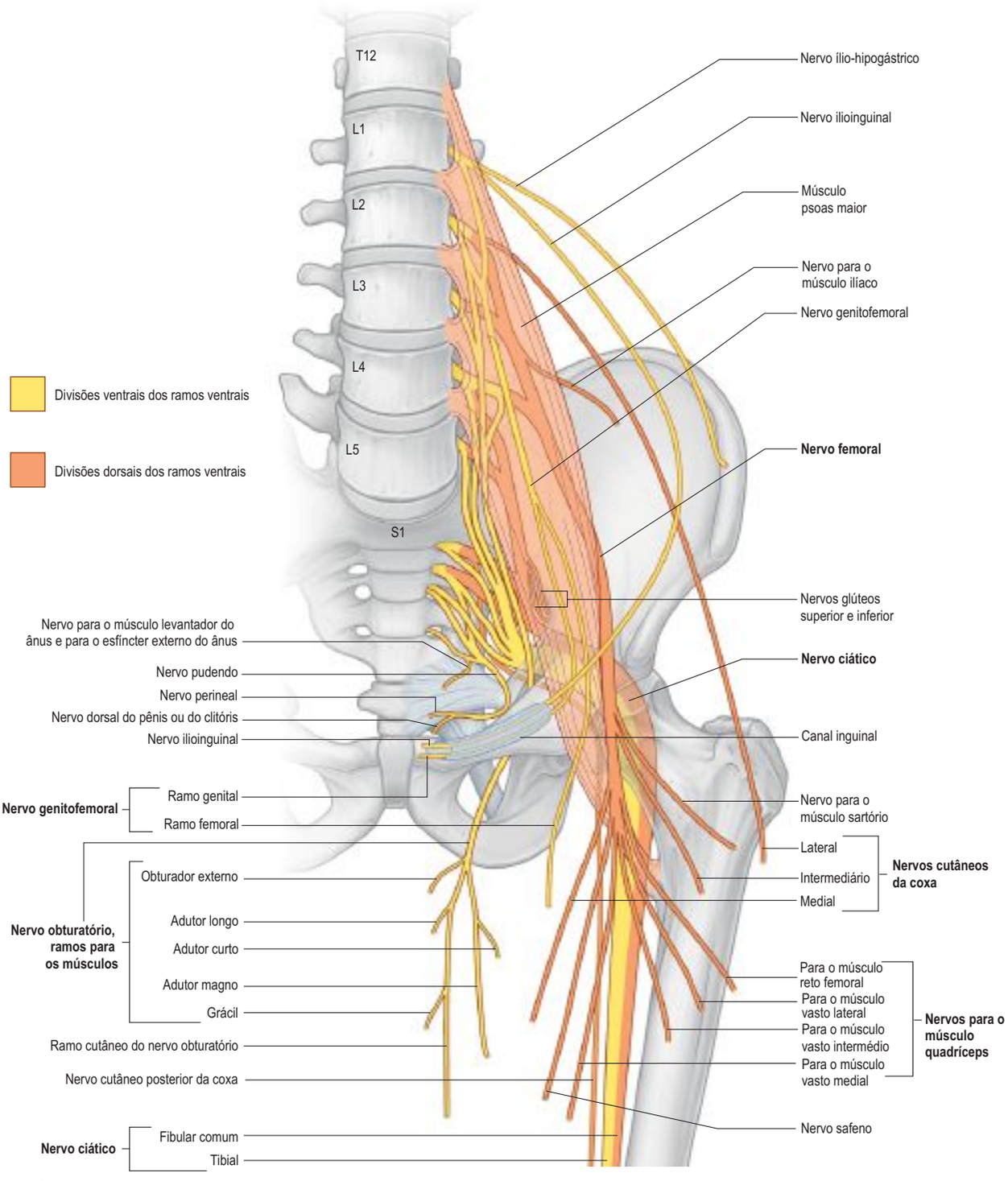


Fig. 62.15 O plexo lombar e seus ramos.

para formar o nervo genitofemoral. O restante dos segundo, terceiro, e parte do quarto ramos ventrais lombares juntam-se ao plexo e se dividem em divisões ventrais e dorsais. As divisões ventrais do segundo ao quarto ramos se unem para formar o nervo obturatório. As principais divisões dorsais do segundo ao quarto ramos se unem para formar o nervo femoral. Pequenos ramos derivados das divisões dorsais do segundo e terceiro ramos se unem para formar o nervo cutâneo femoral lateral. O nervo obturatório acessório, quando existente, origina-se a partir do terceiro e quarto ramos ventrais. O plexo lombar é suprido por ramos derivados dos vasos lombares que suprem o músculo psoas maior.

Os ramos do plexo lombar são:

Musculares	T12, L1-4
Ilio-hipogástrico	L1
Ilioinguinal	L1
Genitofemoral	L1, L2
Cutâneo femoral lateral	L2, L3
Femoral	L2-4, divisões dorsais
Obturatório	L2-4, divisões ventrais
Obturatório acessório	L2, L3

A divisão dos ramos ventrais constituintes do plexo em divisões ventrais e dorsais não é tão clara nos plexos lombar e lombossacral como é no plexo braquial. Anatomicamente, os nervos obturatório e tibial (através do nervo ciático) surgem a partir de divisões ventrais, e os nervos femoral e fibular (através do nervo ciático) a partir de divisões dorsais. Os ramos laterais do 12º ramo torácico e dos primeiros ramos ventrais lombares são direcionados para a pele da região glútea. O segundo ramo lombar é difícil de interpretar. Ele não somente contribui de forma substancial para os nervos femoral e obturatório, mas também tem um ramo terminal anterior (o ramo genital do genitofemoral) e um ramo cutâneo lateral (nervo cutâneo femoral lateral e o ramo femoral do genitofemoral). Divisões terminais anteriores do terceiro ao quinto ramos lombares e o primeiro ramo sacral estão suprimidos, mas as partes correspondentes do

segundo e do terceiro ramos sacrais suprem a pele e outras estruturas do períneo.

Processos inflamatórios podem ocorrer na parede abdominal posterior nos tecidos anteriores ao músculo psoas maior, tais como uma apendicite retrocecal à direita ou um abscesso diverticular à esquerda. Isto pode causar irritação de um ou mais dos ramos do plexo lombar e apresentar sintomas de dor ou disestesia na distribuição dos nervos afetados, tais como na pele da coxa, do quadril ou da nádega.

Ramos musculares

Pequenos ramos de todas as cinco raízes lombares.

Nervo ílio-hipogástrico

Distribuição O nervo ílio-hipogástrico origina-se a partir do ramo ventral de L1. Ele emerge a partir da borda lateral superior do músculo psoas maior, cruza obliquamente por trás do polo renal inferior e em frente ao músculo quadrado lombar. Acima da crista ilíaca, ele entra na parte posterior do músculo transverso do abdome. Entre os músculos transverso do abdome e oblíquo interno, ele se divide em ramos cutâneos lateral e anterior, e também supre ambos os músculos. O ramo cutâneo lateral segue através dos músculos oblíquos interno e externo acima da crista ilíaca, um pouco atrás do ramo ilíaco do 12° nervo torácico, e está distribuído para a pele posterolateral da região glútea. O ramo cutâneo anterior segue entre os músculos oblíquo interno e o transverso do abdome e os supre. Ele segue através do músculo oblíquo interno a aproximadamente 2 cm medialmente à espinha ilíaca anterossuperior e através da aponeurose do músculo oblíquo externo a aproximadamente 3 cm acima do anel inguinal superficial, para em seguida, distribuir-se para a pele suprapúbica. O nervo ílio-hipogástrico conecta-se aos nervos subcostal e ilioinguinal (Fig. 61.4). O nervo é ocasionalmente lesado durante uma abordagem cirúrgica oblíqua para se atingir o apêndice, mas raramente existe qualquer perda sensorial porque a pele suprapúbica é inervada por várias fontes. A divisão do nervo ílio-hipogástrico acima da espinha ilíaca anterossuperior pode enfraquecer a parede posterior do canal inguinal e predispor à formação de uma hérnia direta.

Inervação motora O nervo ílio-hipogástrico proporciona uma pequena contribuição motora aos músculos transverso do abdome e oblíquo interno, incluindo o tendão conjunto.

Inervação sensorial O nervo ílio-hipogástrico fornece fibras sensitivas aos músculos transverso do abdome, oblíquo interno e oblíquo externo e inerva a pele posterolateral da região glútea e suprapúbica.

Nervo ilioinguinal

Distribuição O nervo ilioinguinal origina-se do ramo ventral de L1. Ele é usualmente menor que o nervo ílio-hipogástrico e surge com ele a partir do primeiro ramo ventral lombar para emergir a partir da borda lateral do músculo psoas maior, com o nervo ílio-hipogástrico ou logo inferiormente a este. Ele passa obliquamente através do músculo quadrado lombar e da parte superior do músculo ilíaco e entra no músculo transverso do abdome próximo à extremidade anterior da crista ilíaca, onde às vezes se conecta ao nervo ílio-hipogástrico. Neste ponto, ele pode facilmente ser afetado por um volume relativamente pequeno de anestésico local para anestesiar o canal inguinal para uma cirurgia. Ele perfura o músculo oblíquo interno um pouco mais abaixo, supre-o e em seguida atravessa o canal inguinal abaixo do cordão espermático. Ele emerge com o cordão a partir do anel inguinal superficial e supre a pele da região proximal e medial da coxa e a pele sobre a raiz do pênis e da parte superior da bolsa escrotal em homens, ou a pele que cobre o monte pubiano e os grandes lábios adjacentes da vulva em mulheres. Os nervos ilioinguinal e ílio-hipogástrico são recíprocos em tamanho. O nervo ilioinguinal é ocasionalmente muito pequeno e termina por se unir ao ílio-hipogástrico, um ramo do qual então assume seu lugar. Algumas vezes, o nervo ilioinguinal está completamente ausente e, neste caso, o nervo ílio-hipogástrico supre seu território. O nervo pode ser lesado durante uma laparotomia em cirurgia intestinal, particularmente de hérnia, o que produz uma parestesia sobre a pele da genitália. O encarceramento do nervo durante uma cirurgia pode causar uma dor recorrente problemática em seu território de distribuição.

Inervação motora O nervo ilioinguinal fornece fibras nervosas motoras para os músculos transverso do abdome e oblíquo interno.

Inervação sensitiva O nervo ilioinguinal fornece fibras sensitivas para os músculos transverso do abdome e oblíquo interno. Ele inerva a pele proximal e medial da coxa e a pele sobre a raiz do pênis e a parte superior da bolsa escrotal em homens, ou a pele que cobre o monte pubiano e os adjacentes grandes lábios da vulva em mulheres.

Nervo genitofemoral

Distribuição O nervo genitofemoral origina-se a partir dos ramos ventrais de L1 e L2 e é formado dentro da substância do músculo psoas maior. Ele desce obliquamente para a frente através do músculo para emergir em sua superfície abdominal próximo à sua borda medial, oposta à terceira ou quarta vértebra lombar. Em seguida, ele desce por baixo do peritônio sobre o músculo psoas maior, cruza obliquamente por trás do ureter e divide-se acima do ligamento inguinal em ramos genital e femoral; ele frequentemente se divide próximo à sua origem, em cujo caso seus ramos emergem separadamente do músculo psoas maior. O ramo genital cruza a parte inferior da artéria ilíaca externa, entra no canal inguinal através do anel profundo e supre o músculo cremaster e a pele da bolsa escrotal em homens. Em mulheres, ele acompanha o ligamento redondo e termina na pele do monte do púbis e do grande lábio da vulva. O ramo femoral desce lateralmente à artéria ilíaca externa e envia alguns filetes ao redor dela antes de cruzar a artéria ilíaca circunflexa profunda, passa por trás do ligamento inguinal e entra na bainha femoral lateralmente à artéria femoral. Ele perfura a camada anterior da bainha femoral e a fáscia lata e supre a pele anterior à parte superior do triângulo femoral. Ele se conecta ao nervo cutâneo intermediário femoral e supre a artéria femoral. Como o nervo ilioinguinal, o ramo genital pode ser lesado durante uma cirurgia inguinal.

Inervação motora O nervo genitofemoral inerva o músculo cremaster através do ramo genital.

Inervação cutânea O nervo genitofemoral inerva a pele da bolsa escrotal em homens ou o monte do púbis e os grandes lábios da vulva em mulheres através do ramo genital, e a pele anteromedial da coxa através do ramo femoral.

Nervo femoral

O nervo femoral desce através do músculo psoas maior e emerge abaixo, em sua borda lateral. Ele passa entre os músculos psoas maior e ilíaco, profundamente à fáscia ilíaca e segue posteriormente ao ligamento inguinal para dentro da coxa. Ele dá origem a ramos que suprem os músculos ilíaco e pectíneo e envia fibras sensitivas para a artéria femoral. Posteriormente ao ligamento inguinal, ele se localiza lateralmente à artéria femoral e está separado dela por uma parte do músculo psoas maior. O subsequente trajeto e a distribuição do nervo femoral estão descritos no Capítulo 80.

Nervo cutâneo femoral lateral da coxa

O nervo cutâneo femoral lateral da coxa emerge a partir da borda lateral do músculo psoas maior e cruza o músculo ilíaco obliquamente em direção à espinha ilíaca anterossuperior. Ele fornece fibras sensitivas para o peritônio parietal na fossa ilíaca. O nervo direito passa posterolateralmente ao ceco, separado deste pela fáscia ilíaca e pelo peritônio. O nervo esquerdo passa por trás do segmento inferior do cólon descendente. Em ambos os lados, esses nervos passam sob o ligamento inguinal ou através dele a aproximadamente 1 cm de distância medialmente à espinha ilíaca anterossuperior e anteriormente ao músculo sartório, ou através dele, para o interior da coxa. O subsequente trajeto e a distribuição do nervo cutâneo femoral lateral estão descritos no Capítulo 80.

Nervo obturatório

O nervo obturatório desce pelo interior da substância do músculo psoas maior para emergir a partir de sua borda medial ao nível da margem pélvica. Ele passa posteriormente aos vasos ilíacos comuns e lateralmente aos vasos ilíacos internos. Em seguida, ele desce sobre a parede lateral da pelve, aderido à fáscia sobre o músculo obturador interno e se dispõe anterossuperiormente aos vasos obturatórios antes de seguir para o interior do forame obturado de modo a entrar na coxa. Ele não apresenta ramos no abdome ou na pelve. O subsequente trajeto e a distribuição do nervo obturatório estão descritos no Capítulo 80.

Nervo obturatório acessório

Quando presente, o nervo obturatório acessório emerge a partir da borda medial do músculo psoas maior e segue ao longo de sua borda sobre a superfície posterior do ramo superior do púbis, posteriormente ao músculo

pectíneo. Neste nível ele dá origem a ramos para suprir o músculo pectíneo e a articulação do quadril e pode se unir ao nervo obturatório principal.

PLEXO LOMBOSSACRAL

O plexo lombossacral fornece o suprimento nervoso para a pelve e para o membro inferior, além de parte do suprimento autônomo para as vísceras pélvicas. Ele dá origem aos nervos ciático, glúteo inferior, glúteo superior e pudendo, aos nervos para os músculos quadrado femoral e obturador interno e ao nervo cutâneo posterior da coxa. O subsequente trajeto e a distribuição desses nervos estão descritos no Capítulo 80.

SISTEMA SIMPÁTICO LOMBAR

A parte lombar de cada tronco simpático usualmente contém quatro gânglios interconectados dispostos no tecido conjuntivo extraperitoneal, anteriormente à coluna vertebral e ao longo da margem medial do músculo psoas maior. Superiormente, ele é contínuo com o tronco simpático torácico, posteriormente ao ligamento arqueado medial do músculo diafragma. Inferiormente, ele passa posteriormente à artéria ilíaca comum e é contínuo com o tronco simpático pélvico. Do lado direito, ele se localiza posteriormente à veia cava inferior; à esquerda, ele se localiza posteriormente aos linfonodos aórticos laterais. Ele encontra-se anterior à maioria dos vasos lombares, mas pode passar por trás de algumas veias lombares.

SISTEMA PARASSIMPÁTICO LOMBAR

O suprimento parassimpático para as vísceras abdominais é fornecido pelo nervo vago para os plexos celíaco e mesentérico superior, e a partir dos nervos esplâncnicos pélvicos para os plexos mesentérico inferior, hipogástrico superior e hipogástrico inferior.

CORPOS PARA-AÓRTICOS

Os corpos para-aórticos são condensações de tecido cromafim encontradas em íntima relação aos plexos autônomos aórticos e às cadeias simpáticas lombares. Eles são maiores no feto, tornam-se relativamente menores na infância e desaparecem de forma ampla na vida adulta. Eles são mais comumente encontrados como um par de corpúsculos dispostos anterolateralmente à aorta na região dos plexos intermesentérico, mesentérico inferior e hipogástrico superior. Eles podem dispor-se em posição tão alta como o plexo celíaco, tão baixa como o plexo hipogástrico inferior na pelve ou podem estar intimamente justapostos aos gânglios simpáticos da cadeia lombar. Células disseminadas que persistem na vida adulta podem, raramente, ser os locais de desenvolvimento de tumores do tecido cromafim (feocromocitomas), embora estes sejam muito mais comumente encontrados originando-se a partir de células da medula da suprarrenal. A grande variação de localização de tecido persistente dos corpos para-aórticos é responsável pela variada distribuição destes tumores.

REFERÊNCIAS

Burkhill GJC, Healy JC 2000 Anatomy of the retroperitoneum. Imaging 12: 10–20.

Newman DL, Gosling RG, Bowden R 1971 Changes in aortic distensibility and area ratio with the development of atherosclerosis. Atherosclerosis 14: 231–40.

Pick J 1970 The Autonomic Nervous System. Philadelphia: Lippincott.

Shah PM, Scarton HA, Tsapogas MJ 1978 Geometric anatomy of the aorto-common iliac bifurcation. J Anat 126: 451–8.
Tanto esta como a referência de Newman descrevem os fatores anatômicos que podem afetar o desenvolvimento de aterosclerose aortoilíaca.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 63

Pelve verdadeira, assoalho pélvico e períneo

PELVE VERDADEIRA E ASSOALHO PÉLVICO

A pelve verdadeira é uma estrutura em formato de bacia formada pelos ossos sacro, púbis, ílio, ísquio, os ligamentos que interconectam esses ossos e os músculos que recobrem suas superfícies internas. A pelve verdadeira é considerada com início em nível do plano que passa através do promontório do sacro, da linha arqueada no ílio, da linha iliopectínea e da superfície posterior da crista púbica. Esse plano coincide "com a abertura superior da pelve" e se encontra em um ângulo entre 35° e 50° acima da horizontal, e acima deste as estruturas ósseas são às vezes referidas como a pelve falsa. Elas formam parte das paredes da parte inferior do abdome. O assoalho ou "abertura inferior" da pelve verdadeira é formado pelos músculos do grupo levantador do ânus. Embora o assoalho tenha um formato de canaleta ou calha, ele geralmente se localiza em um plano entre 5° e 15° acima da horizontal. Esta diferença entre os planos de entrada e de saída é a razão pela qual se diz que a pelve verdadeira tem um eixo (disposto perpendicularmente ao plano tanto da entrada como da saída) que muda progressivamente através da pelve de cima para baixo. Os detalhes da topografia da pelve óssea e ligamentosa são considerados em totalidade à página 1358.

MÚSCULOS E FÁSCIAS DA PELVE

Músculos pélvicos

Os músculos que se originam no interior da pelve formam dois grupos. Os músculos piriforme e obturador interno, embora formem parte das paredes da pelve, são considerados músculos primariamente do membro inferior (Fig. 63.1). Os músculos levantador do ânus e coccígeo formam o diafragma pélvico e delineiam o limite inferior da pelve verdadeira (Fig. 63.2). As fáscias que recobrem os músculos são contínuas com as fáscias pélvicas viscerais acima, com a fáscia perineal abaixo e com a fáscia do músculo obturador lateralmente.

Músculo piriforme

A descrição completa do músculo piriforme está no Capítulo 80.

O músculo piriforme (pág. 1371) forma parte da parede posterolateral da pelve verdadeira e se origina da superfície anterior do sacro, da superfície glútea do ílio próximo à espinha ilíaca inferior posterior, da cápsula da articulação sacroilíaca adjacente e às vezes da parte superior da superfície pélvica do ligamento sacrotuberal. Ele passa para fora da pelve através do forame ciático maior. Dentro da pelve, a superfície anterior do músculo piriforme está relacionada ao reto (especialmente à esquerda), ao plexo sacral de nervos e aos ramos dos vasos ilíacos internos. A superfície posterior se localiza contra o sacro.

Músculo obturador interno

O músculo obturador interno (pág. 1371) e a fáscia sobre sua superfície interna (pélvica) superior formam parte da parede anterolateral da pelve verdadeira. Ele se origina das estruturas que delimitam o forame obturador, do ramo inferior, do púbis, do ramo do ísquio, da superfície pélvica do osso ilíaco abaixo e atrás da borda pélvica e da parte superior do forame ciático maior. Ele também se origina da parte medial da superfície pélvica da membrana obturatória. O músculo é coberto por uma espessa camada fascial e as fibras em si não podem ser visualizadas diretamente de dentro da pelve. Esta fáscia fornece inserção para algumas das fibras do músculo levantador do ânus e assim apenas a porção superior do músculo se localiza lateralmente ao conteúdo da pelve verdadeira, enquanto a porção inferior forma parte dos limites da fossa isquioanal. No homem, a porção superior se encontra lateralmente à bexiga, aos vasos obturatórios e vesicais e ao nervo obturatório. Na mulher, as inserções do ligamento largo do útero, a extremidade ovariana das tubas uterinas e os vasos uterinos também se localizam medialmente ao músculo obturador interno e sua fáscia.

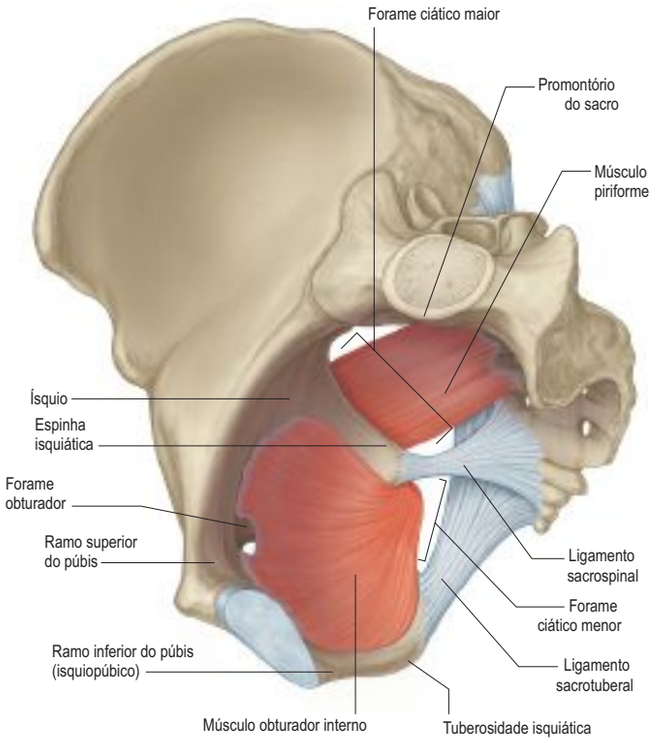


Fig. 63.1 Músculo piriforme, músculo obturador interno e os ligamentos da pelve. Os músculos relacionados apenas à pelve ou ao períneo foram omitidos para maior clareza. (Adaptado a partir de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

Músculo levantador do ânus (músculos isquiococcígeo, iliococcígeo, e pubococcígeo)

O músculo levantador do ânus é uma larga lâmina muscular de espessura variável que se origina da superfície interna da pelve verdadeira e forma uma grande porção do assoalho pélvico (Fig. 63.3). O músculo é subdividido em porções denominadas de acordo com suas inserções e com as vísceras pélvicas às quais elas estão relacionadas. Estas partes são frequentemente referidas como músculos separados, mas os limites entre cada parte não podem ser facilmente distinguidos, e eles realizam muitas funções fisiológicas similares. As partes separadas são referidas como músculos isquiococcígeo, iliococcígeo e pubococcígeo. O músculo pubococcígeo é frequentemente subdividido em partes separadas de acordo com as vísceras pélvicas às quais elas se relacionam (puboperineal, puboprostático ou pubovaginal, puboanal, puborretal). O músculo levantador do ânus se origina de cada lado das paredes da pelve ao longo da condensação da fáscia do músculo obturador interno (o arco tendinoso do músculo levantador do ânus; veja a seguir). Fibras derivadas do músculo isquiococcígeo se inserem no sacro e no cóccix, mas as partes restantes do músculo convergem na linha mediana. As fibras do músculo iliococcígeo se unem através de uma interseção parcialmente fibrosa e formam uma rafe posteriormente à junção anorretal. Mais próximo à junção anorretal e em vários locais no assoalho pélvico, as fibras estão mais aproximadamente contínuas com aquelas do lado oposto, e o músculo forma uma espécie de alça ou "estilingue" (puborretal e pubovaginal ou puboureteral).

Inserções. As inserções para as partes dos músculos isquiococcígeo, iliococcígeo e pubococcígeo são descritas a seguir.

Músculo isquiococcígeo. A parte isquiococcígea pode ser referida como um músculo separado, às vezes denominado de músculo coccígeo.

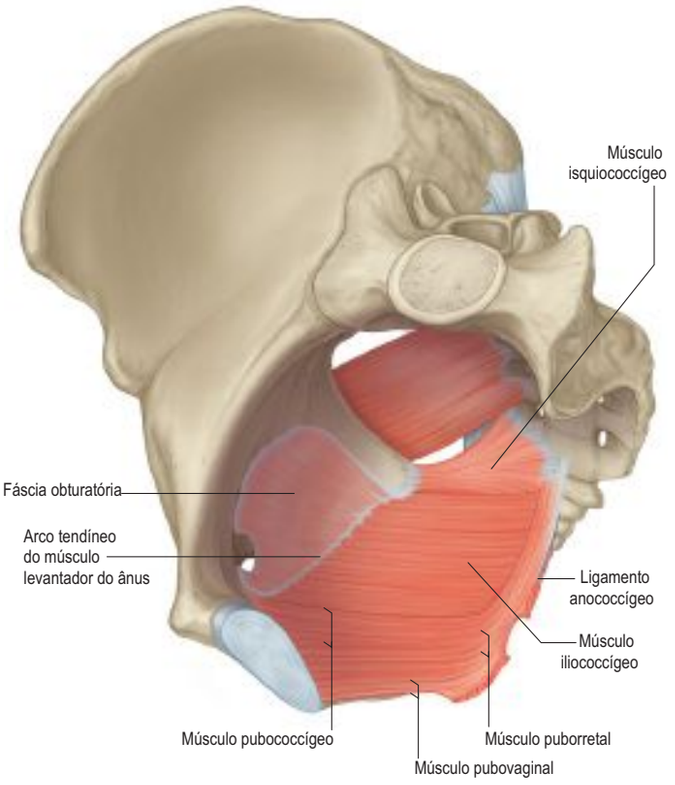


Fig. 63.2 Músculos da pelve feminina. Os vasos e nervos glúteos superiores e obturatórios, assim como também as vísceras pélvicas, foram omitidos para maior clareza. (Adaptado a partir de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

Ela se localiza como a parte maior posterossuperior do músculo levantador do ânus, e se origina como uma lâmina musculotendinosa triangular, com seu ápice fixo à superfície pélvica e à ponta da espinha isquiática. A base do músculo está inserida às margens laterais do cóccix e ao quinto segmento sacral. O músculo isquiococcígeo raramente está ausente, mas ele pode ser quase completamente tendinoso, em vez de muscular. Ele se encontra sobre a face pélvica do ligamento sacroespinal e pode estar fundido a este, particularmente se ele for tendinoso em sua maior parte. O ligamento sacrospinal pode representar uma parte degenerada ou uma aponeurose do músculo, uma vez que o músculo e o ligamento são coextensivos.

Músculo iliococcígeo A parte iliococcígea se origina da superfície interna da espinha isquiática, abaixo e anteriormente à origem do músculo isquiococcígeo e ao arco tendinoso para adiante até o canal obturatório (Fig. 63.2). As fibras mais posteriores estão inseridas à ponta do sacro e do cóccix, mas a maioria se une a fibras advindas do lado oposto para formar uma rafe. Essa rafe é efetivamente contínua com o ligamento fibroelástico anococcígeo, o qual está intimamente aplicado à sua superfície inferior, e algumas fibras musculares podem se inserir no ligamento. A rafe fornece uma forte inserção para o assoalho pélvico posteriormente, e pode ser dividida para permitir amplas excisões do canal anorretal durante excisões abdominoperineais em caso de neoplasias. Uma aba acessória pode surgir da parte mais posterior e às vezes é referida como músculo iliossacral.

Músculo pubococcígeo A parte pubococcígea se origina do dorso do corpo do púbis e passa para trás quase horizontalmente. As fibras mais mediais seguem diretamente laterais à uretra e seu esfíncter à medida que ela atravessa o assoalho pélvico; aqui, o músculo é corretamente denominado de puboperineal, apesar de, em virtude de sua íntima relação com a metade superior da uretra em ambos os sexos, ele ser frequentemente referido como músculo pubouretral. As fibras musculares de ambos os lados formam parte do complexo do esfíncter uretral, juntamente com as musculaturas estriada e lisa intrínsecas da uretra; as fibras decussam através da linha mediana diretamente por trás da uretra. Em homens, algumas dessas fibras se localizam lateral e inferiormente à próstata e são referidas como o músculo puboprostático (levantador da próstata). Em mulheres, algumas fibras formam o músculo pubouretral, outras seguem mais para trás para formar uma alça ao redor da parede posterior da vagina, onde elas são referidas como músculo pubovaginal. Em ambos os sexos, fibras derivadas desta parte do músculo pubococcígeo se inserem ao corpo perineal; alguns poucos elementos também se inserem na junção anorretal. Algumas destas fibras, às vezes chamadas de músculo puboanal, decussam e se fundem com o músculo longitudinal do reto e com elementos fasciais para contribuir na formação da capa

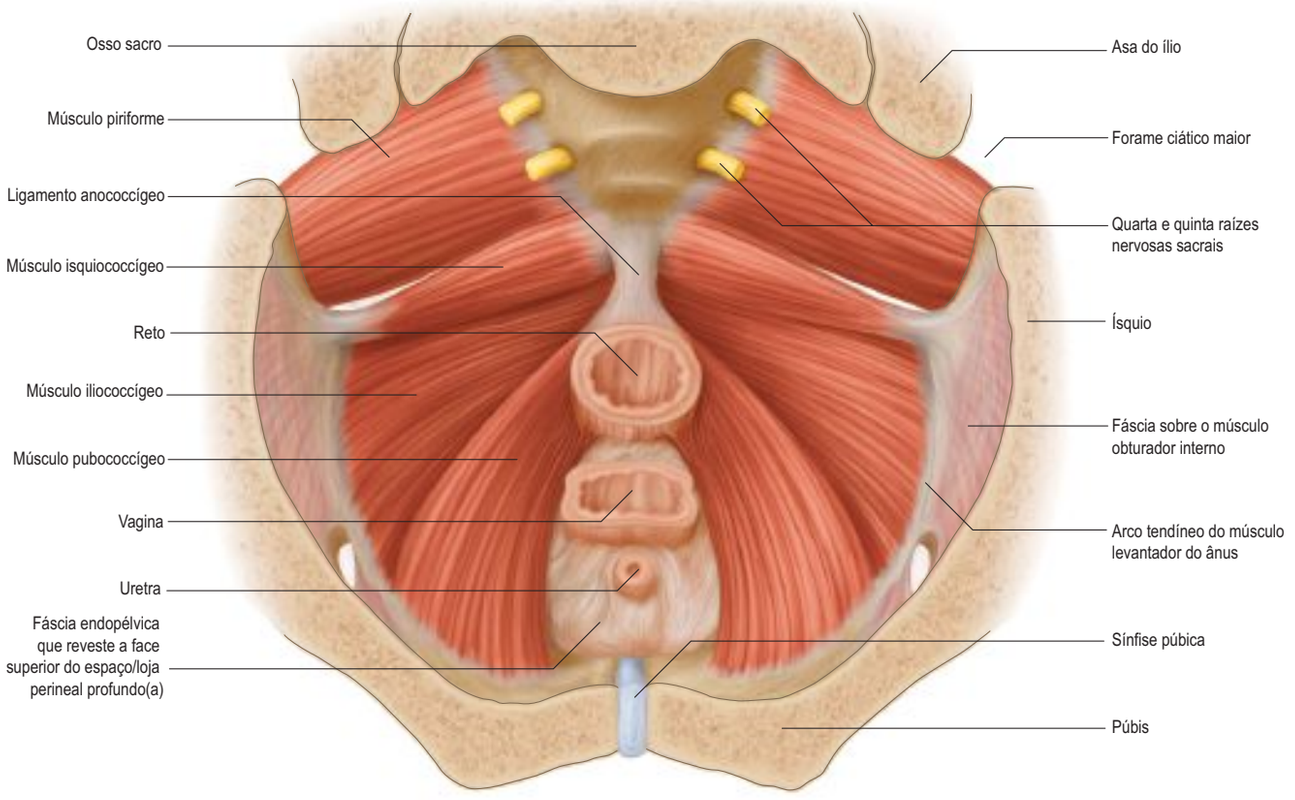


Fig. 63.3 Músculos da pelve feminina vistos de cima. As raízes nervosas sacrais foram seccionadas próximo aos forames sacrais. A junção anorretal, a vagina e a uretra foram seccionadas no nível do assoalho pélvico.

longitudinal conjunta do canal anal. Atrás do reto, algumas fibras do músculo pubococcígeo formam uma interseção tendinosa como parte da rafe do músculo levantador, e uma espessa alça muscular, o músculo puborretal, enrola-se ao redor da junção anorretal. Algumas fibras se fundem com as do esfíncter anal externo. Os músculos pubouretral, pubovaginal/puboprostático e puboanal às vezes são referidos coletivamente como músculo "pubovisceral".

Relações A superfície pélvica superior do músculo levantador do ânus é separada apenas por fáscias (diafragmática pélvica superior, visceral e extraperitoneal) da bexiga urinária, da próstata ou do útero e da vagina, do reto e do peritônio. Sua superfície perineal inferior forma a parede medial da fossa isquioanal e a parede superior do recesso anterior da fossa, ambas cobertas pela fáscia diafragmática pélvica inferior. A borda posterior está separada do cóccix por tecido conjuntivo frouxo (areolar). As bordas mediais dos dois músculos levantadores estão separadas pela saída visceral, através da qual passam a uretra, a vagina, o reto e o canal anal.

Suprimento vascular. O músculo levantador do ânus é suprido por ramos das artérias glútea inferior, vesical inferior e pudenda interna.

Inervação As fibras que se originam principalmente dos segundo, terceiro e quarto segmentos espinais sacrais atingem o músculo levantador do ânus por baixo e por cima através de uma variedade de rotas (Wendell-Smith & Wilson, 1991). Mais comumente, o músculo pubococcígeo é suprido pelos segundo e terceiro segmentos espinais sacrais através do nervo pudendo, e os músculos isquiococcígeo e iliococcígeo são supridos pelos ramos diretos do plexo sacral derivados dos terceiro e quarto segmentos espinais sacrais.

Ações O músculo pubococcígeo é um compressor lateral de vários canais viscerais que cruzam o assoalho pélvico. O músculo puborretal também reforça o esfíncter anal externo, ajuda a criar o ângulo anorretal e reduz a dimensão anteroposterior do hiato anourogenital. Os músculos iliococcígeo e, em menor grau, o isquiococcígeo – este menos muscular – auxiliam o músculo puborretal na contribuição às continências anorretal e urinária.

O músculo levantador do ânus deve relaxar apropriadamente para permitir a expulsão de urina e particularmente de fezes, e ele se contrai com os músculos abdominais e com o diafragma abdominotorácico para elevar a pressão intra-abdominal. Ele forma grande parte do diafragma pélvico muscular em formato de bacia, o qual sustenta as vísceras pélvicas. Como o diafragma abdominotorácico, mas ao contrário dos músculos abdominais, o músculo levantador do ânus é também ativo na fase inspiratória da respiração silenciosa. Na mulher grávida, o formato do assoalho pélvico pode auxiliar a orientar a cabeça do feto para o diâmetro anteroposterior da abertura inferior da pelve.

Fáscias pélvicas

As fáscias pélvicas podem ser convenientemente divididas na fáscia pélvica parietal, que forma principalmente as coberturas dos músculos pélvicos, e na fáscia pélvica visceral, que forma as coberturas das vísceras pélvicas e de seus vasos e nervos (Fig. 63.4).

Fáscia pélvica parietal

A fáscia pélvica parietal consiste na fáscia obturatória, nas fáscias sobre o músculo piriforme e por sobre o músculo levantador do ânus (o diafragma pélvico) e na fáscia pré-sacral.

Fáscia obturatória

A fáscia pélvica parietal sobre a superfície pélvica (medial) do músculo obturador interno é bem diferenciada. Embora em seres humanos seja derivada da porção superior degenerada da origem do músculo levantador do ânus, ela é usualmente referida como a fáscia obturatória. Acima, ela está conectada à parte posterior da linha arqueada do ílio e é contínua com a fáscia ilíaca. Anterior a esta, à medida que segue a linha de origem do músculo obturador interno, ela é gradualmente separada da inserção da fáscia ilíaca, e uma porção do periósteo do ílio e do púbis se espalha entre elas. Ela arqueia abaixo dos vasos e do nervo obturatórios, revestindo o canal obturatório, e está inserida anteriormente ao dorso do púbis. Atrás do canal obturatório, a fáscia é marcantemente aponeurótica e fornece uma firme origem para o músculo levantador do ânus, usualmente chamada de arco tendinoso do músculo levantador do ânus (Figs. 63.3, 63.13 e 63.14). Abaixo da origem do músculo levantador do ânus, a fáscia é delgada e efetivamente composta apenas pelo epimísio do músculo e pelo tecido conjuntivo sobrejacente; posteriormente, ela forma parte da parede lateral da fossa isquioanal no períneo, e anteriormente ela se funde com as fáscias dos músculos do espaço perineal profundo (Fig. 63.14), o qual é contínuo com a fossa isquioanal. A fáscia obturatória é contínua com o periósteo pélvico, e também com a fáscia sobre o músculo piriforme.

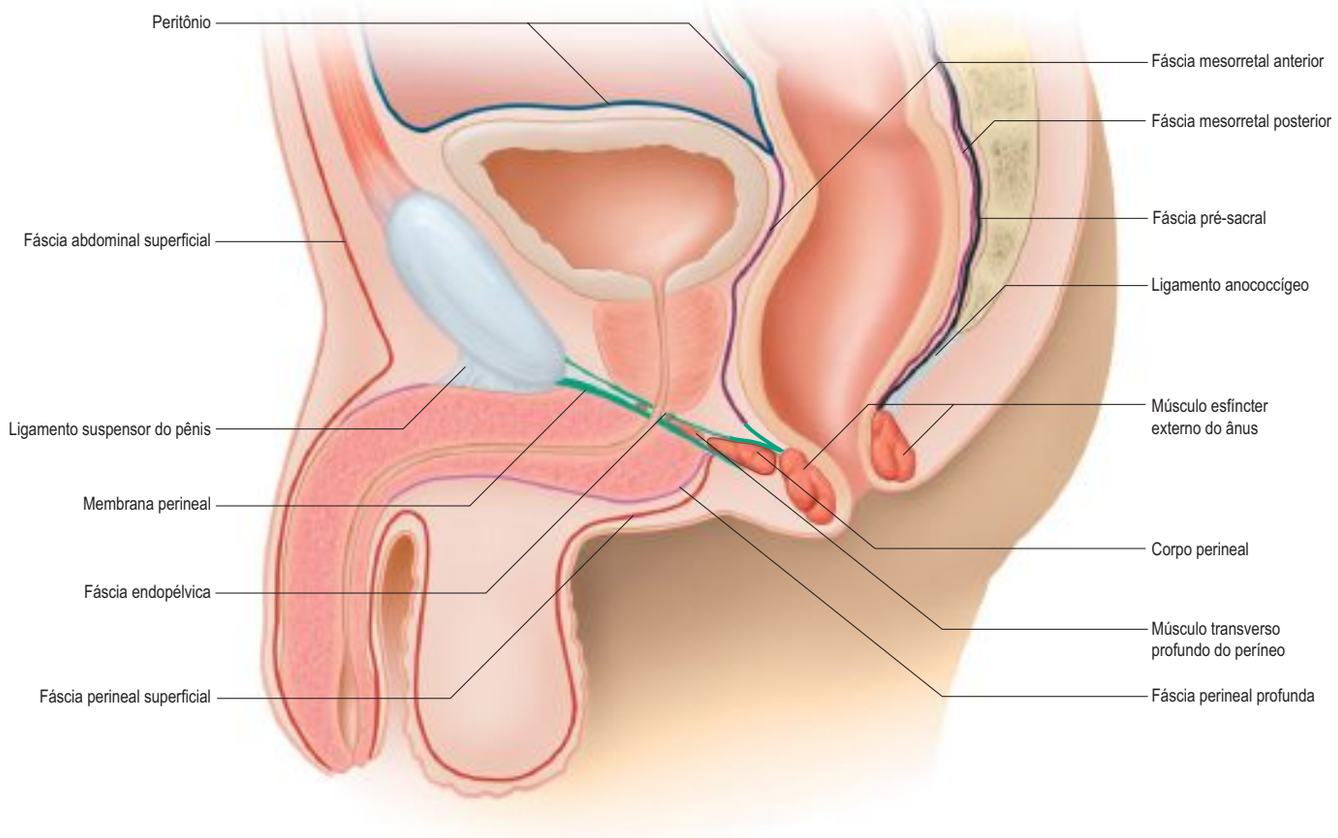


Fig. 63.4 Fáscias da pelve e do períneo. Corte sagital mediano no homem. A fáscia pélvica parietal está mostrada em preto, a fáscia mesorretal em marrom, os limites fasciais do espaço/loja perineal profundo(a) em verde, o peritônio em azul, a fáscia abdominal profunda em púrpura e as fáscias abdominal subcutânea e perineal em vermelho. As fáscias parietais viscerais foram omitidas para maior clareza.

Fáscia sobre o músculo piriforme

A fáscia sobre a face interna do músculo piriforme é bastante delgada e se funde com o periósteo da frente do sacro nas margens dos forames sacrais anteriores. Ela embainha os ramos sacrais primários anteriores que emergem desses forames: os nervos são frequentemente descritos como dispostos por trás da fáscia. Os vasos ilíacos internos localizam-se em frente da fáscia por sobre o músculo piriforme; seus ramos levam bainhas da fáscia e de tecido extraperitoneal para dentro da região glútea, acima e abaixo do músculo piriforme.

Fáscia sobre o músculo levantador do ânus (diafragma pélvico)

A fáscia sobre o músculo levantador do ânus cobre ambas as superfícies do diafragma pélvico. Sobre a superfície inferior, a fáscia delgada inferior é contínua com a fáscia obturatória abaixo do arco tendinoso do músculo levantador do ânus lateralmente. Ela cobre a parede medial da fossa isquioanal e se funde abaixo com fáscias sobre o esfíncter uretral e o esfíncter anal externo. Sobre a superfície superior, a fáscia superior do diafragma pélvico é marcantemente mais espessa do que a sobre a superfície inferior. Ela está inserida anteriormente ao dorso do corpo do púbis, a aproximadamente 2 cm acima de sua borda inferior, estende-se lateralmente através do ramo superior do púbis, funde-se com a fáscia obturatória e continua ao longo de uma linha irregular até a espinha isquiática. Ela é contínua posteriormente com a fáscia sobre o músculo piriforme e com o ligamento sacrococcígeo anterior. Medialmente, a fáscia superior do diafragma pélvico se funde com a fáscia pélvica visceral e forma parte da fáscia endopélvica.

Arco tendíneo da fáscia pélvica/linha branca da fáscia pélvica parietal

Inferiormente à face superomedial da porção superior da fáscia sobre o músculo levantador do ânus, uma espessa faixa branca de tecido conjuntivo denso se estende a partir da parte inferior da sínfise púbica até a margem inferior da espinha isquiática (Figs. 63.4, 63.13 e 63.14). Embora frequentemente referida como o arco tendinoso da fáscia pélvica, ela é realmente o remanescente do tendão degenerado do músculo iliococcígeo em seres humanos, e é mais bem referida como a linha branca da fáscia pélvica parietal (Smith, 1980). Ela fornece inserção para as condensações da fáscia pélvica visceral, as quais proporcionam suporte para a uretra, bexiga e vagina nas mulheres (veja a seguir).

Fáscia pré-sacral

A fáscia pré-sacral forma uma estrutura semelhante a uma rede posteriormente à porção posterior da fáscia mesorretal. Lateralmente, ela se estende até a origem da fáscia sobre o músculo piriforme e da fáscia sobre o músculo levantador do ânus (fáscia diafragmática pélvica superior). com a qual ela se funde; e, mais inferiormente, ela se estende entre a linha branca da fáscia pélvica parietal a cada lado. Inferiormente, ela se estende até a junção anorretal, onde ela se funde com a face posterior da fáscia mesorretal e com o ligamento anococcígeo em nível da junção anorretal. Superiormente, ela pode ser seguida até a origem do plexo hipogástrico superior, onde ela se torna progressivamente mais delgada por sobre o promontório do sacro e se torna contínua com os tecidos retroperitoneais. Os nervos hipogástricos direito e esquerdo e os plexos hipogástricos inferiores localizam-se sobre sua superfície, e as veias pré-sacrais localizam-se imediatamente posteriores a ela. Ela forma uma camada distinta que pode ser vista tanto em imagens de ressonância magnética da pelve como durante cirurgias. A fáscia pré-sacral fornece um importante referencial porque a extensão de tumores retais através dela reduz significativamente a possibilidade de uma cirurgia de ressecção curativa. A dissecção no plano posterior à fáscia pode resultar em sangramento a partir das veias pré-sacrais: como a adventícia das veias está parcialmente aderida à superfície posterior da fáscia, a hemorragia pode ser severa (uma vez que as veias são incapazes de se contrair adequadamente).

Fáscia pélvica visceral

A fáscia pélvica visceral é formada a partir de condensações de tecido conjuntivo que se encontram intimamente associadas às vísceras pélvicas com as quais ela se relaciona e às estruturas neurovasculares que suprem ou seguem próximo a estes órgãos. Em sua extensão mais inferior e lateral, a fáscia pélvica visceral está intimamente relacionada – e da qual é efetivamente derivada – à fáscia superior sobre a inserção do músculo levantador do ânus (ver a seguir), ao passo que, mais superior e posteriormente, ela é derivada de parte da fáscia sobre o músculo piriforme. As condensações nas quais essas fáscias se encontram são às vezes coletivamente referidas como a "fáscia endopélvica". Considerações adicionais são dadas sobre as porções paraviscerais da fáscia pélvica visceral (por ex., paramétrio, paracolpo) nos capítulos que descrevem os órgãos com os quais a fáscia se relaciona.

Várias condensações diferentes da fáscia endopélvica são reconhecidas tanto em cirurgias como em imagens de RM. Elas fornecem um importante suporte às vísceras pélvicas e desempenham um papel na continência em ambos os sexos.

Na mulher, os ligamentos pubouretrais se formam a partir do tecido conjuntivo periuretral e se inserem na linha branca da fáscia pélvica parietal, próximo à sua extremidade púbica. Um pouco mais lateralmente, existe um tecido similar que pode ser denominado de ligamentos uretropélvicos, e que se inserem na linha branca sobre o músculo levantador do ânus. Essas condensações são efetivamente contínuas com o tecido conjuntivo que segue a partir do tecido paravaginal para a linha branca, e às vezes é referido como o suporte ou a inserção levantadora da vagina. Uma vez que o ângulo normal da uretra durante o posicionamento de pé é de quase 45° em relação à vertical, estas duas estruturas combinadas podem ser visualizadas por fornecer um suporte "semelhante a uma rede" à parte média da uretra (DeLancey, 1994); algumas fibras podem até mesmo decussar através da linha mediana entre a uretra e a parede vaginal anterior. A porção superior do ligamento pubouretral funde-se com os ligamentos pubovesical e vesicopélvico (tecido conjuntivo ao redor do colo da bexiga urinária) e pode conter fibras musculares lisas de inervação colinérgica, às vezes referidas como o músculo pubovesical. Em homens, as estruturas pubouretrais estão aumentadas pelo ligamento/músculo puboprostático. Em ambos os sexos, esses músculos podem ter um papel na abertura da porção superior da uretra e do colo da bexiga durante a micção.

Existem muito poucas condensações de tecido conjuntivo ao redor do reto, e não existem ligamentos retopélvicos similares. O tecido conjuntivo por sobre os músculos longitudinais do reto é espessado logo acima do hiato anal no músculo levantador do ânus e se funde com a fáscia endopélvica e com o ligamento anococcígeo, às vezes referido como um ligamento retossacral.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DA PELVE

A pelve verdadeira contém as artérias e veias ilíacas internas e os vasos linfáticos que drenam a maioria das vísceras pélvicas. Os vasos ilíacos comuns e externos e os vasos linfáticos que drenam os membros inferiores localizam-se ao longo da borda pélvica e na porção inferior do retroperitônio, mas são convenientemente discutidos juntos com os vasos da pelve verdadeira.

Artérias da pelve

Artérias ilíacas comuns

A aorta abdominal bifurca-se nas artérias ilíacas comuns direita e esquerda, anterolateralmente ao lado esquerdo do corpo da quarta vértebra lombar. Essas artérias divergem à medida que descem e se dividem no nível das articulações sacroilíacas em artérias ilíacas externas e internas. A artéria ilíaca externa é a principal artéria para o membro inferior. A artéria ilíaca interna fornece o principal suprimento para as paredes e vísceras da pelve, para o períneo e para a região glútea.

Artéria ilíaca comum direita. A artéria ilíaca comum direita tem aproximadamente 5 cm de comprimento. Ela passa obliquamente sobre parte dos corpos das quarta e quinta vértebras lombares e é cruzada anteriormente pelos ramos simpáticos para o plexo pélvico e, em sua divisão em artérias ilíacas interna e externa, pelo ureter. Ela é coberta pelo peritônio parietal, que a separa das alças do intestino delgado. Posteriormente, ela é separada dos corpos das quarta e quinta vértebras lombares e de seu disco interveniente pelo tronco simpático direito, pelas partes terminais das veias ilíacas comuns e pelo início da veia cava inferior, pelo nervo obturatório, pelo tronco lombossacral e pela artéria iliolombar. Lateralmente, a veia cava inferior e a veia ilíaca comum direita localizam-se superiormente e o músculo psoas maior direito, inferiormente. A veia ilíaca comum esquerda localiza-se medialmente à parte superior da artéria ilíaca comum direita.

Artéria ilíaca comum esquerda A artéria ilíaca comum esquerda é mais curta que a direita e tem aproximadamente 4 cm de comprimento. Dispostos anteriormente a ela, encontram-se os ramos simpáticos para o plexo pélvico, a artéria retal superior e, em sua bifurcação terminal, o ureter. O tronco simpático, os corpos das quarta e quinta vértebras lombares e o disco interveniente, o nervo obturatório, o tronco lombossacral e a artéria iliolombar estão todos em posição posterior. A veia ilíaca comum esquerda localiza-se posteromedialmente e o músculo psoas maior esquerdo, lateralmente à artéria ilíaca comum esquerda.

Ramos Além dos ramos ilíacos externos e ilíacos internos, cada artéria ilíaca comum também dá origem a pequenos ramos para o peritônio, o músculo psoas maior, o ureter, os nervos adjacentes e o tecido conjuntivo frouxo circunjacente. A artéria ilíaca comum ocasionalmente dá origem à artéria iliolombar e às artérias renais acessórias ou substitutas, caso o rim esteja em posição baixa.

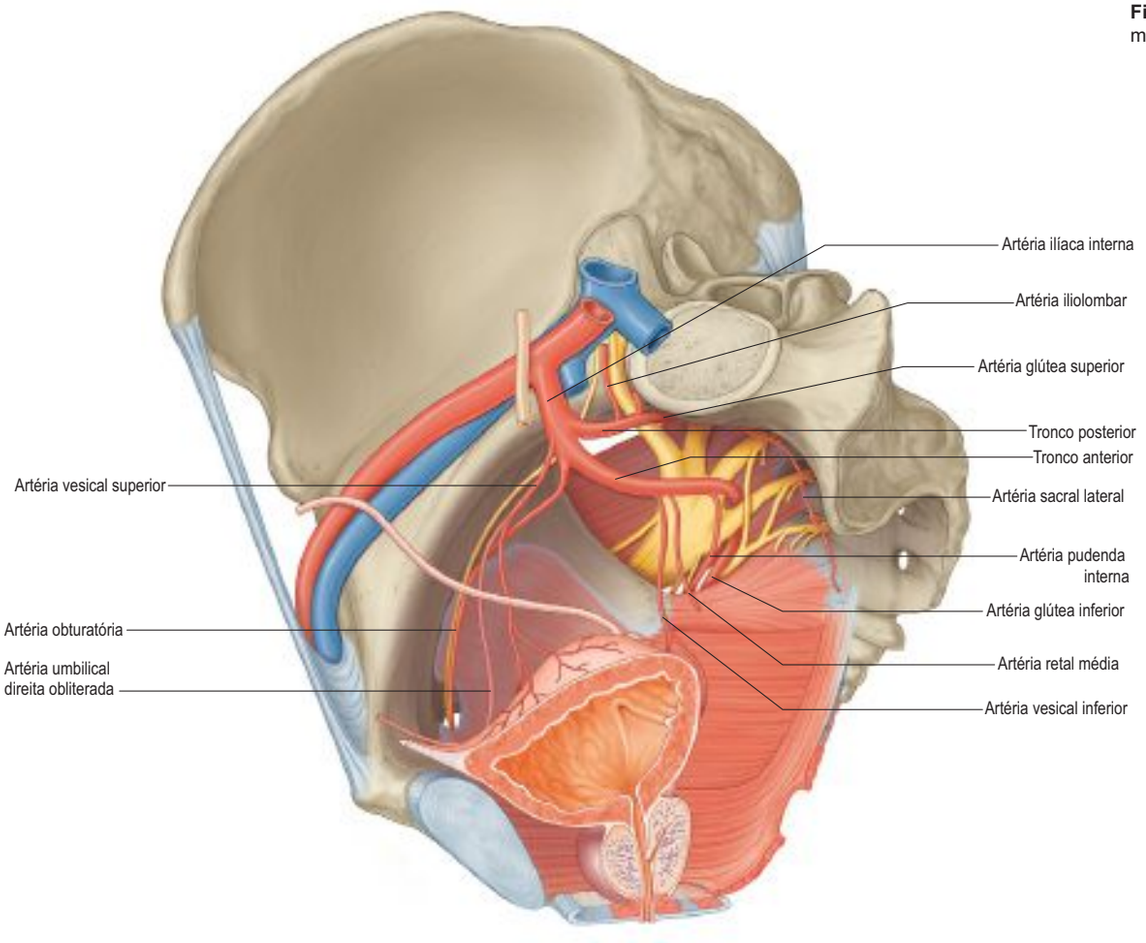


Fig. 63.5 – Artérias da pelve masculina.

Artérias ilíacas internas

Cada artéria ilíaca interna, com aproximadamente 4 cm de comprimento, inicia-se na bifurcação da artéria ilíaca comum, no nível do disco intervertebral lombossacral e anteriormente à articulação sacroilíaca. Ela desce posteriormente à margem superior do forame ciático maior, onde divide-se em um tronco anterior, que se estende na mesma linha em direção à espinha isquiática, e um tronco posterior, que passa de volta para o forame ciático maior. Anteriormente à artéria, estão o ureter e, em mulheres, o ovário e a extremidade fimbriada da tuba uterina. A veia ilíaca interna, o tronco lombossacral e a articulação sacroilíaca localizam-se em posição posterior. Lateralmente, localizam-se a veia ilíaca externa, entre a artéria e o músculo psoas maior, e o nervo obturatório disposto inferiormente à veia. O peritônio parietal localiza-se medialmente, separando-a do íleo terminal à direita e do colon sigmoide à esquerda. Tributárias da veia ilíaca interna também localizam-se em posição medial (Fig. 63.5).

No feto, a artéria ilíaca interna é duas vezes o tamanho da artéria ilíaca externa, e é a continuação direta da artéria ilíaca comum. O tronco principal ascende sobre a parede abdominal anterior até o umbigo e converge com a artéria contralateral, e as duas artérias seguem através do umbigo para entrar no cordão umbilical como as artérias umbilicais. Ao nascimento, quando a circulação placentária cessa, apenas o segmento pélvico permanece patente como a artéria ilíaca interna e parte da artéria vesical superior; o restante torna-se um ligamento umbilical medial fibroso. Em homens, a parte patente (usualmente a artéria vesical superior) em geral dá origem a uma artéria para o canal deferente.

Ramos do tronco posterior

Os ramos do tronco posterior da artéria ilíaca interna são as artérias iliolombar, sacrais laterais e glútea superior.

Artéria iliolombar A artéria iliolombar é o primeiro ramo do tronco posterior e ascende lateralmente, anterior à articulação sacroilíaca e ao tronco nervoso lombossacral. Ela localiza-se posteriormente ao nervo obturatório e aos vasos ilíacos externos, atinge a borda medial do músculo psoas maior e divide-se por trás deste nos ramos lombar e ilíaco. O ramo lombar supre os músculos psoas maior e quadrado lombar, e se anastomosa com a quarta artéria lombar. Ele envia um pequeno ramo espinal através do forame intervertebral entre a quinta vértebra lombar e a primeira vértebra sacral, para suprir a cauda equina. O ramo ilíaco supre o músculo ilíaco; entre o músculo e o osso, ele se anastomosa com os ramos ilíacos da artéria obturatória. Um grande ramo nutridor entra em um canal oblíquo no ílio. Outros ramos seguem ao redor da crista ilíaca, contribuem para o suprimento dos músculos glúteos e abdominais e se anastomosam com as artérias glútea superior, circunflexa ilíaca e circunflexa femoral lateral.

Artérias sacrais laterais As artérias sacrais laterais são usualmente duplas, ou, caso sejam únicas, dividem-se rapidamente em ramos superior e inferior. A artéria superior, que é maior, passa medialmente para o interior do primeiro ou segundo forame sacral, supre as vértebras sacrais e o conteúdo do canal sacral e em seguida sai do sacro através do forame dorsal correspondente para suprir a pele e os músculos dorsais ao sacro. A artéria sacral inferior ou lateral cruza obliquamente anterior ao músculo piriforme e aos ramos espinais anteriores sacrais; em seguida, desce lateralmente ao tronco simpático para se anastomosar com seu par e com a artéria sacral mediana, anteriormente ao cóccix. Seus ramos entram nos forames sacrais anteriores e estão distribuídos na mesma maneira que os ramos da artéria superior.

Artéria glútea superior A artéria glútea superior é o maior ramo da artéria ilíaca interna e efetivamente forma a principal continuação de seu tronco posterior. Ela segue posteriormente entre o tronco lombossacral e o primeiro ramo sacral, ou entre o primeiro e o segundo ramos; e, em seguida, volta-se levemente em posição inferior, saindo da pelve através do forame ciático maior, acima do músculo piriforme, e divide-se em ramos superficial e profundo. Na pelve, ela supre os músculos piriforme, obturador interno e uma artéria nutridora para o ílio. O ramo superficial entra na superfície profunda do músculo glúteo máximo. Seus numerosos ramos suprem o músculo e se anastomosam com os ramos glúteos inferiores, enquanto outros perfuram a inserção tendinosa medial do músculo para suprir a pele sobre o sacro, onde eles se anastomosam com os ramos posteriores das artérias sacrais laterais. O ramo profundo da artéria glútea superior passa entre o músculo glúteo médio e o osso, e logo se divide em ramos superior e inferior. O ramo superior rodeia a borda superior do músculo glúteo mínimo até a espinha ilíaca anterossuperior e se anastomosa com a artéria circunflexa ilíaca profunda e com o ramo ascendente da artéria circunflexa femoral lateral. O ramo inferior segue através do músculo glúteo mínimo obliquamente, supre este músculo e o músculo glúteo médio, e se anastomosa com a artéria circunflexa femoral lateral. Um ramo entra na fossa trocantérica para se unir à artéria glútea inferior e ao ramo ascendente da artéria circunflexa femoral medial; outros ramos seguem através do músculo glúteo mínimo para suprir a articulação do quadril.

A artéria glútea superior ocasionalmente surge diretamente a partir da artéria ilíaca interna com a artéria glútea inferior, e às vezes a partir da artéria pudenda interna.

Ramos do tronco anterior

Os ramos do tronco anterior da artéria ilíaca interna são as artérias vesicais superior e inferior, retal média, vaginal, obturatória, uterina, pudenda interna e glútea inferior.

Artéria vesical superior A artéria vesical superior é o primeiro grande ramo do tronco anterior. Ela localiza-se sobre a parede lateral da pelve logo abaixo da borda e segue anteroinferiormente medial ao periósteo da superfície posterior do púbis. Ela supre a extremidade distal do ureter, a bexiga, a extremidade proximal do canal deferente e a glândula seminal (vesícula seminal). Ela também dá origem à artéria umbilical no feto, a qual permanece como um cordão fibroso, o ligamento umbilical medial, no adulto. Este vaso ocasionalmente permanece patente como uma pequena artéria que supre o umbigo.

Artéria vesical inferior A artéria vesical inferior pode se originar como um ramo comum com a artéria retal média. Na mulher, ela é frequentemente substituída pela artéria vaginal. Ela supre a bexiga, a próstata, as glândulas seminais e o canal deferente.

Artéria retal média A artéria retal média é frequentemente múltipla e pode ser pequena. Ela segue para dentro das coberturas fasciais laterais do mesorreto. Ela ocasionalmente se origina próximo, ou em comum com, à origem da artéria vesical inferior em homens.

Artéria vaginal Em mulheres, a artéria vaginal pode substituir a artéria vesical inferior. Ela pode se originar a partir da artéria uterina, próximo à sua origem (Fig. 63.6).

Artéria obturatória A artéria obturatória segue anteroinferiormente a partir do tronco anterior sobre a parede pélvica lateral até a parte superior do forame obturador. Ela sai da pelve através do canal obturatório e se divide em ramos anterior e posterior. Na pelve, ela está relacionada lateralmente à fáscia sobre o músculo obturador interno e é cruzada em sua face medial pelo ureter e, no homem, pelo canal deferente. Na mulher nulípara, o ovário localiza-se medialmente a ela. O nervo obturatório localiza-se acima da artéria; e a veia obturatória, abaixo dela. Na pelve, a artéria obturatória fornece ramos ilíacos à fossa ilíaca, os quais suprem o osso e o músculo ilíaco, e se anastomosam com a artéria iliolombar. Um ramo vesical segue medialmente à bexiga e às vezes substitui o ramo vesical inferior da artéria ilíaca interna. Um ramo púbico usualmente surge um pouco antes de a artéria obturatória sair da pelve, e ascende por sobre o púbis para se anastomosar com a artéria contralateral e o ramo púbico da artéria epigástrica inferior.

Fora da pelve, os ramos terminais anterior e posterior circundam o forame entre o músculo obturador externo e a membrana obturatória. O ramo anterior se curva anteriormente sobre a membrana e em seguida inferiormente ao longo de sua margem anterior para fornecer ramos aos músculos obturador externo, pectíneo, aos adutores femorais e grácil. Ele se anastomosa com o ramo posterior e a artéria circunflexa femoral medial. O ramo posterior segue a margem posterior do forame e se volta anteriormente sobre a parte isquiática para se anastomosar com o ramo anterior. Ele supre os músculos inseridos na tuberosidade isquiática e se anastomosa com a artéria glútea inferior. Um ramo acetabular entra na articulação do quadril na incisura acetabular, ramifica-se na gordura da fossa acetabular e envia um ramo ao longo do ligamento redondo da cabeça do fêmur.

Ocasionalmente, a artéria obturatória é substituída por um ramo púbico aumentado da artéria epigástrica inferior, que desce quase verticalmente até o forame obturador. Ele usualmente se dispõe próximo à veia ilíaca externa, lateral ao anel femoral, e é raramente lesado durante uma cirurgia inguinal ou de hérnia femoral. Às vezes ele se curva ao longo da borda da parte lacunar do ligamento inguinal, circunda parcialmente o colo de um saco herniário e pode ser inadvertidamente cortado no aumento do anel femoral durante a redução de uma hérnia femoral.

Artéria uterina A artéria uterina é um ramo adicional em mulheres. Ela é uma grande artéria que se origina abaixo da artéria obturatória sobre a parede lateral da pelve e segue inferomedialmente para dentro do ligamento largo do útero.

Artéria pudenda interna (na pelve) A artéria pudenda interna se origina logo abaixo da origem da artéria obturatória. Ela desce lateralmente à borda inferior do forame ciático maior, de onde ela sai da pelve entre os músculos piriforme e isquiococcígeo para entrar na região glútea.

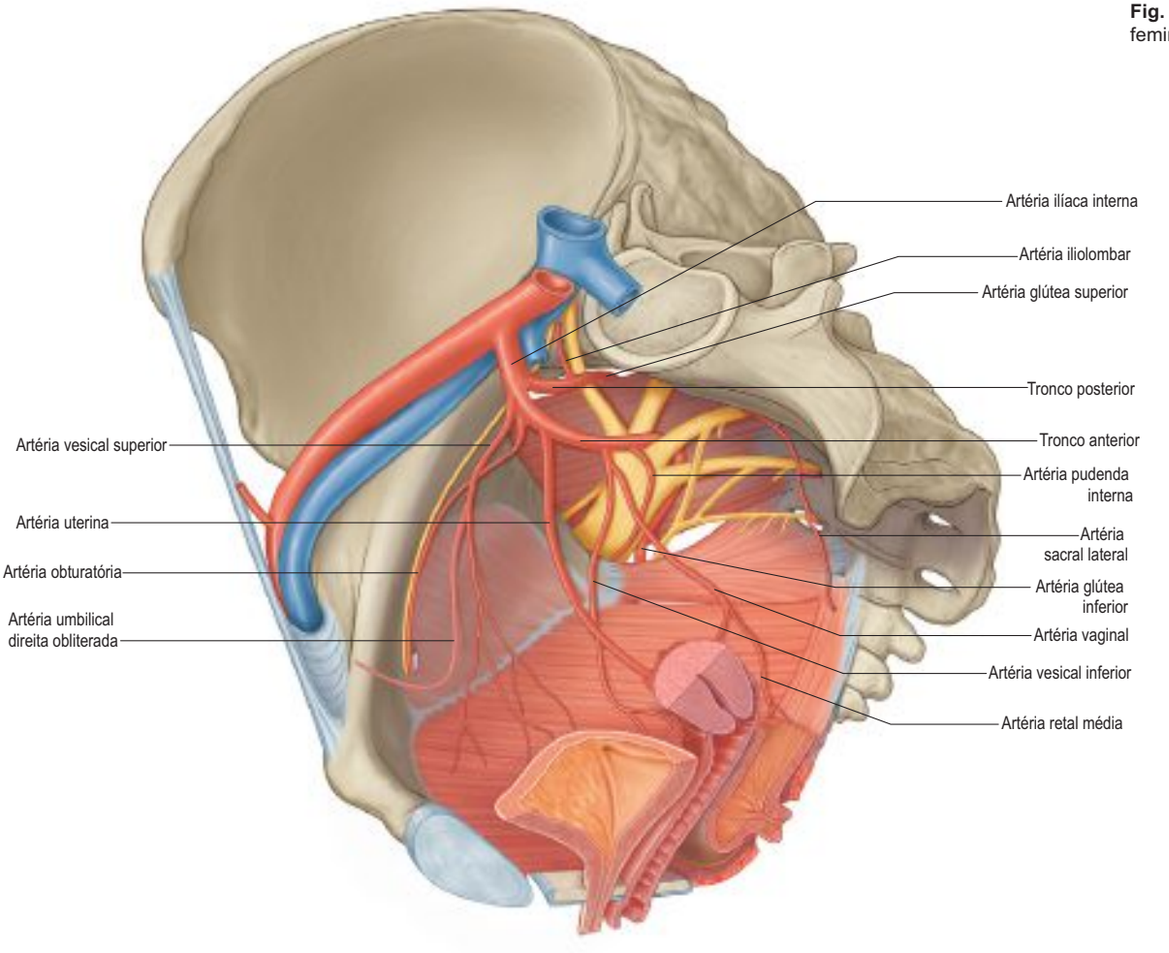


Fig. 63.6 Artérias da pelve feminina.

Em seguida, ela se curva ao redor do dorso da espinha isquiática para entrar no períneo através do forame ciático menor. Esse trajeto efetivamente permite a artéria de se enrolar ao redor do limite posterior do músculo levantador do ânus em sua origem na espinha isquiática, e assim ganhar acesso ao períneo. Na pelve, a artéria pudenda interna cruza anteriormente o músculo piriforme, o plexo sacral e a artéria glútea inferior. Atrás da espinha isquiática, ela é coberta pelo músculo glúteo máximo, com o nervo pudendo medialmente e o nervo para o músculo obturador interno lateralmente a ela. A artéria pudenda interna dá origem a vários ramos musculares na pelve e na região glútea que suprem músculos e nervos adjacentes.

Artéria glútea inferior A artéria glútea inferior é o maior ramo terminal do tronco ilíaco interno anterior e supre principalmente a nádega e a coxa. Ela desce posteriormente, anterior ao plexo sacral e ao músculo piriforme, mas posterior à artéria pudenda interna. Ela passa entre o primeiro e o segundo, ou o segundo e o terceiro, ramos nervosos espinais sacrais anteriores, em seguida entre os músculos piriforme e isquiococcígeo, e segue através da parte inferior do forame ciático maior para atingir a região glútea. A artéria segue inferiormente entre o trocanter maior e a tuberosidade isquiática com os nervos ciático e cutâneo posterior da coxa, profunda ao músculo glúteo máximo. Ela estende-se para baixo em direção à coxa, supre a pele e se anastomosa com ramos das artérias perfurantes. As artérias glútea inferior e pudenda interna frequentemente se originam como um tronco comum da artéria ilíaca interna, às vezes com a artéria glútea superior. Dentro da pelve, a artéria glútea inferior dá origem a ramos para os músculos piriforme, isquiococcígeo e iliococcígeo, e ocasionalmente contribui para o suprimento arterial retal médio. No homem, ela pode fornecer vasos para as glândulas seminais e para a próstata.

Artérias ilíacas externas

As artérias ilíacas externas são de calibre maior que as artérias ilíacas internas. Cada artéria desce lateralmente ao longo da borda medial do músculo psoas maior, a partir da bifurcação ilíaca comum, até um ponto a meio caminho entre a espinha ilíaca anterossuperior e a sínfise púbica, e entra na coxa posteriormente ao ligamento inguinal para se tornar a artéria femoral.

O peritônio parietal e o tecido extraperitoneal separam a artéria ilíaca externa direita do íleo terminal e, usualmente, do apêndice vermiforme, e a artéria ilíaca externa esquerda do colon sigmoide e de alças do intestino delgado anteromedialmente. Em sua origem, a artéria ilíaca externa pode ser cruzada pelo ureter e é também cruzada pelos vasos gonadais, pelo ramo genital do nervo genitofemoral, pela veia circunflexa ilíaca profunda e pelo canal deferente (no homem) ou pelo ligamento redondo (na mulher). Posteriormente, a artéria está separada da borda medial do músculo psoas maior pela fáscia ilíaca. A veia ilíaca externa localiza-se parcialmente posterior à sua parte superior, mas localiza-se mais medialmente abaixo. Lateralmente, ela está relacionada ao músculo psoas maior, que é coberto pelas fáscias ilíaca e do psoas. Numerosos vasos linfáticos e linfonodos localizam-se na sua frente e em seus lados.

A artéria ilíaca externa é principalmente a artéria para o membro inferior, e como tal apresenta poucos ramos na pelve. À exceção de vasos muito pequenos para o músculo psoas maior e para linfonodos da vizinhança, a artéria não tem ramos até que ela origine a artéria circunflexa ilíaca profunda e a artéria epigástrica inferior, as quais surgem próximo ao ponto no qual ela passa sob o ligamento inguinal.

Artéria circunflexa ilíaca profunda A artéria circunflexa ilíaca profunda se ramifica lateralmente a partir da artéria ilíaca externa quase oposta à origem da artéria epigástrica inferior. Ela sobe e segue lateralmente à espinha ilíaca anterossuperior por trás do ligamento inguinal em uma bainha formada pela união das fáscias transversal e ilíaca. Aí ela se anastomosa com o ramo ascendente da artéria circunflexa femoral lateral, perfura a fáscia transversal e circunda o lábio interno da crista ilíaca. A cerca de meio caminho ao longo da crista ilíaca, ela segue através do músculo transverso do abdome e em seguida entre os músculos transverso do abdome e oblíquo interno para se anastomosar com as artérias iliolombar e glútea superior. Ela dá origem a um grande ramo ascendente próximo à espinha ilíaca anterossuperior, o qual segue entre os músculos oblíquo interno e transverso do abdome, supre ambos os músculos e se anastomosa com as artérias lombar e epigástrica inferior.

Artéria epigástrica inferior A artéria epigástrica inferior se origina a partir da artéria ilíaca externa posteriormente ao ligamento inguinal. Ela se curva para a frente no tecido extraperitoneal anterior e ascende obliquamente ao longo da margem medial do anel inguinal profundo, de onde ela se estende como uma artéria da parede abdominal anterior.

Veias da pelve

A pelve verdadeira contém um grande número de veias que drenam as paredes pélvicas e a maioria das vísceras contidas no interior da pelve, e que carreiam sangue venoso a partir da região glútea, do quadril e da coxa. As veias ilíacas externas, que se localizam próximas à borda da pelve, realizam a drenagem venosa a partir da maior parte do membro inferior. Existe uma variação considerável na drenagem venosa da pelve: embora as veias principais frequentemente sigam suas equivalentes arteriais nomeadas, as pequenas tributárias exibem muita variação entre os indivíduos.

Veias ilíacas comuns

A veia ilíaca comum é formada pela união das veias ilíacas externa e interna, anteriores às articulações sacroilíacas. Ela ascende obliquamente para terminar do lado direito da quinta vértebra lombar e une-se em um ângulo agudo ao vaso contralateral para formar a veia cava inferior. A veia ilíaca comum direita é mais curta e mais aproximadamente vertical, disposta posteriormente e em seguida lateralmente à sua artéria correspondente. O nervo obturatório direito passa posteriormente. A veia ilíaca comum esquerda é mais longa e mais oblíqua, e localiza-se primeiro medialmente e em seguida posteriormente à sua artéria correspondente. Ela é cruzada anteriormente pela inserção do mesocólon sigmoide e pelos vasos retais superiores. Cada veia recebe a veia iliolombar e às vezes as veias sacrais laterais. A veia sacral mediana normalmente drena para a veia ilíaca comum esquerda. Não existem valvas nestas veias.

A veia ilíaca comum esquerda ocasionalmente ascende à esquerda da artéria aorta até o nível do rim esquerdo, onde ela recebe a veia renal esquerda e cruza anteriormente à aorta para se unir à veia cava inferior: este vaso representa a metade caudal persistente da veia pós-cardinal esquerda ou da veia supracardinal.

Veias sacrais medianas As veias sacrais medianas direita e esquerda acompanham as artérias correspondentes anteriormente ao sacro, onde elas se unem para formar uma veia única, a qual normalmente termina na veia ilíaca comum esquerda, mas às vezes termina na junção das veias ilíacas comuns.

Veias pudendas internas As veias pudendas internas são veias acompanhantes da artéria pudenda interna e se unem como um vaso único que termina na veia ilíaca interna ipsilateral. Elas recebem veias a partir das veias retais inferiores, do bulbo do pênis e da bolsa escrotal (em homens) ou do clitóris e dos grandes lábios da vulva (em mulheres).

Veia ilíaca interna

A veia ilíaca interna é formada pela convergência de várias veias acima do forame ciático maior. Ela não apresenta os troncos e ramos previsíveis da artéria ilíaca interna correspondente, mas suas tributárias drenam os mesmos territórios. Ela ascende posteromedialmente à artéria ilíaca interna para se unir à veia ilíaca externa, formando a veia ilíaca comum na margem pélvica, anterior à parte inferior da articulação sacroilíaca ipsilateral. Ela é coberta anteromedialmente pelo peritônio parietal. Suas tributárias são as veias glúteas, pudenda interna e obturatória, que se originam fora da pelve; as veias sacrais laterais, que seguem a partir da superfície anterior do sacro; e as veias retal média, vesical, uterina e vaginal, que se originam nos plexos venosos das vísceras pélvicas (Fig. 63.7).

A drenagem venosa das extremidades livres dos membros inferiores pode ser bloqueada por trombose que envolva os sistemas ilíacos externos e/ou a veia cava inferior. Sob estas circunstâncias, as veias pélvicas, particularmente as tributárias das veias ilíacas internas, aumentam em diâmetro e proporcionam uma rota alternativa principal de retorno venoso a partir do sistema femoral. A interferência cirúrgica com essas veias pode seriamente comprometer a drenagem e precipitar um edema em uma ou em ambas as extremidades livres dos membros inferiores.

Veias glúteas superiores As veias glúteas superiores são as veias acompanhantes da artéria glútea superior. Elas recebem tributárias que correspondem aos ramos da artéria glútea superior e entram na pelve através do forame ciático maior, acima do músculo piriforme. Elas se unem à veia ilíaca interna, frequentemente como um tronco único.

Veias glúteas inferiores As veias glúteas inferiores são veias acompanhantes da artéria glútea inferior. Elas se iniciam proximal e posteriormente na coxa, onde se anastomosam com as veias circunflexa femoral medial e as primeiras veias perfurantes, entram na pelve na parte de baixo do forame ciático maior e unem-se para formar um vaso que se abre na parte distal (inferior) da veia ilíaca interna. As veias glútea inferior e glútea superficial se conectam através de veias perfurantes (Doyle, 1970), as quais são análogas às veias perfurantes surais. As veias glúteas provavelmente têm um papel de "bombeamento" venoso e fornecem colaterais entre as veias femoral e ilíaca interna.

Veia obturatória A veia obturatória se inicia na região adutora proximal e entra na pelve através do forame obturador. Ela segue posterior e superiormente sobre a parede pélvica lateral, abaixo da artéria obturatória e entre o ureter e a artéria ilíaca interna, e termina na veia ilíaca interna

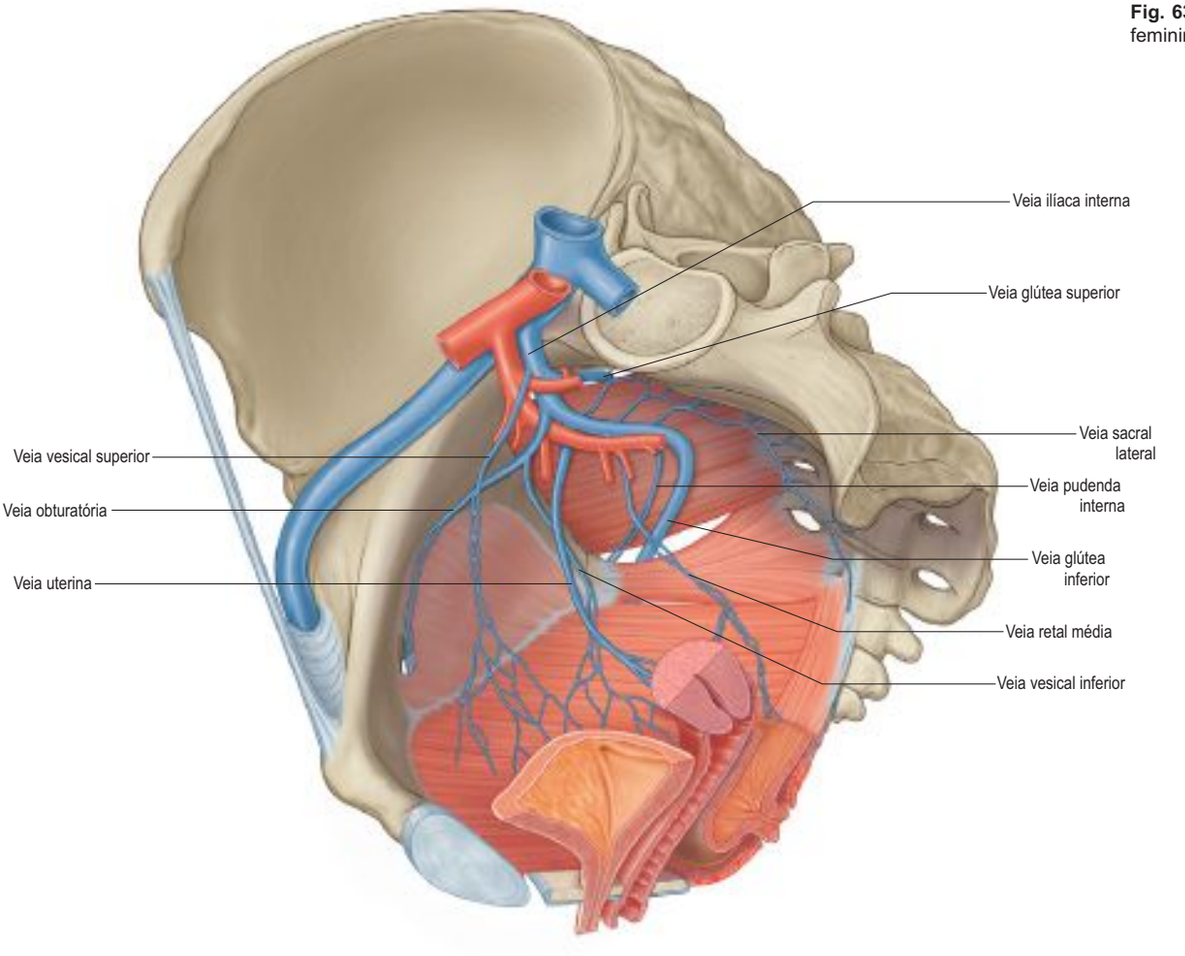


Fig. 63.7 – Veias da pelve feminina.

ipsilateral. Às vezes, este vaso é substituído por uma veia púbica aumentada, que se une à veia ilíaca externa ipsilateral.

Veias sacrais laterais As veias sacrais laterais acompanham as artérias sacrais laterais e estão interconectadas por um plexo venoso sacral.

Veia retal média A veia retal média se inicia no plexo venoso retal e drena o reto e o mesorreto. De tamanho variável, ela segue lateralmente sobre a superfície pélvica do músculo levantador do ânus para terminar na veia ilíaca interna ipsilateral. A veia retal média frequentemente recebe tributárias advindas da bexiga, da próstata e da glândula seminal (em homens), ou da face posterior da vagina (em mulheres).

Veia ilíaca externa

A veia ilíaca externa é a continuação proximal da veia femoral. Ela se inicia profundamente ao ligamento inguinal, ascende ao longo da margem pélvica e termina anteriormente à articulação sacroilíaca através da junção com a veia ilíaca interna ipsilateral para formar a veia ilíaca comum. À direita, ela localiza-se medialmente à artéria ilíaca externa e inclina-se gradualmente por trás desta à medida que ascende. À esquerda, ela localiza-se toda medialmente. Uma doença da artéria ilíaca externa pode fazer com que ela se adira intimamente à veia no ponto em que ela está em contato, e, particularmente do lado direito, as paredes dos vasos podem ficar fundidas, o que torna a dissecção perigosa. A veia ilíaca externa é cruzada medialmente pelo ureter e pela artéria ilíaca interna. Em homens, ela é cruzada pelo canal deferente, e em mulheres pelo ligamento redondo do útero e pelos vasos ovarianos. O músculo psoas maior localiza-se lateralmente, exceto por onde a artéria passa entre eles. A veia normalmente não apresenta valvas, mas pode conter uma única valva. Suas tributárias são as veias epigástrica inferior, circunflexa ilíaca profunda e púbica.

Veia epigástrica inferior Uma ou duas veias epigástricas inferiores acompanham a artéria epigástrica inferior e drenam para a veia ilíaca externa ipsilateral, um pouco acima do ligamento inguinal.

Veia circunflexa ilíaca profunda A veia circunflexa ilíaca profunda é formada por veias acompanhantes da artéria correspondente. Ela se une à veia ilíaca externa ipsilateral um pouco acima da veia epigástrica inferior, após cruzar anteriormente a artéria ilíaca externa.

Veia púbica A veia púbica conecta as veias ilíaca externa e obturatória. Ela ascende sobre a superfície pélvica do púbis com o ramo púbico da artéria epigástrica inferior e às vezes substitui a veia obturatória normal.

Drenagem linfática da pelve

Os linfonodos na pelve estão agrupados ao redor dos vasos ilíacos comuns, externos e internos, e são denominados de acordo com esta relação.

Linfonodos ilíacos comuns

Os linfonodos ilíacos comuns recebem toda a drenagem linfática do membro inferior porque eles drenam os linfonodos ilíacos tanto internos como externos. Eles normalmente localizam-se em cadeias medial, lateral e anterior ao redor da artéria ilíaca comum, com a cadeia lateral sendo a principal rota: um ou dois localizam-se inferiormente à bifurcação aórtica e anteriormente à quinta vértebra lombar ou ao promontório do sacro. Os linfonodos ilíacos comuns se conectam aos linfonodos aórticos laterais.

Linfonodos ilíacos externos

Os linfonodos ilíacos externos usualmente formam três subgrupos que se localizam lateral, medial e anteriormente aos vasos ilíacos externos. Os linfonodos mediais são considerados os principais canais de drenagem e coletam a linfa advinda do membro inferior através dos linfonodos inguinais, das camadas profundas da parede abdominal infraumbilical, da região adutora da coxa, da glande do pênis ou do clitóris, da uretra membranosa, da próstata, do fundo da bexiga, do cérvix uterino e da parte superior da vagina. Seus vasos linfáticos eferentes passam para os linfonodos ilíacos comuns.

Linfonodos epigástricos inferiores e circunflexos ilíacos Os linfonodos epigástricos inferiores e circunflexos ilíacos estão associados a seus vasos de denominação similar e drenam as áreas correspondentes aos linfonodos ilíacos externos.

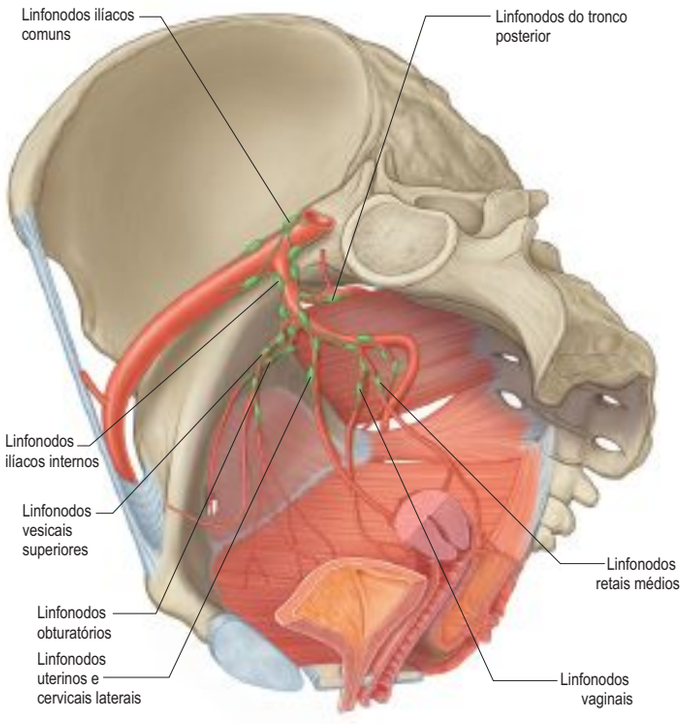


Fig. 63.8 Drenagem linfática da pelve feminina e da bexiga urinária.

Linfonodos ilíacos internos

Os linfonodos ilíacos internos circundam os ramos dos vasos ilíacos internos. Eles recebem vasos linfáticos aferentes advindos da maior parte das vísceras pélvicas (com a exceção das gônadas e da maior parte do reto), das partes profundas do períneo e dos músculos glúteos e femorais posteriores, e drenam para os linfonodos ilíacos comuns. Os grupos individuais são considerados na descrição das vísceras. Existem conexões frequentes entre os grupos direito e esquerdo, particularmente quando eles se localizam próximos à linha mediana anterior e posteriormente (Fig. 63.8).

INERVAÇÃO DA PELVE

A pelve contém o tronco nervoso lombossacral, os plexos sacral e coccígeo e as partes pélvicas dos sistemas simpático e parassimpático. Coletivamente, esses nervos carreiam a inervação somática e autônoma para a maioria dos órgãos viscerais pélvicos, para o assoalho pélvico e períneo, para a região glútea e para o membro inferior.

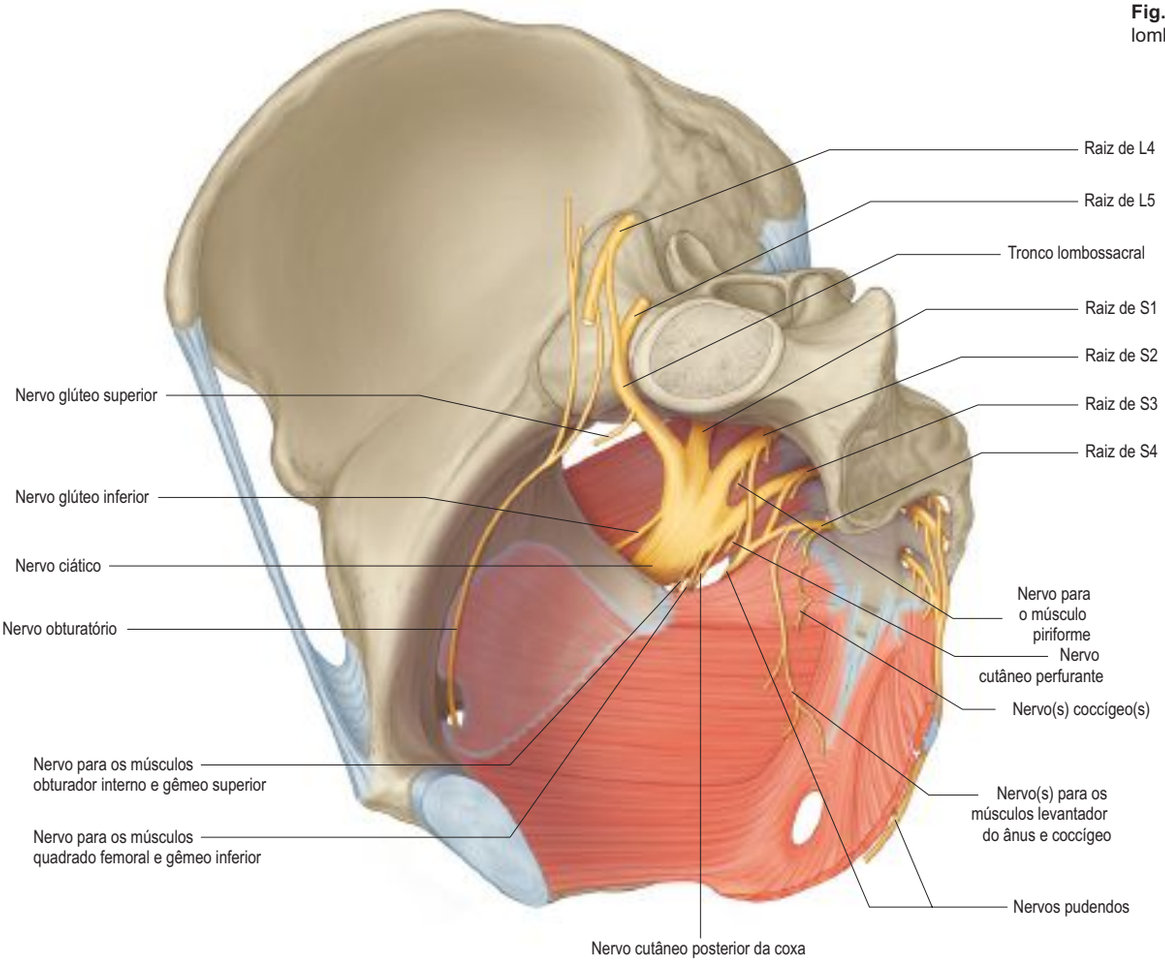
Os ramos ventrais dos nervos espinais sacrais e coccígeos formam os plexos sacral e coccígeo (Fig. 63.9). Os quatro ramos sacrais ventrais superiores entram na pelve pelos forames sacrais anteriores, o quinto entra entre o sacro e o cóccix, e o ramo ventral do nervo coccígeo se curva para a frente abaixo do processo transverso rudimentar do primeiro segmento coccígeo. O primeiro e o segundo ramos ventrais sacrais são grandes, do terceiro ao quinto diminuem progressivamente, e o coccígeo é o menor. Cada um recebe um ramo cinzento comunicante a partir de um gânglio simpático correspondente. Ramos eferentes viscerais saem do segundo ao quarto ramos sacrais como os nervos esplâncnicos pélvicos, que contêm fibras parassimpáticas para minúsculos gânglios nas paredes das vísceras pélvicas.

Tronco lombossacral e plexo sacral

O plexo sacral é formado pelo tronco lombossacral, pelo primeiro ao terceiro ramos ventrais sacrais e por parte do quarto ramo ventral sacral (o restante do quarto ramo sacral ventral se une ao plexo coccígeo).

A parte lombar do tronco lombossacral contém parte do quarto e todo o quinto ramo lombar ventral; ele surge na margem medial do músculo psoas maior e desce sobre a margem pélvica anteriormente à

Fig. 63.9 O plexo lombossacral na pelve.



articulação sacroilíaca ipsilateral para se unir ao primeiro ramo sacral. A maior parte do segundo e do terceiro ramos sacrais converge sobre a face inferomedial do tronco lombossacral no forame ciático maior para formar o nervo ciático. As divisões ventrais e dorsais dos nervos não se separam fisicamente uma da outra, mas suas fibras permanecem separadas dentro dos ramos; as divisões ventrais e dorsais de cada raiz contribuinte se unem no interior do nervo ciático. As fibras das divisões dorsais continuarão para formar os nervos fibular comum e as fibras da divisão ventral formam o nervo tibial. O nervo ciático ocasionalmente se divide em nervos fibular comum e tibial dentro da pelve. Nestes casos, o nervo fibular comum usualmente segue através do músculo piriforme.

O plexo sacral localiza-se contra a parede pélvica posterior, anteriormente ao músculo piriforme, posteriormente aos vasos ilíacos internos e ao ureter, e atrás do cólon sigmoide à esquerda. Os vasos glúteos superiores seguem entre o tronco lombossacral e o primeiro ramo sacral ventral ou entre o primeiro e o segundo ramos sacrais, enquanto os vasos glúteos inferiores se localizam entre o primeiro e o segundo, ou entre o segundo e o terceiro ramos sacrais (Fig. 63.9).

O plexo sacral não está comumente envolvido em tumores malignos da pelve porque ele se localiza por trás da fáscia pré-sacral, relativamente densa, que resiste a tudo, exceto a alguma infiltração maligna localmente muito avançada. Quando isto ocorre, existe uma dor de difícil tratamento de acordo com a distribuição dos ramos do plexo. O plexo também pode estar envolvido nas reticuloses ou ser afetado por neuromas plexiformes.

Ramos do plexo sacral

Os ramos do plexo sacral são:

	Divisões ventrais	Divisões dorsais
Nervo para os músculos quadrado femoral e gêmeo inferior	L4,5, S1	
Nervo para os músculos obturador interno e gêmeo superior	L5, S1,2	
Nervo para o músculo piriforme		S2 (S1)
Nervo glúteo superior		L4,5, S1
Nervo glúteo inferior		L5, S1,2
Nervo cutâneo posterior da coxa	S2,3	S1,2
Nervo tibial (ciático)	L4,5, S1,2,3	
Nervo fibular comum (ciático)		L4,5, S1,2
Nervo cutâneo perfurante		S2,3
Nervo pudendo	S2,3,4	
Nervos para o músculo levantador do ânus e para o esfíncter externo do ânus	S4	
Nervos esplâncnicos pélvicos L4, L5, S1		S2,3 (S4)

O trajeto e a distribuição da maioria dos ramos do plexo sacral estão completamente abordados na página 1384.

Nervo pudendo (na pelve)

O nervo pudendo se origina a partir das divisões ventrais do segundo, terceiro e quarto ramos sacrais ventrais, e é formado logo acima da borda superior do ligamento sacrotuberal e das fibras superiores do músculo isquiococcígeo. Ele emerge da pelve através do forame ciático maior entre os músculos piriforme e isquiococcígeo, entra na região glútea e cruza o ligamento sacrospinal próximo à sua inserção na espinha isquiática, onde ele se localiza medialmente aos vasos pudendos internos. Ele acompanha a artéria pudenda interna através do forame ciático menor para dentro do canal do pudendo (de Alcock) na parede lateral da fossa isquioanal. Na parte posterior do canal, ele dá origem ao nervo retal inferior, ao nervo perineal e ao nervo dorsal do pênis ou do clitóris.

Ramos viscerais sacrais

Os ramos viscerais, os nervos esplâncnicos pélvicos, originam-se a partir do segundo ao quarto ramos sacrais ventrais e inervam as vísceras pélvicas.

Ramos musculares sacrais

Vários ramos musculares se originam a partir do quarto ramo sacral ventral para suprir a superfície superior do músculo levantador do ânus e a parte superior do esfíncter anal externo. Os ramos para o músculo levantador do ânus entram na superfície superior (pélvica) do músculo, enquanto o ramo para o esfíncter anal externo (também referido como o ramo perineal do quarto nervo sacral) atinge a fossa isquioanal por seguir através do músculo isquiococcígeo ou por entre os músculos isquiococcígeo e iliococcígeo. Ele supre a pele entre o ânus e o cóccix através de seus ramos cutâneos.

Plexo coccígeo

O plexo coccígeo é formado por um pequeno ramo descendente a partir do quarto ramo sacral ventral e pelo quinto ramo sacral ventral e coccígeo ventral. O quinto ramo sacral ventral emerge a partir do hiato sacral, curva-se ao redor da margem lateral do sacro abaixo de seu corno e perfura o músculo isquiococcígeo a partir de baixo, de modo a atingir sua superfície pélvica superior. Aqui, ele se une a um ramo descendente do quarto ramo sacral ventral; o pequeno tronco assim formado desce

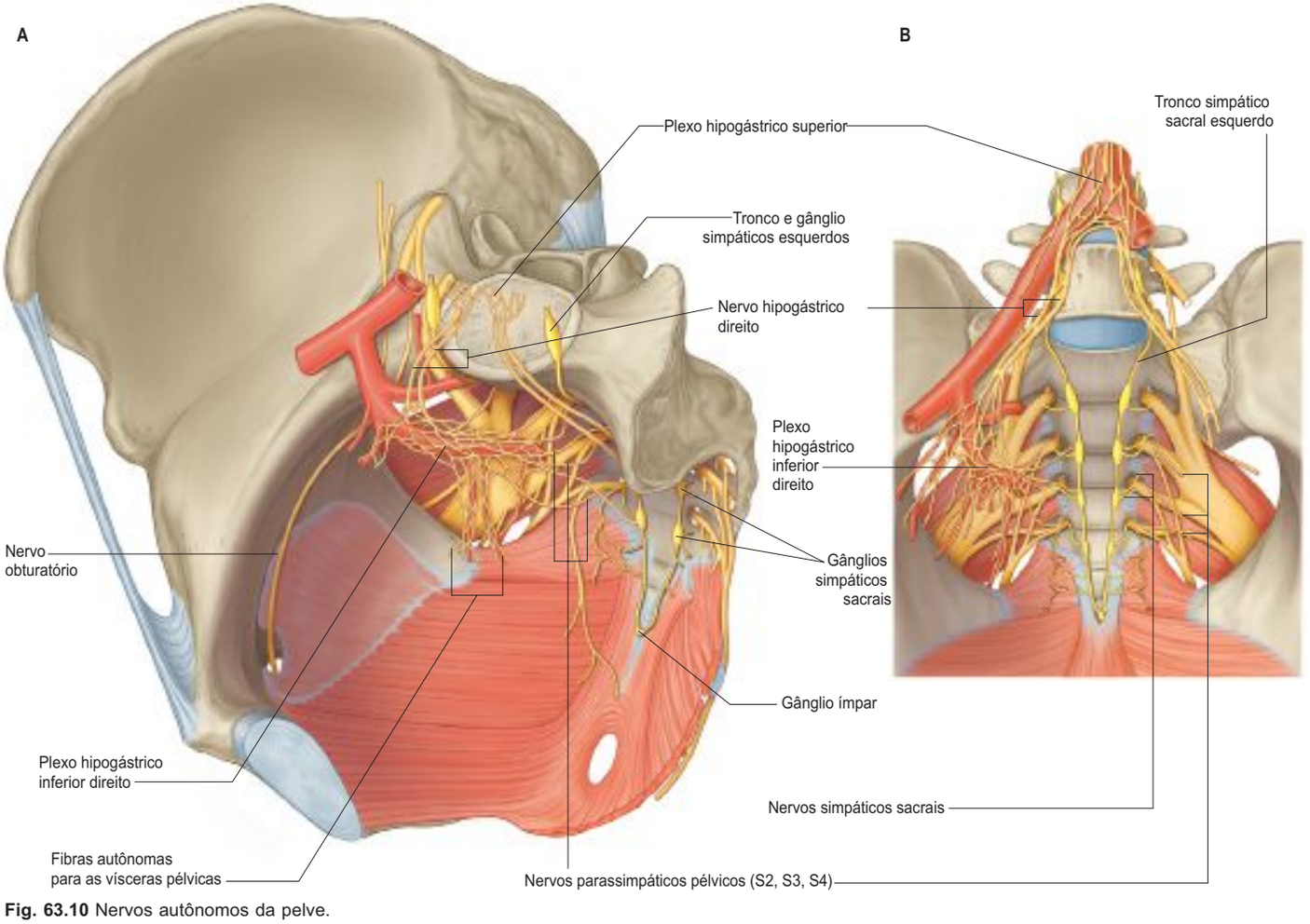


Fig. 63.10 Nervos autônomos da pelve.

sobre a superfície pélvica do músculo isquiococcígeo e se une ao minúsculo ramo coccígeo ventral, que emerge do hiato sacral e se curva ao redor da margem coccígea lateral, de modo a perfurar o músculo coccígeo para atingir a pelve. O pequeno tronco que é formado desta maneira é o plexo coccígeo. Os nervos anococcígeos surgem a partir dele e formam alguns delicados filetes que perfuram o ligamento sacrotuberal para suprir a pele adjacente.

Parte pélvica do sistema simpático

O tronco simpático pélvico localiza-se no tecido extraperitoneal, anterior ao sacro e abaixo da fáscia pré-sacral (Fig. 63.10). Ele localiza-se medialmente ou anteriormente aos forames sacrais anteriores e apresenta quatro ou cinco gânglios interconectados. Acima, ele é contínuo com o tronco simpático lombar. Os troncos direito e esquerdo convergem abaixo dos gânglios mais inferiormente localizados e se unem em um pequeno gânglio ímpar, anterior ao cóccix. Ramos cinzentos comunicantes passam dos gânglios para nervos espinais sacrais e coccígeos, mas não há ramos brancos comunicantes. Ramos mediais conectam-se através da linha mediana e filetes derivados dos dois primeiros gânglios se unem ao plexo hipogástrico inferior ou ao "nervo" hipogástrico. Outros ramos formam um plexo sobre a artéria sacral mediana.

Ramos vasculares

As fibras pré-ganglionares para os vasos que suprem a pelve e o membro inferior são derivadas dos três segmentos espinais torácicos inferiores e de dois ou três segmentos espinais lombares superiores. Elas atingem os gânglios torácicos inferiores e lombares superiores através de ramos brancos comunicantes, e descem através do tronco simpático para fazer sinapses nos gânglios lombares. As fibras pós-ganglionares passam desses gânglios através de ramos cinzentos comunicantes para o nervo femoral, que as conduzem para a artéria femoral e seus ramos. Algumas fibras descem através dos gânglios lombares para fazer sinapses nos dois ou três gânglios sacrais superiores, dos quais axônios pós-ganglionares passam através de ramos cinzentos comunicantes até as raízes do plexo sacral. As fibras nos nervos pudendo e glúteos superior e inferior acompanham as artérias de mesmo nome até os tecidos glúteos perineais; os ramos podem também suprir os linfonodos pélvicos. Aquelas que se unem ao nervo tibial são conduzidas para a artéria poplítea e distribuídas através de seus ramos até a perna e o pé.

A denervação simpática dos vasos no membro inferior pode ser efetuada através da remoção ou ablação dos três gânglios lombares superiores e das partes intervenientes do tronco simpático, o que às vezes é usado no tratamento da insuficiência vascular do membro inferior.

PERÍNEO

MÚSCULOS E FÁSCIAS DO PERÍNEO

O períneo é uma região de formato parecido com o diamante (losangular) que se localiza abaixo do assoalho pélvico, entre as faces internas das coxas e anterior ao sacro e ao cóccix. Ele é usualmente descrito a partir da posição de um indivíduo em decúbito dorsal, com as articulações coxofemorais em abdução e flexão parcial. A projeção superficial do períneo e a forma da pele que o cobre variam consideravelmente, dependendo da posição das coxas, enquanto os tecidos profundos em si ocupam posições relativamente fixas. O períneo é delimitado anteriormente pela sínfise púbica e seu ligamento arqueado, posteriormente pelo osso cóccix, anterolateralmente pelos ramos isquiopúbicos e pelas tuberosidades isquiáticas, e posterolateralmente pelos ligamentos sacrotuberais. O limite profundo do períneo é a superfície inferior do diafragma pélvico e seu limite superficial é a pele, que é contínua com a que se encontra sobre a face medial das coxas e a parede abdominal inferior. Uma linha arbitrária que une as tuberosidades isquiáticas (a linha interisquiática) divide o períneo em um triângulo urogenital anterior e um triângulo anal posterior. O triângulo urogenital está voltado para baixo e para a frente, enquanto o triângulo anal está voltado para baixo e para trás.

O triângulo urogenital masculino contém o bulbo do pênis e suas inserções (Fig. 63.11) (Cap. 76), e o triângulo urogenital feminino contém o monte do púbis, os lábios maiores, os lábios menores, o clitóris e os orifícios vaginal e uretral (vulva) (Cap. 77).

Triângulo anal

A estrutura do triângulo anal é similar em homens e mulheres, com a principal diferença refletida na dimensão transversal mais larga do triângulo em mulheres como resultado do tamanho maior da abertura inferior da pelve. O triângulo anal contém o canal anal e seus esfíncteres, e a fossa

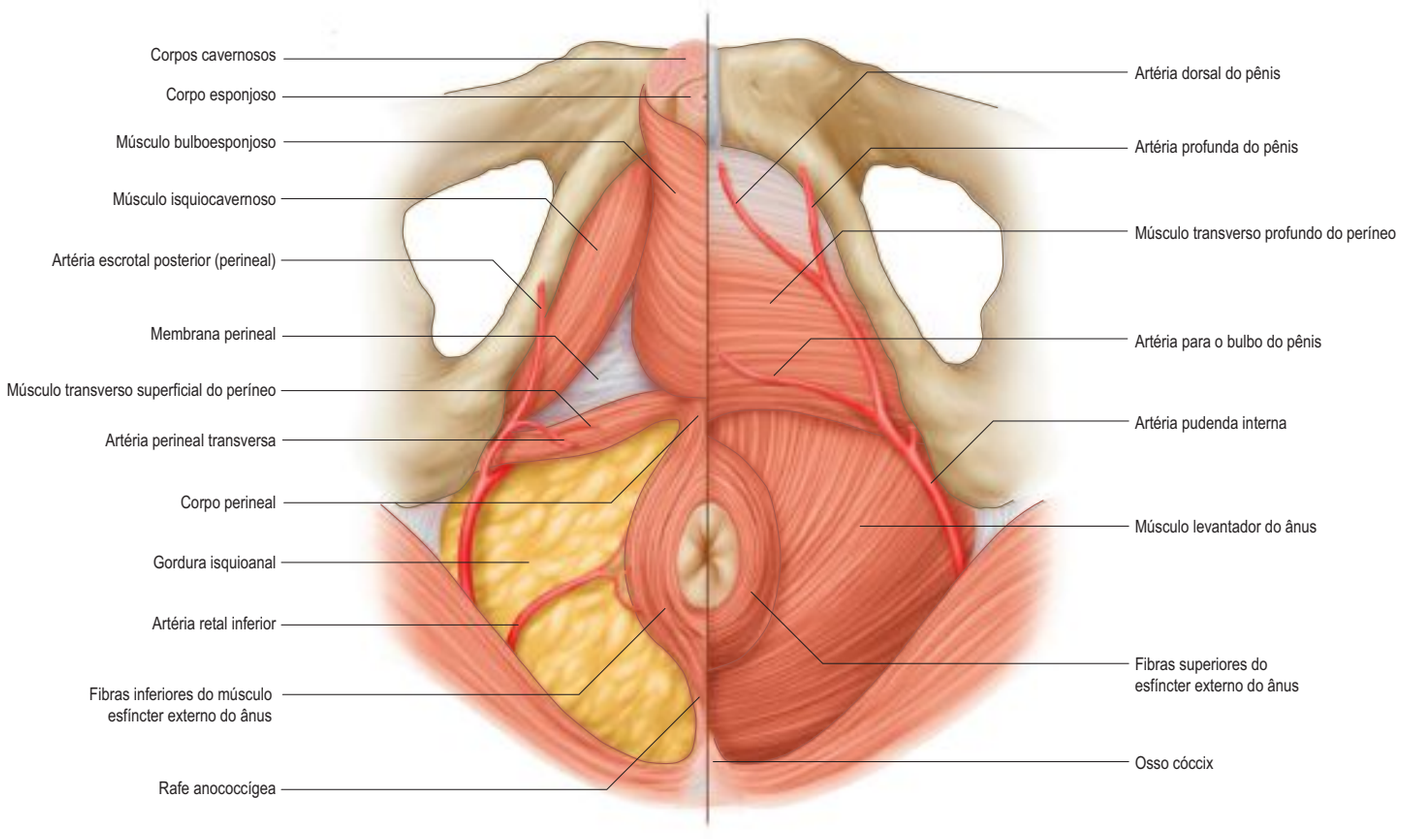


Fig. 63.11 Músculos e fáscias do períneo masculino. Do lado esquerdo, apenas a pele e a fáscia superficial do períneo foram removidas. A artéria escrotal posterior (perineal) está mostrada à medida que ela segue adiante para os tecidos escrotais. Do lado direito, os corpos cavernosos e o corpo esponjoso e seus músculos associados, os músculos perineais superficiais e a membrana perineal foram removidos para revelar os músculos profundos subjacentes e as artérias do períneo. Todas as veias e nervos foram omitidos para maior clareza.

isquioanal com seus nervos e vasos contidos. Ele é revestido pelas fáscias superficial e profunda.

Fáscia superficial do triângulo anal

A fáscia superficial da região é delgada e é contínua com a fáscia superficial/subcutânea da pele do períneo, coxas e nádegas (pág. 1095).

Fáscia profunda do triângulo anal

A fáscia profunda reveste a superfície inferior do músculo levantador do ânus e é contínua em sua origem lateral com a fáscia por sobre o músculo obturador interno, abaixo da inserção do músculo levantador do ânus. Ela reveste a porção profunda da fossa isquioanal e suas paredes laterais.

Fossa isquioanal

A fossa isquioanal é uma região de formato aproximadamente de ferradura que preenche a maior parte do triângulo anal: embora frequentemente referida como um espaço, ela é preenchida com tecido adiposo frouxo permeado por nervos e vasos sanguíneos. Os "braços" da ferradura são triangulares em corte transversal porque o músculo levantador do ânus se inclina para baixo, em direção à junção anorretal (Fig. 67.43). O canal anal e seus esfíncteres localizam-se no centro da ferradura. Acima deles, o limite medial profundo da fossa é formado pela fáscia profunda sobre o músculo levantador do ânus. O limite externo da fossa é formado anterolateralmente pela fáscia profunda sobre o músculo obturador interno profundamente e pelo periósteo das tuberosidades isquiáticas mais superficialmente. Posterolateralmente, o limite externo é formado pela borda inferior do músculo glúteo máximo e pelo ligamento sacrotuberal. Anteriormente, o limite superficial da fossa é formado pela face posterior dos músculos perineais transversos e pela loja perineal profunda. Profundamente a esta, não existe limite fascial entre a fossa e os tecidos profundos da membrana perineal em direção anterior até a superfície posterior do púbis abaixo da inserção do músculo levantador do ânus. Posteriormente, a fossa contém a inserção do esfíncter anal externo até a ponta do cóccix: acima e abaixo deste, o tecido adiposo da fossa é ininterrupto através da linha mediana. Estas continuações da fossa isquioanal significam que infecções, tumores e coleções de líquidos em seu interior podem não somente aumentar de modo relativamente livre até a lateral do canal anal, mas também podem se propagar com pouca resistência até o lado oposto profundamente à membrana perineal. Os vasos pudendos internos e os nervos acompanhantes se localizam na parede lateral da fossa isquioanal, envolvidos na fáscia que forma o canal pudendo. Os vasos e nervos retais inferiores cruzam a fossa a partir do canal pudendo e frequentemente se ramificam em seu interior.

A fossa isquioanal é um importante plano cirúrgico durante ressecções do canal anal e da junção anorretal por causa de tumores malignos. Ela fornece um plano de dissecção fácil e relativamente sem sangue que inclui todas as estruturas musculares do canal anal e leva à superfície inferior do músculo levantador do ânus, através do qual a dissecção é realizada.

Esfíncter anal externo

O esfíncter anal externo é um tubo oval de músculo estriado que circunda a parte inferior do canal anal. As fibras mais superiores (mais profundas) se fundem com as fibras mais inferiores do músculo puborretal; as duas são vistas como contínuas ao ultrassom endoanal e ao imageamento por ressonância magnética. Anteriormente, algumas dessas fibras superiores decussam para dentro dos músculos transversos superficiais do períneo. Posteriormente, algumas fibras estão inseridas na rafe anococcígea. A maioria das fibras médias do esfíncter anal externo circunda a parte inferior do esfíncter interno e estão inseridas anteriormente ao corpo perineal e posteriormente ao cóccix através do ligamento anococcígeo. Algumas fibras de cada lado do esfíncter decussam nestas áreas para formar um tipo de comissura na linha mediana anterior e posteriormente. As inserções anterior e posterior do esfíncter anal externo dão ao tubo muscular um perfil oval disposto anteroposteriormente. As fibras inferiores localizam-se abaixo do nível do esfíncter anal interno e estão separadas do epitélio anal mais inferior apenas por submucosa.

Ligamento anococcígeo

O ligamento anococcígeo é uma estrutura musculotendinosa em camadas que segue entre a porção média do esfíncter anal externo e o cóccix. A porção mais baixa da fáscia pré-sacral localiza-se acima da parte profunda do ligamento, e as fibras mais posteriores da rafe do músculo iliococcígeo localizam-se entre os dois: estas três estruturas juntas são às vezes referidas como a placa pós-anal. A divisão da rafe anococcígea pode causar a "descida" do canal anal e um abaixamento da parte posterior do triângulo anal, mas não interfere de maneira demonstrável no processo de defecação.

Triângulo urogenital

O triângulo urogenital está limitado posteriormente pela linha interisquiática que usualmente se sobrepõe à borda posterior dos músculos perineais transversos. Anterior e lateralmente, ele está delimitado profundamente pela sínfise púbica e pelos ramos isquiopúbicos. Em homens, o triângulo urogenital se estende superficialmente para incluir o escroto e a raiz do pênis. Em mulheres, ele se estende até o limite inferior dos grandes lábios e do monte pubiano. O triângulo urogenital está dividido em duas partes por uma forte membrana perineal: o espaço perineal profundo localiza-se acima da membrana, e o espaço perineal superficial localiza-se abaixo desta.

O triângulo urogenital feminino inclui músculos, fáscias e espaços de modo similar àqueles no homem. Existem algumas diferenças no tamanho e na disposição, causadas pela presença da vagina e da genitália externa feminina.

Loja (ou espaço) perineal profunda(o)

A loja perineal profunda durante muito tempo foi considerada uma região anatômica entre o diafragma urogenital e a membrana perineal que contém a uretra e o esfíncter uretral. Entretanto, o diafragma urogenital não existe, e o esfíncter uretral – previamente considerado o principal conteúdo do espaço perineal profundo (onde ele foi descrito como circundando a uretra) – é agora reconhecido como contido na uretra. A loja perineal profunda é delimitada profundamente pela fáscia endopélvica do assoalho pélvico e superficialmente pela membrana perineal. Entre essas duas camadas fasciais, localiza-se o músculo transverso profundo do períneo superficialmente ao mecanismo do esfíncter uretral e ao músculo pubouretral, e em mulheres superficialmente ao músculo compressor da uretra e ao esfíncter uretrovaginal. Esses músculos não formam uma verdadeira lâmina diafragmática como tal, pois fibras de várias partes estendem-se através das saídas viscerais no assoalho pélvico para dentro dos limites inferiores da cavidade pélvica.

Membrana perineal (previamente, fáscia inferior do diafragma urogenital)

A membrana perineal é uma membrana triangular que se estende quase horizontalmente através da loja perineal profunda. Ela está inserida lateralmente ao periósteo dos ramos isquiopúbicos e seu ápice está inserido ao ligamento arqueado do púbis. Ela é particularmente espessa nesta área, e aqui é referida como o ligamento perineal transverso. A borda posterior está fundida à parte profunda do corpo perineal e é contínua com a fáscia por sobre o músculo transverso profundo do períneo.

No homem, a membrana perineal é atravessada pela uretra, 2-3 cm atrás da borda inferior da sínfise púbica; pelos vasos e nervos para o bulbo do pênis; pelos ductos das glândulas bulbouretrais, posterolateralmente ao orifício uretral; pelos vasos dorsais profundos e nervos dorsais do pênis, por trás do arco púbico na linha mediana; e pelos vasos e nervos escrotais posteriores, anteriormente aos músculos transversos do períneo.

Na mulher, a membrana perineal é menos bem definida do que no homem. Ela é dividida quase em metades pela vagina e pela uretra, de modo que ela forme um triângulo a cada lado dessas estruturas; o ligamento pubouretral (o equivalente feminino do ligamento perineal transverso nos homens) une os dois lados anteriormente, por trás do arco púbico. Ela é atravessada pela uretra, 2-3 cm atrás da borda inferior da sínfise púbica; pela vagina, centralmente; pelos ductos das glândulas de Bartholin, posterolateralmente ao orifício uretral; pelas veias dorsais profundas e nervos dorsais do clitóris, por trás do arco púbico na linha mediana; e pelos vasos e nervos labiais, anteriormente aos músculos transversos do períneo.

Músculos transversos profundos do períneo

Os músculos transversos profundos do períneo formam uma lâmina incompleta de músculo através da loja perineal profunda a partir das faces mediais dos ramos isquiopúbicos. Posteriormente, a lâmina encontra-se inserida ao corpo perineal, onde suas fibras decussam com aquelas do lado oposto. Anteriormente, os músculos são deficientes e as estruturas viscerais passam através da fáscia endopélvica e da membrana perineal. Algumas fibras passam para a parte profunda do esfíncter anal externo posteriormente e para o esfíncter da uretra anteriormente. Juntamente com os músculos transversos profundos do períneo, os músculos atuam para firmar o corpo perineal no plano mediano e podem ajudar a sustentar os canais viscerais que passam através deles. Eles são supridos pelos ramos perineais dos vasos e nervos pudendos.

Mecanismo do esfíncter uretral

O mecanismo do esfíncter uretral consiste nas musculaturas estriada e lisa intrínsecas da uretra e no músculo puboperineal (pubouretral) componente do músculo levantador do ânus, que circunda a uretra no ponto de concentração máxima desses músculos. Ele circunda a uretra membra-

nosa no homem e os terços médio e inferior da uretra na mulher. No homem, as fibras também chegam a alcançar a parte mais baixa do colo da bexiga e, entre os dois, localiza-se a superfície da próstata. A maior parte das fibras circunda a uretra membranosa e algumas fibras estão inseridas à superfície interna do ramo isquiopúbico. Na mulher, o mecanismo do esfíncter circunda mais do que o terço médio da uretra. Ele se funde acima com o músculo liso do colo da bexiga e abaixo com o músculo liso da parte inferior da uretra e da vagina.

Ações O mecanismo do esfíncter uretral comprime a uretra, particularmente quando a bexiga contém líquido. Sua localização ao redor da região de mais alta pressão de fechamento uretral sugere que ele desempenhe um importante papel na continência de urina. Como o músculo bulboesponjoso, ele é relaxado durante a micção, mas se contrai para expelir as gotas finais de urina, ou de sêmen no homem, a partir da uretra bulbar. Ele pode ser estimulado através de um eletrodo transvaginal, conforme tem sido usado no tratamento de incontinência urinária por estresse em mulheres.

Inervação O mecanismo do esfíncter uretral se estende do períneo, através do hiato urogenital, para dentro da cavidade pélvica. Ele provavelmente recebe inervação através do ramo perineal do nervo pudendo a partir de baixo, e de ramos diretos advindos do plexo sacral e dos nervos esplâncnicos pélvicos a partir de cima (Wendell-Smith & Wilson, 1991). Todos esses nervos se originam nos segundo, terceiro e quarto segmentos espinais sacrais.

Músculo compressor da uretra

O músculo compressor da uretra existe em mulheres e se origina a partir dos ramos isquiopúbicos de cada lado por um pequeno tendão. As fibras passam anteriormente para encontrar seus pares contralaterais em uma faixa achatada que se localiza anteriormente à uretra, abaixo do esfíncter da uretra (Fig. 63.12). Um número variável de fibras da mesma origem se espalha medialmente para alcançar as paredes inferiores da vagina, e pode raramente alcançar mais posteriormente, até o corpo perineal.

Esfíncter uretrovaginal

O esfíncter uretrovaginal existe nas mulheres e se origina a partir do corpo perineal. As fibras seguem para a frente a cada lado da vagina e da uretra, até encontrar seus pares contralaterais em uma faixa achatada, anteriormente à uretra, e abaixo do músculo compressor da uretra.

Ações A direção das fibras do músculo compressor da uretra e do esfíncter uretrovaginal sugere que elas produzam o alongamento, como também a compressão, da uretra, e assim ajudam a continência em mulheres.

Fáscias perineais superficial e profunda

Fáscia perineal superficial

O tecido comumente referido como a fáscia superficial do períneo (fáscia de Colles) forma um nítido plano, reconhecível sob o ponto de vista cirúrgico, profundo à pele da região anterior do períneo. Ele está firmemente inserida posteriormente à fáscia por sobre os músculos transversos superficiais do períneo e o limite posterior da membrana perineal. Lateralmente, ele está inserido às margens dos ramos isquiopúbicos para trás até as tuberosidades isquiáticas. Daqui, ele segue mais superficialmente até a pele do triângulo urogenital, no nível da genitália externa; no homem, ele também é contínuo com a camada fascial na pele do escroto que contém o músculo dartos. Em mulheres, a fáscia segue os mesmos limites, mas é muito menos extensa nos lábios maiores. Esta camada segue anterior e superiormente na direção da pele da parede abdominal inferior, onde ela é contínua com a fáscia membranosa (fáscia de Scarpa). Estas camadas teciduais são referidas como uma "fáscia superficial", mas isto é realmente uma denominação errônea, uma vez que elas são corretamente referidas como a camada membranosa do tecido subcutâneo (a tela subcutânea).

Fáscia perineal profunda (que reveste a fáscia dos músculos perineais superficiais)

O tecido comumente referido como a fáscia perineal profunda é uma camada de fáscia que se sobrepõe aos músculos superficiais do períneo (bulboesponjoso, isquiocavernoso, transversos superficiais do períneo). Ele é de fato a fáscia de revestimento dos músculos perineais superficiais e, como tal, está firmemente aderido às bordas dos músculos em inserções nos ramos isquiopúbicos, na margem posterior da membrana perineal e no corpo perineal. À frente, ele se funde com o ligamento suspensor do pênis ou do clitóris e com as fáscias do músculo oblíquo externo e da bainha do músculo reto do abdome.

Lojas perineais superficial e subcutânea

Loja perineal subcutânea

A loja perineal subcutânea localiza-se entre a fáscia perineal profunda e a fáscia perineal superficial. Sob circunstâncias normais, essas duas camadas estão separadas apenas por um tecido conjuntivo subcutâneo relativamente delgado, e a pele da região anterior do períneo e dos genitais é relativamente móvel por sobre as estruturas mais profundas. Entretanto, esta loja é capaz de se expandir consideravelmente na presença de acúmulo de líquido; o sangue, a urina ou algum líquido que se acumula na loja subcutânea por causa de um trauma ou uma cirurgia no triângulo urogenital disseminar-se-á por todos os tecidos do triângulo, incluindo a bolsa escrotal ou os lábios maiores, mas não pode passar posteriormente para o triângulo anal, ou lateralmente para dentro da face medial

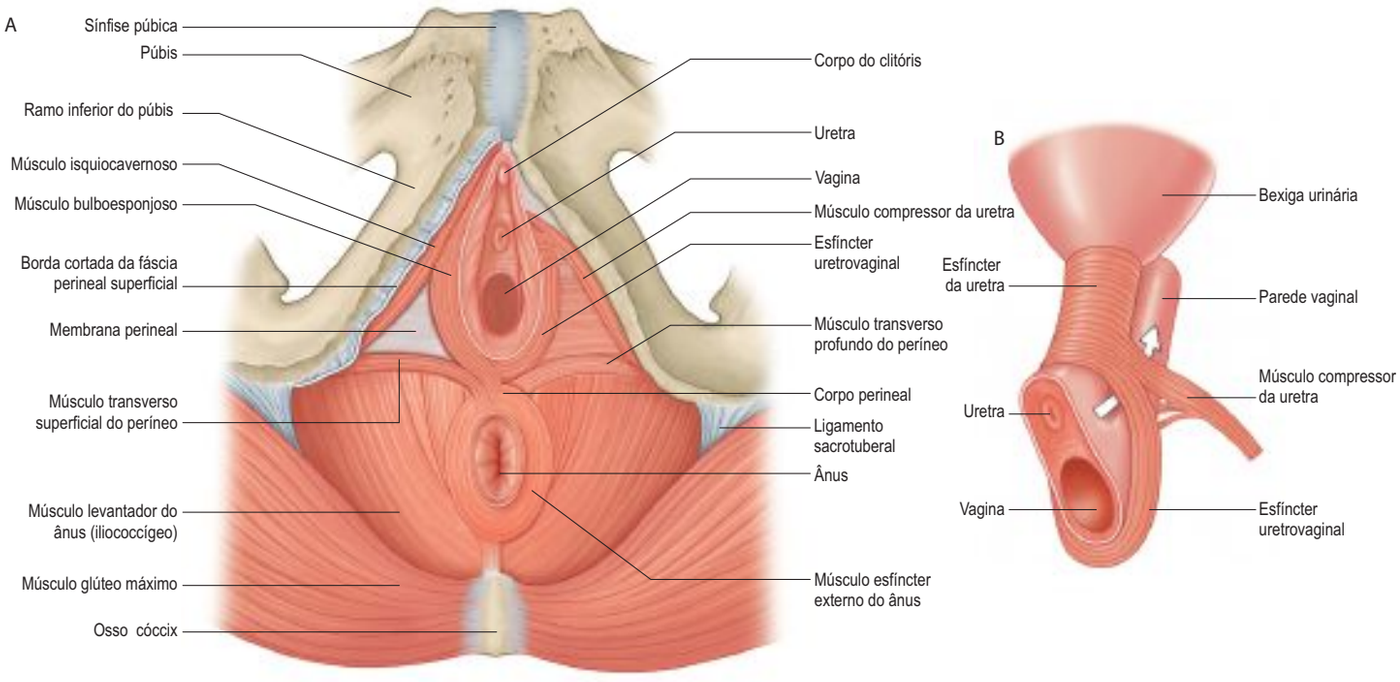


Fig. 63.12 Músculos do períneo feminino. **A,** Do lado direito, a camada membranosa da fáscia superficial foi removida (observe a borda cortada). Do lado esquerdo, os músculos perineais superficiais e a fáscia sobrejacente foram removidos para mostrar os músculos perineais profundos. **B,** A continuidade dos músculos perineais profundos com o esfíncter da uretra.

da coxa, em virtude da firme fixação das inserções posteriores da fáscia subcutânea. Uma vez que a fáscia perineal superficial está em continuidade com a fáscia da parede abdominal anterior, líquido, sangue ou pus podem também se localizar livremente entre os tecidos subcutâneos da parede abdominal anterior e a loja perineal subcutânea (por ex., hematomas pós-cirúrgicos da parede abdominal causam prontamente uma despigmentação das peles perineal e glútea).

Loja perineal superficial

A loja perineal superficial localiza-se profundamente à membrana perineal e está limitada superficialmente pela fáscia perineal profunda (fáscia de revestimento dos músculos perineais superficiais) (Fig. 63.13). Ela contém os corpos cavernosos e o corpo esponjoso do pênis, os músculos isquiocavernoso, bulboesponjoso e os transversos superficiais do períneo, e ramos dos vasos e nervos pudendos. Na mulher, ela é atravessada pela uretra e pela vagina, e contém o clitóris. No homem, ela contém a uretra à medida que segue na raiz do pênis. Ela é um espaço completamente confinado; injúrias ao conteúdo do espaço (tais como sangramento para dentro da uretra na raiz do pênis) não se comunicam com as lojas profunda ou subcutânea, a menos que as coberturas fasciais também estejam laceradas ou rompidas.

Corpo perineal

O corpo perineal é um agregado mal definido de tecido fibromuscular localizado na linha mediana, na junção entre os triângulos anal e urogenital. Ele está inserido a muitas estruturas nos espaços urogenitais tanto profundos como superficiais. Posteriormente, ele se funde com fibras advindas da parte média do esfíncter anal externo e da cobertura longitudinal conjunta. Superiormente, ele é contínuo com o septo retoprostático ou retovaginal, que incluem fibras do músculo levantador do ânus (puborretal ou pubovaginal). Anteriormente, ele recebe uma contribuição dos músculos transversos profundos do períneo, dos transversos superficiais do períneo e do bulboesponjoso (Fig. 63.4). O corpo perineal é contínuo com a membrana perineal e com a fáscia perineal superficial. Uma vez que a fáscia perineal superficial segue para a frente e para dentro da pele do períneo, o corpo perineal está fixado à pele perineal central, que é frequentemente enrugada sobre ele. Em homens, esta é contínua com a rafe perineal na pele do escroto. Em mulheres, o corpo perineal localiza-se diretamente posterior à comissura posterior dos lábios maiores – está também aderido a ela – e ao introito da vagina.

O ânus pode ser cirurgicamente destacado do corpo perineal sem quaisquer consequências clínicas. Entretanto, lacerações espontâneas do corpo continuadas durante a infância são frequentemente associadas a lesões nas fibras anteriores do esfíncter anal externo. A divisão deliberada do corpo perineal para facilitar o parto (episiotomia) é angulada lateralmente para evitar tais injúrias. O corpo perineal é frequentemente usado para determinar a proporção em que o períneo "desce" durante um esforço a fim de avaliar a disfunção do assoalho pélvico.

Músculos transversos superficiais do períneo

Os músculos transversos superficiais do períneo são estreitas faixas de músculo que seguem mais ou menos transversalmente através do espaço perineal superficial, anteriormente ao ânus. Os músculos são ocasionalmente pequenos e raramente ausentes. A cada lado, os músculos estão inseridos às faces medial e anterior da tuberosidade isquiática. Medialmente, as fibras seguem principalmente para dentro do corpo perineal, embora algumas possam também passar para o músculo bulboesponjoso ipsilateral ou para o esfíncter anal externo.

Músculo bulboesponjoso

O músculo bulboesponjoso difere entre os sexos. No homem, ele se localiza na linha mediana, anteriormente ao corpo perineal. Ele consiste em duas partes simétricas unidas por uma rafe fibrosa mediana. As fibras se inserem ao corpo perineal, no qual elas decussam, aos músculos transversos superficiais do períneo e ao esfíncter anal externo; elas divergem como os lados de uma pena a partir da rafe mediana. Uma camada delgada de fibras posteriores se une à porção posterior da membrana perineal. A maioria das fibras intermediárias circunda o bulbo do pênis e o corpo esponjoso adjacente, e se insere em uma aponeurose nas superfícies dorsais. As fibras anteriores se espalham por sobre as laterais dos corpos cavernosos e terminam parcialmente neles, anteriormente ao músculo isquiocavernoso, e parcialmente em uma expansão tendinosa que cobre os vasos dorsais do pênis. Na mulher, o músculo bulboesponjoso também se insere ao corpo perineal, mas o músculo a cada lado está separado e cobre as partes superficiais dos bulbos do vestíbulo e das glândulas vestibulares maiores. As fibras seguem anteriormente a cada lado da vagina para se inserir aos corpos cavernosos do clitóris, e algumas poucas fibras atravessam o dorso do corpo do clitóris.

Ações O músculo bulboesponjoso ajuda a esvaziar a uretra de urina após a bexiga ter esvaziado. No homem, ele pode auxiliar no estágio final da ereção à medida que as fibras comprimem o tecido erétil do bulbo e as fibras anteriores contribuem através da compressão da veia dorsal profunda do pênis. Ele se contrai seis ou sete vezes durante a ejaculação e auxilia na expulsão do sêmen. Na mulher, o músculo bulboesponjoso atua para estreitar o orifício vaginal e em propiciar o esvaziamento das secreções das glândulas vestibulares maiores. As fibras anteriores contribuem para a ereção do clitóris através da compressão de sua veia dorsal profunda.

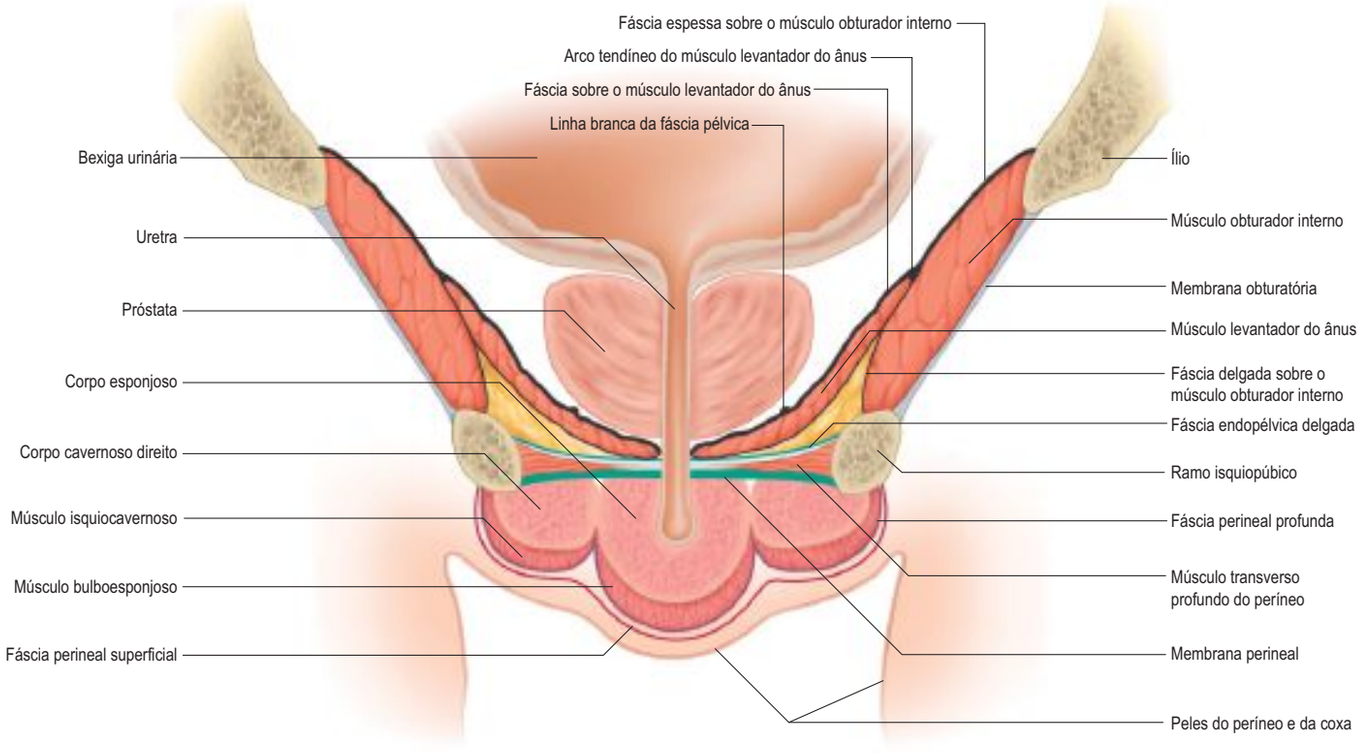


Fig. 63.13 Músculos e fáscias do períneo masculino – plano coronal. O corte passa através do bulbo do pênis no nível da uretra. O espaço perineal profundo é contínuo com a fossa isquioanal posteriormente. A fáscia pélvica parietal está mostrada em negro, os limites fasciais do espaço/loja perineal profundo(a) em verde, a fáscia perineal profunda em púrpura e a fáscia perineal superficial em vermelho. As fáscias visceral e parietal foram omitidas para maior clareza. A fáscia pélvica sobre a face "pélvica" dos músculos transversos profundos do períneo é muito delgada e não forma uma camada distinta como nos locais que se fundem com a fáscia pélvica parietal sobre a face inferior do músculo levantador do ânus.

Músculo isquiocavernoso

No homem, o músculo isquiocavernoso cobre cada ramo do pênis. Ele se origina de fibras tendinosas e musculares à face medial da tuberosidade isquiática atrás e ao ramo do ísquio a ambos os lados do ramo. Essas fibras terminam em uma aponeurose que está inserida aos lados e sob a superfície do ramo do pênis. Na mulher, o músculo isquiocavernoso está relacionado aos pequenos ramos do clitóris, e tem uma origem muito menor do ramo isquiopúbico; apesar disto, este é similar ao músculo correspondente no homem (Figs. 63.14 e 63.15).

Ação O músculo isquiocavernoso comprime o ramo do pênis em homens e pode ajudar a manter a ereção do pênis. Os músculos formam um triângulo a cada lado da linha mediana, tendo o músculo bulboesponjoso como limite medial e os músculos transversos do períneo posteriormente inseridos à membrana perineal: quando contraídos, os dois músculos isquiocavernosos atuam juntos para estabilizar o pênis ereto. Na mulher, os músculos isquiocavernosos podem ajudar a promover a ereção do clitóris.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA DO PERÍNEO

Artérias do períneo

Artéria pudenda interna (no períneo)

A artéria pudenda interna entra no períneo ao redor da face posterior da espinha isquiática e segue sobre a parede lateral da fossa isquioanal no canal pudendo (canal de Alcock) com as veias pudendas internas e o nervo pudendo. O canal é formado pelo tecido conjuntivo que une os vasos e o nervo à superfície perineal da fáscia do músculo obturador interno e se localiza cerca de 4 cm acima do limite inferior da tuberosidade isquiática. À medida que a artéria se aproxima da margem do ramo do ísquio, ela prossegue acima ou abaixo da membrana perineal, ao longo da margem medial do ramo inferior do púbis, e termina por trás do ligamento púbico inferior.

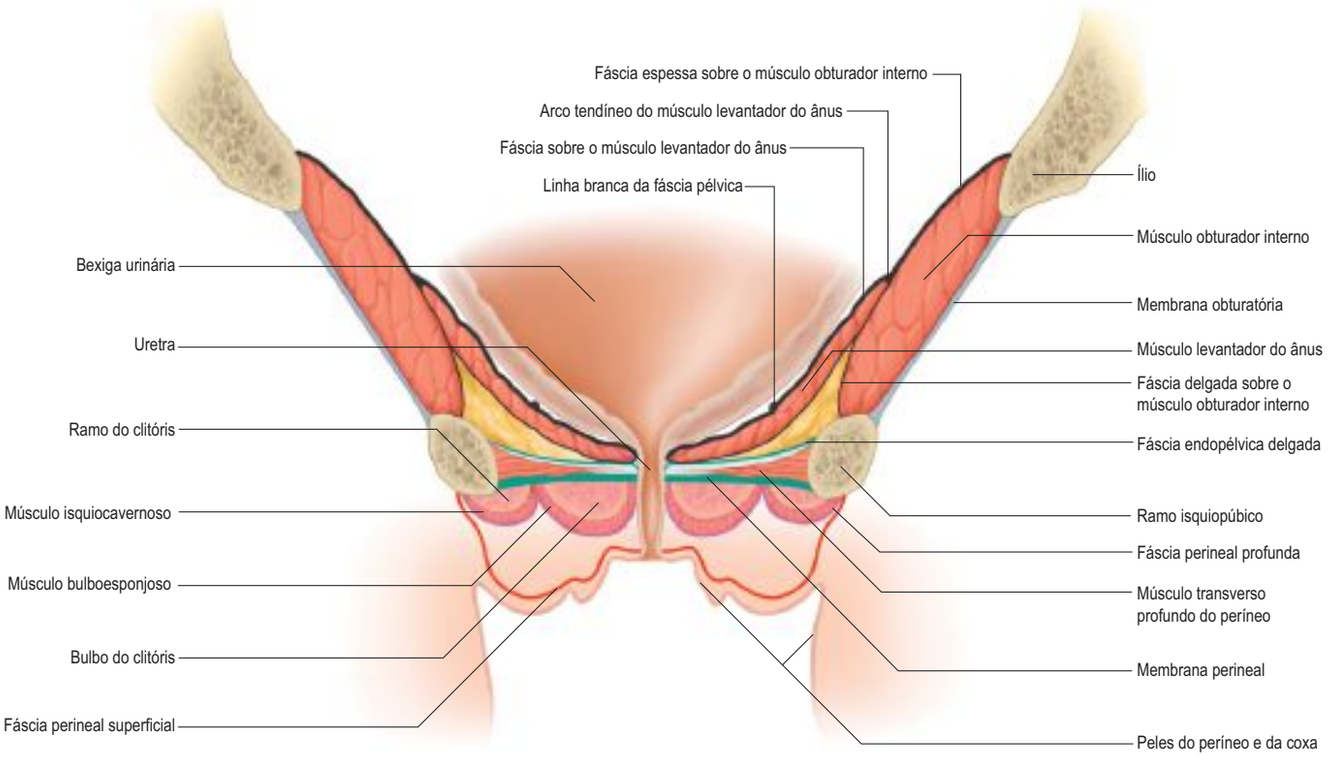


Fig. 63.14 Músculos e fáscias do períneo feminino – plano coronal. O corte passa através do bulbo do clitóris no nível da uretra. O espaço perineal profundo é contínuo com a fossa isquioanal posteriormente. A fáscia pélvica parietal está mostrada em negro, os limites fasciais do espaço/loja perineal profundo(a) em verde, a fáscia perineal profunda em púrpura e a fáscia perineal superficial em vermelho. As fáscias visceral e parietal foram omitidas para maior clareza. A fáscia pélvica sobre a face "pélvica" dos músculos transversos profundos do períneo é muito delgada e não forma uma camada distinta como nos locais que se fundem com a fáscia pélvica parietal sobre a face inferior do músculo levantador do ânus.

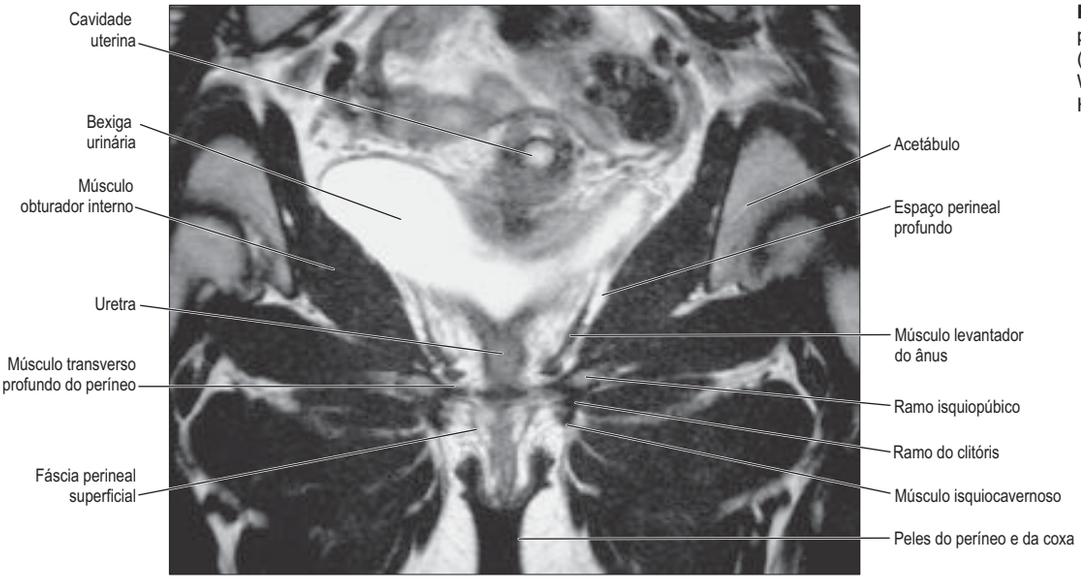


Fig. 63.15 Músculos e fáscias do períneo feminino – RM coronal (T2) (Por cortesia do Dr J Lee e Ms. K. Wimpey, Chelsea and Westminster Hospital, London).

No homem, a artéria pudenda interna distal à artéria perineal fornece um ramo para o bulbo do pênis antes que ele se divida nas artérias profunda (cavernosa) e dorsal do pênis (Fig. 63.11). Devido à sua distribuição, a artéria pudenda interna distal a seu segmento perineal tem sido chamada de artéria do pênis. A artéria para o bulbo supre o corpo esponjoso e a artéria profunda para o pênis supre o corpo cavernoso de cada lado. A artéria dorsal segue sobre a face dorsal do pênis e fornece ramos circunflexos para os corpos cavernosos e para o corpo esponjoso que terminam em anastomoses no sulco coronal e suprem a glande do pênis e sua pele sobrejacente.

Na mulher, a artéria para o bulbo é distribuída para o tecido erétil do bulbo do vestíbulo e para a vagina. A artéria cavernosa é muito menor e supre os corpos cavernosos do clitóris; a artéria dorsal supre a glande e o prepúcio do clitóris (Fig. 63.11).

Os ramos da artéria pudenda interna são às vezes derivados de uma artéria pudenda acessória, que é usualmente um ramo da artéria pudenda antes de sua saída da pelve; efetivamente, a artéria é dupla antes de ela sair da pelve.

Artéria retal inferior

A artéria retal inferior se origina logo após a artéria pudenda interna entrar no canal sobre a parede lateral da fossa isquioanal e segue anteromedialmente através do tecido adiposo da fossa isquioanal até alcançar a porção profunda do esfíncter anal externo. Ela frequentemente se ramifica antes de atingir o esfíncter. Durante dissecções do canal anal, particularmente durante excisões perineais da região anorretal, os vasos retais inferiores são encontrados na fossa isquioanal e devem ser protegidos antes da divisão, ou eles tendem a retrair lateralmente para o canal, onde podem causar um problemático sangramento.

Artéria perineal

A artéria perineal é um ramo da artéria pudenda interna próximo à extremidade anterior do canal do pudendo e segue através da membrana perineal. No homem, ela se aproxima da bolsa escrotal no espaço perineal superficial, entre os músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso. Um pequeno ramo transverso passa medialmente, inferior aos músculos transversos superficiais do períneo, para se anastomosar com a artéria contralateral e com as artérias escrotal posterior e retal inferior. Ela supre os músculos transversos do períneo, o corpo perineal e a inserção posterior do bulbo do pênis. As artérias escrotais posteriores são usualmente ramos terminais da artéria perineal, mas também podem se originar a partir de seu ramo transverso. Elas estão distribuídas para a pele escrotal e para o músculo dartos no homem, e suprem os músculos perineais. Na mulher, a artéria perineal segue um trajeto quase idêntico ao da artéria no homem e origina ramos similares; as artérias escrotais posteriores são substituídas pelas artérias labiais posteriores.

Veias do períneo: veias pudendas internas

As veias pudendas internas são veias acompanhantes da artéria pudenda interna e se unem como um vaso único que termina na veia ilíaca interna. As tributárias perineais recebem veias do bulbo do pênis e da bolsa escrotal (em homens) ou do clitóris e dos grandes lábios (nas mulheres), e as veias retais inferiores se unem em direção à extremidade posterior do canal do pudendo.

Drenagem linfática do períneo

Os vasos linfáticos derivados da pele do pênis e da bolsa escrotal (no homem) ou da pele do clitóris e dos grandes lábios (na mulher) drenam juntamente com vasos linfáticos derivados da pele perineal para os linfonodos inguinais superficiais, e daí para os linfonodos inguinais profundos. A glande, os corpos cavernosos e o corpo esponjoso do pênis ou do clitóris têm sua linfa drenada diretamente para os linfonodos inguinais profundos.

INERVAÇÃO DO PERÍNEO: NERVO PUDENDO (NO PERÍNEO)

O nervo pudendo dá origem aos nervos retal inferior e perineal e aos nervos dorsais do pênis ou do clitóris.

O nervo pudendo ocupa uma posição constante sobre a espinha isquiática e é facilmente encontrado. Ele pode ser "bloqueado" por infiltração com um anestésico local aplicado através de uma agulha passada pela parede lateral da vagina de modo a entorpecer as peles perineal e anal. Ele também pode ser palpado por sobre a espinha isquiática através da parede lateral do reto e ter as latências terminais motoras medidas.

Nervo retal inferior

O nervo retal inferior segue através da parede medial do canal do pudendo com os vasos retais inferiores. Ele atravessa a fossa isquioanal para suprir o esfíncter externo do ânus, o revestimento da parte inferior do canal anal e a pele imediatamente em torno do ânus. Ele frequentemente dá origem a ramos terminais um pouco antes de atingir a borda lateral do esfíncter. Seus ramos cutâneos distribuídos ao redor do ânus se sobrepõem aos ramos cutâneos do ramo perineal do nervo cutâneo femoral posterior e dos nervos escrotal ou labial. O nervo retal inferior ocasionalmente se origina diretamente a partir do plexo sacral e atravessa o ligamento sacrospinal ou se reconecta ao nervo pudendo. Em mulheres, o nervo retal inferior pode fornecer ramos sensitivos para a parte inferior da vagina.

Nervo perineal

O nervo perineal é o ramo terminal maior e inferior do nervo pudendo no canal pudendo. Ele segue para a frente abaixo da artéria pudenda interna e acompanha a artéria perineal, dividindo-se em ramos escrotais ou labiais posteriores e musculares. Os nervos escrotais ou labiais posteriores são usualmente duplos e apresentam ramos mediais e laterais que seguem por sobre a membrana perineal e passam para adiante na parte lateral do triângulo urogenital com os ramos escrotal ou labial da artéria perineal. Eles suprem a pele da bolsa escrotal ou dos lábios maiores, sobrepondo-se à distribuição do ramo perineal dos nervos cutâneo femoral posterior e retal inferior. Em mulheres, os ramos labiais posteriores também fornecem fibras sensoriais para a pele da parte inferior da vulva.

Os ramos musculares se originam diretamente a partir do nervo pudendo para suprir os músculos transversos superficiais do períneo, bulboesponjoso, isquiocavernoso, transversais profundos do períneo, esfíncter da uretra, e as partes anteriores do esfíncter externo do ânus e do músculo levantador do ânus. Em homens, um nervo para o bulbo da uretra sai do nervo para o músculo bulboesponjoso, perfura este músculo para suprir o corpo esponjoso do pênis e termina na mucosa uretral.

Nervo dorsal do pênis ou do clitóris

O nervo dorsal do pênis ou do clitóris segue anteriormente acima da artéria pudenda interna ao longo do ramo isquiopúbico abaixo da membrana perineal. Ele supre o corpo cavernoso e acompanha a artéria dorsal do pênis ou do clitóris entre as camadas do ligamento suspensor. Em homens, o nervo dorsal do pênis segue sobre o dorso do pênis para terminar na glande. Em mulheres, o nervo dorsal do clitóris é muito pequeno.

REFERÊNCIAS

Doyle JF 1970 The perforating veins of the gluteus maximus. Ir J Med Sci 3: 285–288.

Smith GE 1908 Studies in the anatomy of the human pelvis, with special reference to the fasciae and visceral supports. Part I. J Anat Physiol 42: 198–218.

DeLancey JO 1994 Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: the hammock hypothesis. Am J Obstet Gynecol 170: 1713–1723.

Wendell-Smith CP, Wilson PM 1991 The vulva, vagina and urethra and the musculature of the pelvic floor. In: Philipp E, Setchell M, Ginsburg J (eds) Scientific Foundations of Obstetrics and Gynaecology. Oxford: Butterworth-Heinemann: 84–100.

CAPÍTULO 64

Peritônio e cavidade peritoneal

O peritônio é a maior membrana serosa do corpo, e seus arranjos são complexos. Nos homens, ele forma um saco fechado, mas nas mulheres ele é aberto nas extremidades laterais das tubas uterinas. Ele consiste em uma camada de células mesoteliais achatadas dispostas por sobre uma camada de tecido conjuntivo frouxo. O mesotélio normalmente forma uma superfície contínua, mas em algumas áreas pode estar fenestrado. As células adjacentes estão unidas por complexos juncionais, mas provavelmente permitem a passagem de macrófagos. O tecido conjuntivo submesotelial também pode conter macrófagos, linfócitos e adipócitos (em algumas regiões). As células mesoteliais podem se transformar em fibroblastos, os quais desempenham um importante papel na formação de adesões peritoneais após uma cirurgia ou inflamação do peritônio.

A cavidade peritoneal é um espaço potencial entre o peritônio parietal, o qual recobre a parede abdominal, e as invaginações do peritônio visceral, o qual suspende as vísceras abdominais no interior da cavidade. Ela contém uma pequena quantidade de um líquido seroso, mas, de modo geral, encontra-se vazia. O líquido lubrifica o peritônio visceral e permite que as vísceras móveis deslizem livremente sobre a parede abdominal e umas por sobre as outras, dentro dos limites ditados por suas fixações. Este líquido contém água, proteínas, eletrólitos e solutos derivados a partir do líquido intersticial nos tecidos adjacentes e a partir do plasma nos vasos sanguíneos locais. Ele normalmente contém poucas células, incluindo as células mesoteliais descamadas, macrófagos peritoneais errantes, mastócitos, fibroblastos, linfócitos, e outros leucócitos. Algumas células, particularmente os macrófagos, migram livremente entre a cavidade peritoneal e o tecido conjuntivo circunjacente. Os linfócitos fornecem mecanismos de defesa imunológica de base tanto celular como humoral no interior da cavidade peritoneal. O líquido intraperitoneal é direcionado pela gravidade para locais mais profundamente situados na cavidade peritoneal, e também flui na direção cefálica como consequência das pressões intra-abdominais superiores negativas geradas pela respiração.

A cavidade peritoneal nunca contém gases em circunstâncias normais, embora a quantidade de líquido possa ser aumentada nas condições inflamatórias das vísceras. Em mulheres, sangue ou líquido podem ocasionalmente escapar das tubas uterinas para a cavidade peritoneal pélvica durante a menstruação.

O tecido conjuntivo extraperitoneal separa o peritônio parietal das camadas musculares das paredes abdominais. O peritônio parietal que cobre a parede abdominal anterior e as paredes pélvicas geralmente está fixado apenas frouxamente por este tecido, um arranjo que permite considerável alteração no tamanho da bexiga e do reto. O tecido extraperitoneal na superfície inferior do diafragma e por trás da linha alba é mais denso e mais firmemente aderido. O tecido extraperitoneal frequentemente contém grandes quantidades de gordura por sobre a parede abdominal posterior, especialmente em homens obesos. O peritônio visceral está firmemente aderido aos tecidos subjacentes e não pode ser facilmente destacado. Sua camada de tecido conjuntivo é frequentemente contínua com a matriz fibrosa da parede das vísceras subjacentes e raramente contém muito tecido conjuntivo frouxo ou tecido adiposo. O peritônio visceral é frequentemente considerado parte das vísceras subjacentes para propósitos clínicos e patológicos, tais como o estagiamento de carcinomas.

ARRANJO GERAL DO PERITÔNIO

In utero (durante o desenvolvimento fetal), o trato digestório se desenvolve como um tubo único suspenso na cavidade celomática pelos mesentérios ventral e dorsal (Cap. 73). Posteriormente, o mesentério ventral é largamente reabsorvido, embora algumas partes persistam na parte superior do abdome e formem estruturas, tais como o ligamento falciforme. Os mesentérios dos intestinos no adulto são os remanescentes do mesentério dorsal. A migração e posterior fixação de partes do trato gastrointestinal produzem os chamados segmentos "retroperitoneais" dos intestinos (duodeno, cólon ascendente, cólon descendente e reto) e quatro alças intestinais intraperitoneais separadas, suspensas por mesentérios de extensões variáveis. Todos esses são cobertos pelo peritônio visceral, o qual é contínuo com o peritônio parietal, que cobre a parede abdominal posterior. A primeira alça intraperitoneal é formada pelo esôfago intraperitoneal, pelo estômago, e pela primeira parte do duodeno. A segunda alça é formada pela junção duodenojejunal, pelo jejuno, pelo íleo e ocasionalmente pelo ceco e pela parte proximal do cólon ascendente. A terceira alça contém o cólon transverso, e a alça final contém o cólon sigmoide e ocasionalmente a parte distal do cólon descendente.

Onde o peritônio visceral envolve ou suspende órgãos no interior da cavidade peritoneal, o peritônio e os tecidos conjuntivos relacionados são conhecidos como ligamentos peritoneais, omentos ou mesentérios. Todos, menos o omento maior, são compostos por duas camadas de peritônio visceral separadas por quantidades variáveis de tecido conjuntivo. O omento maior é dobrado por sobre si mesmo, e consequentemente é formado por quatro camadas de peritônio visceral intimamente justapostas, as quais são separadas por quantidades variáveis de tecido adiposo. Os mesentérios fixam suas respectivas vísceras à parede abdominal posterior: a fixação é denominada raiz do mesentério, e o peritônio do mesentério é contínuo com aquele da parede abdominal posterior nesta área (Fig. 64.1).

Embora eles sejam descritos como intraperitoneais, estritamente falando, os órgãos suspensos não se encontram dentro da cavidade peritoneal porque eles são cobertos pelo peritônio visceral. Eles são contínuos com os tecidos extraperitoneais, incluindo o retroperitônio, através do tecido subperitoneal disposto entre as pregas do peritônio visceral. O tecido conjuntivo frouxo (ou areolar) das áreas extraperitoneal e subperitoneal são às vezes considerados "espaços", pois líquidos e sangue se acumulam de forma relativamente fácil em seu interior. Os tecidos subperitoneais contêm os feixes neurovasculares e canais linfáticos que suprem os órgãos suspensos. Em indivíduos obesos, o abundante tecido adiposo em meio aos mesentérios e omentos pode obscurecer os feixes neurovasculares. Em contraste, nos indivíduos muito jovens, nos idosos ou nos desnutridos, o mesentério pode conter muito pouco tecido adiposo, e os feixes neurovasculares são normalmente evidentes.

PERITÔNIO DO ABDOME SUPERIOR

A parte abdominal do esôfago, o estômago, o fígado e o baço se encontram no interior de uma prega dupla de peritônio visceral, a qual segue da parede abdominal posterior para a anterior. Esta prega não tem nome reconhecido, mas tem sido denominada mesogastro por Coakley & Hricak (1999), porque ela é derivada do mesogastro fetal. Ela tem uma inserção complexa à parede da cavidade abdominal, e dá origem ao ligamento falciforme, aos ligamentos coronários, ao omento menor (ligamentos gastro-hepático e hepatoduodenal), ao omento maior (incluindo o ligamento gastrocólico), ao ligamento gastroesplênico, ao ligamento esplenorrenal, e ao ligamento frenicocólico (Figs. 64.2, 64.3, e 64.4).

O ligamento falciforme

O ligamento falciforme é uma delgada prega peritoneal anteroposterior que conecta o fígado à face posterior da parede abdominal anterior, logo à direita da linha mediana. Ele se estende inferiormente no nível do umbigo, e é mais largo entre o fígado e o umbigo. O ligamento se estreita superiormente à medida que a distância entre o fígado e a parede abdominal anterior se reduz e se estreita para cerca de 1 cm ou mais por sobre a superfície superior do fígado. Suas duas camadas peritoneais se dividem para envolver o fígado e são contínuas com o peritônio visceral, que está aderido à superfície do fígado. Superiormente, elas estão refletidas por sobre a superfície inferior do diafragma e são contínuas com o peritônio parietal sobre a cúpula direita. No limite posterior, ou ápice, do ligamento falciforme, as duas camadas também estão refletidas verticalmente como esquerda e direita, e são contínuas com as camadas anteriores do ligamento triangular esquerdo e com a camada superior do ligamento coronário do fígado. A face inferior do ligamento falciforme forma uma borda livre onde as duas camadas peritoneais se tornam contínuas entre si à medida que elas se dobram por sobre o ligamento redondo para envolvê-lo. Uma vez que o peritônio do ligamento falciforme é contínuo com

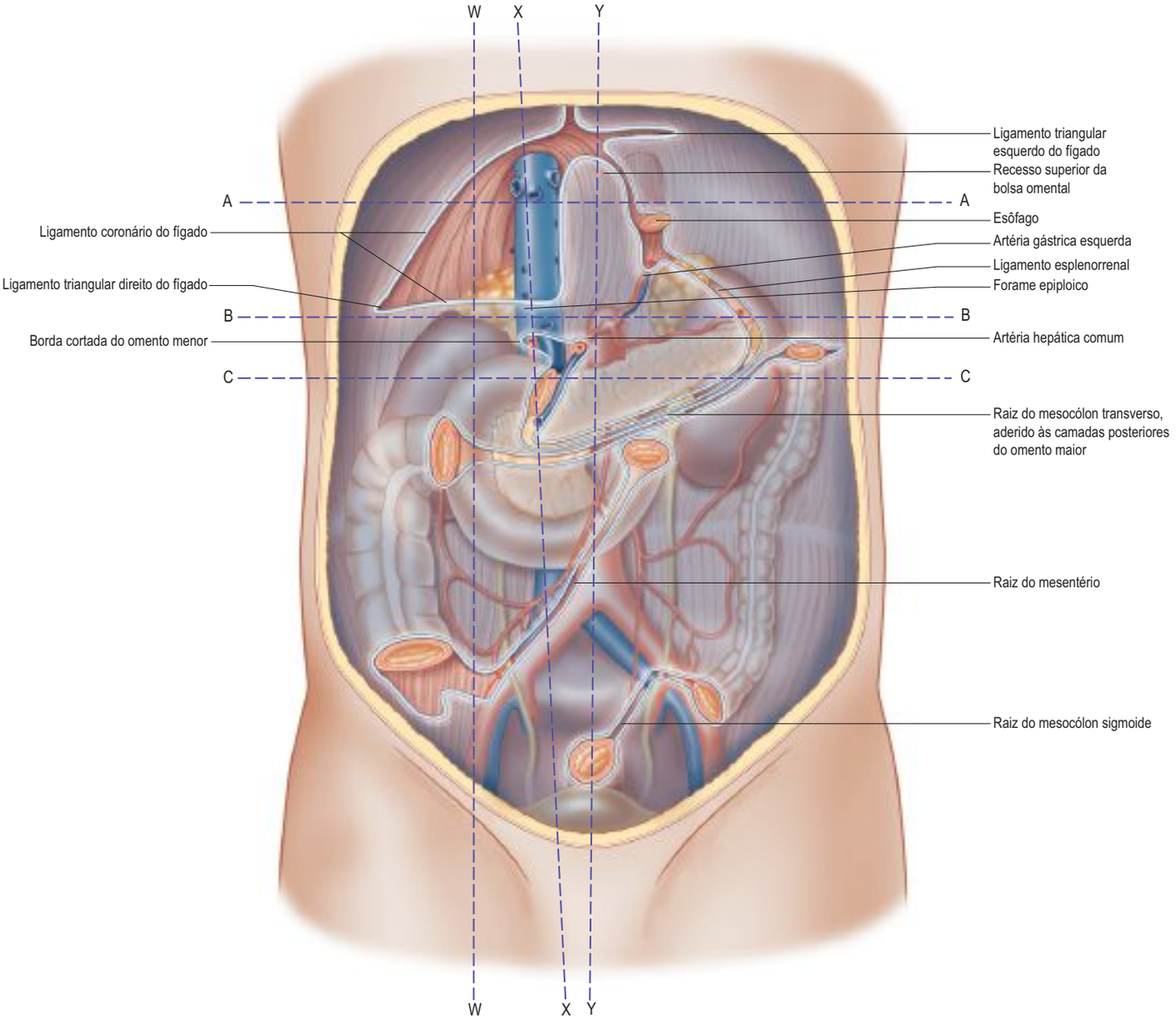


Fig. 64.1 A parede abdominal posterior, mostrando as linhas de reflexão peritoneal, após a remoção do fígado, do baço, do estômago, do jejuno, do íleo, do ceco, do cólon transverso e do cólon sigmoide. Os vários órgãos sésseis (retroperitoneais) são vistos por transparência através do peritônio parietal posterior. Observe: os cólons ascendente e descendente, o duodeno, os rins, as suprarrenais, o pâncreas e a veia cava inferior. A linha W-W representa o plano da **Figura 64.2**. A linha X-X representa o plano da **Figura 64.3**. A linha Y-Y representa o plano da **Figura 64.4**. A linha A-A representa o plano da **Figura 64.5A**. A linha B-B representa o plano da **Figura 64.5B**. A linha C-C representa o plano da **Figura 64.5C**.

aquele que cobre a parede abdominal posterior e com aquele que cobre a parede abdominal anterior periumbilical, o sangue que se origina de uma hemorragia retroperitoneal (comumente de uma pancreatite hemorrágica aguda) pode seguir por entre as pregas do peritônio e aparecer como uma descoloração hemorrágica ao redor do umbigo (sinal de Cullen). A reação inflamatória a partir do pâncreas pode se propagar através do ligamento gastro-hepático (omento menor) e em seguida pelo ligamento falciforme até o umbigo.

As conexões peritoneais do fígado

O fígado é quase completamente coberto pelo peritônio visceral, e apenas a "área nua" está em contato direto com a cúpula direita do diafragma. Pregas peritoneais – os ligamentos do fígado – seguem do fígado até as vísceras circunjacentes, e até a parede abdominal e o diafragma (Fig. 64.5); elas estão descritas em detalhe no Capítulo 68.

O ligamento coronário é formado pela reflexão do peritônio a partir do diafragma por sobre as superfícies posteriores do lobo direito do fígado. Entre as duas camadas deste ligamento, uma área grande do fígado, a área nua, é desprovida de cobertura peritoneal. Neste ponto, o fígado está fixado ao diafragma por tecido conjuntivo areolar e está em continuidade inferiormente com a parte mais superior do espaço pararrenal anterior. As camadas do ligamento coronário são contínuas à direita com o ligamento triangular direito.

A camada superior do ligamento coronário é contínua superiormente com o peritônio sobre a superfície inferior do diafragma e inferiormente com o peritônio sobre as superfícies direita e superior do fígado. Na margem inferior da área nua, a camada inferior do ligamento coronário se torna contínua inferiormente com o peritônio da parede abdominal posterior por sobre a glândula suprarrenal direita e o polo superior do rim direito, e superiormente com o peritônio sobre a superfície inferior do fígado.

O ligamento triangular esquerdo é uma camada dupla de peritônio, a qual se estende sobre a borda superior do lobo esquerdo do fígado a uma extensão variável. Medialmente, seu folheto anterior é contínuo com a camada esquerda do omento menor. O ligamento triangular esquerdo se encontra em frente à parte abdominal do esôfago, à extremidade superior do omento menor e parte do fundo do estômago. A divisão do ligamento triangular esquerdo durante uma cirurgia permite a mobilização do lobo esquerdo do fígado a fim de expor a parte abdominal do esôfago e os pilares do diafragma.

O ligamento triangular direito é uma prega curta em formato de V, formada pela aproximação das duas camadas do ligamento coronário na sua extremidade lateral direita, e é contínuo com o peritônio da parede abdominal posterior direita. O ligamento coronário é refletido inferior-

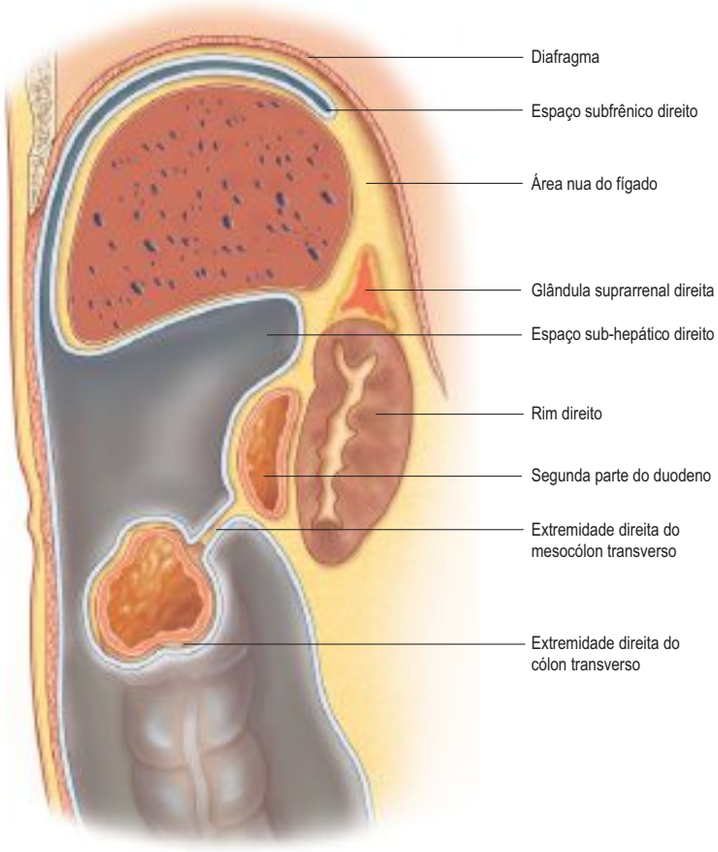


Fig. 64.2 Corte sagital através do abdome à direita do forame epiploico e ao longo da linha W-W na **Figura 64.1**.

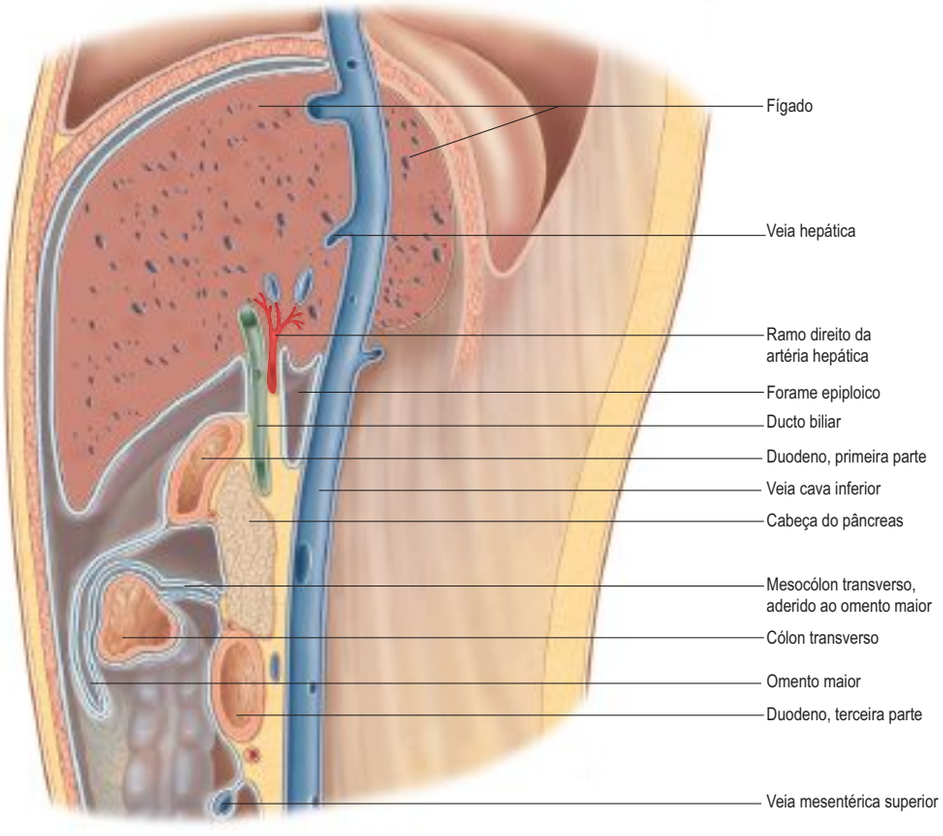


Fig. 64.3 Corte através da parte superior da cavidade abdominal ao longo da linha X-X na **Figura 64.1**. Os limites do forame epiploico estão mostrados e um pequeno recesso da retrocavidade dos epiplons é demonstrado à frente da cabeça do pâncreas. Observe que o cólon transverso e seu mesocólon estão aderidos às duas camadas posteriores do omento maior.

mente e é diretamente contínuo com o peritônio por sobre o polo superior do rim direito. Esta prega é às vezes denominada ligamento hepatorrenal. O recesso formado entre o peritônio da superfície inferior do fígado, o ligamento hepatorrenal e o peritônio por sobre o rim direito é conhecido como bolsa hepatorrenal (de Morison). Na posição em supino, esta é a parte mais profunda da cavidade peritoneal no abdome superior, e é um local comum de acúmulo patológico de líquidos.

O peritônio é refletido inferolateralmente a partir da camada posterior do ligamento triangular esquerdo por sobre a parede abdominal posterior, acima do hiato esofágico no diafragma. Ele recobre a superfície inferior da cúpula esquerda do diafragma e continua para trás por sobre a parede abdominal posterior. Inferiormente, ele se reflete por trás do baço, por sobre a parte mais lateral do mesocólon do cólon transverso e da flexura esplênica. Ele continua para baixo, lateralmente ao cólon des-

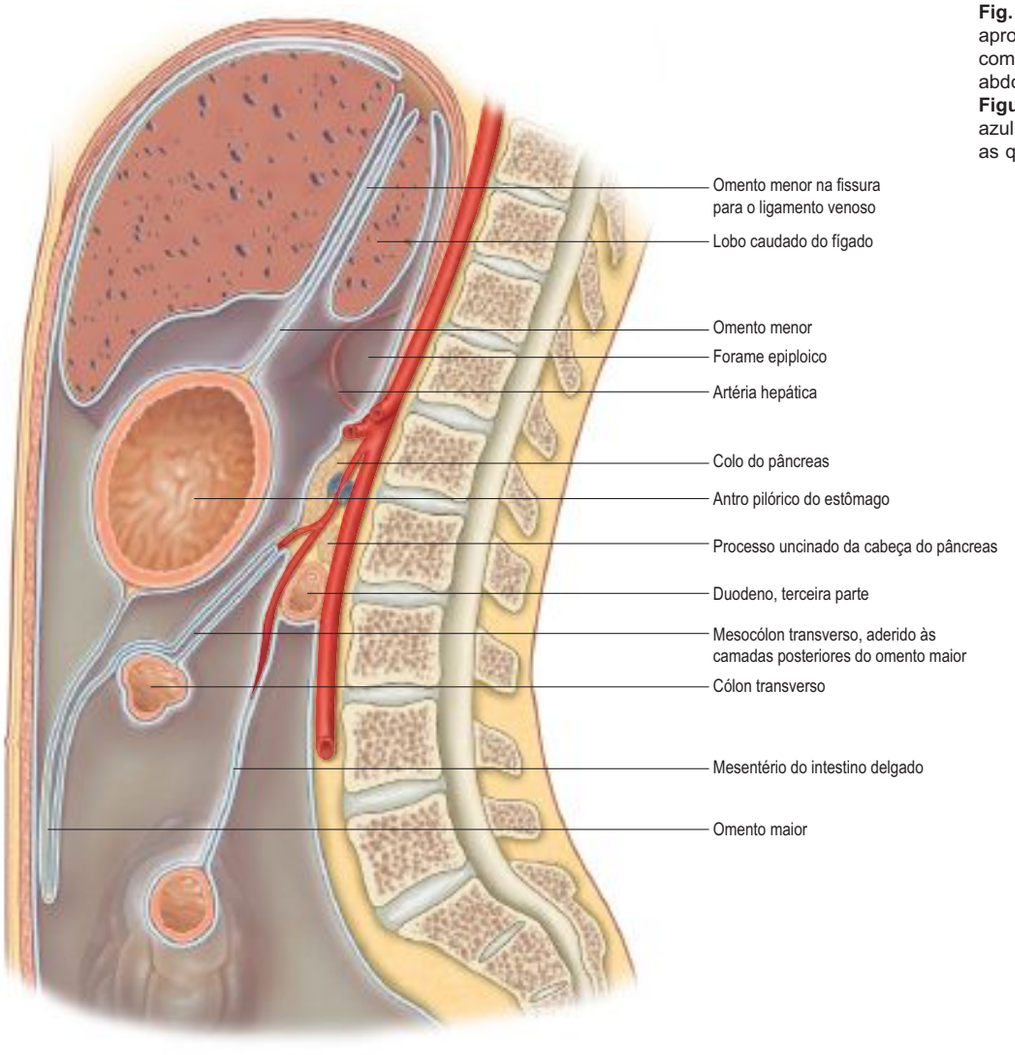


Fig. 64.4 Corte sagital através do abdome, aproximadamente no plano mediano. Compare com a **Figura 64.1**. O corte passa pela parede abdominal posterior ao longo da linha Y-Y na **Figura 64.1**. O peritônio está mostrado em azul, exceto ao longo de suas bordas cortadas, as quais foram deixadas em branco.

cendente, na direção da pelve, e forma a "goteira" paracólica esquerda. Medialmente, o peritônio que cobre a parede abdominal posterior superior esquerda é refletido anteriormente para formar a camada esquerda da extremidade superior do omento menor, o peritônio sobre a face esquerda da parte abdominal do esôfago, e a camada esquerda do ligamento esplenorrenal.

A partir da camada inferior do ligamento coronário, o peritônio desce sobre a superfície anterior do rim direito até a frente da primeira parte do duodeno e da flexura hepática do cólon do intestino grosso. Medialmente, ele passa em frente a um curto segmento da veia cava inferior entre o duodeno e o fígado, formando desta forma a parede posterior do forame epiploico. Esta estreita faixa se alarga à medida que o peritônio continua através da linha mediana por sobre a parede posterior da retrocavidade dos epiplons (bolsa omental).

O peritônio recobre a parede abdominal posterior por sobre os pilares diafragmáticos sobre a aorta abdominal superior, sobre o eixo celíaco, sobre os linfonodos e plexo e sobre a borda superior do pâncreas. Inferiormente, abaixo do fígado, ele continua para baixo sobre a parede abdominal posterior à direita do cólon ascendente, formando a "goteira" paracólica direita, entre a parede abdominal anterolateral e o cólon.

O omento menor

O omento menor é formado por duas camadas de peritônio separadas por uma quantidade variável de tecido conjuntivo, e é derivado do mesogastro ventral. Ele segue da superfície visceral inferior do fígado até a parte abdominal do esôfago, estômago, piloro e primeira parte do duodeno. Superiormente, sua fixação à superfície inferior do fígado assume um formato em L. O componente vertical do L é formado pela fissura para o ligamento venoso. Inferiormente, a fixação gira e segue horizontalmente para completar o L na fissura portal. Os componentes vertical e horizontal do omento menor seguem entre o fígado e o estômago, e entre o fígado e o duodeno, sendo conhecidos como os ligamentos gastro-hepático e hepatoduodenal, respectivamente. Na curvatura menor do estômago, as camadas do omento menor se dividem para envolver o estômago, e são contínuas com o peritônio visceral que cobre as superfícies anterior e posterior do estômago. A camada anterior do omento menor desce da fissura para o ligamento venoso por sobre a superfície anterior da parte abdominal do esôfago, estômago e duodeno. A camada posterior desce da parte posterior da fissura para o ligamento venoso, e segue por sobre a superfície posterior do estômago e do piloro. O omento menor forma a superfície anterior da retrocavidade dos epiplons. O ligamento gastro-hepático contém os vasos gástricos direito e esquerdo, ramos dos nervos vagos, e os linfonodos gastro-hepáticos entre suas duas camadas, próximo à sua fixação ao estômago. A borda lateral direita do omento menor é espessada e se estende da junção entre a primeira e a segunda partes do duodeno até o hilo hepático. Esta borda é livre e forma a parede anterior do forame epiploico. Ela contém a veia porta, o ducto biliar comum, a artéria hepática, os linfonodos e vasos linfáticos portocavais, e o plexo hepático de nervos, embainhados em uma cápsula fibrosa perivascular. Ocasionalmente, a margem livre se estende para a direita do forame epiploico, segue até a vesícula biliar, e é denominada ligamento cistoduodenal.

A borda esquerda do omento menor é curta e segue por sobre a superfície inferior do diafragma entre o fígado e a face medial da parte abdominal do esôfago. O omento menor é mais delgado à esquerda e pode ser fenestrado ou incompleto: as variações na espessura são dependentes da quantidade de tecido conjuntivo, especialmente de tecido adiposo.

O omento maior

O omento maior é a maior prega peritoneal, e pende inferiormente a partir da curvatura maior do estômago. Ele é uma membrana dupla: cada membrana consiste em duas camadas de peritônio separadas por uma escassa quantidade de tecido conjuntivo. As duas camadas estão dobradas uma de costas para a outra, e estão firmemente aderidas uma à outra. A membrana anterior desce da curvatura maior do estômago e da primeira parte do duodeno. A camada mais anterior é contínua com o peritônio visceral por sobre a superfície anterior do estômago e do duodeno, e a camada posterior é contínua com o peritônio sobre a parede posterior do estômago e piloro. A membrana anterior desce em uma distância variável para o interior da cavidade peritoneal, e em seguida se dobra nitidamente sobre si mesma para subir como a membrana posterior. A membrana posterior passa anteriormente ao cólon transverso e ao mesocólon transverso. Ela

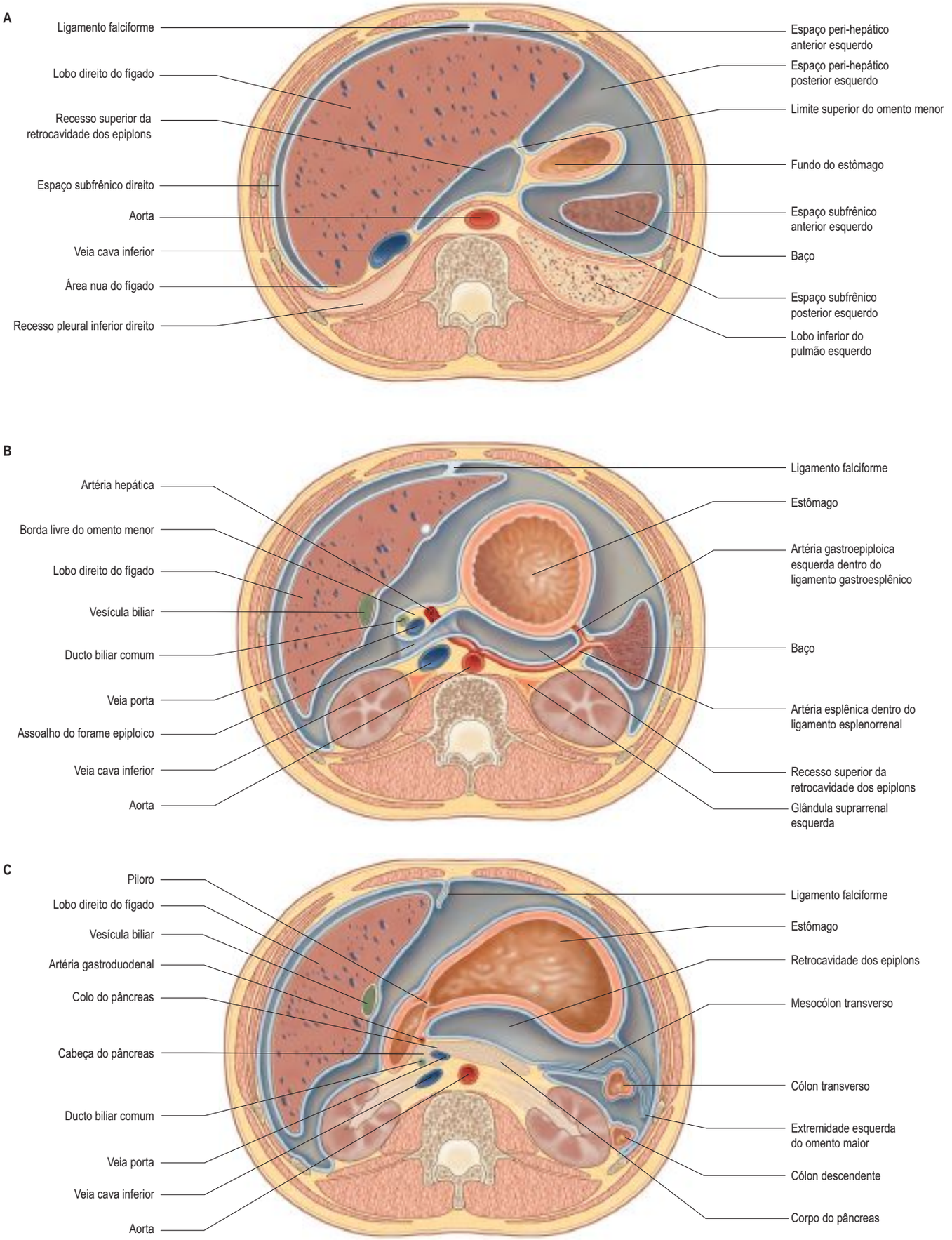


Fig. 64.5 Cortes transversais através do abdome. **A,** No nível da linha A-A na **Figura 64.1**. A linha passa através da área nua do fígado na extremidade superior do omento menor. As partes do espaço subfrênico esquerdo estão claramente visualizadas, embora elas sejam contínuas uma com a outra. **B,** No nível da linha B-B na **Figura 64.1**, vista a partir de baixo. A cavidade peritoneal está mostrada por um "banho" azulado; o peritônio e suas bordas cortadas estão em azul pálido. **C,** Corte transversal através do abdome no nível da linha C-C na **Figura 64.1**, visto a partir de baixo. As cores são como na **Figura 64.1**.

está fixada à parede abdominal posterior acima da origem do mesentério do intestino delgado e anteriormente à cabeça e ao corpo do pâncreas. A camada anterior da membrana posterior é contínua com o peritônio da parede posterior da retrocavidade dos epiplons. A camada posterior é refletida abruptamente inferiormente e é contínua com a camada anterior do mesocólon transverso. A membrana posterior está aderida ao mesocólon transverso em sua raiz, e é frequentemente conhecida como ligamento gastrocólico, que é a parte supracólica do omento maior. No início da vida fetal, o omento maior e o mesocólon transverso são estruturas separadas, e este arranjo às vezes persiste. Durante a mobilização cirúrgica do cólon transverso, pode-se entrar no plano entre o mesocólon transverso e o omento maior de modo oposto à tênia omental, e o omento maior pode ser separado inteiramente do cólon transverso e do mesocólon, se necessário. O acesso à retrocavidade dos epíplons pode ser obtido através desta abordagem, caso a parte superior da membrana posterior do omento maior for em seguida cortada. Isto dá um plano de entrada relativamente sem sangramento para o acesso cirúrgico à parede posterior do estômago e à superfície anterior do pâncreas. O omento maior é contínuo com o ligamento gastroesplênico à esquerda, e à direita ele se estende até o início do duodeno. Uma prega de peritônio, o ligamento hepatocólico, pode seguir da superfície inferior do lobo direito do fígado ou da primeira parte do duodeno até o lado direito do omento maior ou a flexura hepática do cólon do intestino grosso.

A borda direita do omento maior está ocasionalmente aderida à superfície anterior do cólon ascendente, seguindo para baixo até o ceco: suas camadas peritoneais não são contínuas com o peritônio por sobre esta parte do cólon. Uma delgada membrana de peritônio, denominada membrana de Jackson, pode seguir da frente do cólon ascendente e do ceco até a parede abdominal posterolateral e pode se fundir com o omento maior. Ela frequentemente contém vários pequenos vasos sanguíneos. Ocasionalmente, um ligamento passa do lado direito do cólon ascendente até a parede abdominal lateral, próximo do nível da crista ilíaca. Ele tem sido chamado de "sustentáculo do fígado", porém ele não desempenha um papel importante na sustentação do fígado. Outras pregas entre o cólon ascendente e a parede abdominal posterolateral podem dividir a goteira paracólica lateral direita em vários pequenos recessos. Menos comumente, o omento maior está aderido à superfície anterior do cólon esquerdo (descendente); muito ocasionalmente, ele se estende até o nível do cólon sigmoide.

Quando o abdome não perturbado é aberto, o omento maior frequentemente encontra-se enrolado ao redor dos órgãos abdominais superiores. Apenas raramente ele se encontra homogeneamente pendente, anteriormente às alças do intestino delgado, embora esta seja a disposição que é frequentemente ilustrada. Ele é usualmente delgado e cribriforme, mas ele sempre contém algum tecido adiposo, e é um local comum para armazenamento de gordura em indivíduos obesos, particularmente no sexo masculino.

Entre as duas camadas da prega anterior do omento maior, próximo à curvatura maior do estômago, os vasos epiploicos direito e esquerdo formam um amplo arco anastomótico. Numerosos vasos são originados do arco e se estendem ao longo de toda a extensão do omento. Este suprimento parece exceder as necessidades metabólicas do omento, e talvez reflita o papel que o omento maior pode desempenhar em processos patológicos peritoneais. O omento maior é altamente móvel e frequentemente se torna aderido a vísceras inflamadas no interior da cavidade abdominal. Esta ação pode ajudar a limitar a propagação de infecções, e o omento pode proporcionar uma fonte de tecido bem vascularizado para participar nos processos reparatórios iniciais. Ele contém numerosos macrófagos fixos, os quais são facilmente mobilizados quando ativados, e podem se acumular nas visíveis "manchas leitosas" ("*milky spots*") densas, ovais ou arredondadas.

As conexões peritoneais do baço

As conexões peritoneais do baço suspendem o baço no quadrante superior esquerdo do abdome; elas incluem os ligamentos gastroesplênico, esplenorrenal e frenicocólicos. O ligamento gastroesplênico segue entre a curvatura maior do estômago e o hilo do baço, e está em continuidade com o lado esquerdo do omento maior. As camadas do ligamento gastroesplênico se separam para envolver o baço, e em seguida se unem novamente para formar o ligamento esplenorrenal e os ligamentos frenicocólicos. O ligamento esplenorrenal se estende a partir do baço até a parede abdominal posterior, e o ligamento frenicocólico se estende até a parede abdominal anterolateral.

O ligamento esplenorrenal é formado por duas camadas de peritônio. A camada anterior é contínua medialmente com o peritônio da parede posterior da retrocavidade dos epiplons por sobre o rim esquerdo e segue para cima até o hilo esplênico, onde ele é contínuo com a camada posterior do ligamento gastroesplênico. A camada posterior do ligamento esplenorrenal é contínua lateralmente com o peritônio por sobre a superfície inferior do diafragma e segue por sobre a superfície esplênica ao longo da impressão renal. Os vasos esplênicos se encontram entre as camadas do ligamento esplenorrenal: a cauda do pâncreas está usualmente presente em sua porção inferior. O ligamento gastroesplênico também apresenta duas camadas. A camada posterior é contínua com o peritônio do hilo esplênico e com o peritônio por sobre a superfície posterior do estômago. A camada anterior é formada a partir do peritônio refletido para fora da impressão gástrica do baço e é contínua com o peritônio por sobre a superfície anterior do estômago. O curto ramo gástrico e o ramo gastroepiploico esquerdo da artéria esplênica, com suas veias correspondentes, passam entre as camadas do ligamento gastroesplênico. O ligamento frenicocólico se estende da flexura esplênica do cólon do intestino grosso até o diafragma, no nível da décima primeira costela. Ele se estende inferiormente e lateralmente e é contínuo com o peritônio da extremidade lateral do mesocólon transverso na margem lateral da cauda do pâncreas, e com o ligamento esplenorrenal no hilo do baço.

Uma prega pré-esplênica, em formato de leque, frequentemente se estende a partir da face anterior do ligamento gastroesplênico, próximo à curvatura maior do estômago, abaixo do polo inferolateral do baço, e se funde com o ligamento frenicocólico.

Se as fixações peritoneais do baço não forem reconhecidas durante uma cirurgia, a cápsula esplênica encontra-se em risco de lesão, e pode ocorrer sério sangramento posterior. A tração do ligamento frenicocólico para baixo durante a manipulação do cólon descendente, especialmente durante a mobilização da flexura esplênica, pode causar uma ruptura da cápsula esplênica. Isto é menos provável caso a tração sobre o ligamento frenicocólico seja feita lateralmente ou medialmente. A borda superior e a superfície diafragmática anterior da cápsula esplênica são frequentemente aderidas ao peritônio do omento maior. A tração medial sobre o omento durante uma cirurgia pode causar uma lesão capsular esplênica: tal lesão é menos provável, se qualquer tração limitada necessária for aplicada inferiormente.

PERITÔNIO DO ABDOME INFERIOR

A superfície posterior da parede abdominal anterior inferior é recoberta pelo peritônio parietal, o qual se estende da linha alba centralmente até a borda lateral do músculo quadrado lombar. Aqui, ele é contínuo com o peritônio da goteira paracólica lateral e é refletido sobre os lados e a frente do cólon ascendente à direita e do cólon descendente à esquerda. Ocasionalmente, os cólons ascendente e descendente estão suspensos por um curto mesocólon derivado da parede abdominal posterior. Entre os cólons ascendente e descendente, o peritônio recobre a parede abdominal posterior de forma diferente da área oblíqua, onde ele está refletido anteriormente para formar as camadas esquerda e direita do mesentério do intestino delgado. Por sobre a parede abdominal posterior, ele cobre os músculos psoas maiores direito e esquerdo, a veia cava inferior, a artéria aorta, o duodeno, a coluna vertebral, e os ureteres direito e esquerdo. Na extensão superior da parede abdominal posterior, o peritônio está refletido anteriormente e é contínuo com o peritônio da camada posterior do mesocólon transverso.

Mesocólon transverso

O mesocólon do cólon transverso é uma larga prega de peritônio visceral refletida anteriormente a partir da parede abdominal posterior, e suspende o cólon transverso na cavidade peritonial. A raiz do mesocólon transverso se encontra ao longo de uma linha oblíqua que passa da face anterior da segunda parte do duodeno por sobre a cabeça e o colo do pâncreas, acima da junção duodenojejunal e sobre o polo superior do rim esquerdo até a flexura esplênica (Fig. 64.1). Ele varia consideravelmente em comprimento, mas é mais curto em ambas as extremidades. Ele contém os vasos cólicos médios e seus ramos, juntamente com ramos do plexo mesentérico superior, vasos linfáticos e linfonodos regionais. Suas duas camadas passam para a superfície posterior do cólon transverso, onde elas se separam para cobrir o cólon. A camada superior do peritônio é refletida a partir da parede abdominal posterior imediatamente anterior e inferior, e se torna contínua com a camada posterior do omento maior, ao qual ele está aderido. A camada inferior do peritônio do mesocólon transverso é contínua com o peritônio da parede abdominal posterior. Extensões laterais do mesocólon transverso produzem duas pregas semelhantes a prateleiras dos lados direito e esquerdo da cavidade abdominal. À direita, o ligamento duodenocólico se estende do mesocólon transverso na flexura hepática até a segunda parte do duodeno. À esquerda, o ligamento frenicocólico se estende do mesocólon transverso na flexura esplênica até o diafragma, no nível da décima primeira costela. A raiz do mesocólon transverso está intimamente relacionada ao limite superior da raiz do mesentério do intestino delgado, próximo ao processo uncinado do pâncreas.

Mesentério do intestino delgado

O mesentério do intestino delgado está organizado como um complexo leque formado a partir de duas camadas de peritônio (anterossuperior e

posteroinferior) separadas por tecido conjuntivo e vasos. A raiz do mesentério se encontra ao longo de uma linha que segue diagonalmente da flexura duodenojejunal, do lado esquerdo do corpo da segunda vértebra lombar, até a articulação sacroilíaca direita (Fig. 64.1). A raiz cruza por sobre a terceira parte do duodeno, aorta, veia cava inferior, ureter direito e músculo psoas maior direito. O comprimento médio da raiz do mesentério é de 15 cm em adultos, enquanto ao longo de sua inserção intestinal, ela tem o mesmo comprimento do intestino delgado (aproximadamente 5 m), e, consequentemente, o mesentério é normalmente desdobrado em múltiplas pregas ao longo de sua borda intestinal. A profundidade média do mesentério, da raiz até a borda intestinal é de 20 cm, mas esta varia ao longo do comprimento do intestino delgado: ele é mais curto no jejuno e no íleo terminal e mais longo na região do íleo médio. Suas duas camadas peritoneais contêm o jejuno, o íleo, os ramos jejunais e ileais dos vasos mesentéricos superiores, ramos do plexo mesentérico superior, vasos linfáticos e linfonodos regionais. Devido ao comprimento e à mobilidade do mesentério, a identificação das extremidades proximal e distal de uma alça do intestino delgado pode ser difícil quando se faz pequenas incisões cirúrgicas. A observação da continuidade da camada peritoneal direita do mesentério por sobre a parede abdominal posterior acima da raiz e em direção ao cólon ascendente, e a continuidade da camada esquerda em direção aos cólons descendente e sigmoide, pode ser útil para ajudar a identificar uma alça individual do íleo. O mesentério do intestino delgado é às vezes unido ao mesocólon transverso na junção duodenojejunal por uma faixa peritoneal. Ocasionalmente, a quarta parte do duodeno possui um mesentério muito curto, o qual é contínuo com a extremidade superior da raiz do mesentério do intestino delgado. Faixas pronunciadas de peritônio podem se estender até a parede abdominal posterior no íleo terminal. A raiz do mesentério do intestino delgado é contínua com o peritônio que circunda o apêndice e o ceco na fossa ilíaca direita.

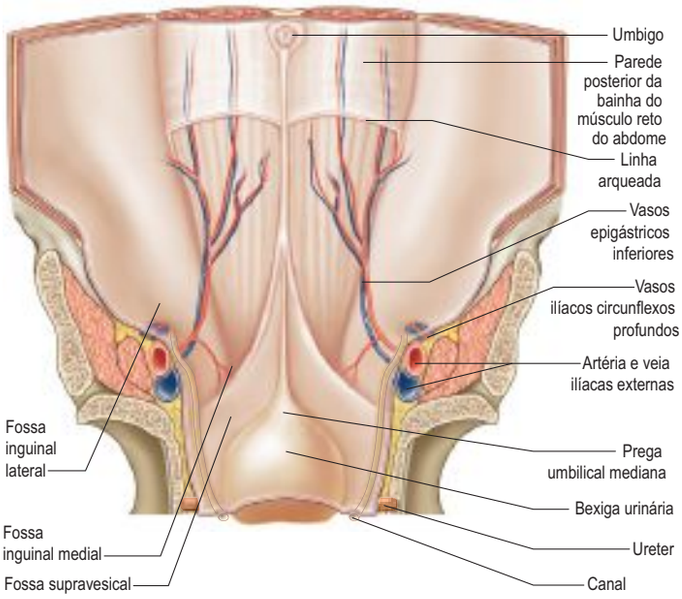


Fig. 64.6 A parte infraumbilical da parede abdominal anterior de um indivíduo do sexo masculino: superfície posterior, com o peritônio *in situ*. Observe os ossos pélvicos flanqueando a ampla pelve maior (no meio) e a pelve menor, mais estreita (abaixo), contendo a bexiga.

Mesoapêndice

O mesentério do apêndice é uma prega triangular de peritônio ao redor do apêndice vermiforme, inserido à superfície posterior da extremidade inferior do mesentério do intestino delgado, próximo à junção ileocecal. Ele usualmente atinge a ponta do apêndice, mas às vezes falha em alcançar o terço distal, em cujo caso uma crista peritoneal baixa vestigial contendo gordura está presente por sobre o terço distal. Ele envolve os vasos sanguíneos, nervos e vasos linfáticos do apêndice vermiforme, e normalmente contém um linfonodo.

Mesocólon sigmoide

O mesocólon sigmoide apresenta uma variação individual em comprimento e profundidade. A raiz do cólon sigmoide forma um V raso e invertido, com o ápice próximo à divisão da artéria ilíaca comum esquerda, mas pode variar de uma linha reta muito curta na borda pélvica até uma longa inserção curva. A extremidade esquerda da inserção, superior, segue medialmente por sobre o músculo psoas maior esquerdo. A extremidade direita, inferior, passa para dentro da pelve em direção à linha mediana, no nível da terceira vértebra sacral. A raiz se estende por uma distância variável por sobre a borda da pelve e da parede abdominal posterior inferior. A camada peritoneal anteromedial do mesentério do cólon sigmoide é contínua com o peritônio da parede abdominal posterior inferior esquerda, e sua camada posterolateral é contínua com o peritônio da pelve e da parede abdominal lateral. As extremidades proximal e distal do cólon sigmoide estão ocasionalmente unidas uma à outra por uma faixa fibrosa, a qual normalmente está associada a um estreito mesocólon de base sigmoide, e pode predispor o cólon sigmoide a um vólvulo. Faixas pronunciadas de peritônio podem também ser encontradas seguindo da parte proximal do cólon sigmoide até a parede abdominal posterior. Os vasos sigmoides e retais superiores seguem por entre suas camadas, e o ureter esquerdo desce para dentro da pelve por trás de seu ápice.

PERITÔNIO DA PAREDE ABDOMINAL ANTERIOR INFERIOR

O peritônio da parede abdominal anterior inferior encontra-se elevado em cinco cristas, as quais divergem à medida que elas descem do umbigo. Estas são as pregas umbilicais mediana, laterais esquerda e direita e mediais direita e esquerda (Fig. 64.6). A prega umbilical mediana se estende do umbigo até o ápice da bexiga, e contém o úraco ou seu remanescente (Cap. 78). A artéria umbilical obliterada se encontra sob a prega umbilical medial, a qual sobe da pelve para o umbigo. A fossa supravesical se encontra entre as pregas umbilicais medial e mediana de cada lado da linha mediana. A prega umbilical lateral cobre a artéria e a veia epigástricas inferiores abaixo de sua entrada na bainha do músculo reto do abdome, e está separada da prega umbilical medial pela fossa inguinal medial. A fossa inguinal lateral se encontra lateralmente à prega umbilical lateral, e cobre o anel inguinal profundo. A fossa femoral se encontra inferomedialmente à fossa inguinal lateral, da qual ela está separada pela extremidade medial do ligamento inguinal. Ela se sobrepõe ao anel femoral (Cap. 61).

PERITÔNIO DA PELVE

O peritônio parietal da superfície posterior da parede abdominal anterior e o que recobre a parede abdominal posterior continuam para dentro da pelve sob a forma do peritônio pélvico. O peritônio pélvico, em seguida, acompanha as superfícies das verdadeiras vísceras pélvicas e as paredes pélvicas laterais, embora haja importantes diferenças entre os sexos.

Peritônio da pelve masculina

Nos homens, o peritônio da parede abdominal inferior esquerda é refletido a partir da junção do cólon sigmoide com a superfície anterolateral do reto, para recobrir a borda e a superfície interna superior da pelve verdadeira (Fig. 64.7). O peritônio passa para baixo e para dentro da pelve verdadeira, dispondo-se sobre a superfície anterior do reto, o qual em seguida se torna um órgão extraperitonial. Lateralmente, o peritônio é refletido para as paredes pélvicas laterais para formar as fossas pararretais direita e esquerda: estas variam de tamanho, de acordo com o grau de distensão do reto. O peritônio é refletido anteriormente a partir da superfície anterior do reto por sobre os polos superiores das glândulas seminais e por sobre a superfície posterior da bexiga, produzindo o fundo de saco retovesical. Anteriormente, o fundo de saco retovesical é limitado lateralmente por pregas peritoneais, as pregas sacrogenitais, as quais se estendem a partir das laterais da bexiga posteriormente até a face anterior do sacro. O peritônio cobre a superfície superior da bexiga, e forma uma fossa paravesical a cada lado, limitada lateralmente por uma crista de peritônio que contém o ducto deferente. O tamanho das fossas paravesicais depende do volume de urina na bexiga. Quando a bexiga está vazia, uma prega vesical transversa variável divide cada fossa em duas. As extremidades anteriores das pregas sacrogenitais podem às vezes estar unidas por uma crista que separa uma fossa intermediária a partir do fundo de saco retovesical principal. Entre as fossas paravesicais e pararretais, os ureteres e os vasos ilíacos internos podem causar leves elevações no peritônio. A partir do ápice da bexiga, o peritônio se estende superiormente ao longo da superfície posterior da parede abdominal anterior inferior até o umbigo. Quando a bexiga se distende, o peritônio é levantado da parede abdominal anterior inferior, de modo que parte da superfície anterior da bexiga esteja em contato direto com a superfície posterior da área mediana da parede abdominal anterior. Esta relação significa que uma bexiga bem distendida pode ser penetrada por punção direta através da parede abdominal anterior inferior sem entrar na cavidade peritoneal (punção suprapúbica).

Peritônio da pelve feminina

Nas mulheres, o peritônio cobre a porção superior do reto da mesma forma que no homem, mas ele desce ainda mais por sobre a superfície do

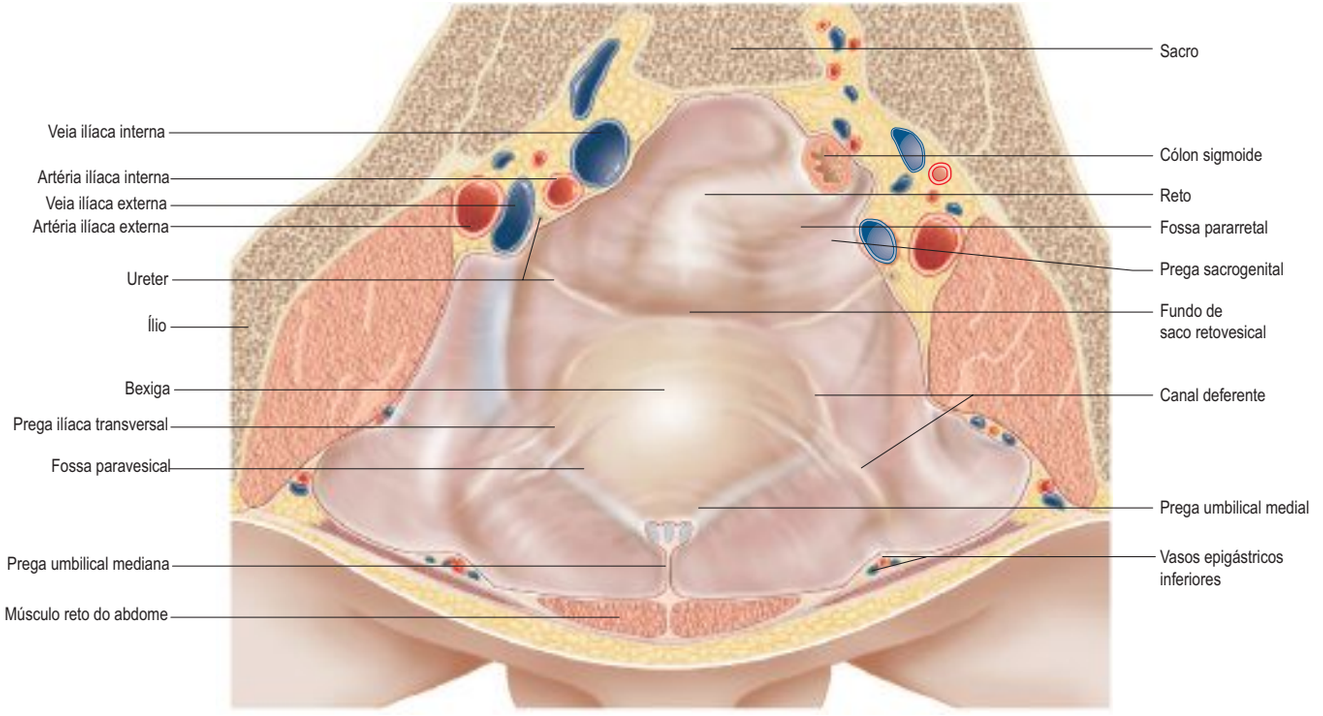


Fig. 64.7 O peritônio da pelve masculina: vista anterossuperior. A prega umbilical mediana contém o ligamento umbilical mediano, ímpar, e o par de ligamentos umbilicais mediais no plano de corte deste indivíduo.

reto. O limite lateral das fossas pararretais e paravesicais é o peritônio que cobre o ligamento redondo do útero. O fundo de saco retovesical é ocupado pelo útero e pela vagina. O peritônio do reto é, deste modo, refletido anteriormente por sobre a superfície posterior do fórnice posterior da vagina e do útero, produzindo o fundo de saco retouterino (de Douglas). O peritônio cobre o fundo do útero até sua superfície anterior (vesical), até onde ocorre a junção entre o corpo e a cérvice, da qual ele é refletido para a frente até a superfície superior da bexiga, formando um fundo de saco vesicouterino raso. O peritônio é refletido da bexiga até a superfície posterior da parede abdominal anterior, como ocorre nos homens. As pregas retouterinas marginais correspondem às pregas sacrogenitais nos homens e passam por trás do sacro pelas laterais da cérvice, lateralmente ao reto. O peritônio é refletido das superfícies uterinas anterior e posterior até as paredes pélvicas laterais como o ligamento largo do útero (Fig. 77.18). Este consiste de camadas anteroinferior e posterossuperior, as quais são contínuas na borda superior do ligamento. O ligamento largo se estende das laterais do útero até as paredes pélvicas laterais, e contém as tubas uterinas em suas margens superiores livres e os ovários fixados à sua camada posterior. Abaixo, ele é contínuo com o peritônio parietal pélvico lateral. Entre as cristas formadas pelas artérias umbilicais obliteradas e o ureter, o peritônio forma uma depressão rasa sobre a parede pélvica lateral, a fossa ovariana, a qual se encontra por trás da inserção lateral do ligamento largo. O ovário usualmente repousa na fossa em mulheres nulíparas.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Os peritônios parietal e visceral se desenvolvem a partir das camadas de somatopleura e esplancnopleura, respectivamente, da placa do mesoderma lateral (Cap. 73). Consequentemente, o peritônio parietal é suprido por vasos sanguíneos somáticos das paredes abdominal e pélvica, e seus vasos linfáticos se unem àqueles na parede do corpo e drenam para linfonodos parietais. O peritônio visceral é mais bem analisado como uma parte integral das vísceras sobre as quais ele se dispõe; ele obtém seu suprimento sanguíneo a partir das vísceras, e seus vasos linfáticos se unem aos vasos viscerais para drenar para os linfonodos regionais.

INERVAÇÃO

O peritônio parietal é inervado por ramos derivados de nervos eferentes e aferentes somáticos que também suprem os músculos e a pele, respectivamente, da parede do corpo sobrejacente. O peritônio visceral é inervado por ramos de nervos aferentes viscerais que seguem com o suprimento autônomo das vísceras subjacentes. As diferentes sensações que se originam de patologias que afetam o peritônio parietal ou o peritônio visceral refletem estas diferenças nos padrões de inervação. Uma dor bem localizada é provocada pela estimulação mecânica, térmica ou química dos nociceptores do peritônio parietal. A sensação está usualmente confinada a um ou dois dermátomos para cada área do peritônio estimulada, e é tanto lateralizada como bem localizada. Nervos somáticos que inervam o peritônio parietal também suprem as áreas segmentais correspondentes da pele e dos músculos; quando o peritônio parietal é irritado, os músculos tendem a se contrair de modo reflexo, causando uma hipercontratilidade localizada (proteção) ou mesmo uma rigidez da parede abdominal. O peritônio diafragmático parietal é suprido com fibras aferentes derivadas dos nervos frênicos (centralmente) e pelos seis nervos intercostais inferiores e nervos subcostais (perifericamente): a irritação periférica do diafragma pode, consequentemente, resultar em dor, sensibilidade e rigidez muscular na distribuição dos nervos espinais torácicos inferiores, enquanto a irritação central pode resultar em dor na distribuição cutânea dos terceiro ao quinto nervos espinais cervicais, isto é, a região do ombro.

O peritônio visceral e as vísceras não são afetados por estes estímulos porque a inervação aferente visceral fornece uma sensação de desconforto muito mais limitada. Quando estimulada, a sensação de dor é de natureza menos severa e é referida para a área da parede abdominal de acordo com a região do tracto intestinal afetada. O desconforto a partir de estruturas derivadas do intestino anterior é percebido na região do epigástrio; estruturas derivadas do intestino médio o percebem na região do umbigo, e as estruturas derivadas do intestino posterior o percebem na região suprapúbica: nenhuma destas sensações apresenta uma lateralização significativa. Entretanto, a distensão do peritônio visceral é uma causa potente de certas sensações e respostas. Vários elementos neurais nas paredes viscerais, mesentérios e peritônio sobrejacente medeiam sensações mal localizadas de desconforto quando estimulados por distensão, e podem também provocar profundas reações autônomas de reflexo que envolvem alterações vasomotoras e cardíacas. Isto é de considerável importância clínica. Os efeitos da secção do peritônio parietal podem ser tornados indolores através de anestesia local ou local regional. Em marcante contraste, as conexões centrais diretas dos nervos aferentes viscerais, particularmente via nervo vago, fazem com que a distensão do peritônio visceral tenha sérios efeitos, e podem produzir instabilidade hemodinâmica aguda, mesmo com o uso de anestesia espinal alta. A isquemia das vísceras subjacentes causa uma dor abdominal mal localizada, provavelmente devida a espasmos da musculatura lisa visceral.

ORGANIZAÇÃO GERAL DA CAVIDADE PERITONEAL

A cavidade peritoneal é um espaço contínuo único entre o peritônio parietal que recobre a parede abdominal e o peritônio visceral que envolve parte dos órgãos abdominais. Ela consiste em uma região principal, denominada de grande cavidade dos epiplons (saco maior), o qual é equivalente à cavidade abdominal principal que circunda a maioria das vísceras

abdominais e pélvicas. A retrocavidade dos epiplons (saco menor), ou bolsa omental, é um pequeno divertículo revestido por peritônio, o qual está situado por trás do estômago e do omento menor e em frente ao pâncreas e ao retroperitônio. Estas duas áreas se comunicam através do forame epiploico.

Para propósitos clínicos, a cavidade peritoneal pode ser dividida em vários espaços, pois os processos patológicos estão frequentemente contidos no interior destes espaços, e sua anatomia pode influenciar o diagnóstico e o tratamento. É útil dividir a cavidade peritoneal em dois compartimentos principais, o supramesocólico e o inframesocólico, os quais estão parcialmente separados pelo cólon transverso e seu mesocólon (este último conecta o cólon transverso à parede abdominal posterior). Os espaços peritoneais pélvicos foram descritos anteriormente.

COMPARTIMENTO SUPRAMESOCÓLICO

O espaço supramesocólico se encontra acima do mesocólon transverso, entre o diafragma e o cólon transverso. Ele pode ser arbitrariamente dividido em espaços supramesocólicos direito e esquerdo. Estas regiões podem ser ainda subdivididas em um número de subespaços, os quais estão normalmente em comunicação, mas são frequentemente subdivididos por adesões inflamatórias durante uma doença. O espaço supramesocólico direito pode ser dividido em três subespaços: o espaço subfrênico direito, o espaço sub-hepático direito, e a retrocavidade dos epiplons. O espaço supramesocólico esquerdo pode ser dividido em dois subespaços: o espaço subfrênico esquerdo e o espaço peri-hepático esquerdo.

Espaço subfrênico direito

O espaço subfrênico direito se encontra entre o diafragma e as superfícies anterior, superior e lateral direita do lobo direito do fígado. Ele é delimitado ao lado esquerdo pelo ligamento falciforme e atrás pela camada superior do ligamento coronário. Ele é um local relativamente comum para acúmulo de líquidos após uma inflamação abdominal do lado direito.

Espaço sub-hepático direito (recesso hepatorrenal)

O espaço sub-hepático direito se encontra entre o lobo direito do fígado e o rim direito. Ele é delimitado superiormente pela camada inferior do ligamento coronário, lateralmente pela parede abdominal lateral direita, posteriormente pela superfície anterior do polo superior do rim direito, e medialmente pela segunda parte do duodeno, pela flexura hepática, pelo mesocólon transverso e por parte da cabeça do pâncreas. Na posição de supino, o espaço sub-hepático direito posterior é mais profundo que a goteira paracólica direita: coleções de líquido infectado pós-operatório são comuns neste local.

Retrocavidade dos epiplons (saco menor ou bolsa omental)

A retrocavidade dos epiplons é uma cavidade recoberta pelo peritônio e conectada à cavidade peritoneal geral maior (grande cavidade ou saco maior) através do forame epiploico. Ela é considerada parte do espaço supramesocólico direito porque, sob o ponto de vista embriológico, o fígado cresce no espaço peritoneal direito e distende o mesentério dorsal para formar a retrocavidade dos epiplons por trás do estômago. A retrocavidade varia de tamanho, de acordo com o tamanho das vísceras que formam suas paredes. Ela tem paredes posterior e anterior, além das bordas superior, inferior, direita e esquerda.

A parede anterior é formada pela camada peritoneal posterior do omento menor, pelo peritônio sobre a parede posterior do estômago e sobre a primeira parte do duodeno, e pela parte mais superior da camada anterior do omento maior. Em sua borda direita, a parede anterior é formada principalmente pelo omento menor, porém, ao se mover para a esquerda, o omento menor se torna progressivamente mais curto e mais da parede anterior passa a ser formada pela face posterior do estômago e omento maior.

A parede posterior é formada principalmente pelo peritônio que cobre a parede abdominal posterior nesta área. Na parte inferior, a parede posterior é formada pela camada anterior da membrana posterior do omento maior, uma vez que ele se encontra sobre o mesocólon transverso. A parede posterior cobre, de baixo para cima, uma pequena parte da cabeça e todo o colo e o corpo do pâncreas, a parte medial da face anterior do rim esquerdo, a maior parte da glândula suprarrenal esquerda, o início da aorta abdominal e da artéria celíaca, e parte do diafragma. As artérias frênica inferior, esplênica, gástrica esquerda e hepática se encontram parcialmente atrás da bolsa. Muitas destas estruturas formam o "leito" do estômago e estão separadas dele apenas pelos revestimentos da retrocavidade dos epiplons.

A borda superior da retrocavidade dos epiplons é estreita e se encontra entre o lado direito do esôfago e a extremidade superior da fissura para o ligamento venoso. Aqui, o peritônio da parede posterior desta cavidade é refletido anteriormente a partir do diafragma para se unir à camada posterior do omento menor.

A borda inferior da retrocavidade segue ao longo da linha de fusão das camadas do omento maior. Esta segue do ligamento gastroesplênico até a prega peritoneal por trás da primeira parte do duodeno. Em casos onde as camadas não estão completamente aderidas uma à outra, a retrocavidade pode se estender até o fundo das duas membranas do omento maior. Em adultos, mesmo nestas circunstâncias de separação das camadas, a extensão mais baixa da borda inferior raramente está abaixo do nível do cólon transverso.

A borda direita da retrocavidade dos epiplons é formada pela reflexão do peritônio a partir do colo e cabeça pancreáticos por sobre a face inferior da primeira parte do duodeno. A linha desta reflexão sobe para a esquerda, ao longo da face medial da artéria gastroduodenal. Próximo à margem duodenal superior, a borda direita se une ao assoalho do forame epiploico ao redor da artéria hepática própria. Desta forma, o forame epiploico forma uma quebra na borda direita. Acima do forame epiploico, a borda direita é formada pela reflexão do peritônio a partir do diafragma até a margem direita do lobo caudado do fígado e ao longo do lado esquerdo da veia cava inferior, envolvendo o recesso hepático.

A borda esquerda da retrocavidade dos epiplons segue a partir da extremidade esquerda da raiz do mesocólon transverso, e é principalmente formada pela camada interna do peritônio dos ligamentos esplenorrenal e gastroesplênico. A parte da retrocavidade dos epiplons disposta entre os ligamentos esplenorrenal e gastroesplênico é denominada recesso esplênico. Acima do nível do baço, os dois ligamentos estão fundidos como o curto ligamento gastrofrênico, o qual passa para a frente a partir do diafragma até a face posterior do fundo do estômago, e forma parte da borda esquerda superior do saco menor. As duas camadas do ligamento gastrofrênico divergem próximo à parte abdominal do esôfago, deixando parte da superfície gástrica posterior desprovida de peritônio. A artéria gástrica esquerda segue para a frente daqui para o interior o omento menor.

A retrocavidade dos epiplons é estreitada por duas pregas peritoneais em formato de crescente produzidas pelas artérias hepática e gástrica esquerda. A prega gastropancreática esquerda se sobrepõe à artéria gástrica esquerda à medida que ela segue da parede abdominal posterior até a curvatura menor do estômago. A prega gastropancreática direita se sobrepõe à artéria hepática à medida que ela segue da parede abdominal posterior até o omento menor. As pregas variam de tamanho. Quando proeminentes, elas dividem a retrocavidade dos epiplons em um recesso superior menor e um recesso inferior maior. O recesso superior se encontra posteriormente ao omento menor e ao fígado, e envolve o lobo caudado do fígado, o qual é coberto por peritônio em suas superfícies anterior e posterior. Ele se estende superiormente para dentro da fissura para o ligamento venoso e se encontra adjacente ao pilar direito do diafragma posteriormente. O recesso inferior da retrocavidade dos epiplons se encontra entre o estômago e o pâncreas, e está contido na dupla membrana do omento maior.

Forame epiploico (de Winslow)

O forame epiploico (forame de Winslow, ádito para a retrocavidade dos epiplons) é uma curta fenda vertical, usualmente com 3 cm de altura em adultos, na parte superior da borda direita da retrocavidade dos epiplons. Este forame comunica as duas cavidades dos epiplons entre si. O ligamento hepatoduodenal, que é formado pela borda direita espessada do omento menor se estende da flexura entre a primeira e a segunda partes, do duodeno e forma a margem anterior do forame. A borda anterior contém o ducto biliar comum (à direita), a veia porta (posteriormente) e a artéria hepática (à esquerda) entre suas duas camadas. Superiormente, o peritônio da camada posterior do ligamento hepatoduodenal segue por sobre o lobo caudado do fígado, o qual forma o teto do forame epiploico. Esta camada de peritônio é, em seguida, refletida por sobre a veia cava inferior, o que forma a margem posterior do forame epiploico. Na borda superior da primeira parte do duodeno, o peritônio segue para adiante a partir da veia cava inferior, acima da cabeça do pâncreas, e é contínuo com a camada posterior do omento menor, formando o assoalho do forame epiploico. Uma estreita passagem, o vestíbulo da retrocavidade dos epiplons, pode ser encontrada à esquerda do forame, entre o processo caudado e a primeira parte do duodeno. À direita, a borda do forame é contínua com o peritônio da grande cavidade dos epiplons. O teto é contínuo com o peritônio sobre a superfície inferior do lobo hepático direito. As paredes anterior e posterior do forame são normalmente justapostas.

Espaço subfrênico esquerdo

O espaço subfrênico esquerdo se encontra entre o diafragma, as superfícies anterior e superior do lobo esquerdo do fígado, a superfície anterossupe-

rior do estômago, e a superfície diafragmática do baço. Ele é delimitado à direita pelo ligamento falciforme e atrás pela camada anterior do ligamento triangular esquerdo. Ele se encontra muito aumentado na ausência do baço, e é um local comum para acúmulo de líquidos, particularmente após uma esplenectomia. O espaço subfrênico esquerdo é substancialmente maior que o direito, e às vezes é descrito como sendo dividido em partes anterior e posterior, embora não exista nenhuma demarcação óbvia na ausência de uma doença. O espaço subfrênico posterior esquerdo é pequeno e se encontra entre o fundo do estômago e o diafragma, acima da origem do ligamento esplenorrenal. O espaço subfrênico anterior esquerdo é grande e se encontra entre as superfícies superior e anterolateral do baço e a cúpula esquerda do diafragma. Inferiormente e medialmente, este espaço é delimitado pelos ligamentos esplenorrenal, gastroesplênico, e frenicocólico, o que produz uma barreira parcial para a goteira paracólica esquerda. Isto pode explicar por que os acúmulos de líquidos no espaço subfrênico esquerdo são menos frequentes que acúmulos no espaço subfrênico direito após uma cirurgia na região abdominal inferior ou na região pélvica, mas o espaço subfrênico esquerdo é o local mais comum de acúmulo de líquidos após uma cirurgia na região abdominal superior, particularmente uma cirurgia esplênica.

Espaço peri-hepático esquerdo

O espaço peri-hepático esquerdo é às vezes subdividido em espaços anterior e posterior. O espaço peri-hepático posterior é também conhecido como o espaço sub-hepático esquerdo ou recesso gastro-hepático. O espaço peri-hepático anterior esquerdo se encontra entre a superfície anterossuperior do lobo esquerdo do fígado e o diafragma. O espaço peri-hepático posterior esquerdo se encontra inferiormente ao lobo esquerdo do fígado, e se estende para dentro da fissura para o ligamento venoso à direita, anteriormente à veia porta principal. Posteriormente, o omento menor separa este espaço do recesso superior da retrocavidade dos epiplons. À esquerda, o espaço é delimitado pela curvatura menor do estômago.

COMPARTIMENTO INFRAMESOCÓLICO

O compartimento inframesocólico se encontra abaixo do mesocólon transverso e do cólon transverso, indo até a pelve verdadeira. Ele é dividido em dois espaços desiguais pela raiz do mesentério do intestino delgado. Ele contém as goteiras paracólicas direita e esquerda para os cólons ascendente e descendente. Como consequência da mobilidade do mesocólon transverso e do mesentério do intestino delgado, processos patológicos raramente são bem contidos nestes espaços, e líquidos no interior do compartimento infracólico tendem a descer para a pelve ou para as goteiras paracólicas.

Espaço infracólico direito

O espaço infracólico direito é um espaço triangular. Ele é menor que seu equivalente à esquerda, e se encontra posteriormente e inferiormente ao cólon transverso e ao mesocólon, e à direita do mesentério do intestino delgado. O espaço é mais estreito inferiormente porque a inserção da raiz do mesentério do intestino delgado se encontra bem à direita da linha mediana. O apêndice vermiforme frequentemente se encontra na parte inferior do espaço infracólico direito.

Espaço infracólico esquerdo

O espaço infracólico esquerdo é maior que seu equivalente à direita e está em livre comunicação com a pelve à direita da linha mediana. Ele se encontra posteriormente e inferiormente ao cólon transverso e ao mesocólon, e à esquerda do mesentério do intestino delgado. O cólon sigmoide e seu mesentério podem restringir parcialmente o fluxo de líquidos ou sangue para a pelve à esquerda da linha mediana.

Goteiras paracólicas

As goteiras paracólicas direita e esquerda são recessos peritoneais sobre a parede abdominal posterior dispostas ao lado dos cólons ascendente e descendente. A goteira paracólica principal se encontra lateralmente ao cólon a cada lado. Uma goteira paracólica medial menos óbvia pode estar formada, especialmente no lado direito, se o cólon possui um mesocólon curto para parte de sua extensão. A goteira paracólica direita (lateral) segue da face superolateral da flexura hepática do cólon para baixo da face lateral do cólon ascendente, e ao redor do ceco. Ela é contínua com o peritônio à medida que ele desce para a pelve por sobre a borda pélvica. Superiormente, ela é contínua com o peritônio que recobre a bolsa hepatorrenal e, através do forame epiploico, com a retrocavidade dos epiplons. Bile, pus, ou sangue liberados das vísceras em qualquer lugar ao longo de sua extensão podem correr ao longo da goteira e se acumular em locais bastante remotos do órgão de origem. Em pacientes em supino, o líquido infectado advindo da fossa ilíaca direita pode subir na goteira para entrar na retrocavidade dos epiplons. Para pacientes internados em enfermaria na posição sentada, o líquido derivado do estômago, duodeno, ou vesícula biliar pode correr para baixo ao longo da goteira, de modo a se acumular na fossa ilíaca direita ou pelve, e pode mimetizar uma apendicite aguda ou formar um abscesso pélvico. A goteira paracólica direita é maior que a esquerda, a qual, juntamente com a barreira parcial fornecida pelo ligamento frenicocólico, pode explicar por que os acúmulos no espaço subfrênico direito são mais comuns do que acúmulos no espaço subfrênico esquerdo.

Espaços subfrênicos extraperitoneais

Existem dois "espaços" potenciais, os quais realmente se encontram fora das coberturas peritoneais do abdome, mas que são de importância clínica devido à possibilidade de acúmulos de líquidos ocorrerem neles. O espaço extraperitoneal direito é delimitado pelas duas camadas do ligamento coronário, pela área nua do fígado, e pela superfície inferior da cúpula direita do diafragma. O espaço extraperitoneal esquerdo se encontra anteriormente à glândula suprarrenal esquerda e ao polo superior do rim esquerdo. Ele contém tecido conjuntivo extraperitoneal.

RECESSOS DA CAVIDADE PERITONEAL

As pregas peritoneais podem criar fossas ou recessos dentro da cavidade peritoneal. Estes são de importância clínica porque uma extensão do intestino pode entrar em um deles e ser comprimida pela prega na entrada do recesso: ele pode posteriormente se tornar um local de herniação interna. O conteúdo da prega peritoneal pode ser importante, caso uma incisão cirúrgica seja necessária para reduzir a hérnia. Embora uma hérnia interna possa ocorrer na retrocavidade dos epiplons através do forame epiploico, a retrocavidade não é usualmente considerada um recesso peritoneal.

Recessos duodenais

Várias pregas de peritônio podem existir ao redor da quarta parte do duodeno e da junção duodenojejunal, formando um número de recessos a serem mencionados (Fig. 64.8).

Recesso duodenal superior

O recesso duodenal superior está ocasionalmente presente, usualmente em associação com um recesso duodenal inferior. Ele se encontra à esquerda da extremidade da quarta parte do duodeno, em oposição à segunda vértebra lombar, e por trás de uma prega duodenal superior em crescente (prega duodenojejunal). A prega tem uma borda inferior livre semilunar, a qual se funde à esquerda com o peritônio anteriormente ao rim esquerdo. A veia mesentérica inferior está diretamente atrás da junção da extremidade esquerda (lateral) desta prega e do peritônio parietal posterior. O recesso varia de tamanho, mas tem comumente 2 cm de profundidade, admitindo uma ponta de dedo. Ele se abre para baixo, e seu orifício está no ângulo formado pela veia renal esquerda à medida que ela cruza a aorta abdominal.

Recesso duodenal inferior

O recesso duodenal inferior normalmente está presente frequentemente associado a um recesso superior, com o qual ele pode compartilhar um

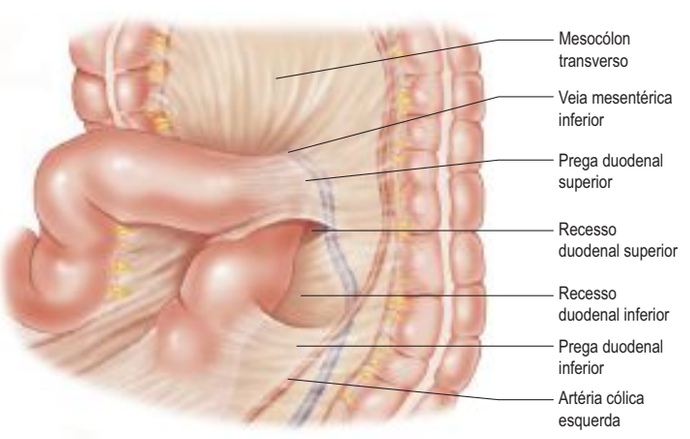


Fig. 64.8 Os recessos duodenais superior e inferior. O cólon transverso e o jejuno foram deslocados.

orifício. Ele se encontra à esquerda da quarta parte do duodeno, oposto à terceira vértebra lombar. Ele se situa atrás de uma prega duodenal inferior triangular, não vascularizada (prega duodenomesocólica), a qual tem uma borda superior aguda. Ele normalmente apresenta 3 cm de profundidade, admite um ou dois dedos, e se abre para cima em direção ao recesso duodenal superior. Ele às vezes se estende por trás da quarta parte do duodeno e, à esquerda, em frente do ramo ascendente da artéria cólica esquerda e da veia mesentérica inferior.

Recesso paraduodenal

O recesso paraduodenal pode ocorrer em conjunto com os recessos duodenais superior e inferior. Ele é raro em adultos, mas é mais comumente visto em crianças recém-nascidas. Ele se encontra um pouco à esquerda e ligeiramente por trás da quarta parte do duodeno, atrás de uma prega paraduodenal falciforme. A borda direita livre da prega contém a veia mesentérica inferior e o ramo ascendente da artéria cólica esquerda, e representa parte do mesocólon cólico esquerdo superior. Sua borda livre se encontra em frente ao amplo orifício do recesso, o qual está voltado para a direita.

Recesso retroduodenal

O recesso retroduodenal é o maior dos recessos duodenais, mas raramente está presente. Ele se encontra por trás da terceira e quarta partes do duodeno, em frente à aorta abdominal. Ele ascende quase até a junção duodenojejunal, tem 8-10 cm de profundidade, e é delimitado em ambos os lados por pregas duodenoparietais. Ele tem um amplo orifício que está voltado para baixo e para a esquerda.

Recesso duodenojejunal

O recesso duodenojejunal ou mesocólico tipicamente ocorre em 20% dos adultos. Quando presente, ele quase nunca está associado a algum outro recesso duodenal. Ele tem aproximadamente 3 cm de profundidade, e se encontra à esquerda da aorta abdominal, entre a junção duodenojejunal e a raiz do mesocólon transverso. Ele é delimitado acima pelo pâncreas, à esquerda pelo rim, e abaixo pela veia renal esquerda. Ele tem uma abertura circular entre duas pregas peritoneais, e está voltado para baixo e para a direita.

Recesso mesentericoparietal

O recesso mesentericoparietal está apenas raramente presente. Ele se encontra logo abaixo da terceira parte do duodeno e se invagina para a parte superior do mesentério, em direção à direita. Seu orifício é grande e está voltado para a esquerda, por trás de uma prega de mesentério elevada pela artéria mesentérica superior.

Recessos cecais

Várias pregas de peritônio podem existir ao redor do ceco e formar recessos (Fig. 64.9). Os recessos paracecais são locais comuns de formação de abscessos após uma apendicite aguda.

Recesso ileocecal superior

O recesso ileocecal superior está normalmente presente e mais bem desenvolvido em crianças. Ele está frequentemente reduzido e ausente nos idosos, especialmente nos obesos. Ele é formado pela prega vascular do ceco, a qual se arqueia sobre a artéria cecal anterior, suprindo a parte anterior da junção ileocecal, e sua veia acompanhante. Trata-se de uma estreita fenda delimitada à frente pela prega vascular, atrás pelo mesentério ileal, abaixo pelo íleo terminal, e à direita pela junção ileocecal. Seu orifício se abre para baixo e para a esquerda.

Recesso ileocecal inferior

O recesso ileocecal inferior é bem marcado na juventude, mas é frequentemente obliterado por gordura em adultos. Ele é formado pela prega ileocecal, a qual se estende da face anteroinferior do íleo terminal até a frente do mesoapêndice (ou até o apêndice ou o ceco). Ele também é conhecido como a "prega exangue de Treves", embora ele às vezes contenha vasos sanguíneos e frequentemente sangre, caso seja cortado em uma cirurgia. Se inflamado, especialmente quando o apêndice e seu mesentério estão em posição retrocecal, ele pode ser confundido com o mesoapêndice. O recesso é delimitado à frente pela prega ileocecal, acima pela superfície ileal posterior e seu mesentério, à direita pelo ceco, e atrás pelo mesoapêndice superior. Seu orifício se abre para baixo e para a esquerda.

Recesso retrocecal

O recesso retrocecal se encontra atrás do ceco. Ele varia de tamanho e extensão, e ascende por trás do cólon ascendente, sendo frequentemente grande o suficiente para admitir um dedo inteiro. Ele é delimitado à frente pelo ceco (e às vezes pela parte inferior do cólon ascendente), atrás pelo peritônio parietal, e em cada lado por pregas cecais (pregas parietocólicas) que passam do ceco para a parede abdominal posterior. O apêndice vermiforme frequentemente ocupa este recesso quando em posição retrocecal.

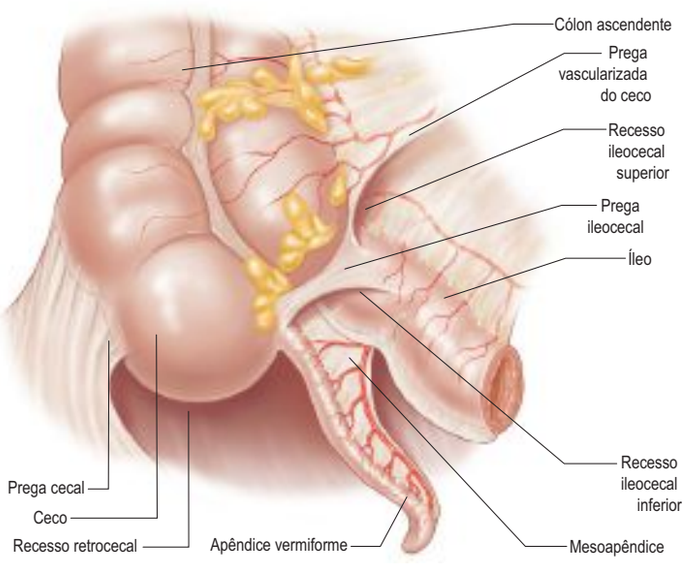


Fig. 64.9 As pregas peritoneais e os recessos na região cecal.

Recesso intersigmoide

O recesso intersigmoide é constante na vida fetal e na infância, mas pode desaparecer durante o desenvolvimento futuro. Ele se encontra atrás do ápice da inserção parietal em formato de V do mesocólon sigmoide, e tem formato afunilado. Ele está direcionado para cima e se abre para baixo. Ele varia de tamanho, podendo ser desde uma leve depressão até uma fossa rasa. Sua parede posterior é formada pelo peritônio parietal da parede abdominal posterior, o qual cobre o ureter esquerdo à medida que ele atravessa a bifurcação da artéria ilíaca comum esquerda. Ocasionalmente, o recesso encontra-se no interior das camadas do mesocólon sigmoide, e está mais próximo da parede intestinal do que a raiz do mesocólon. Ele é provavelmente produzido por uma fusão imperfeita do mesocólon com o peritônio parietal posterior.

TRATAMENTO CLÍNICO DE ACÚMULOS DE LÍQUIDOS NA CAVIDADE PERITONEAL

O acúmulo de líquidos ocorre frequentemente no interior da cavidade peritoneal como resultado de uma ampla gama de processos patológicos. Na ausência de alguma inflamação, aderências peritoneais, ou cirurgia prévia, um fluido seroso está quase sempre distribuído livremente entre os espaços peritoneais e não está confinado a qualquer área em particular. Consequentemente, uma ascite simples, por exemplo, pode ser drenada livremente a partir de qualquer parte convenientemente pendente da cavidade peritoneal. Isto é mais comumente realizado pela inserção cega, ou guiada por ultrassom, de um cateter na porção inferior das goteiras paracólicas direita ou esquerda, as quais normalmente se enchem facilmente com líquidos. O cólon e algumas alças do intestino delgado podem estar presentes, mas sua relativa mobilidade assegura que eles muito pouco provavelmente sejam lesados durante este procedimento.

Os acúmulos de líquidos causados por processos inflamatórios são muito mais frequentemente viscosos porque eles contêm pus, fibrina, ou sangue, e normalmente estão associados a uma inflamação peritoneal, a qual resulta em – pelo menos – aderências peritoneais transitórias. Estes fatores significam que os acúmulos podem se tornar localizados, caso o fluxo de líquido seja restrito pela compartimentalização parcial do peritônio. Uma vez acumulado em um "espaço" em particular, este líquido frequentemente se torna ainda mais confinado pela inflamação contínua, e pode até mesmo formar uma cavidade verdadeiramente isolada com o tempo. Qualquer um dos espaços do peritônio pode desenvolver uma coleção de líquido, mas os espaços subfrênico, sub-hepático e pélvico são os mais comuns, uma vez que eles são mais bem definidos pelas pregas peritoneais fixas e órgãos que formam seus limites. Estes espaços são também os espaços em posição mais pendente dentro do peritônio na posição de supino, e consequentemente qualquer líquido inicialmente livre tende a ser drenado para eles pela força da gravidade.

O acesso cirúrgico aos espaços peritoneais é raramente necessário hoje em dia devido aos grandes avanços que têm sido feitos na drenagem guiada através da radiologia. Quando necessário, incisões subcostais laterais ou intercostais podem proporcionar acesso adequado aos espaços subfrênicos, e a parede anterior do reto também é uma rota útil para acessar o espaço retouterino ou retovesical. A drenagem guiada por tomo-

grafia computadorizada ou ultrassom oferece um método muito mais confiável e versátil de acesso mesmo em espaços difíceis, tais como os sub-hepático, os peri-hepático, os paracólicos, ou mesmo em acúmulos intermesentéricos. As abordagens translombares posterolaterais ou transciáticas podem ser usadas para acessar estas áreas mais difíceis.

Diálise peritoneal

O mesotélio se assemelha a um endotélio vascular pelo fato de ser uma membrana dialisante, que pode ser atravessada por líquidos e pequenas moléculas. Numerosas vesículas endocíticas ocorrem próximo às superfícies celulares, e o citoplasma remanescente é pobre em organelas, indicando baixa atividade metabólica. Normalmente, os volumes de líquido transportados pelas superfícies peritoneais são pequenos, mas grandes volumes podem ser administrados através da rota intraperitoneal. De modo inverso, substâncias tais como a ureia podem ser dialisadas do sangue para dentro do líquido que circula na cavidade peritoneal.

Desvios ventriculoperitoneais

As capacidades absortivas do peritônio podem ser usadas para absorver líquidos transitórios em excesso a partir de vários locais no corpo. A mais comum destas é a absorção do líquido cerebrospinal drenado pelos ventrículos intracerebrais ou do espaço intratecal (subaracnóideo) através de um cateter de pequeno calibre. O cateter pode ser colocado dentro do peritônio com uma valva de mão única que previne o refluxo de líquido peritoneal para dentro do líquido cerebrospinal. O líquido é, em seguida, continuamente absorvido, mantendo uma baixa pressão dentro do espaço subaracnóideo ou intraventricular.

REFERÊNCIAS

Coakley FV, Hricak H 1999 Imaging of peritoneal and mesenteric disease: key concepts for the clinical radiologist. Clin Radiol 54: 563–574.
Explica a anatomia complexa da prega peritoneal abdominal superior que suspende o estômago, fígado e baço.

Healy JC, Reznek RH 1999 The anterior abdominal wall and peritoneum. In: Butler P, Mitchell A, Ellis H (eds) Applied Radiological Anatomy. Cambridge: Cambridge University Press: 189–200.
Demonstra a anatomia de imagens dos espaços peritoneais e os reflexos que usam imagens com corte transversal.

Meyers M 1994 Dynamic Radiology of the Abdomen. Normal and Pathologic Anatomy. New York: Springer.
Fornece uma aplicação sistêmica dos princípios anatômicos e dinâmicos para a compreensão e diagnóstico de doença intra-abdominal.

CAPÍTULO 65

Parte abdominal do esôfago e estômago

PARTE ABDOMINAL DO ESÔFAGO

A parte abdominal do esôfago tem 1-2,5 cm de comprimento, e é ligeiramente mais larga no óstio cárdico do que no hiato esofágico do diafragma. Ela se encontra à esquerda da linha mediana e entra no abdome através do hiato esofágico (formada pelos dois pilares do diafragma), em oposição ao nível da décima vértebra torácica. Ela segue obliquamente para a esquerda e ligeiramente posterior, e termina na junção gastroesofágica/óstio cárdico do estômago. A parte abdominal do esôfago se encontra posterior ao lobo esquerdo do fígado, no qual ela provoca um ligeiro sulco anterior ao pilar esquerdo, aos vasos frênicos inferiores esquerdos e ao nervo esplâncnico maior esquerdo; sua superfície é coberta por uma delgada camada de tecido conjuntivo do peritônio visceral, o qual contém os nervos tronco vagal anterior e posterior, além dos ramos esofágicos dos vasos gástricos esquerdos. O tronco vagal anterior pode ser único ou composto de múltiplos troncos, e está intimamente relacionado às fibras externas da camada muscular longitudinal do esôfago. O tronco vagal posterior é usualmente um tronco único e está menos intimamente associado à musculatura esofágica em meio ao tecido conjuntivo frouxo, o que torna sua identificação durante uma cirurgia um pouco mais fácil.

A parte abdominal do esôfago está efetivamente fixada ao diafragma por tecido conjuntivo (Fig. 65.1): o ligamento frenicoesofágico. Este é formado por duas faixas espessadas de tecido conjuntivo rico em fibras elásticas; o ligamento frenicoesofágico inferior é efetivamente uma extensão da fáscia transversal que se estende abaixo do peritônio parietal à medida que ela é refletida a partir do diafragma por sobre a parte abdominal do esôfago. As fibras estão apenas frouxamente aderidas aos tecidos adventiciais e uma quantidade variável de gordura frequentemente se encontra abaixo dele, entre a parede esofágica e a alça formada pelos pilares. Este coxim gorduroso esofágico tende a fixar o esôfago às fibras dos pilares, mas regride com a idade. Do lado torácico do diafragma, o ligamento frenicoesofágico superior é formado de modo similar a partir de uma extensão da fáscia endotorácica subpleural. Ele é mais denso que seu equivalente inferior, com mais quantidade de elastina presente e está fixado de forma muito mais firme por meio das fibras musculares da parede esofágica no tecido da submucosa. Ele pode atuar adequadamente para restaurar a posição esofágica inferior após o movimento gerado pela peristalse da deglutição (Kwok *et al.*, 1999). Anteriormente, o tecido conjuntivo subperitoneal é particularmente denso e se funde com a camada externa da parede esofágica e o ápice das fibras dos pilares do diafragma. Na face posterior, a reflexão peritoneal é extremamente curta, uma vez que os pilares se encontram angulados de forma íngreme, e a parede esofágica posterior tem um "comprimento efetivo" muito mais curto do que a anterior. Esta curta reflexão do peritônio é, às vezes, referida como o ligamento gastrofrênico e, através do peritônio sobre o esôfago, continua diretamente por sobre a superfície posterior do estômago. Ela cobre os ramos esofágicos dos vasos gástricos esquerdos e os ramos celíacos do tronco vagal posterior, e assim pode se dizer que ela forma um mesentério amplo e extremamente curto para a parte abdominal do esôfago. Em todos os indivíduos, com exceção dos muito magros, um coxim de tecido adiposo é encontrado abaixo do peritônio, que cobre a superfície anterior da parte inferior do esôfago abdominal e a parede gástrica adjacente. Ele é um útil marcador cirúrgico para a localização externa da junção gastroesofágica.

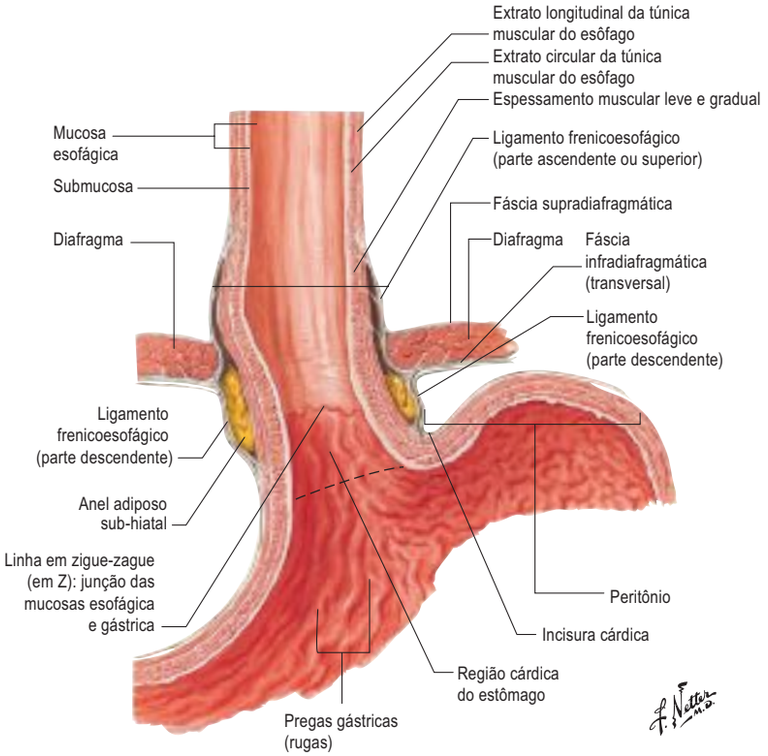


Fig. 65.1 As estruturas anatômicas ao redor da parte abdominal do esôfago. (Reimpresso a partir de Netter Anatomy Illustration Collection, © Elsevier Inc. Todos os direitos reservados.)

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

A parte abdominal do esôfago é suprida por ramos esofágicos da artéria gástrica esquerda. Estes ascendem como os ramos anterior e posterior abaixo do peritônio visceral para suprir os ramos perfurantes para os plexos intramural e submucoso. A superfície posterior usualmente recebe um suprimento adicional através de ramos das artérias gástricas curtas superiores, dos terminais dos ramos esofágicos da aorta torácica, e ocasionalmente, de um ascendente da artéria gástrica posterior.

Veias

As veias drenam por meio de plexos para a veia gástrica esquerda e as veias gástricas curtas superiores (ver Veias do estômago adiante).

Drenagem linfática

A drenagem linfática ocorre para os linfonodos gástricos esquerdos e paracárdicos esquerdos e direitos, e da superfície posterior diretamente para os linfonodos para-aórticos mais superiores (Fig. 65.13).

INERVAÇÃO

A parte abdominal do esôfago é inervada por fibras simpáticas e parassimpáticas. As fibras parassimpáticas são derivadas diretamente do plexo torácico periesofágico e, em grau menor, dos troncos vagais anterior e posterior. Elas são motoras para o esôfago distal e tanto estimulatórias e inibitórias para o esfíncter esofágico inferior (EEI), de caráter funcional, mantendo o tônus básico e a coordenação da peristalse esofágica distal com o relaxamento do EEI durante a deglutição. O suprimento simpático se origina do quinto ao décimo-segundo segmentos espinais torácicos e está distribuído principalmente através dos nervos esplâncnicos maior e menor e do plexo celíaco.

ESTÔMAGO

O estômago é a parte mais larga do trato alimentar, e se encontra entre o esôfago e o duodeno. Ele está situado no abdome superior, estendendo-se do quadrante superior esquerdo para baixo, para a frente e para a direita, disposto nas áreas hipocondríaca esquerda, epigástrica e umbilical. Ele ocupa um recesso abaixo do diafragma e da parede abdominal anterior que é delimitado pelas vísceras abdominais superiores em cada lado. A capacidade média do estômago aumenta de aproximadamente 30 mL ao nascimento, para 1.000 mL na puberdade, sendo de aproximadamente 1.500 mL em adultos. A superfície peritoneal do estômago é interrompida pelas inserções dos omentos maior e menor, as quais definem as curvaturas maior e menor que separam duas superfícies.

PARTES DO ESTÔMAGO

Para propósitos descritivos, o estômago é dividido por linhas arbitrárias esboçadas sobre sua superfície externa em fundo, corpo, antro pilórico, e piloro (Fig. 65.2). A aparência externa e a microestrutura destas regiões variam em algum grau. O fundo tem um formato de cúpula e se projeta para cima e para a esquerda do óstio cárdico para se dispor em contato com a cúpula esquerda do diafragma. Ele se encontra acima de uma linha desenhada horizontalmente da incisura cárdica até a curvatura maior. O corpo se estende do fundo até a incisura angular, a qual é uma constante incisura externa na extremidade inferior da curvatura menor. Uma linha desenhada da incisura angular até uma endentação sobre a curvatura maior define o limite inferior do corpo. O antro pilórico se estende desta linha até o sulco intermédio, onde o estômago se estreita para se tornar o canal pilórico (1-2 cm de comprimento), o qual termina no óstio pilórico.

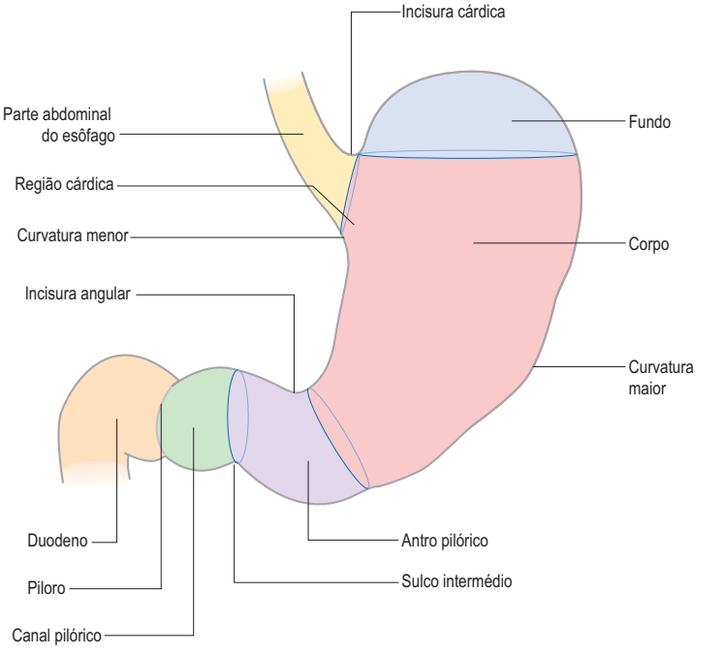


Fig. 65.2 As partes do estômago.

RELAÇÕES GÁSTRICAS

Curvaturas gástricas

Curvatura menor

A curvatura menor se estende entre os óstios cárdico e pilórico, e forma a margem medial (posterior e superior) do estômago. Ela desce da face medial do esôfago em frente às fibras em decussação do pilar direito do diafragma, se curva inferiormente e para a direita, e se dispõe anteriormente à margem superior do pâncreas (Fig. 65.3). Ela termina no piloro, logo à direita da linha mediana. Na parte mais pendente, existe tipicamente uma incisura, a incisura angular, cuja posição e aparência variam com a distensão gástrica. O omento menor está inserido na curvatura menor e contém os vasos gástricos direito e esquerdo.

Curvatura maior

A curvatura maior é quatro ou cinco vezes mais longa que a curvatura menor. Ela começa a partir da incisura cárdica formada entre a margem lateral da parte abdominal do esôfago e o fundo do estômago. Ela se arqueia superiormente e posterolateralmente para a esquerda. Sua convexidade mais alta, o ápice do fundo, está aproximadamente nivelada com o quinto espaço intercostal esquerdo, logo abaixo do mamilo esquerdo em homens, mas varia com a respiração. A partir deste nível, ela se estende inferior e anteriormente, ligeiramente convexa para a esquerda, quase até a décima cartilagem costal na posição de supino, onde ela se volta medialmente para terminar no piloro. Frequentemente, existe um sulco na curvatura, denominado sulco intermédio, próximo à constrição pilórica. O início da curvatura maior é coberto pelo peritônio, o qual continua por sobre a superfície anterior do estômago. Lateralmente, a curvatura maior fornece inserção para o ligamento gastroesplênico e, para além deste, para o omento maior, o qual contém os vasos gastro-omentais. O ligamento gastroesplênico e o omento maior, juntamente com os ligamentos gastrofrênico e esplenorrenal, são partes contínuas do mesogastro dorsal original: seus nomes simplesmente indicam as regiões da mesma membrana de peritônio contínua e seu tecido conjuntivo associado.

Vólvulo gástrico

O vólvulo do estômago é muito menos comum do que o vólvulo do cólon sigmoide ou do ceco. Dois tipos de vólvulo gástrico podem ocorrer. O primeiro, o vólvulo organoaxial, ocorre em torno de um eixo de rotação

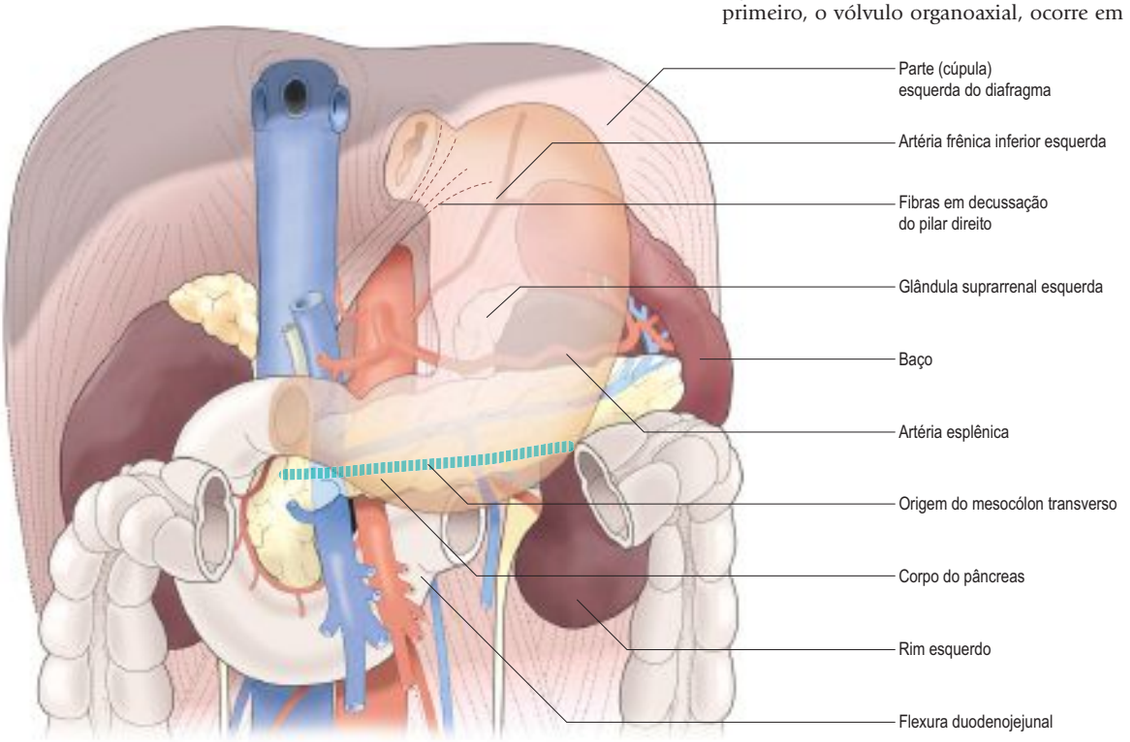


Fig. 65.3 Relações posteriores do estômago.

que segue da parte inferior do óstio cárdico até o piloro. O antro, o corpo e o fundo sofrem uma rotação para cima, com a curvatura maior vindo a se situar acima da curvatura menor à medida que o vólvulo progride. O segundo, o vólvulo mesenteroaxial, ocorre em torno de uma linha desenhada "através" do corpo do estômago, normalmente logo acima da incisura angular. Este tipo de vólvulo é perpendicular à linha do vólvulo organoaxial. A parte distal do corpo e o antro sofrem uma rotação anteriormente, superiormente e lateralmente, enquanto a parte superior do corpo e o fundo sofrem uma rotação posteromedialmente e inferiormente. Embora relativamente móvel no interior do abdome superior, o estômago está normalmente fixado ao esôfago na junção gastroesofágica (ver anteriormente), ao duodeno no piloro, ao baço pelo omento gastroesplênico, e ao fígado pelo omento menor. A fixação ao cólon transverso através do omento gastrocólico também restringe o estômago, mas é a mais móvel de todas. Para cada tipo de vólvulo gástrico que ocorra, é necessário que alguns ou todos esses pontos de fixação estejam afrouxados, seja por uma prévia secção cirúrgica, seja pelo alongamento e afrouxamento crônicos de seu tecido conjuntivo. O vólvulo organoaxial é mais comum porque o omento menor, o ligamento gastroesplênico e o omento gastrocólico são mais prováveis de sofrer um alongamento crônico por tração do que as outras fixações do estômago. O vólvulo mesenteroaxial requer que a junção gastroesofágica e o piloro sejam suficientemente móveis para se aproximarem de modo íntimo. Estas estruturas estão firmemente fixadas e, consequentemente, esta forma de vólvulo gástrico é muito menos comum. Apesar do profuso suprimento arterial gástrico, qualquer tipo de vólvulo pode comprometer a vascularização do estômago.

Superfícies gástricas

Quando o estômago está vazio e contraído, as duas superfícies (anterior e posterior) tendem a se dispor voltadas quase superiormente e inferiormente; mas, com os progressivos graus de distensão, elas, gradadivamente, ficam voltadas mais anteriormente e posteriormente (Fig. 65.4).

Superfície anterior (superior)

A parte lateral da superfície anterior é posterior à margem costal esquerda e está em contato com o diafragma, o qual a separa da pleura esquerda, da base do pulmão esquerdo, do pericárdio e das sexta à nona costelas esquerdas (Fig. 65.5). Ela se encontra posterior às fixações costais das fibras superiores do músculo transverso do abdome, o qual a separa das sétima à nona cartilagens costais. A parte superior e esquerda desta superfície se curva posterolateralmente e está em contato com a superfície gástrica do baço. A metade direita da superfície anterior está relacionada aos lobos esquerdo e quadrado do fígado e à parede abdominal anterior. Quando o estômago está vazio, o cólon transverso pode se encontrar adjacente à superfície anterior. Toda a superfície anterior (superior) é coberta pelo peritônio.

Superfície posterior (inferior)

A superfície posterior se encontra anterior ao pilar esquerdo e às fibras inferiores do diafragma, aos vasos frênicos inferiores esquerdos, à glândula suprarrenal esquerda, ao polo superior do rim esquerdo, à artéria esplênica, à superfície pancreática anterior, à flexura esplênica do cólon e à camada superior do mesocólon transverso (Fig. 65.3). Coletivamente, estes elementos formam o leito raso do estômago: eles estão separados do estômago pela bolsa omental (sobre a qual o estômago desliza à medida que se distende). A parte superior esquerda da superfície se curva anterolateralmente e se encontra em contato com a superfície gástrica do baço. O omento maior e o mesocólon transverso separam o estômago da flexura duodenojejunal e do íleo. A superfície posterior é coberta pelo peritônio, exceto próximo ao óstio cárdico, onde uma pequena área triangular entra em contato com o pilar diafragmático esquerdo e, às vezes, com a glândula suprarrenal esquerda. Os vasos gástricos esquerdos atingem a curvatura menor na extremidade direita desta área nua na prega gastropancreática esquerda. O ligamento gastrofrênico passa da face lateral desta área nua para a superfície inferior do diafragma.

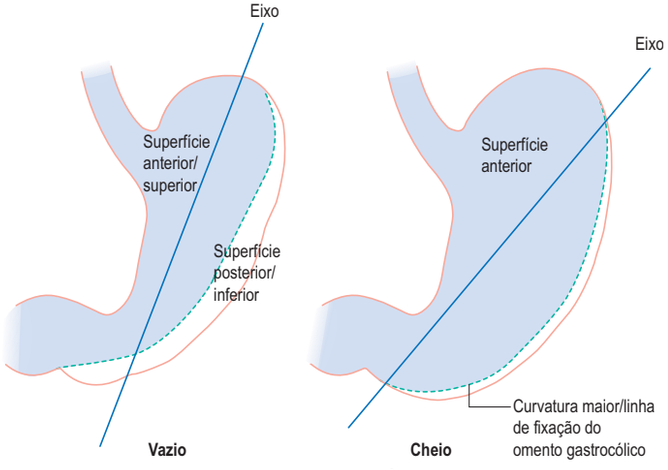


Fig. 65.4 Eixos do estômago vazio e cheio. À medida que o estômago se distende, a curvatura maior "desliza" inferiormente e a superfície anterossuperior vem a se dispor quase completamente vertical como a superfície anterior.

ORIFÍCIOS GÁSTRICOS

Óstio cárdico e junção gastroesofágica

A abertura do esôfago no estômago é o óstio cárdico (Fig. 65.1). Ele está tipicamente situado à esquerda da linha mediana, posterior à sétima cartilagem costal, no nível da décima primeira vértebra torácica. Ela está tipicamente a 10 cm da parede abdominal anterior e a 40 cm dos dentes incisivos. A parte abdominal do esôfago é contínua com o óstio cárdico; o lado direito é contínuo com a curvatura menor, e o lado esquerdo com a curvatura maior. Não existe um esfíncter cárdico específico anatomicamente discernível relacionado ao óstio.

Internamente, a transição entre o esôfago e o estômago é difícil de se definir, porque a mucosa com o padrão do fundo gástrico se estende superiormente por uma distância variável até a parte abdominal do esôfago. Ela usualmente forma uma junção epitelial escamocolunar em "zigue-zague" com o epitélio esofágico acima desta linha em Z: para propósitos histológicos e endoscópicos, esta é frequentemente referida como a junção gastroesofágica. Uma faixa de fibras musculares gástricas longitudinais e oblíquas forma uma alça sobre o lado superior (esquerdo) da junção gastroesofágica, entre o esôfago e a curvatura menor, e esta é considerada como o limite externo desta junção. Faixas de musculatura lisa circular espessadas na parede superior da curvatura maior e na parte distal do esôfago são, às vezes, referidas de modo confuso como fibras de "estreitamento" ou do "esfíncter".

Esfíncter esofágico inferior e refluxo gastroesofágico

Em repouso, existe um gradiente de pressão gastroesofágico devido à presença de uma pressão intratorácica negativa (transferida para a parte

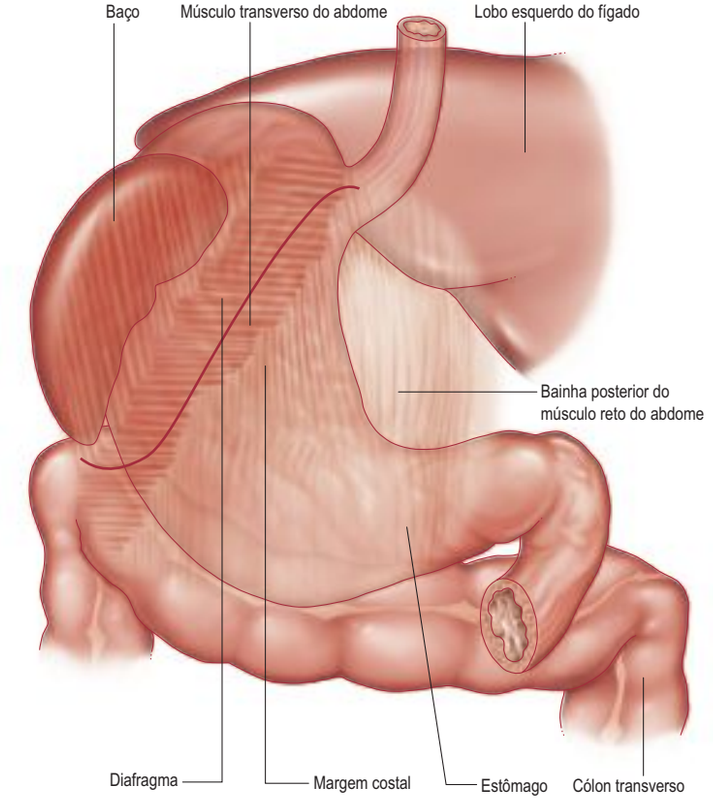


Fig. 65.5 Relações anteriores do estômago, vista posterior. As fibras do diafragma (oblíquas), do músculo transverso do abdome (transversais) e do músculo reto do abdome (verticais) podem ser vistas através dos contornos do estômago e de suas relações viscerais.

torácica do esôfago) e de uma pressão intra-abdominal positiva (transferida para o estômago e aumentada por qualquer contração da parede estomacal em si). Vários fatores anatômicos e fisiológicos normalmente previnem o refluxo gastroesofágico. Fatores menores incluem as pregas da mucosa gástrica presentes na junção gastroesofágica – a roseta da mucosa gástrica –, as quais contribuem para a formação de uma vedação à prova de líquidos e gases e também auxiliam a garantir que mesmo baixos níveis de tônus nos músculos da parede esofágica inferior podem ocluir o lume da junção contra baixas pressões de gases gástricos; o ângulo do óstio cárdico, o qual é formado, em parte, pela tração das longas fibras oblíquas da camada interna da musculatura lisa gástrica e pode ajudar a formar um tipo de "valva unidirecional"; e o comprimento da parte abdominal do esôfago, o qual é reforçado externamente por coxins de tecido adiposo no nível do hiato esofágico e abaixo deste. No entanto, os principais mecanismos antirrefluxo são as contrações tônicas da musculatura lisa especializada da parede esofágica inferior e das fibras circulares do pilar diafragmático direito, as quais, juntas, exercem uma pressão radial que pode ser medida por eletromiografia ou testagem manométrica (Paterson, 2001; Mittal, 2006), e formam uma efetiva zona de alta pressão (ZAP). No nível da entrada da parte abdominal do esôfago no estômago, e logo abaixo desta, as fibras circulares da camada intermediária da túnica muscular dispostas sobre a parte superior da curvatura menor são particularmente pronunciadas, e, às vezes, referidas como fibras "de estreitamento", exercendo um tônus miogênico bastante constante (Fig. 65.6). Uma vez que o esôfago passa obliquamente para o estômago, com a crescente distensão gástrica, o tônus nas fibras de estreitamento aumenta, e elas podem atuar na aproximação das superfícies anterior e posterior, aumentando o tônus na junção gastroesofágica, o que contribui para a ZAP. Estes caracteres anatômicos e fisiológicos são conjuntamente referidos como o esfíncter esofágico inferior (EEI). Se for para o refluxo ser prevenido, a pressão na ZAP deve exceder a diferença entre as pressões a cada lado da junção. A parte esofágica do EEI é controlada pelos plexos intramurais do sistema nervoso entérico através da liberação neural de óxido nítrico, o qual relaxa a musculatura lisa do EEI. O tônus é reduzido antes da onda peristáltica esofágica durante a deglutição e elevada novamente após o bolo alimentar ter passado. Durante a inspiração, a pressão intratorácica negativa maior, a qual aumenta o gradiente de pressão gastroesofágica, é compensada pela pressão aumentada na ZAP devido à contração das fibras periesofágicas do pilar direito do diafragma. A ativação dos pilares diafragmáticos, ligeiramente antes das fibras costais, assegura que este aumento preceda o aumento no gradiente.

O refluxo do conteúdo gástrico para as partes abdominal e torácica inferior do esôfago, como resultado de um relaxamento transitório do EEI, ocorre como um evento normal na maioria dos indivíduos por uma pequena percentagem de sua vida diária. Isto também ocorre como resultado de um EEI fraco, ou de uma hérnia de hiato, a qual rompe as barreiras anatômicas normais. Os procedimentos cirúrgicos para prevenir o refluxo excessivo enfocam principalmente a restauração de um comprimento normal do esôfago intra-abdominal através da redução de alguma hérnia de hiato, a qual traz a junção gastroesofágica para dentro do tórax, e um aumento na contração tônica que circunda o esôfago intra-abdominal, a qual é alcançada normalmente através de um enrolamento parcial do fundo do estômago ao redor do esôfago intra-abdominal, de modo a proporcionar um tônus maior – a chamada "fundoplicatura".

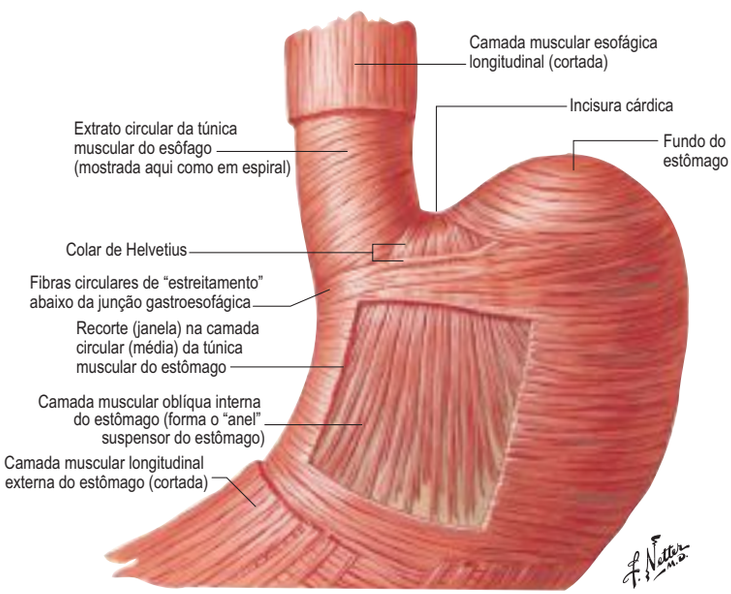


Fig. 65.6 Detalhe dos arranjos das camadas musculares das paredes esofágica e gástrica. (Reimpresso a partir de Netter Anatomy Illustration Collection, © Elsevier Inc. Todos os direitos reservados.)

Esôfago de Barrett

O epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado que reveste o esôfago pode ser patologicamente substituído na porção inferior do órgão por ilhotas, faixas, ou áreas circunferenciais de epitélio cilíndrico simples típico do estômago. Este processo é mais provável de ser o resultado do refluxo crônico do conteúdo gástrico, ácido ou alcalino para o interior do esôfago, incluindo uma alteração nos tipos celulares da mucosa. O epitélio cilíndrico anormal, que pode se estender por uma extensão variável até a parte inferior do esôfago, é referido como epitélio de Barrett.

Óstio pilórico

O óstio pilórico é a abertura do estômago no duodeno, e se encontra tipicamente 1-2 cm à direita da linha mediana no plano transpilórico quando o corpo está em posição de supino e o estômago está vazio. O esfíncter pilórico é um anel muscular formado por um notável espessamento da musculatura circular gástrica, entrelaçada com algumas fibras longitudinais. A constrição pilórica circular na superfície do estômago normalmente indica a localização do esfíncter pilórico, e é frequentemente marcada por uma veia pré-pilórica, que atravessa a superfície anterior verticalmente para baixo.

FORMATO GÁSTRICO E ASPECTOS INTERNOS

Numerosos fatores influenciam tanto o formato como a posição do estômago, incluindo a postura e a estrutura do indivíduo, a extensão do enchimento do estômago, a posição das vísceras circunjacentes, e o tônus da parede abdominal e da musculatura gástrica. O estômago vazio tem mais comumente o formato de uma letra J, com o fundo usualmente contendo gás e, na postura ereta, o piloro desce até o nível da segunda ou da terceira vértebra lombar. A parte mais baixa do antro frequentemente se encontra abaixo do nível do umbigo, e o eixo geral do órgão está ligeiramente inclinado na posição vertical (Fig. 65.7). Em indivíduos baixos e obesos, o eixo do estômago se encontra mais para a horizontal, com um formato de "chifre de touro".

O grau de enchimento afeta principalmente o formato e a posição do corpo do estômago, porque a parte pilórica usualmente permanece contraída durante a digestão. À medida que o estômago enche, ele se expande anteroinferiormente; porém, quando o colo transverso ou o intestino delgado está distendido, o fundo aumenta em direção ao fígado e ao diafragma. Conforme a capacidade do estômago aumenta, o piloro é deslocado para a direita e o eixo de todo o órgão se encontra em uma direção mais oblíqua. Nesta posição, as superfícies anterior e posterior tendem a estar voltadas anteriormente e posteriormente, e a parte mais baixa é o antro pilórico, o qual se estende abaixo do umbigo. Quando a distensão intestinal interfere na expansão do corpo do estômago inferiormente, o órgão retém uma posição horizontal.

Aspectos internos

Durante um exame endoscópico (Fig. 65.8), o estômago tipicamente está, pelo menos parcialmente, distendido por ar. O óstio cárdico e a porção mais baixa da parte abdominal do esôfago, vistas superiormente, estão tipicamente fechadas em repouso pela contração tônica da musculatura esofágica inferior. A mucosa gástrica que reveste o orifício encontra-se enrugada em cristas, e está presente por uma curta, porém variável, distância até a parte abdominal do esôfago; a transição entre o epitélio estratificado pavimentoso e o epitélio simples cilíndrico normalmente é nitidamente visível. A presença de um epitélio cilíndrico anormal no esôfago é referida como esôfago de Barrett, mas a definição precisa desta condição é difícil (ver anteriormente). Do interior do estômago distendido, o óstio cárdico aparece na parede medial do fundo, e é assimétrico. A margem medial do óstio cárdico é contínua com a parede medial do corpo do estômago. A mucosa é ligeiramente espessada neste ponto, com um contorno elevado, formando parte da "roseta da mucosa" que reveste o óstio. A "roseta" ajuda o fechamento do óstio cárdico e auxilia a prevenir o refluxo do conteúdo estomacal para o esôfago. A margem medial do óstio é mais claramente visível do que a margem lateral, porque ela forma um ângulo mais agudo com o revestimento da mucosa da parte abdominal do esôfago.

No estômago parcialmente distendido, a mucosa do fundo é lançada em delicadas pregas sem um padrão particular (rugas). À medida que o estômago se enche até sua capacidade máxima, estas pregas se tornam rapidamente menos pronunciadas, e a parede se torna quase lisa quando

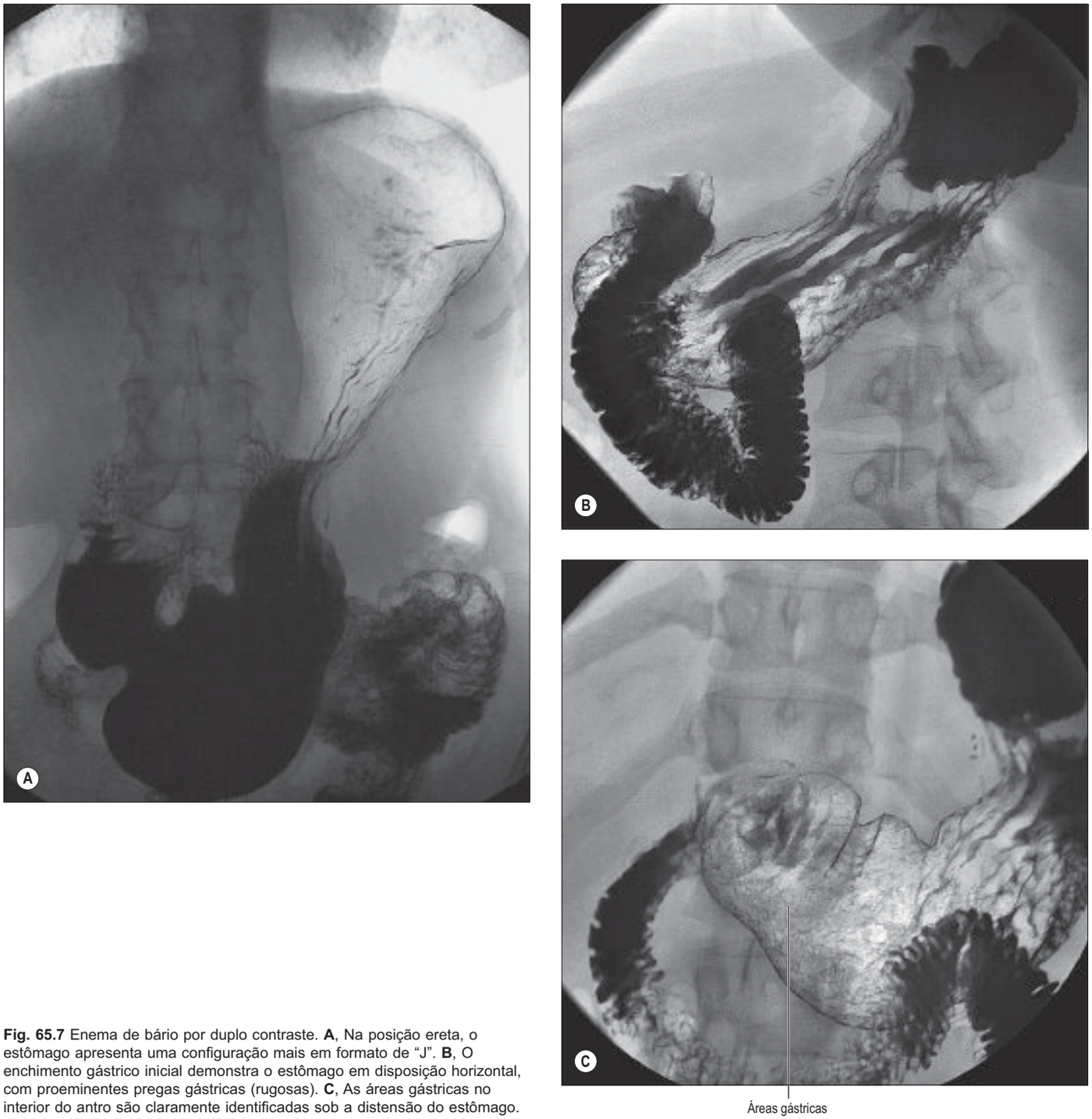


Fig. 65.7 Enema de bário por duplo contraste. **A**, Na posição ereta, o estômago apresenta uma configuração mais em formato de "J". **B**, O enchimento gástrico inicial demonstra o estômago em disposição horizontal, com proeminentes pregas gástricas (rugosas). **C**, As áreas gástricas no interior do antro são claramente identificadas sob a distensão do estômago.

o estômago está inflado em excesso. O corpo do estômago tem as pregas mais pronunciadas da mucosa. Mesmo em distensão moderada, elas aparecem como longas e largas cristas da mucosa, que seguem em sinuosas faixas do fundo até o antro pilórico (Fig. 65.7). Elas são vistas sobre todas as superfícies da mucosa do corpo, mas são mais evidentes nas partes anterolateral, lateral e posterolateral (as quais correspondem à superfície interna das superfícies externas anterior e posterior e à curvatura maior). Aqui elas são ocasionalmente chamadas de "canal gástrico" (*magenstrasse*, no alemão), uma referência a seu possível papel no direcionamento dos líquidos que entram no estômago e seguem imediatamente para o antro pilórico. Estas pregas são menos proeminentes na superfície medial (correspondente à superfície interna da curvatura menor), a qual é muito mais lisa, particularmente quando o estômago distende.

As áreas gástricas no interior do antro são pequenas elevações ou enrugamentos da superfície da mucosa que são facilmente vistas ao enema de bário com duplo contraste (Fig. 65.7). As poucas pregas presentes no antro quando o estômago está relaxado desaparecem com a distensão. O antro adjacente ao canal pilórico, o antro pré-pilórico, tem uma superfície lisa em sua mucosa, o que culmina em um ligeiro enrugamento da mucosa no óstio pilórico, causado pela contração do esfíncter pilórico.

Gastrostomia

Uma vez que a parte inferior do corpo e o antro do estômago estão relacionados à face posterior da parede abdominal anterior esquerda, estas regiões podem ser acessadas de forma útil para realizar uma gastrostomia. Sua mobilidade permite que a superfície anterior do estômago seja facilmente aproximada ao peritônio parietal sobre a superfície posterior da parede abdominal, e uma comunicação seja estabelecida entre o lume do estômago e a superfície da pele. Embora isto possa ser realizado como um procedimento cirúrgico diretamente aberto sob anestesia geral, ela é mais comumente realizada usando uma punção percutânea guiada por visualização endoscópica do estômago ou por imageamento radiológico. O procedimento é tornado mais fácil pelo fato de que a superfície anterior do estômago se encontra principalmente quase no plano vertical quando o estômago está distendido. Um dos principais riscos do procedimento resulta da interposição ocasional do cólon transverso entre o estômago e

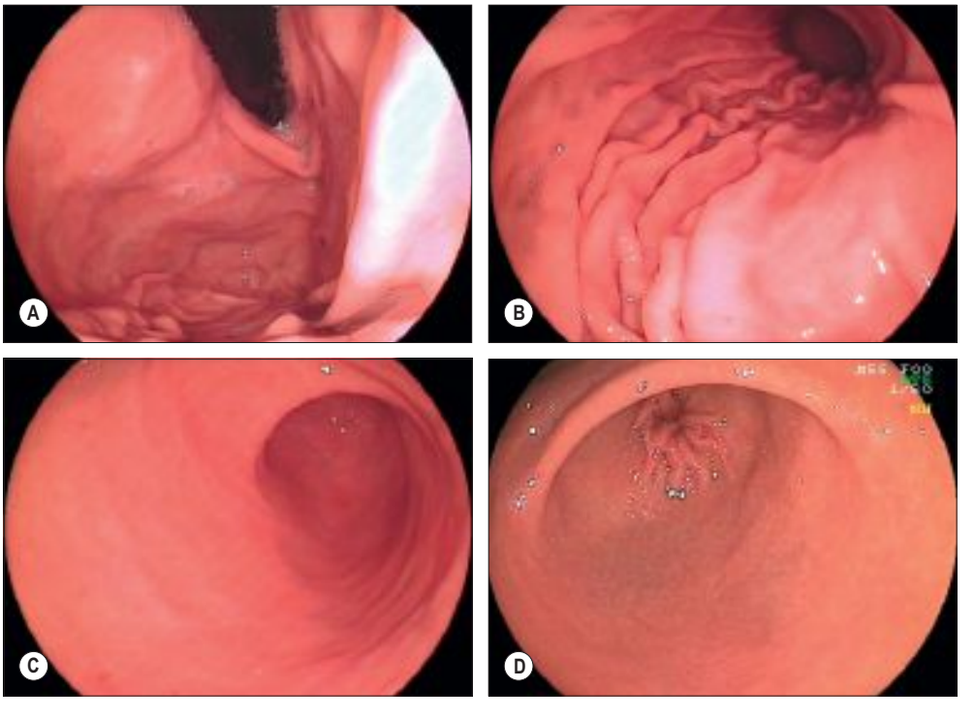


Fig. 65.8 Aparências endoscópicas do estômago. **A**, Vista inferior do óstio cárdico e fundo a partir de baixo, mostrando a pronunciada prega lateral de mucosa no óstio cárdico; **B**, Corpo e curvatura maior, mostrando as pregas da mucosa ("canal gástrico" ou "magenstrasse"); **C,** Antro, mostrando a aparência interna da incisura angular; **D**, Antro pré-pilórico e abertura do canal pilórico.

a parede abdominal anterior, o que pode levar a uma inadvertida transfixação do cólon pelo sistema de punção com agulha. O comprimento variável do mesocólon transverso significa que ele, às vezes, pode se encontrar adjacente à superfície gástrica anterior quando um indivíduo está deitado. Estes riscos podem ser reduzidos pela orientação radiológica.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O suprimento arterial para o estômago advém predominantemente do tronco celíaco, embora existam anastomoses intramurais com vasos de outras origens nas duas extremidades do estômago (Figs. 65.9, 65.10, e 65.11). A artéria gástrica esquerda se origina diretamente do tronco celíaco. A artéria esplênica dá origem às artérias gástricas curtas e à artéria gastro-omental esquerda, e pode ocasionalmente dar origem a uma artéria gástrica posterior. A artéria hepática dá origem à artéria gástrica direita e à artéria gastroduodenal, a qual por sua vez dá origem à artéria gastro-omental direita.

Artéria gástrica esquerda

A artéria gástrica esquerda é o menor ramo do tronco celíaco. Ela ascende à esquerda da linha mediana e atravessa logo acima da extremidade inferior ou abaixo do nível da origem do pilar esquerdo do diafragma, abaixo do peritônio da parede posterior superior do bolsa omental. Aqui ela se encontra adjacente à artéria frênica inferior esquerda e medial ou anterior à glândula suprarrenal esquerda. Segue adiante para a porção superior do omento menor, adjacente à extremidade superior da curvatura menor, e se volta anteroinferiormente para seguir ao longo da curvatura menor entre os dois folhetos peritoneais do omento menor. No ponto mais alto de seu trajeto, ela dá origem a um ou mais ramos esofágicos. Em seu curso ao longo da curvatura menor, a artéria gástrica esquerda origina múltiplos ramos que seguem por sobre as superfícies anterior e posterior do estômago e se anastomosam com a artéria gástrica direita na região da incisura angular.

A artéria gástrica esquerda raramente se origina a partir da artéria hepática comum ou de seus ramos. A mais recorrente dessas raras variações tem sua origem a partir da artéria hepática esquerda, quando a artéria gástrica esquerda passa entre as camadas peritoneais da porção superior do omento menor para atingir a curvatura menor do estômago. Outras variações possuem a mesma origem que a artéria hepática comum (uma artéria hepática esquerda substituta/acessória originada a partir da artéria gástrica esquerda é mais comum do que a partir da artéria gástrica esquerda acessória/substituta).

Artérias gástricas curtas

Não há uma definição universalmente aceita sobre o que constitui as artérias gástricas curtas, mas uma definição prática é a de "vasos que suprem o fundo do estômago acima do nível da artéria esplênica e que se originam à esquerda da curvatura maior do estômago". As artérias gástricas curtas são de quantidade variável, comumente entre cinco e sete. Elas se originam a partir da artéria esplênica ou de suas divisões, ou da artéria gastro-omental esquerda proximal, e passam entre as camadas do ligamento gastroesplênico para suprir o óstio cárdico e o fundo gástrico. Elas se anastomosam com ramos das artérias gástrica esquerda e gastro-omental esquerda. Uma artéria gástrica esquerda acessória pode se originar com estes vasos a partir da artéria esplênica distal.

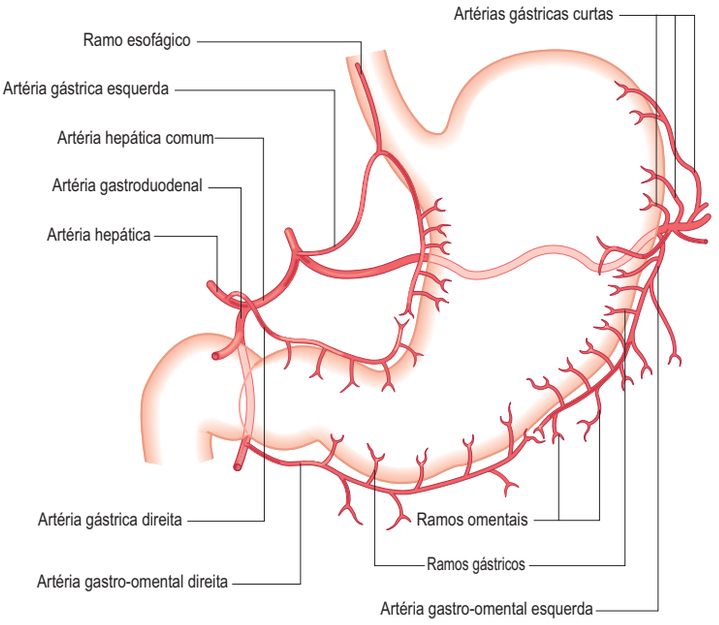
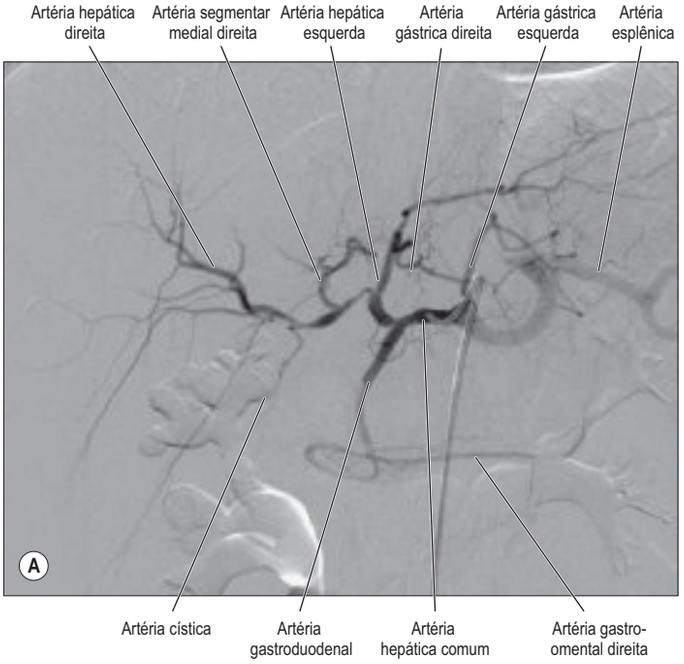


Fig. 65.9 Suprimento arterial do estômago.

Artéria gastro-omental esquerda

A artéria gastro-omental é o maior ramo da artéria esplênica. Origina-se próximo ao hilo esplênico e segue, anteroinferiormente entre as camadas do ligamento gastroesplênico, para a parte superior do omento gastrocólico. Encontra-se entre as camadas de peritônio próximas à curvatura maior, seguindo inferiormente para se anastomosar com a artéria gastro-omental direita. Produz ramos gástricos para o fundo do estômago por ligamento gastroesplênico e para o corpo do estômago por meio do omento gastrocólico. Esses ramos são necessariamente mais longos do que os ramos gástricos da artéria gastro-omental direita e podem ter de



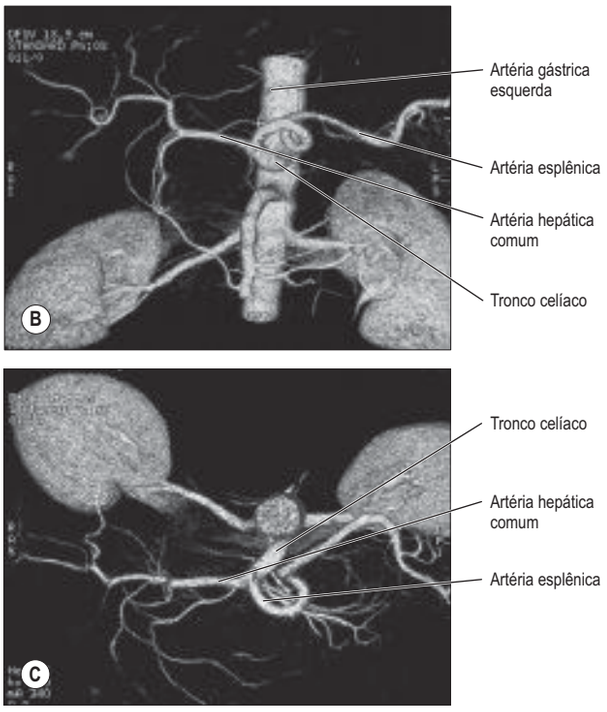


Fig. 65.10 Tronco celíaco e seus ramos. Demonstrado sob angiografia de subtração digital (**A**) (por cortesia do Dr. James McCall, Chelsea & Westminster Hospital, London) e angiograma com reconstrução digital por TC de múltiplas seções (**B** e **C**). **B** e **C** por cortesia de GE Worldwide Medical Systems.

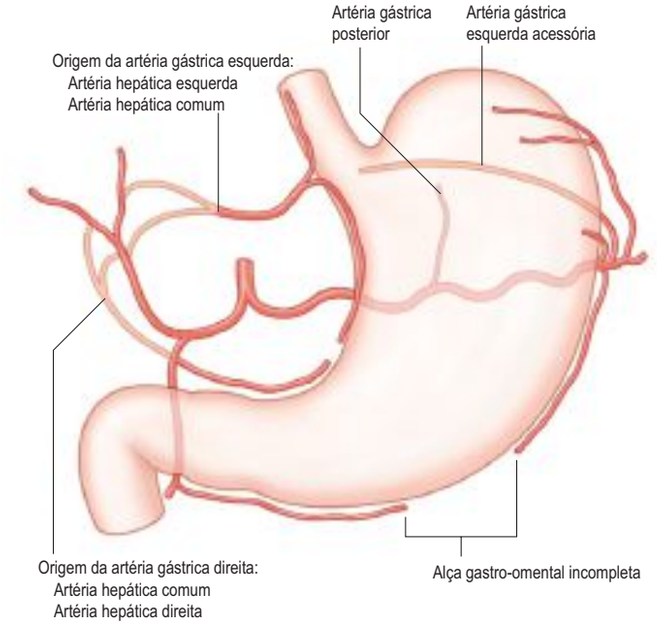


Fig. 65.11 Principais variações no suprimento arterial gástrico. Os vasos acessórios ou as possíveis origens substitutas de vasos estão mostrados em linhas na tonalidade rosa pálida.

8-10 cm de comprimento. Os ramos omentais (epiploicos) têm sua origem ao longo do trajeto do vaso e descem entre as camadas do omento gastrocólico para o omento maior. Um ramo omental particularmente grande comumente tem sua origem próxima à da artéria gastro-omental esquerda, desce na porção lateral do omento maior e fornece um grande suprimento arterial à metade lateral do omento.

Artéria gástrica posterior

Uma distinta artéria gástrica posterior pode estar presente. Quando existente, ela se origina a partir da artéria esplênica em sua seção intermediária, posterior ao corpo do estômago (Fig. 65.11). Ela ascende posterior ao peritônio do bolsa omental em direção ao fundo e atinge a superfície posterior do estômago na prega gastrofrênica.

Artéria gástrica direita

A artéria gástrica direita se origina a partir da artéria hepática própria à medida que passa para a frente, da parede posterior da bolsa omental à margem inferior do omento menor, acima da primeira parte do duodeno. Segue entre as camadas peritoneais do omento menor logo acima da extremidade medial da curvatura menor, passa superiormente ao longo da curvatura menor, originando múltiplos ramos sobre as superfícies anterior e posterior do estômago, e se anastomosa com a artéria gástrica esquerda.

A origem da artéria gástrica direita frequentemente varia: as origens alternativas mais comuns são a partir das artérias hepática comum, hepática esquerda, gastroduodenal ou supraduodenal.

Artéria gastroduodenal

A artéria gastroduodenal se origina a partir da artéria hepática comum, posterior e superiormente à primeira parte do duodeno. Nela, originam-se as artérias gastro-omental direita e pancreaticoduodenal superior na margem inferior da primeira parte do duodeno (detalhes da artéria gastroduodenal e sua importância em situações clínicas no Capítulo 66).

Artéria gastro-omental direita

A artéria gastro-omental se origina a partir da artéria gastroduodenal posterior à primeira parte do duodeno, anteriormente à cabeça do pâncreas. Passa inferiormente em direção à linha mediana, entre as camadas do omento gastrocólico, que é inferior ao piloro, segue lateralmente ao longo da curvatura maior e termina se anastomosando com a artéria gastro-omental esquerda. Está adjacente ao piloro, porém, mais distalmente, encontra-se aproximadamente a 2 cm da curvatura maior do estômago. A artéria gastro-omental direita origina ramos gástricos, que sobem sobre as superfícies anterior e posterior do antro e da parte inferior do corpo do estômago, ramos omentais, que descem para o omento maior, e ramos que contribuem para o suprimento da face inferior da primeira parte do duodeno.

Anastomoses arteriais do estômago

Existe uma anastomose entre as artérias esofágicas originadas da aorta torácica e os vasos que suprem o fundo na região do óstio cárdico. No óstio pilórico, a extensa rede de vasos que suprem o duodeno permite algumas anastomoses entre vasos de origem a partir da artéria mesentérica superior e vasos pilóricos. Os principais vasos mencionados que suprem o estômago formam extensas anastomoses arteriais tanto sobre a superfície serosa quanto ao redor das curvaturas. As artérias gastro-omentais direita e esquerda e as artérias gástricas esquerda e direita se anastomosam livremente entre si ao longo das curvaturas gástricas maior e menor, respectivamente. Anastomoses também se formam entre as artérias gástricas curtas e gástrica esquerda na região do fundo e entre as artérias gástrica direita e gastro-omental direita na região do antro. Além das extensas anastomoses na serosa, redes se formam no interior da parede do estômago nos níveis das túnicas muscular, submucosa e mucosa. Um plexo de pequenas artérias e arteríolas está dentro da submucosa: ele supre a mucosa e apresenta considerável variação regional na parede gástrica e na

região proximal do duodeno. O rico suprimento arterial para o estômago assegura que o alto fluxo sanguíneo na mucosa necessário para o funcionamento é mantido mesmo que um ou mais vasos se tornem ocluídos: o estômago possui considerável resistência à isquemia, mesmo quando múltiplos suprimentos arteriais são perdidos.

As artérias pilóricas são ramos das artérias gástrica direita e gastro-omental direita. Perfuram o duodeno distalmente ao esfíncter, ao redor de toda a sua circunferência, e passam através da túnica muscular para a submucosa, onde se dividem em dois ou três ramos. Os últimos retornam para o canal pilórico abaixo da mucosa e seguem até o final do antro pilórico: eles suprem toda a mucosa do canal pilórico (Fig. 65.12). Ramos das artérias da submucosa da região pilórica podem se anastomosar próximo à sua origem com as artérias da submucosa do duodeno, e seus ramos terminais também se anastomosam com artérias gástricas do antro pré-pilórico. O esfíncter pilórico é suprido pelas artérias gástricas e pilóricas por ramos que saem de seus vasos originais nos níveis da região subserosa e da submucosa para penetrar o esfíncter.

Lesões Dieu La Foy

Anormalidades da vascularização intramural do estômago são causas raras de sangramento do trato gastrointestinal superior. As chamadas lesões de Dieu La Foy ocorrem comumente na região proximal do corpo ou do fundo. A princípio consideradas pequenas malformações arteriovenosas do plexo submucoso, recentemente descobriu-se que são provocadas por uma penetração maior do que o normal de vasos arteriais através da túnica muscular do estômago para a submucosa, antes de se ramificar no plexo submucoso.

Veias

As veias que drenam definitivamente o estômago desembocam na veia porta. Uma rica rede venosa submucosa e intramural dá origem a veias que usualmente acompanham as artérias correspondentes e drenam para as veias esplênica ou mesentérica superior, embora algumas passem diretamente para a veia porta. O trajeto e a distribuição das veias é altamente variável, mesmo até o nível dos principais vasos mencionados.

Veias gástricas curtas

Quatro ou cinco veias gástricas curtas drenam o fundo gástrico e a parte superior da curvatura maior para a veia esplênica ou uma de suas grandes tributárias.

Veia gastro-omental esquerda

A veia gastro-omental esquerda drena as superfícies anterior e posterior do corpo do estômago e o omento maior adjacente por múltiplas tributárias. Segue superolateralmente ao longo da curvatura maior, entre as camadas do omento gastrocólico, e drena para a veia esplênica dentro do ligamento gastroesplênico.

Veia gastro-omental direita

A veia gastro-omental direita drena o omento maior, a parte distal do corpo e o antro do estômago. Passa medialmente, inferior à curvatura maior, na porção superior do omento gastrocólico. Bem proximal à constrição pilórica, passa posteriormente para drenar para a veia mesentérica superior, abaixo do colo do pâncreas. A veia gastro-omental direita pode receber a veia pancreaticoduodenal superior próximo à sua entrada na veia mesentérica superior.

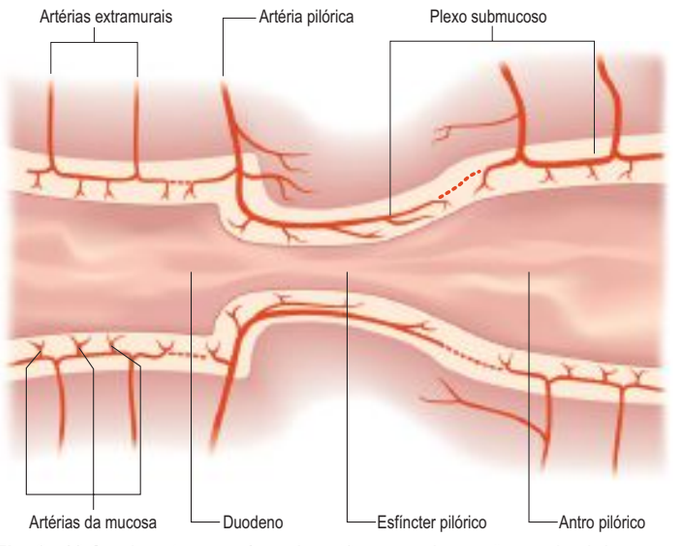


Fig. 65.12 Suprimento sanguíneo do estômago e da porção proximal do duodeno. Um esquema de arranjos arteriais na junção gastroduodenal. As linhas pontilhadas indicam locais onde o plexo submucoso pode não estar contínuo. As áreas sombreadas representam a camada muscular da parede visceral. (Redesenhado por cortesia de C. Piasecki, Department Of Anatomy, Royal Free Hospital School of Medicine, London and the Journal of Anatomy.)

Veia gástrica esquerda

A veia gástrica esquerda drena a parte superior do corpo e o fundo do estômago. Ascende ao longo da curvatura menor até o hiato esofágico, onde recebe diversas veias esofágicas inferiores, e, em seguida, se curva posterior e medialmente por trás da superfície peritoneal posterior da bolsa omental. Drena para a veia porta diretamente no nível da margem superior da primeira parte do duodeno.

Veia gástrica direita

A veia gástrica direita é tipicamente pequena e segue ao longo da extremidade medial da curvatura menor, passando sob o peritônio à medida que ele se reflete da face posterior do piloro e da primeira parte do duodeno sobre a parede posterior do omento menor. Drena diretamente para a veia porta no nível da primeira parte do duodeno. Recebe a veia pré-pilórica à medida que sobe anteriormente até o piloro no nível da óstio pilórico.

Veias gástricas posteriores

Veias gástricas posteriores distintas podem existir às vezes como múltiplos vasos pequenos. Quando presentes, acompanham a artéria gástrica posterior a partir da metade da superfície posterior do estômago e drenam para a veia esplênica.

Varizes esofágicas e gástricas

O sangue da mucosa normalmente drena para um plexo venoso superficial, a seguir, para um plexo venoso intrínseco mais profundo, e, finalmente, para as veias periesofágicas por veias perfurantes. Na parte abdominal do esôfago, as veias perfurantes drenam para tributárias das veias gástricas esquerdas; na parte inferior do esôfago torácico, formam tributárias dos sistemas ázigo e hemiázigo. Um fluxo bidirecional é possível nesta região, e acomoda as alterações de pressão que ocorrem durante a respiração e as manobras de Valsalva.

As varizes são dilatações progressivas que ocorrem predominantemente no plexo submucoso da porção distal do esôfago abdominal e ocasionalmente no lado gástrico do óstio cárdico em pressões na veia porta acima de 15 mmHg. A hipertensão venosa portal, de qualquer causa, predispõe a abertura de canais venosos embrionários preexistentes entre as tributárias venosas do sistema porta e a circulação venosa sistêmica (Paquet, 2000), como os plexos venosos que existem na parte inferior da porção abdominal do esôfago e no óstio cárdico. Na hipertensão portal, as valvas nos vasos perfurantes se tornam incompetentes, o que permite um fluxo retrógrado, causando a dilatação varicosa das veias profundas e superficiais. As varizes no esôfago distal são com frequência facilmente visíveis à endoscopia porque estão situadas superficialmente na lâmina própria e se projetam para o lume esofágico; elas são uma causa frequente de substanciais sangramentos gastrointestinais superiores. A cessação espontânea do sangramento é menos comum do que em outros locais, em parte porque a pressão e a frequência de fluxo nas veias são altas, mas também porque existe uma relativa falta de tecido conjuntivo de suporte na submucosa que permita a contração venosa e a trombose. As varizes gástricas estão, em geral, presentes na face inferior do óstio cárdico. Apresentam-se com menos frequência na prática clínica do que as varizes esofágicas, pois são mais difíceis de diagnosticar devido à sua localização, e, ocasionalmente, existem sem a presença de varizes esofágicas. Nestas circunstâncias, pode ser que o "ponto de encontro" embrionário entre os sistemas venosos portal e sistêmico esteja inferior ao usual e ocorra na porção superior do estômago, em vez de na porção inferior do esôfago.

Drenagem linfática

O estômago apresenta uma rica rede de vasos linfáticos que se conectam com vasos linfáticos, os quais drenam outros órgãos viscerais do abdome superior. Na junção gastroesofágica, os vasos linfáticos são contínuos com os que drenam a parte inferior do esôfago, e na região do piloro eles são contínuos com os que drenam o duodeno. Em geral, seguem o trajeto das artérias que suprem o estômago. Entretanto, muitos grupos separados de linfonodos são agora reconhecidos (Fig. 65.13) e sua relação com as regiões do estômago e os territórios vasculares supridos é de suma importância durante uma ressecção do estômago, em especial no caso de malignidade. Os vasos linfáticos pancreáticos e hepáticos desempenham significativo papel nas áreas de drenagem do estômago durante doenças.

Gastrectomia e linfadenectomia gástrica

A cirurgia de uma doença maligna gastroesofágica envolve graus variáveis de ressecção radical dos linfonodos associados que potencialmente drenam a área tumoral. A ampla ramificação da drenagem por linfonodos gastroesofágicos e os múltiplos linfonodos possíveis que podem estar envolvidos em um tumor inevitavelmente significam que a extensão da linfadenectomia empreendida pode ser ampla. A extensão do possível/real envolvi-

mento de linfonodos pelo tumor é classificada como N1 (linfonodos locais/regionais específicos para o local do tumor), N2 (linfonodos regionais e linfonodos dos principais vasos mencionados que drenam o tumor), e N3 (linfonodos que drenam mais amplamente, incluindo linfonodos para-aórticos). As gastrectomias podem ser classificadas de acordo com os grupos de linfonodos excisados para o tumor: D1 (p. ex., remoção da porção do estômago envolvida e dos linfonodos locais diretamente relacionados às artérias ligadas), D2 (p. ex., gastrectomia total, incluindo todos os grupos de linfonodos gástricos, frequentemente incluindo o baço), e D3 (p. ex., gastrectomia total mais extensa linfadenectomia que inclui os linfonodos abdominais superiores associados, isto é, os linfonodos pancreáticos, mesentéricos superiores, celíacos, hepáticos e cólicos transversos) (para detalhes das estações de linfonodos relevantes para a ressecção gástrica cirúrgica, veja Japanese Gastric Cancer Association, 1998, e UICC, 1997).

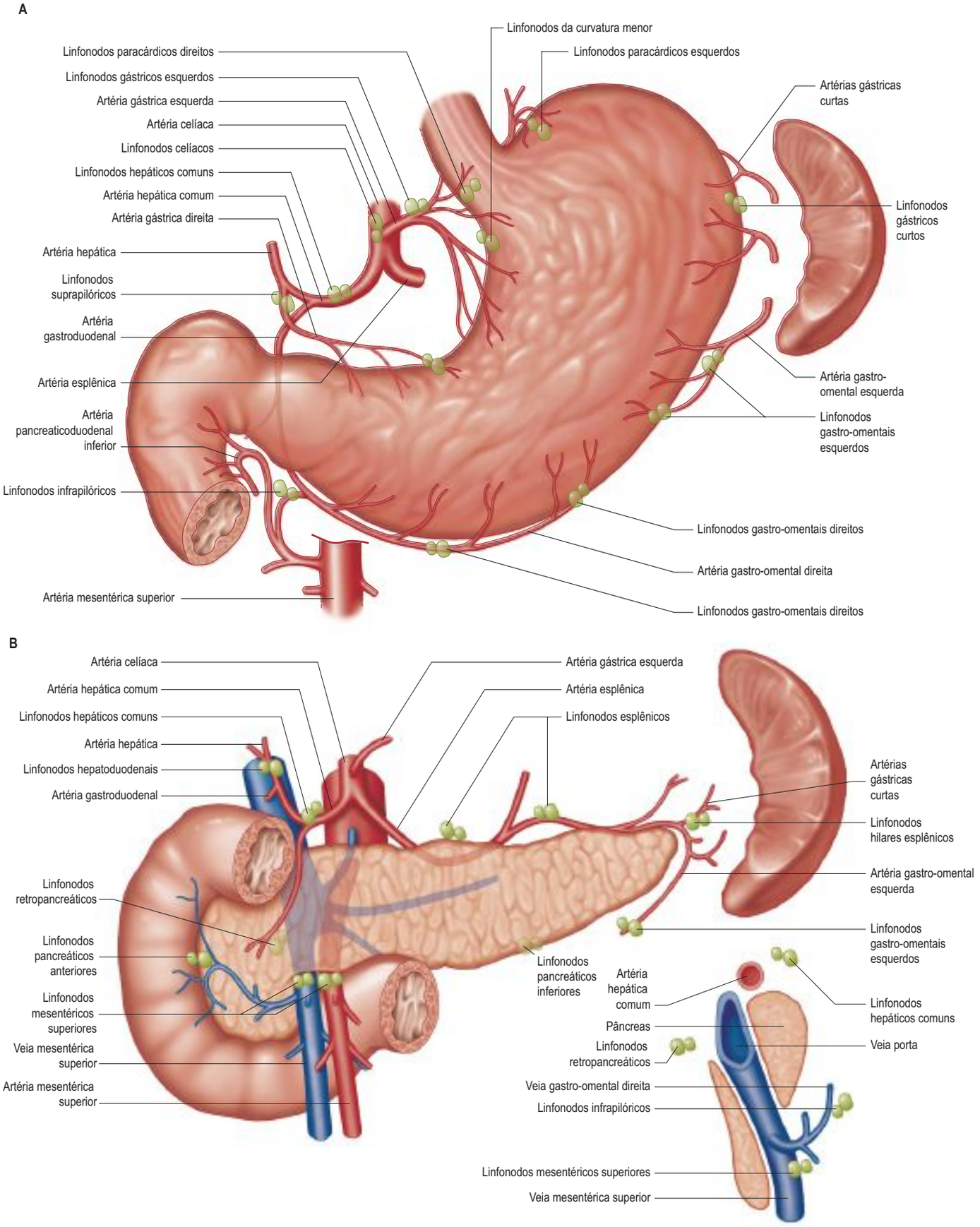


Fig. 65.13 Principais estações de linfonodos do estômago e das vísceras abdominais superiores. As relações sagitais dos grupos de linfonodos ao redor do colo do pâncreas estão mostradas abaixo, à direita. Os linfonodos para-aórticos estão entre os linfonodos mais altos para estas vísceras, mas foram removidos para fins de clareza (**Cap. 66**).

INERVAÇÃO

O estômago é inervado por fibras simpáticas e parassimpáticas.

Inervação simpática

O suprimento simpático para o estômago se origina a partir do quinto ao décimo segundo segmentos espinais torácicos e é distribuído principalmente para o estômago através dos nervos esplâncnicos maior e menor via plexo celíaco. Plexos periarteriais se formam ao longo das artérias e suprem o estômago a partir do eixo celíaco. Uma inervação adicional advém de fibras do plexo hepático, o qual passa para a parte superior do corpo e para o fundo pelo limite superior do omento menor e por ramos diretos derivados dos nervos esplâncnicos maiores.

Os nervos gástricos simpáticos são vasoconstritores para a vascularização gástrica e inibitórios para a musculatura gástrica. O suprimento simpático para o piloro é motor e causa a constrição pilórica. O suprimento simpático gera também impulsos aferentes de comportamento que medeiam sensações, incluindo a dor.

Inervação parassimpática

O suprimento parassimpático para o estômago é derivado dos nervos vagais anterior e posterior (Fig. 65.14). O nervo vagal anterior (formado principalmente a partir de fibras derivadas do nervo vago esquerdo que se originam dos plexos esofágicos) é, em geral, duplo ou até mesmo triplo, e fornece filamentos para o óstio cárdico. O nervo está intimamente posicionado na musculatura externa da parte abdominal do esôfago e se divide próximo à extremidade esofágica da curvatura menor em ramos gástricos e pilóricos/hepáticos. Os ramos gástricos anteriores superiores se irradiam sobre a superfície anterior da parte superior do corpo e do fundo. O principal ramo gástrico é denominado de nervo gástrico anterior maior, e se encontra no omento menor próximo à curvatura menor; ramos derivados deste nervo passam para o corpo e para o antro com ramos do suprimento arterial gástrico. Ramos hepáticos/pilóricos (geralmente um principal e possivelmente um acessório) se originam inferiores ao óstio cárdico. O principal nervo hepático/pilórico segue entre as camadas peritoneais do omento menor quase horizontalmente em direção à sua margem livre para alcançar o hilo do fígado, onde ramos hepáticos se ramificam e ramos pilóricos se direcionam inferiormente sobre o lado esquerdo da artéria hepática para alcançar o piloro. O segundo nervo usualmente se origina a partir do nervo gástrico anterior maior durante seu trajeto e segue inferomedialmente até o antro pilórico, onde ramos pilóricos (e antrais) se formam e ramos hepáticos (um ou dois) seguem superiormente para contribuir para o plexo hepático. Variações no nervo anterior incluem ramos pilóricos acessórios, ramos gástricos longos com um tronco nervoso em posição alta, e uma origem baixa do ramo pilórico com um tronco nervoso em posição inferior.

O nervo posterior tende a se dispor mais medialmente do que o anterior, e está frequentemente a uma curta distância da parede da parte abdominal do esôfago. Ele produz dois grupos principais de ramos, gástricos e celíacos. Os ramos gástricos se originam e em seguida seguem posterior ao óstio cárdico e da parte superior do corpo do estômago. Eles se estendem por sobre a superfície posterior do corpo e do fundo até a parte proximal do antro, mas normalmente não atingem o esfíncter pilórico. O maior é denominado de nervos gástrico posterior maior, e segue posteriormente ao longo da curvatura menor. Grandes ramos celíacos (um ou mais) se originam do nervo posterior como espessos feixes que transportam a maioria das fibras que formam o nervo para o plexo celíaco (e para adiante). Ramos hepáticos (um ou dois) são frequentemente pequenos e se originam a partir dos ramos celíacos. Não ocorre um plexo verdadeiro sobre as superfícies gástricas anterior ou posterior, mas plexos estão presentes na submucosa e entre as camadas da túnica muscular externa.

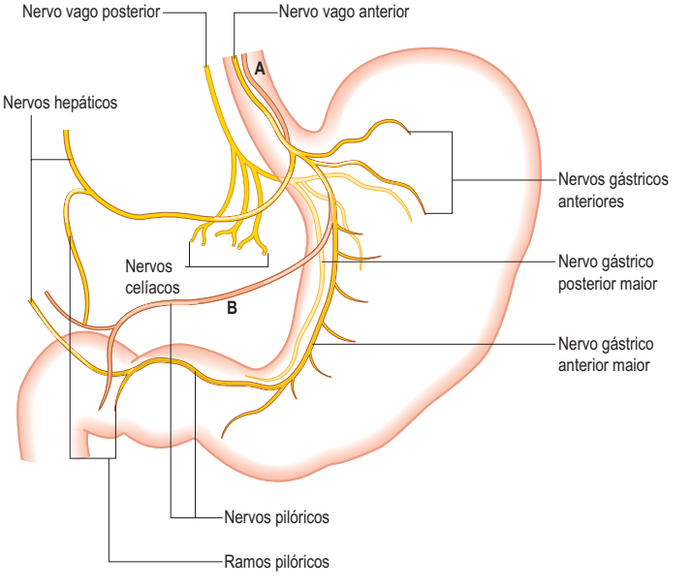


Fig. 65.14 Distribuição dos nervos vagos para o estômago. As duas variações mais comuns no tronco vagal anterior estão mostradas em rosa. **A**, Múltiplos troncos principais. **B**, Origem baixa do ramo hepático/pilórico, disposta próxima à curvatura menor.

O suprimento parassimpático gástrico é secretomotor para a mucosa gástrica e motor para a musculatura gástrica. Ele é responsável pelo relaxamento coordenado do esfíncter pilórico durante o esvaziamento gástrico.

Dor referida

A maioria das sensações de dor que se originam a partir do estômago é mal localizada, e, em comum com outras estruturas de origem a partir do intestino anterior (embrionário), é referida na região epigástrica. A dor que se origina da região da junção gastroesofágica é comumente referida para as áreas retroesternal inferior e subxifoide.

MICROESTRUTURA

A parede gástrica consiste nas principais túnicas encontradas em todos os locais do tubo digestório, isto é, a mucosa, a submucosa, a túnica muscular, e a serosa, juntamente com vasos e nervos gástricos (Figs. 65.15 e 65.16). A microestrutura reflete as funções do estômago como um saco muscular expandível revestido por um epitélio secretor, embora existam variações locais estruturais e funcionais neste padrão.

Mucosa

A mucosa é uma espessa camada com uma superfície lisa e macia. Sua principal tonalidade em vida é marrom-avermelhada, mas rosada na região pilórica. No estômago contraído, a mucosa se desdobra em numerosas pregas ou rugas, a maioria das quais é longitudinal. São mais marcadas em direção à extremidade pilórica e ao longo da curvatura maior. As rugas representam grandes pregas no tecido conjuntivo da submucosa (veja a seguir), em vez de variações na espessura da mucosa que as cobre, e são obliteradas quando o estômago está distendido. Como em qualquer lugar do tubo digestório, a mucosa é composta por epitélio de revestimento superficial, lâmina própria e uma camada muscular da mucosa.

Epitélio

Quando visualizada ao microscópio de luz em pequeno aumento, a superfície interna da parede gástrica aparece com aspecto de colmeia devido a pequenas depressões ou fossetas irregulares da superfície gástrica com aproximadamente 0,2 mm de diâmetro (Figs. 65.15 e 65.16). A base de cada fosseta gástrica recebe várias glândulas gástricas tubulosas longas, as quais se estendem pela espessura da lâmina própria até a camada muscular da mucosa. Um epitélio simples cilíndrico secretor de muco recobre toda a superfície luminal, incluindo as fovéolas gástricas, e é composto por uma camada contínua de células mucosas da superfície, que liberam o muco gástrico a partir de suas superfícies apicais de modo a formar uma espessa camada lubrificante e protetora por sobre o revestimento gástrico. Este epitélio se inicia abruptamente no óstio cárdico, onde existe uma transição súbita a partir do epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado do esôfago.

Glândulas gástricas

Embora todas as glândulas gástricas sejam tubulosas, elas variam no formato e na composição celular nas diferentes partes do estômago. Podem ser divididas em três grupos – glândulas cárdicas, fúndicas e pilóricas. As glândulas mais altamente especializadas são as glândulas fúndicas.

Glândulas gástricas fúndicas

As glândulas fúndicas são encontradas no corpo e no fundo, sendo que de três a sete glândulas se abrem em cada fovéola gástrica. Sua junção com a base da fovéola é o istmo; imediatamente basal a este, está o colo, e o restante é a base da glândula. As paredes da glândula contêm pelo menos cinco tipos celulares distintos: as células principais, as células parietais, as células mucosas do colo, as células-tronco, e as células neuroendócrinas.

As células principais (ou zimogênicas) (Fig. 65.15) são a fonte das enzimas digestivas pepsina e lipase. Elas normalmente encontram-se na base das glândulas e são de formato cuboide, sendo seus núcleos arredondados e eucromáticos. Contêm grânulos de secreção com zimogênios e seu abundante RNA citoplasmático as torna intensamente basófilas. As células parietais (ou oxínticas) são a fonte de ácido gástrico e de fator intrínseco, uma glicoproteína necessária para a absorção de vitamina B_{12}. Elas são grandes, ovais e fortemente eosinófilas, e apresentam núcleos de

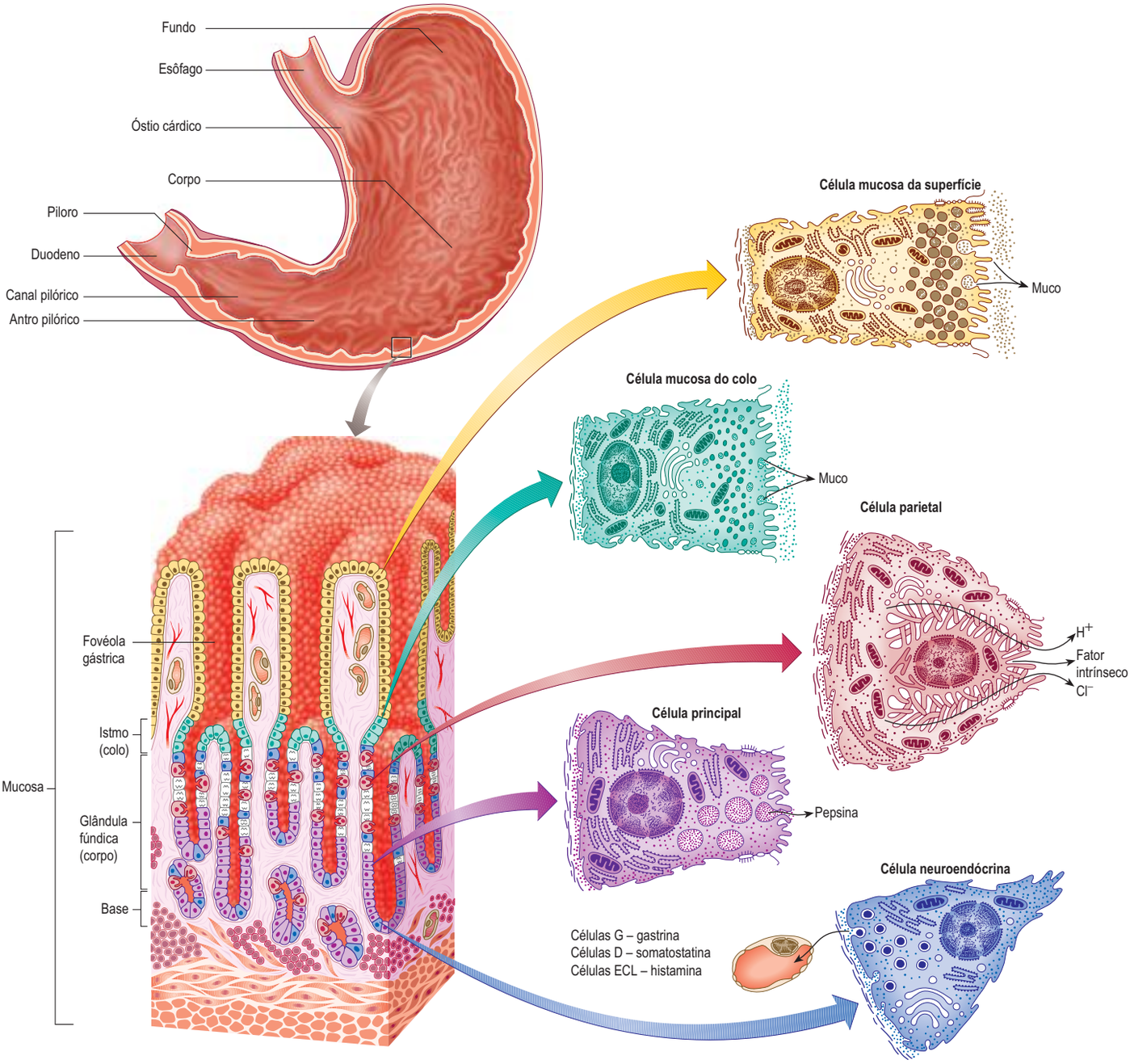


Fig. 65.15 Principais regiões do interior do estômago e a microestrutura dos tecidos e células em sua parede. Células indiferenciadas e em divisão estão mostradas em branco.

localização central. As células parietais ocorrem de modo intermitente ao longo das paredes da metade mais apical da glândula, mas podem chegar até o istmo; projetam-se lateralmente para o tecido conjuntivo circunjacente. Apresentam uma ultraestrutura exclusiva com relação à sua capacidade de secretar ácido hidroclorídrico. A face luminal da célula é profundamente invaginada para formar uma série de canais em fundo cego (canalículos) que apresentam numerosos microvilos irregulares, cuja membrana plasmática é rica em canais antitransportadores de H^+/K ATPase. Esta última secreta ativamente íons de hidrogênio para o lume; os íons cloreto seguem ao longo do gradiente eletroquímico. O citoplasma rico em mitocôndrias voltado para estes canalículos contém um sistema tubulovesicular de abundantes túbulos membranosos delicados direcionados para a superfície canalicular. A estrutura precisa da célula varia com sua fase de secreção: quando estimulada, a quantidade e a área de superfície dos microvilos aumentam até cinco vezes, provavelmente como resultado da rápida fusão do sistema tubulovesicular com a membrana plasmática. Este processo é revertido ao final da secreção estimulada, quando o excesso de membrana é recuperado de volta pelo sistema tubuloalveolar, e os microvilos são perdidos.

As células mucosas do colo são numerosas nos colos das glândulas, e encontram-se espalhadas ao longo das paredes das regiões mais basais. São típicas células secretoras de muco, apresentando vesículas de secreção apicais que contêm mucinas, e núcleos deslocados para o citoplasma basal: seus produtos de secreção são histoquimicamente distintos daqueles produzidos pelas células mucosas da superfície.

As células-tronco são células mitóticas relativamente indiferenciadas, das quais os outros tipos celulares das glândulas são derivados. São encontradas em quantidade relativamente pequena, e estão situadas no istmo das glândulas e nas bases das fovéolas gástricas. As células-tronco são cilíndricas e possuem poucos microvilos apicais curtos. Sofrem mitoses periodicamente; sua progênie migra em direção apical, para se diferenciar em novas células mucosas da superfície, ou em direção basal, para formar mucosas do colo, parietais, principais ou neuroendócrinas. Todas essas células têm um tempo de vida limitado, especialmente os tipos mucossecretores, e deste modo, são constantemente substituídas. O típico período de reposição para as células mucosas da superfície é de 3 dias, e para as células mucosas do colo é de 1 semana. Outros tipos celulares parecem viver durante um tempo maior.

As células neuroendócrinas (ou enteroendócrinas) ocorrem em todos os tipos de glândulas gástricas, porém mais frequentemente no corpo e no fundo do estômago. Estão situadas principalmente nas partes mais profundas das glândulas, entre as células principais. Elas são células pleomórficas, localizadas basalmente, e apresentam núcleos irregulares circundados por um citoplasma granular que contém agregados de grandes grânulos de secreção (0,3 μm). As células neuroendócrinas sintetizam uma variedade de aminas biogênicas e polipeptídeos que são importantes no controle da motilidade do trato gastrointestinal e na secreção glandu-

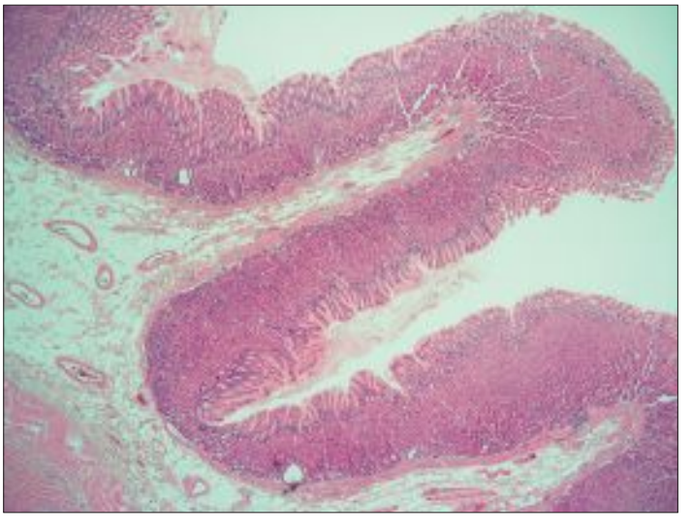


Fig. 65.16 Fotomicrografia em pequeno aumento mostrando a parede do estômago projetada em pregas longitudinais ou rugas, as quais são visíveis macroscopicamente. O epitélio de superfície invagina-se sob o ponto de vista microscópico para formar as fovéolas gástricas. As glândulas gástricas se estendem através da espessura da lâmina própria da mucosa e se abrem nas bases das fovéolas gástricas. Uma camada muscular da mucosa e a submucosa seguem o contorno das pregas. Parte das camadas musculares da túnica muscular externa é vista abaixo, à esquerda. (Por cortesia de Mr Peter Helliwell e Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

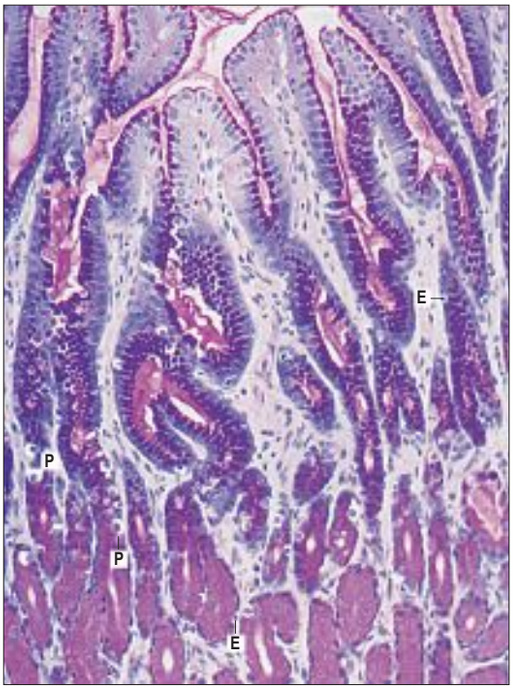


Fig. 65.17 Fotomicrografia mostrando a região pilórica do estômago. As glândulas pilóricas estão coradas com a técnica do PAS (ácido periódico-reativo de Schiff) para mostrar a mucina (em magenta) nas fovéolas e glândulas gástricas. As células palidamente coradas são as células parietais (P), maiores, e as células enteroendócrinas (E), menores. (Com permissão de Dr J B Kerr, Monash University, a partir de Kerr J B, 1999, Atlas of Functional Histology. London: Mosby.)

lar. São parte do conjunto de células que formam o sistema neuroendócrino difuso: no estômago, elas incluem as células G, que secretam a gastrina; as células D, que secretam somatostatina; e as células ECL (semelhantes às células enterocromafins, *enterochromaffin-like*), as quais secretam a histamina.

Glândulas cárdicas

As glândulas cárdicas estão confinadas a uma pequena área próxima ao óstio cárdico, algumas são glândulas tubulosas simples, outras glândulas ramificadas compostas. As células secretoras de muco predominam; células parietais e principais estão presentes, porém de modo esparso.

Glândulas pilóricas

As glândulas pilóricas desembocam através de grupos de dois ou três tubos enovelados curtos nas bases das profundas fovéolas gástricas do antro pilórico: as fovéolas ocupam cerca de dois terços da espessura da mucosa (Fig. 65.17). As glândulas são povoadas principalmente por células secretoras de muco, mas contêm, também, células neuroendócrinas, especialmente células G, que secretam gastrina quando ativadas por uma estimulação mecânica apropriada (causando uma motilidade gástrica aumentada e a secreção do suco gástrico). Embora as células parietais e principais sejam esparsas, as células parietais estão sempre presentes nas glândulas pilóricas tanto no período fetal quanto no pós-natal, e também podem aparecer na mucosa duodenal, na parte proximal, perto do piloro, no tecido adulto.

Lâmina própria

A lâmina própria forma uma trama de tecido conjuntivo por entre as glândulas. Contém pequenas massas de tecido linfoide, os folículos linfoides gástricos, os quais se assemelham aos folículos intestinais solitários (especialmente no início da vida). Ela também contém um complexo plexo vascular periglandular envolvido na manutenção do ambiente da mucosa, por exemplo, na remoção de bicarbonato produzido nos tecidos como um complemento à secreção de ácido, e plexos neurais ricos em terminais motores e sensitivos.

Camada muscular da mucosa

A camada muscular da mucosa é uma delgada camada de fibras musculares lisas dispostas externamente à camada de glândulas, organizadas como camadas circular interna e longitudinal externa contínuas, e uma camada circular externa descontínua. A camada interna envia feixes de células musculares lisas por entre as glândulas: sua contração provavelmente auxilia no esvaziamento para as fovéolas gástricas.

Submucosa

A submucosa é uma espessa camada de tecido conjuntivo frouxo que contém espessos feixes de colágeno, numerosas fibras do sistema elástico, vasos sanguíneos e plexos nervosos, incluindo os gânglios do plexo submucoso (de Meissner).

Túnica muscular externa

A túnica muscular externa é uma espessa túnica muscular situada imediatamente sob a serosa, com a qual ela se encontra intimamente conectada por uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo. De dentro para fora, ela contém camadas oblíqua circular e longitudinal de fibras musculares lisas. As camadas nem sempre estão facilmente separadas: a camada circular é mal desenvolvida na região próxima ao esôfago, mas encontra-se espessa na porção distal do antro pilórico para formar o esfíncter pilórico anular; a camada longitudinal externa é mais pronunciada nos dois terços superiores do estômago; a camada oblíqua interna é mais evidente na metade inferior.

As ações da túnica muscular externa do estômago produzem um movimento de agitação que mistura o alimento com as secreções gástricas. Quando a musculatura se contrai, ela reduz o volume do estômago e promove a projeção de pregas longitudinais da mucosa ou de rugas (ver anteriormente). As pregas se achatam à medida que o estômago se distende com o alimento, e a musculatura relaxa e se adelgaça. A atividade muscular é controlada por uma rede de fibras nervosas amielínicas autônomas e seus gânglios, os quais se encontram por entre as camadas musculares no plexo mioentérico (de Auerbach).

Serosa ou peritônio visceral

A serosa é uma extensão do peritônio visceral. Cobre toda a superfície externa do estômago, com exceção das áreas ao longo das fixações dos omentos maior e menor até as curvaturas maior e menor, respectivamente, onde as camadas peritoneais estão separadas por vasos e nervos, e sobre uma pequena área posteroinferior próxima ao óstio cárdico, onde o estômago entra em contato com o diafragma nas reflexões das pregas gastrofrênica e gastropancreática esquerda.

REFERÊNCIAS

DiDio LJ, Anderson MC 1968 The 'Sphincters' of the Digestive System. Baltimore: Williams and Wilkins.

Japanese Gastric Cancer Association. Japanese classification of gastric carcinoma. 2nd English edition. Gastric Cancer 1998; 1: 10–24.

Japanese Research Society for Gastric Cancer 1998 Japanese Classification of Gastric Carcinoma. Tokyo: Kanehara & Co Ltd and Gastric Cancer 1: 10–24, 25–30.
Uma descrição detalhada, amplamente aceita, dos campos de linfonodos das vísceras abdominais superiores, particularmente em relação a malignidades.

Kwok H, Marriz Y, Al-Ali S, Windsor JA 1999 Phrenoesophageal ligament revisited. Clin Anat 12: 164–70.

Mittal RK, Goyal RK 2006 Sphincter mechanisms at the lower end of the esophagus. GI Motility online.

Paquet KJ 2000 Causes and mechanisms of oesophageal varices development. Med Sci Monit 6: 915–928.

Paterson WG 2001 The normal anti-reflux mechanism. Chest Surg Clin N Am 11: 473–83.

Silverstein FE, Tytgat GNJ 1991 Atlas of Gastrointestinal Endoscopy, 2nd edition. New York: Gower Medical Publishing.

UICC, Sobin LH, Wittekind CH (eds) 1997 TNM classification of malignant tumours. 5th edition. Berlin: Springer-Verlag.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 66

Intestino delgado

VISÃO GERAL

O intestino delgado consiste no duodeno, no jejuno e no íleo. Ele se estende a partir da extremidade distal do canal pilórico até o óstio ileal (valva ileocecal), com uma extensão geral de 5 metros (3-7 metros) no adulto vivo. O duodeno se estende até a junção duodenojejunal, e o intestino delgado restante é frequentemente referido como "jejunoíleo", dos quais dois quintos são referidos como jejuno, e os três quintos distais como íleo. Não há distinção clara entre as duas partes, mas existe uma mudança gradual na morfologia a partir da extremidade proximal para a extremidade distal do intestino delgado. Os cerca de 30 cm distais do íleo são frequentemente denominados íleo terminal, o qual tem algumas funções especializadas.

O duodeno se encontra em sua maior parte na região do retroperitônio superior. O jejuno e o íleo ocupam as partes central e inferior da cavidade abdominal, e normalmente se encontram dentro do limite formado pelo cólon abdominal; eles estão fixados à parede abdominal posterior por um mesentério que permite uma considerável mobilidade das alças do intestino delgado. Na posição de supino, as alças do jejuno podem ser encontradas anteriormente ao cólon transverso, ao estômago e mesmo ao omento maior, enquanto na posição ereta as alças do íleo podem descer para a pelve anteriormente ao reto e, em mulheres, podem ocupar a escavação retouterina. A porção superior do jejuno e parte do íleo são frequentemente cobertas anteriormente pelo omento maior. O jejuno e o íleo são cobertos pelo peritônio em todas as suas margens, com exceção das mesentéricas, onde os tecidos conjuntivo e adiposo do mesentério se limitam com a parede muscular. O peritônio seroso é contínuo com o peritônio que envolve os tecidos do mesentério. A gordura mesentérica cobre 20% da circunferência da parede do íleo e um pouco menos do jejuno.

DUODENO

O duodeno no adulto apresenta 20-25 cm de comprimento e é a parte mais curta, mais ampla e posicionada de maneira mais previsível do intestino delgado. Ele é apenas parcialmente coberto pelo peritônio, embora a extensão da cobertura peritoneal varie ao longo de seu comprimento: os 2,5 cm proximais são intraperitoneais, e o restante é retroperitoneal. O duodeno forma um "C" alongado que se encontra entre o nível da primeira e terceira vértebras lombares na posição de supino. O "ramo" inferior do C se estende mais para a esquerda da linha mediana do que o ramo superior. A cabeça e o processo uncinado do pâncreas se encontram no interior da concavidade do duodeno, a qual "pende" por sobre a proeminência formada pela coluna vertebral lombar; consequentemente, o duodeno se dobra em uma posição anteroposterior, além de seguir o formato de um "C". O duodeno se encontra inteiramente acima do nível do umbigo e é descrito como tendo quatro partes (Figs. 66.1 e 66.2).

PARTE SUPERIOR (PRIMEIRA PARTE)

A primeira, e mais móvel, parte do duodeno tem cerca de 5 cm de comprimento. Ela se inicia como uma continuação da extremidade duodenal do piloro e termina na flexura duodenal superior. O peritônio cobre as partes anterior e superior de sua face posterior próximas ao piloro, onde o duodeno forma parte da parede anterior do forame omental. Aqui, o omento menor está fixado à sua margem superior, e o omento maior à sua margem inferior. A mucosa dos primeiros 2 ou 3 cm tem aparência interna suave, e se distende facilmente sob insuflação durante endoscopia. Esta parte é frequentemente denominada "capuz" duodenal. Ele tem aparência triangular e homogênea durante procedimentos radiológicos com contraste, apresenta o mesmo padrão de pregas internas que o piloro, e é frequentemente visível em radiografias simples de abdome como uma sombra gasosa triangular isolada à direita da primeira ou segunda vértebra lombar. O duodeno em seguida passa superior, posterior e lateralmente

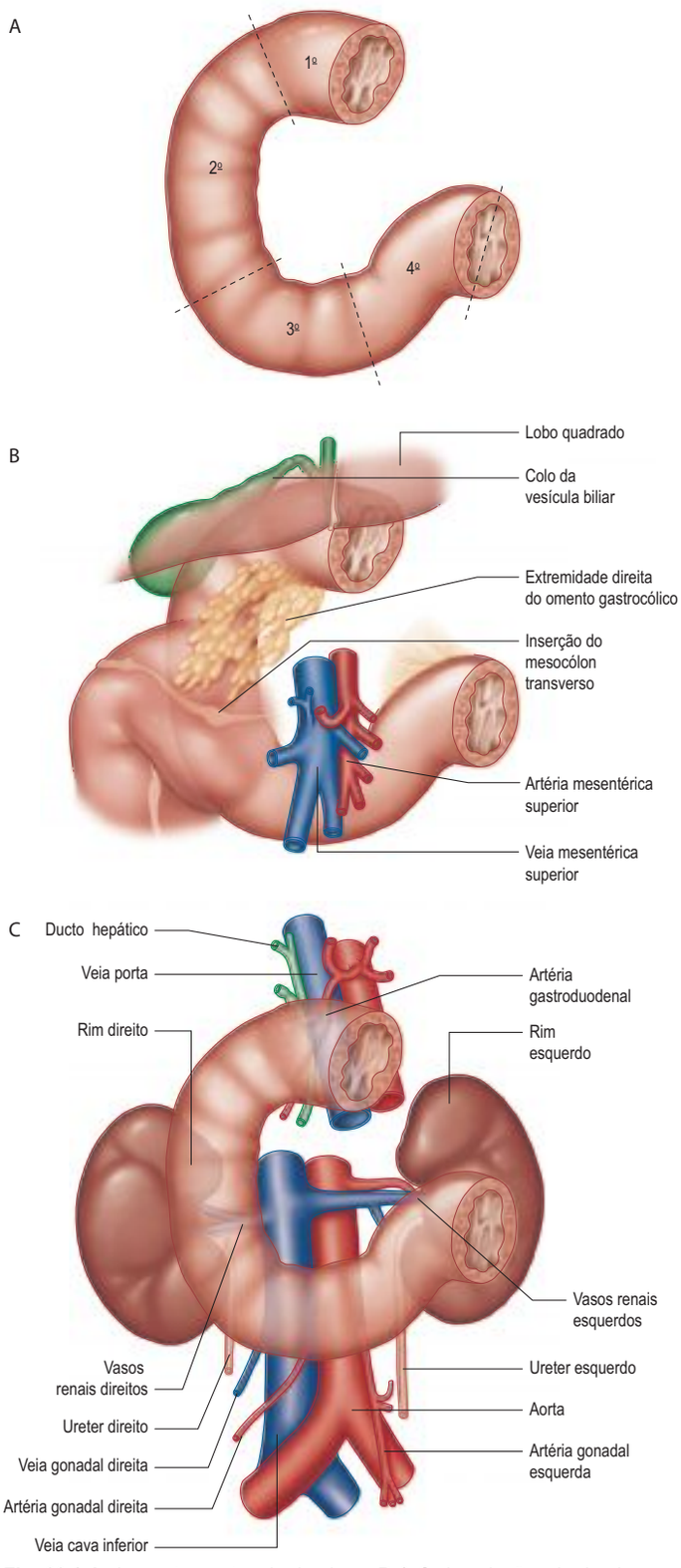


Fig. 66.1 A, As quatro partes do duodeno. **B** & **C**, As relações do duodeno: **B,** superfície anterior; **C,** superfície posterior.

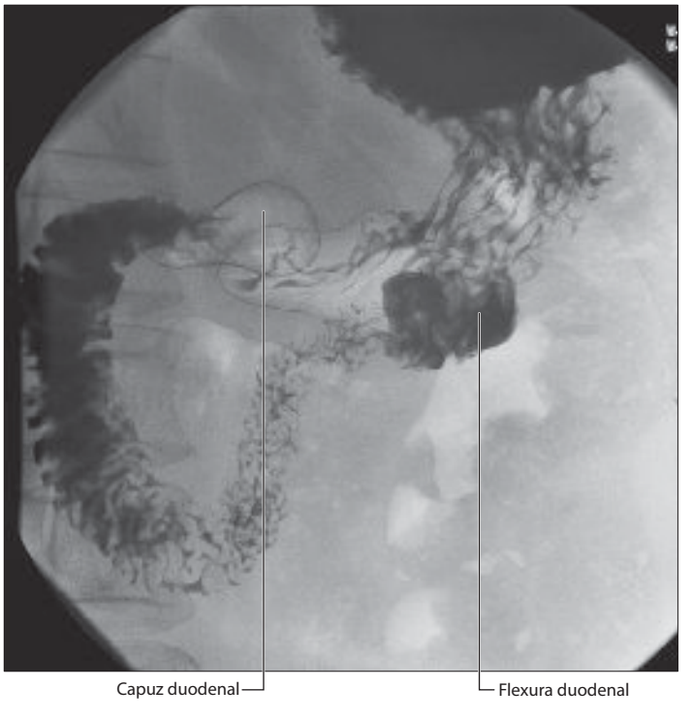


Fig. 66.2 Aspecto radiográfico por contraste do duodeno mostrando um capuz duodenal distendido e o restante do duodeno até a flexura duodenal.

por 5 cm antes de se curvar de modo abrupto inferiormente na flexura duodenal superior: ele rapidamente se torna mais retroperitoneal durante esta parte de seu trajeto, até que o peritônio cubra apenas sua face anterior. A partir da extremidade do capuz duodenal, sua aparência interna é caracterizada por extensas pregas profundas da mucosa que envolvem até a metade da circunferência do lume. Mesmo durante a insuflação endoscópica, estas pregas são pronunciadas (Fig. 66.3), e elas são facilmente visualizadas em radiografias com contraste. O segmento do capuz duodenal até a flexura duodenal superior se encontra posterior e inferiormente ao lobo quadrado do fígado.

A primeira parte do duodeno se encontra anteriormente à artéria gastroduodenal, ao ducto colédoco e à veia porta, e anterossuperior à cabeça e ao colo do pâncreas. Ela está posterior ao colo da vesícula biliar. A artéria gastroduodenal se encontra imediatamente posterior à parede posterior do duodeno: uma úlcera péptica penetrante na parede posterior e a posterior erosão da artéria gastroduodenal podem levar a uma abundante hemorragia. A ulceração péptica penetrante na parede anterior pode levar a uma perfuração livre para a cavidade peritoneal porque a superfície anterior da primeira parte é coberta apenas por peritônio.

Os linfonodos hepáticos comuns e hepatoduodenais se encontram próximos à primeira parte do duodeno e podem ser visualizados com o uso de ultrassom endoscópico. Isto pode ser importante no estadiamento de tumores gástricos, pancreáticos ou dos ductos biliares. A proximidade do ducto colédoco à primeira parte do duodeno permite o exame de ultrassom endoscópico da porção distal do ducto colédoco e a formação de uma anastomose cirúrgica entre o ducto colédoco e o duodeno (coledocoduodenostomia), quando necessária.

A junção entre a primeira e a segunda parte do duodeno se encontra posteriormente ao colo da vesícula biliar.

PARTE DESCENDENTE (SEGUNDA PARTE)

A segunda parte do duodeno tem 8-10 cm de comprimento. Ela se inicia na flexura duodenal superior e segue inferiormente em uma curva delicada, convexa para o lado direito da coluna vertebral, que se estende até a margem inferior do corpo da terceira vértebra lombar. Em seguida, ela se volta de modo abrupto medialmente na flexura duodenal inferior, a qual marca sua junção com a terceira parte do duodeno. Ela é coberta pelo peritônio apenas sobre sua superfície anterior superior, se encontra posteriormente ao colo da vesícula biliar e ao lobo direito do fígado em seu início, e é atravessada anteriormente pelo cólon transverso. A extremidade medial do omento gastrocólico e a origem do mesocólon transverso estão fixadas à superfície anterior do duodeno por tecido conjuntivo frouxo. Abaixo da fixação do mesocólon transverso, o tecido conjuntivo e os vasos que formam o mesentério da parte superior do cólon ascendente e da flexura direita do cólon (hepática) estão frouxamente aderidos à sua superfície anterior. Esta parte do duodeno está em risco de lesão durante a mobilização cirúrgica do cólon ascendente.

A segunda parte se encontra anteriormente ao hilo do rim direito, aos vasos renais direitos, à margem da veia cava inferior e ao músculo psoas maior direito. A cabeça do pâncreas e o ducto colédoco estão mediais e a flexura direita do cólon encontra-se acima e lateralmente. Uma pequena parte da cabeça do pâncreas está às vezes embebida na parede duodenal medial, e "fragmentos" pancreáticos na parede duodenal podem produzir pequenos defeitos de preenchimento ao exame radiológico com contraste. A aparência interna é similar à da porção distal da primeira parte do duodeno, com pronunciadas pregas de mucosa (Fig. 66.3). O ducto colédoco e o ducto pancreático entram na parede medial obliquamente e normalmente se unem para formar a ampola hepatopancreática comum. A estreita extremidade direita se abre no ápice da papila duodenal maior (ampola de Vater), a qual está situada na parede posteromedial da segunda parte, 8-10 cm distal ao piloro. Existem variações da anatomia ductal. A mais comum é um segundo ducto – o ducto pancreático acessório – que pode se abrir a 2 cm acima da papila maior em uma papila duodenal menor. A ulceração péptica da segunda parte do duodeno é menos comum que na primeira parte, e tende a ocorrer na parede anterior ou lateral.

Divertículos duodenais

O duodeno é o local mais comum para um divertículo no intestino delgado. Os divertículos são congênitos e usualmente solitários. Eles quase sempre se originam na parede medial da segunda parte do duodeno, intimamente relacionados à cabeça do pâncreas, de modo que a papila maior do duodeno pode frequentemente ser encontrada sobre a prega de mucosa na entrada de um divertículo ou ainda surgindo a partir da mucosa dentro do corpo de um divertículo, particularmente na parede superomedial. Isto pode complicar a interpretação de radiografias por contraste do duodeno ou das vias bilíferas, e pode causar dificuldades durante uma tentativa de canulação endoscópica da papila, porque o divertículo pode restringir o acesso. Se a papila estiver localizada sobre a parede anterior de um divertículo ou próxima a esta, o procedimento de abertura da ampola com uma corrente de eletrocauterização durante a tentativa de canulação (esfincterotomia) é feita de modo mais arriscado, já que a parede é delgada neste ponto e, portanto, há risco de perfuração livre para a cavidade peritoneal.

PARTE HORIZONTAL (TERCEIRA PARTE)

A terceira parte do duodeno começa na flexura duodenal inferior, e tem aproximadamente 10 cm de comprimento. Ela segue a partir do lado direito da margem inferior da terceira vértebra lombar, levemente angulada em direção superior, atravessando para a esquerda, anteriormente à veia cava inferior, tornando-se contínua com a quarta parte em frente à aorta abdominal. Ela se encontra posteriormente ao mesocólon transverso, à origem do mesentério do intestino delgado, e aos vasos mesentéricos superiores. A porção inferior de sua face anterior é coberta pelo peritônio, o qual é refletido anteriormente para formar a camada posterior da origem do mesentério do intestino delgado. A superfície anterior à extremidade lateral esquerda, próximo à junção com a quarta parte, também é coberta pelo peritônio.

A terceira parte é anterior ao ureter direito, ao músculo psoas maior direito, aos vasos gonadais direitos, à veia cava inferior e à aorta abdominal (na origem da artéria mesentérica inferior), e inferior à cabeça do pâncreas. Anteroinferiormente, alças do jejuno se encontram nos compartimentos infracólicos direito e esquerdo. A porção média da terceira parte se encontra no ângulo entre os vasos mesentéricos superiores, logo abaixo de sua origem, anteriormente, e a aorta abdominal posteriormente: muito raramente, este arranjo está associado a sintomas intermitentes de obstrução do duodeno neste ponto.

PARTE ASCENDENTE (QUARTA PARTE)

A quarta parte do duodeno tem 2,5 cm de comprimento. Ela começa logo à esquerda da aorta, segue superior e lateralmente até o nível da margem superior da segunda vértebra lombar; em seguida, se volta abruptamente anteroinferiormente na flexura duodenojejunal para se tornar contínua com o jejuno. O principal tronco da veia mesentérica inferior se encontra posterior à flexura duodenojejunal ou abaixo da prega peritoneal adjacente (a flexura duodenojejunal é uma referência útil para localizar a veia sob o ponto de vista radiológico ou cirúrgico). A aorta, o tronco simpático esquerdo, o músculo psoas maior esquerdo, os vasos renais esquerdos e gonadais esquerdos são relações posteriores; o rim esquerdo e o ureter esquerdo estão em posição posterolateral, e a parte superior da raiz do mesentério do intestino delgado, o mesocólon transverso lateral esquerdo e o cólon transverso, o qual o separa do estômago, são anteriores. O peritônio da raiz do mesentério do intestino delgado continua por sobre sua superfície anterior. A margem inferior do corpo do pâncreas está superior.

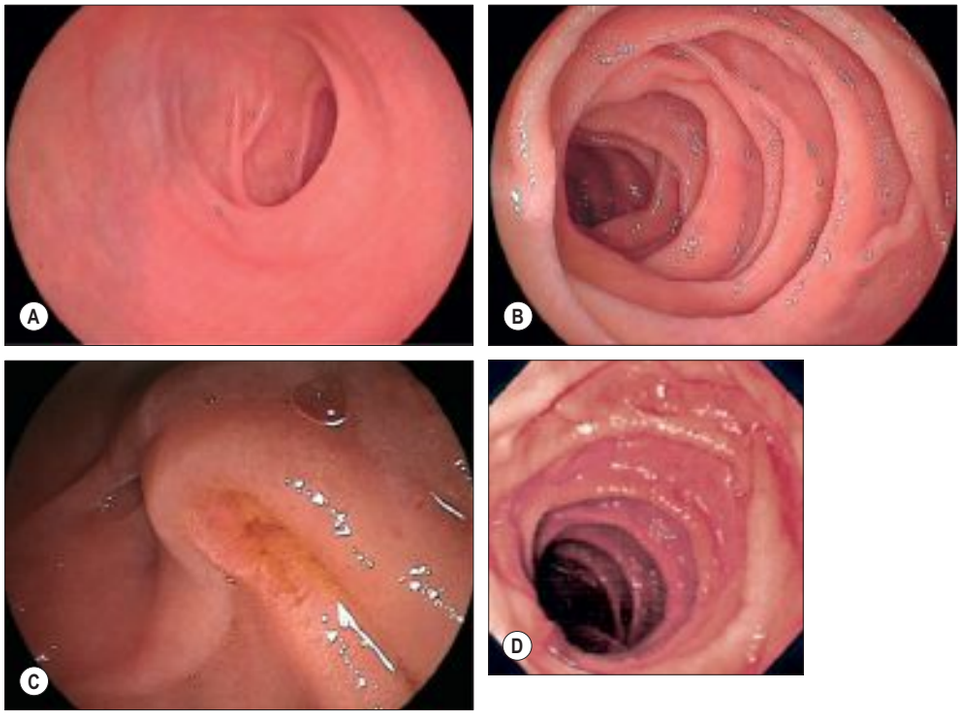


Fig. 66.3 Aparência endoscópica do duodeno: **A,** Capuz duodenal (primeira parte). **B,** Segunda parte, mostrando as pronunciadas pregas "ramificadas" da mucosa. **C,** Papila duodenal maior. **D,** Terceira parte.

Em sua extremidade lateral esquerda, a quarta parte se torna progressivamente coberta pelo peritônio em suas superfícies superior e inferior, de modo que ela é suspensa pelo retroperitônio por uma prega dupla de peritônio, o ligamento de Treitz, no início da flexura duodenojejunal. O ligamento de Treitz pode conter um pequeno feixe de músculo, o músculo suspensor do duodeno. Quando presente, o músculo suspensor contém fibras musculares estriadas esqueléticas que seguem a partir do pilar esquerdo do diafragma para o tecido conjuntivo ao redor do tronco celíaco, e fibras musculares lisas que seguem a partir do tronco celíaco: sua função é desconhecida. Ele é uma importante referência no diagnóstico radiológico de rotação incompleta e má rotação do intestino delgado (Cap. 73). O ligamento de Treitz não forma parte do mesentério duodenal porque o suprimento vascular para a quarta parte do duodeno continua a entrar em sua parede a partir da face posteromedial.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

Os principais vasos que suprem o duodeno são as artérias pancreaticoduodenais superiores e inferior. A primeira e a segunda parte também recebem contribuições a partir de várias fontes, incluindo as artérias gástrica direita, supraduodenal, gastro-omental direita, hepática e gastroduodenal. Ramos da artéria pancreaticoduodenal superior podem contribuir para o suprimento do canal pilórico, com um grau menor de anastomose para as artérias gástricas na camada muscular através da junção piloroduodenal (Fig. 66.4).

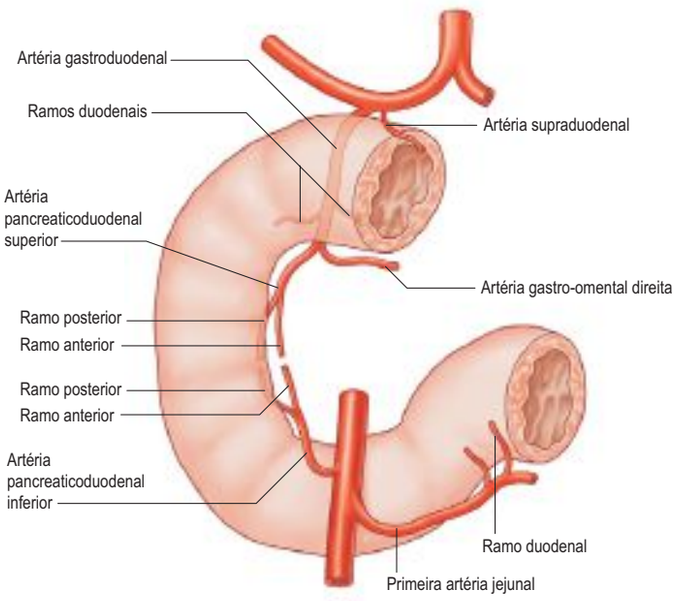


Fig. 66.4 O suprimento arterial do duodeno. Apenas ramos representativos dos pequenos vasos, os quais podem ser múltiplos, estão mostrados.

Artéria gastroduodenal

A artéria gastroduodenal usualmente se origina a partir da artéria hepática comum posterior, ou às vezes acima, da primeira parte do duodeno. Ela desce entre a primeira parte do duodeno e o colo do pâncreas, imediatamente à direita da reflexão peritoneal pela superfície posterior do duodeno. Ela normalmente se encontra à esquerda do ducto colédoco, mas ocasionalmente é anterior. Na margem inferior da primeira parte do duodeno, ela se divide nas artérias gastro-omental direita e pancreaticoduodenal superior. Antes de sua divisão, a parte inferior da artéria dá origem a pequenos ramos que suprem a extremidade pilórica do estômago e o pâncreas, e a ramos retroduodenais que suprem a primeira parte e a porção proximal da segunda parte do duodeno diretamente. Embora a artéria gastroduodenal usualmente se ramifique a partir da artéria hepática comum, ela também pode se originar como uma trifurcação com as artérias hepáticas direita e esquerda, ou a partir da artéria mesentérica superior, ou da artéria hepática esquerda (ocasionalmente), ou ainda do tronco celíaco ou da artéria hepática direita (raramente).

A artéria supraduodenal frequentemente se origina a partir da artéria gastroduodenal por trás da margem superior da primeira parte do duodeno e supre a face superior da primeira parte; ela pode ocasionalmente se originar da artéria hepática comum ou da artéria gástrica direita. Devido à sua íntima relação com a parede posteromedial da segunda parte do duodeno, úlceras profundamente penetrantes ou tumores do duodeno podem causar um sangramento abundante a partir da artéria gastroduodenal ("artéria da hemorragia") por causa da profusa rede arterial na região, a qual assegura uma alta taxa de fluxo no vaso.

Artérias pancreaticoduodenais superiores

A artéria pancreaticoduodenal superior é usualmente dupla. A artéria anterior é um ramo terminal da artéria gastroduodenal e desce no sulco anterior entre a segunda parte do duodeno e a cabeça do pâncreas. Ela fornece ramos para a primeira e a segunda partes do duodeno e para a cabeça do pâncreas, e se anastomosa com a divisão anterior da artéria pancreaticoduodenal inferior. A artéria posterior é normalmente um ramo separado da artéria gastroduodenal e é emitida na margem superior da primeira parte do duodeno. Ela desce para a direita, anterior à veia porta e ao ducto colédoco, à medida que este último se posiciona posterior à

primeira parte do duodeno. Ela em seguida segue posterior à cabeça do pâncreas, nesse plano cruza ainda o ducto colédoco (o qual está embebido na cabeça do pâncreas), entra na parede duodenal e se anastomosa com a divisão posterior da artéria pancreaticoduodenal inferior. A artéria posterior fornece ramos para a cabeça do pâncreas, para a primeira e a segunda partes do duodeno, e vários ramos para a parte mais inferior do ducto colédoco.

Artéria pancreaticoduodenal inferior

A artéria pancreaticoduodenal inferior normalmente se origina a partir da artéria mesentérica superior ou de seu primeiro ramo jejunal, próximo à margem superior da terceira parte do duodeno. Ela atravessa posteriormente à veia mesentérica superior e se divide diretamente em ramos anterior e posterior. O ramo anterior passa para a direita, anterior à margem inferior da cabeça do pâncreas, e segue superiormente para se anastomosar com a artéria pancreaticoduodenal superior anterior. O ramo posterior segue posterior e superiormente para a direita, dispondo-se posterior à margem inferior da cabeça do pâncreas, e se anastomosa com a artéria pancreaticoduodenal superior posterior. Ambos os ramos suprem a cabeça do pâncreas, seu processo uncinado, e a segunda e terceira partes do duodeno. Ocasionalmente, os ramos anterior e posterior se originam separadamente da artéria mesentérica superior ou da primeira artéria jejunal.

Ramos arteriais jejunais

São ramos que partem do primeiro ramo jejunal da artéria mesentérica superior, suprem a quarta parte do duodeno e frequentemente formam uma anastomose com o ramo terminal da artéria pancreaticoduodenal inferior anterior (a qual se origina da artéria mesentérica superior). A quarta parte do duodeno, portanto, recebe um suprimento colateral potencial a partir do tronco celíaco e da artéria mesentérica superior, o que significa que ela não é comumente afetada por uma isquemia.

Veias

As veias duodenais drenam definitivamente para a veia porta. As veias da submucosa e intramurais dão origem às veias pancreaticoduodenais, que normalmente acompanham as artérias de nomes correspondentes. A veia pancreaticoduodenal superior é formada medialmente ao ponto médio da segunda parte do duodeno. Ela segue superomedialmente sobre a superfície posterior da cabeça do pâncreas, passa posteriormente à parte distal do ducto colédoco e drena para a veia porta posterior à cabeça do pâncreas. A veia pancreaticoduodenal inferior segue a partir da face anteromedial da segunda parte do duodeno, inferiormente no sulco entre a segunda e a terceira partes do duodeno e a cabeça do pâncreas. Ela normalmente drena para a veia mesentérica superior, mas pode drenar para a veia gastro-omental. Pequenas veias derivadas da primeira e da segunda partes do duodeno podem drenar para a veia pré-pilórica, e veias derivadas da terceira e quarta partes podem drenar diretamente para a veia mesentérica superior.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos duodenais seguem para os linfonodos pancreáticos anteriores e posteriores que se encontram nos sulcos anterior e posterior, entre a cabeça do pâncreas e o duodeno: estes linfonodos drenam amplamente para os linfonodos suprapilóricos, infrapilóricos, hepatoduodenais, hepáticos comuns e mesentéricos superiores.

INERVAÇÃO

O duodeno é inervado por neurônios parassimpáticos e simpáticos.

Os axônios simpáticos pré-ganglionares se originam a partir de neurônios nas colunas intermediolaterais da substância cinzenta no quinto até o 12º segmentos espinais torácicos. Eles seguem através dos nervos esplâncnicos maior e menor até o plexo (nervoso) celíaco, onde fazem sinapses com neurônios no gânglio celíaco: os axônios pós-ganglionares estão distribuídos para a parede duodenal através de plexos arteriais nos ramos do tronco celíaco e na artéria mesentérica superior. Os nervos simpáticos são vasoconstritores para a vascularização duodenal e inibitórios para a musculatura duodenal.

O suprimento parassimpático pré-ganglionar é transportado por axônios vagais que estão distribuídos através do plexo celíaco e que fazem sinapses com neurônios na parede duodenal. O suprimento parassimpático é secretomotor para a mucosa duodenal e motor para a musculatura duodenal. Os nervos simpáticos são vasoconstritores para a vascularização duodenal e inibitórios para a musculatura duodenal.

Dor referida

Em comum com outras estruturas derivadas do intestino anterior, a sensação visceral de dor que se origina do duodeno é mal localizada, e é referida à região do epigástrio.

JEJUNO

O jejuno tem diâmetro médio externo de 4 cm e diâmetro interno de 2,5 cm. Ele tem uma parede mais espessa que o íleo, e um extenso suprimento sanguíneo arterial que faz com que pareça mais avermelhado que o íleo no indivíduo vivo. As pregas circulares são mais pronunciadas no jejuno proximal, onde elas são mais numerosas e mais profundas que em qualquer lugar no intestino delgado (Fig. 66.5A). Elas frequentemente se "ramificam" ao redor do lume e podem parecer alinhadas, uma em cima da outra, dando ao jejuno uma aparência característica durante a radiografia de contraste único (Fig. 66.6). Agregados linfoides estão quase ausentes da região proximal do jejuno, mas estão presentes mais distalmente, embora estejam em pouco número e sejam menores que no íleo. Onde presentes, eles são usualmente de formato discoide e impalpáveis.

Na posição de supino, o jejuno normalmente ocupa o compartimento infracólico esquerdo superior, estendendo-se para baixo até a região umbilical. As primeiras uma ou duas alças frequentemente ocupam um recesso entre a parte esquerda do mesocólon transverso e o rim esquerdo. Ao exame radiológico em posição de supino, as alças jejunais estão situadas de modo característico na região superior do abdome, à esquerda da linha mediana, enquanto as alças ileais tendem a se dispor na parte direita inferior do abdome e da pelve. Esta distribuição pode ser invertida durante o íleo paralítico ou em caso de obstrução do intestino delgado devido à rotação ao redor da fixação mesentérica após uma distensão intestinal.

Alimentação jejunal Em situações onde o estômago e o duodeno encontram-se inadequados ou indisponíveis para o recebimento de uma nutrição por via oral, a liberação de alimentos preparados ao jejuno é possível graças ao uso de uma jejunostomia criada cirurgicamente, ou ainda pela inserção de uma sonda nasoenteral (de alimentação). Como o jejuno é altamente móvel, é possível colocar a primeira ou a segunda alça do jejuno em contato com a parede abdominal para criar uma jejunostomia cirúrgica.

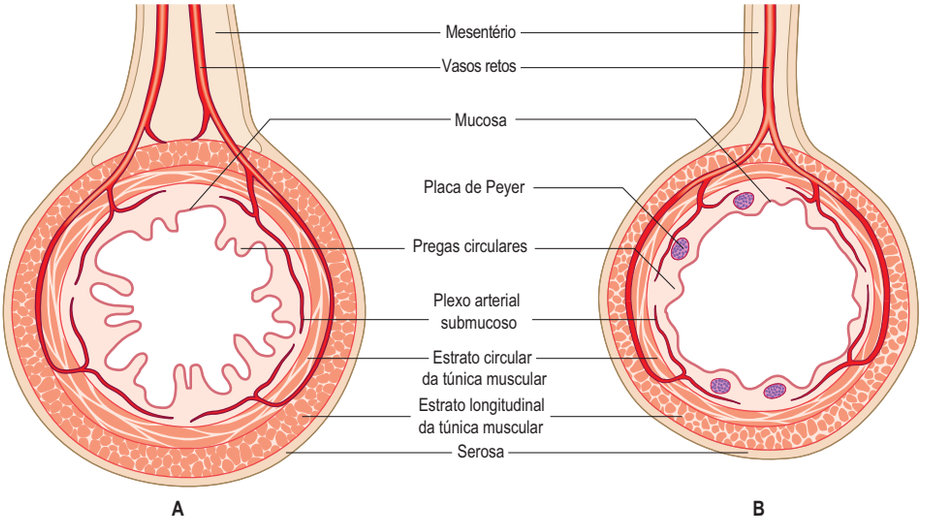
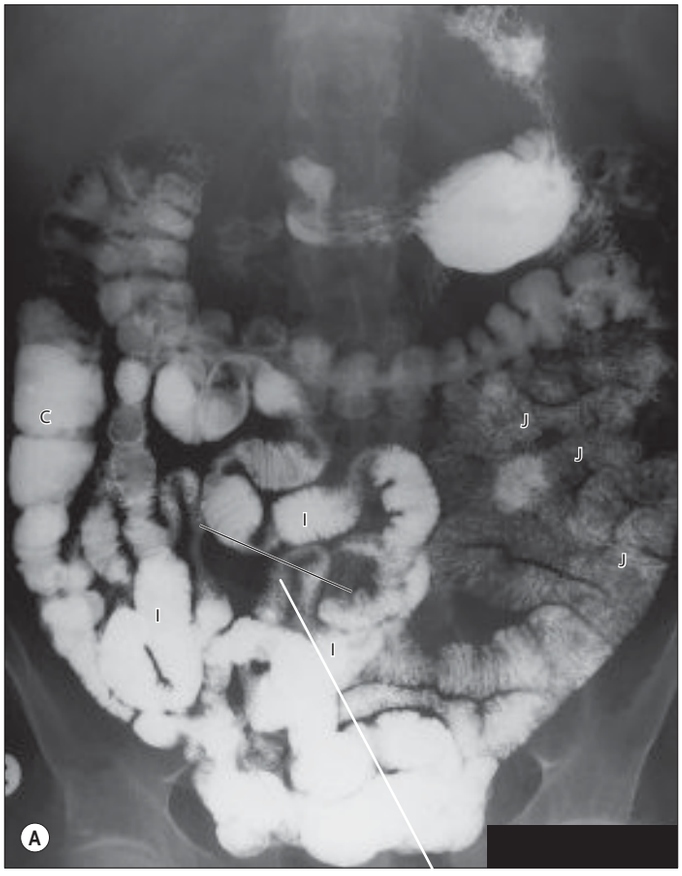


Fig. 66.5 Típicos cortes transversais através da região proximal do jejuno (**A**) e do íleo terminal (**B**). A inserção mesentérica é mais larga no jejuno, e dois folhetos de vasos entram na parede intestinal. Esta última é também mais espessa no jejuno.

A inserção de uma sonda nasoenteral de pequeno diâmetro através do nariz até o jejuno também é possível: a extremidade da sonda deve estar além da flexura duodenojejunal para prevenir o refluxo do alimento para o duodeno e o estômago, e isto é normalmente confirmado através do monitoramento radiológico da progressão da sonda através do duodeno.



Peristalse

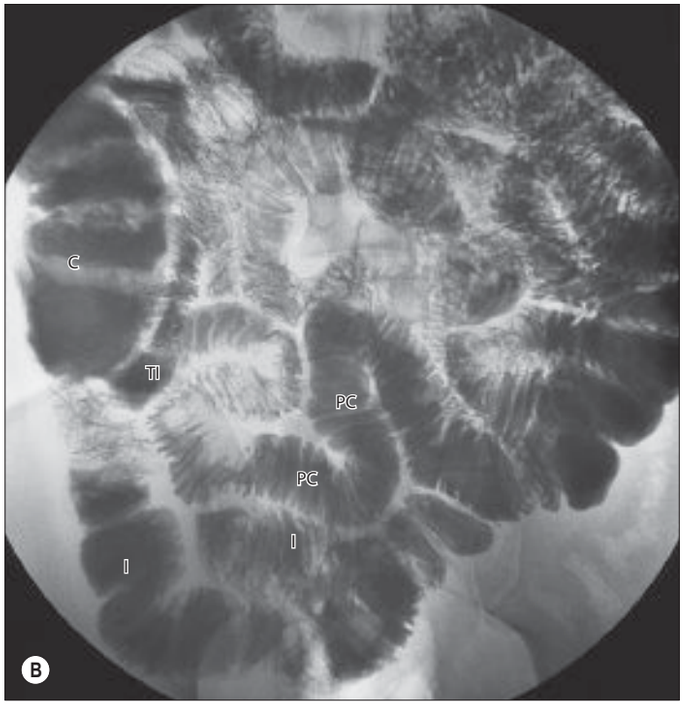


Fig. 66.6 Estudos radiográficos com bário do jejuno e do íleo. **A,** Acompanhamento com bário. O aspecto emplumado do intestino delgado é devido às pregas circulares e é mais proeminente no jejuno. As constrições são o resultado da peristalse. **B,** Enema (enteróclise) do intestino delgado. As pregas circulares estão claramente demonstradas por esta técnica. C, ceco; I, íleo; J, jejuno; PC, pregas circulares; TI, parte terminal do íleo.

ÍLEO

O íleo tem diâmetro externo médio de 3,5 cm e diâmetro interno de 2 cm, e tende a ter parede mais delgada que a do jejuno (Fig. 66.5B). As pregas circulares se tornam progressivamente menos evidentes na mucosa distal no íleo; elas tendem a ser isoladas e mais achatadas, com cristas menos pronunciadas (Figs. 66.6 e 66.7), e a mucosa do íleo terminal imediatamente proximal ao óstio ileal (valva ileossecal) pode parecer quase plana. Os agregados linfoides são maiores e mais numerosos que no jejuno, e podem ser facilmente palpáveis no íleo terminal. Eles são mais proeminentes no início da infância e, quando aumentados em infecções virais, podem formar o ápice de uma intussuscepção íleo-ileal. Eles se tornam menos proeminentes antes da puberdade, e atingem a morfologia adulta por volta dos anos da adolescência tardia. O íleo terminal frequentemente se encontra na pelve, de onde ele sobe por sobre o músculo psoas maior direito e os vasos ilíacos direitos para terminar por se abrir no óstio ileal, na fossa ilíaca direita.

Divertículo de Meckel Um divertículo ileal (de Meckel) ocorre em 3% dos adultos, e representa o remanescente da parte proximal do ducto vitelino (ou ducto onfalomesentérico). Ele se projeta a partir da margem antimesentérica do íleo terminal e está comumente localizado entre 50 e 100 cm a partir da óstio ileal. Ele tem comprimento variável (média de 5 cm), e possui frequentemente um curto "mesentério" de tecido adiposo que se estende do mesentério ileal até sua base. O lume do divertículo normalmente tem um diâmetro similar àquele do íleo. A ponta é normalmente livre; porém, ocasionalmente, ela pode estar conectada à parede abdominal anterior próximo ao umbigo por uma faixa fibrosa. A mucosa é tipicamente ileal, mas pequenas áreas heterotópicas de mucosa do corpo/fundo gástrico, epitélio secretor pancreático, mucosa do intestino grosso, ou outros tecidos também podem ocorrer na parede de um divertículo. A secreção ácida liberada pela mucosa heterotópica do tipo do corpo/fundo gástrico pode ocasionalmente dar origem a um sangramento na mucosa ileal normal adjacente. A inflamação diverticular pode mimetizar uma apendicite aguda; uma vez que o divertículo de Meckel e o apêndice são derivados de estruturas do intestino médio, a dor derivada de ambas as estruturas é referida à região periumbilical.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

Alguns ramos derivados da artéria mesentérica superior suprem o jejuno e o íleo. As artérias se dividem à medida que elas se aproximam da margem mesentérica, originando numerosos ramos que se estendem entre a camadas serosa e a muscular, suprindo a musculatura e formando um intrincado plexo submucoso que supre as glândulas e os vilos. Embora haja uma profusa rede anastomótica de artérias em meio ao mesentério, anastomoses entre os ramos terminais próximos à parede intestinal são poucas (Fig. 66.8). As redes arteriais intramurais e da submucosa não são de grande diâmetro, o que significa que o fluxo ao longo das extensões do intestino delgado está limitado a poucos centímetros, e a divisão ou a oclusão de vários vasos retos consecutivos pode produzir uma isquemia focal e segmentar. A divisão de mais vasos proximais permite que o fluxo continue nas arcadas por extensões moderadamente longas do intestino.

Artéria mesentérica superior

A artéria mesentérica superior se origina a partir da aorta, a 1 cm abaixo do tronco celíaco, no nível do disco intervertebral entre a primeira e a segunda vértebras lombares (Figs. 66.9 e 66.10). O ângulo de sua origem a partir da aorta é agudo, o que torna a canulação através da rota transfemoral um pouco difícil. A artéria segue inferior e anteriormente, anterior ao processo uncinado do pâncreas e à terceira parte do duodeno, e posterior à veia esplênica e ao corpo do pâncreas. A veia renal esquerda se encontra posterior a ela e a separa da aorta (Fig. 66.11). A artéria atravessa anteriormente à veia cava inferior, ao ureter direito e ao músculo psoas

Fig. 66.7 Aparência endoscópica do íleo terminal.

maior direito à medida que ela desce na raiz do mesentério do intestino delgado. Seu diâmetro diminui progressivamente à medida que sucessivos ramos são originados para as alças do jejuno e do íleo, e seu ramo terminal se anastomosa com a artéria ileocólica.

A artéria mesentérica superior dá origem aos ramos cólico médio, cólico direito (às vezes), ileocólico, jejunais e ileais. Ela pode ser a fonte das artérias hepática comum, gastroduodenal, hepática direita acessória, pancreática acessória ou esplênica, e pode se originar a partir de um tronco celiacomesentérico. Seus ramos jejunais e ileais formam alças anastomóticas no interior do mesentério em graus variáveis. Diz-se que a última destas alças forma uma "artéria marginal" do intestino delgado, embora esta última seja irregular, e não um vaso isolado e definível. As artérias retas, os vasos retos (*vasa reta*), os quais suprem o intestino delgado sem ramos adicionais, são originados a partir desta última alça.

O remanescente da artéria vitelointestinal (a artéria embrionária que originalmente conectava a circulação intestinal ao saco vitelino) é usualmente obliterado; quando presente, ele forma a artéria que supre um divertículo de Meckel. Ele é ocasionalmente representado no mesentério por uma faixa fibrosa a partir da região do último ramo ileal.

Ramos jejunais Existem normalmente de cinco a 10 ramos jejunais, os quais se originam a partir do lado esquerdo da porção superior da artéria mesentérica superior (Figs. 66.9 e 66.10). Eles estão distribuídos para o jejuno como uma série de pequenas alças, as quais formam uma fileira única (ocasionalmente dupla) de alças anastomóticas antes de originar os múltiplos vasos retos (Fig. 66.8). Estes vasos seguem quase paralelamente no mesentério e são distribuídos alternativamente para faces opostas de sua parede, onde as duas séries de vasos formam "folhetos" distintos dentro do mesentério. Pequenos ramos suprem linfonodos regionais e outras estruturas no mesentério.

Ramos ileais Os ramos ileais são mais numerosos que os ramos jejunais, porém são de diâmetro menor. Eles se originam a partir das faces esquerda e anterior da artéria mesentérica superior. O comprimento do mesentério é maior no íleo, e os ramos formam três, quatro ou às vezes cinco fileiras de arcos no interior do mesentério antes de originar múltiplos vasos retos, que seguem diretamente para a parede ileal. Os ramos ileais seguem paralelamente no mesentério e estão distribuídos para faces alternadas do íleo. Eles são mais longos e menores que vasos jejunais similares, particularmente no íleo distal, e não formam "folhetos" paralelos definidos de vasos. O suprimento vascular na última alça do íleo terminal é limitado. Existem normalmente apenas duas alças separadas, perisserosa e na zona intermediária do mesentério. Cada uma delas recebe uma contribuição do ramo ileal da artéria ileocólica e do último ramo ileal da artéria mesentérica superior, e são frequentemente de diâmetro maior do que os vasos ileais intermediários. Diferente desta condição, poucos, se algum, vasos conectam as artérias ileocólica e mesentérica superior, o que torna relativamente simples a exposição cirúrgica da artéria ileocólica até a sua origem.

Veias

Veia mesentérica superior

A veia mesentérica superior drena todo o intestino delgado, o ceco, e as partes ascendente e transversa do cólon (Figs. 60.8 e 66.12). Ela é formada na parte inferior direita do mesentério do intestino delgado pela união de tributárias derivadas do íleo terminal, do ceco, e do apêndice vermiforme. Ela sobe no mesentério à direita da artéria mesentérica superior, passa

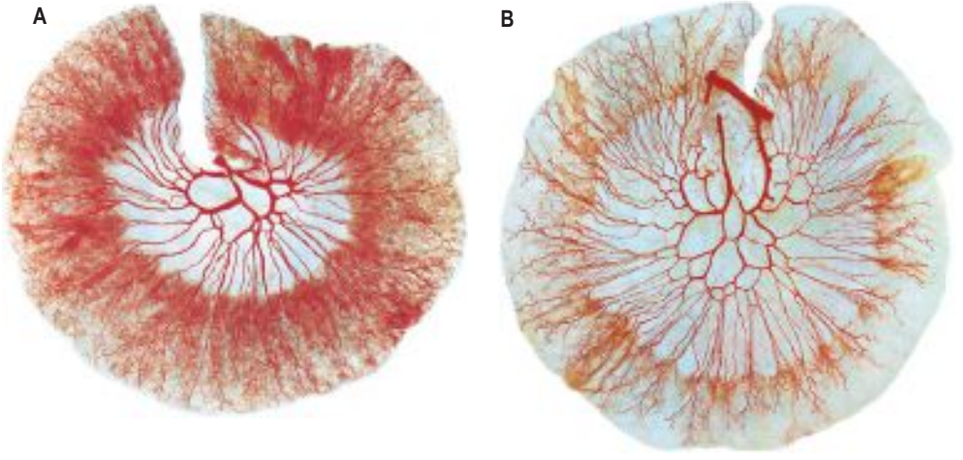


Fig. 66.8 Espécimes do jejuno (**A**) e do íleo (**B**) obtidos a partir de um cadáver, onde a artéria mesentérica superior foi injetada com uma massa de gelatina de cor vermelha antes da fixação. Posteriormente, os espécimes foram desidratados e em seguida clarificados em benzeno, seguido de salicilato de metila. Os maiores vasos presentes são os ramos jejunais e ileais da artéria mesentérica superior, e estes são sucedidos por alças arteriais anastomóticas, as quais são relativamente poucas em número (1-3) no jejuno, tornando-se mais numerosas (5-6) no íleo. A partir das alças, artérias retas passam em direção à parede intestinal; frequentemente, sucessivas artérias retas são distribuídas a lados opostos do intestino. Observe a vascularização mais densa na parede jejunal. (Espécimes preparados por MCE Hutchinson; fotografias de Kevin Fitzpatrick, em nome da GKT School of Medicine, London.)

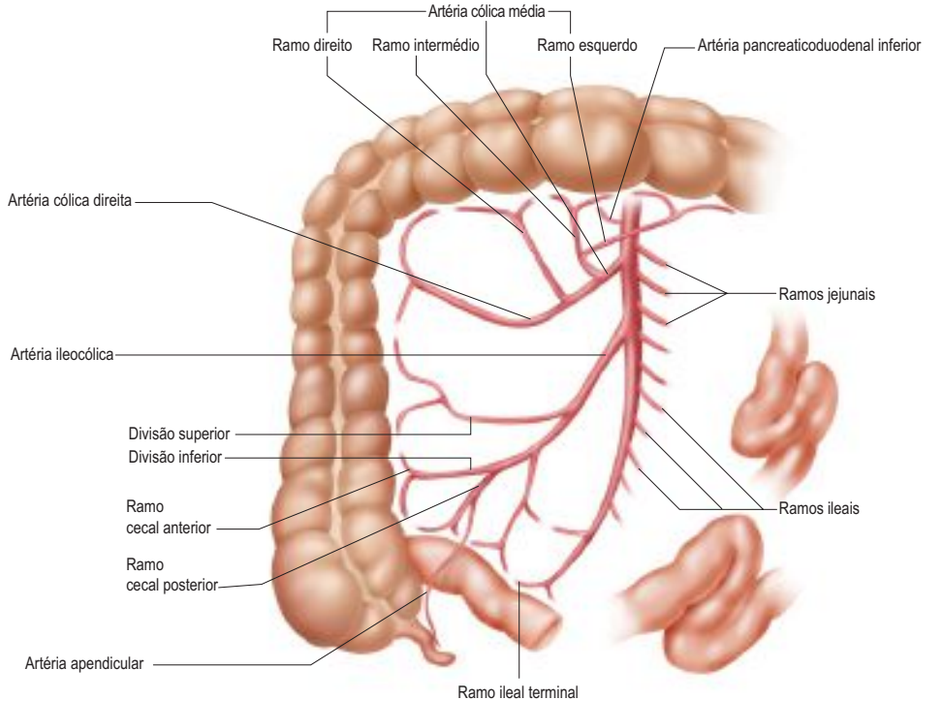
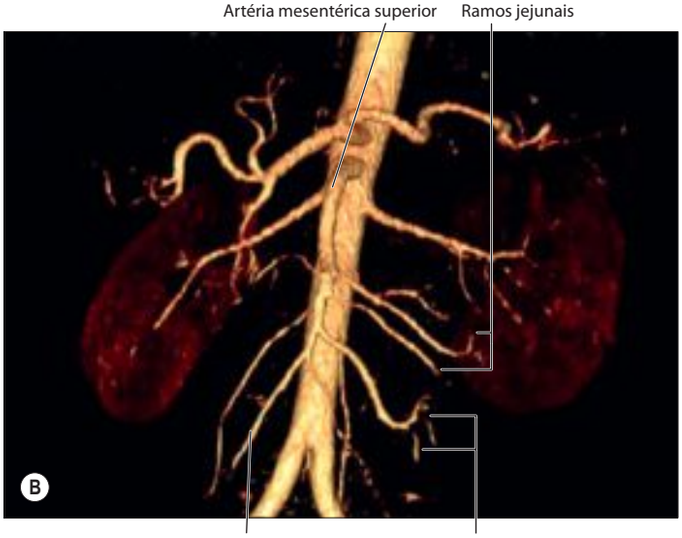


Fig. 66.9 A artéria mesentérica superior e seus ramos. Os contornos de alças jejunais e ileais representativas, do apêndice, do ceco, e dos cólons ascendente e transverso estão mostrados como referência. Apenas a origem dos ramos jejunais e ileais é mostrada. Para detalhes das alças, ver a **Figura 66.8**.



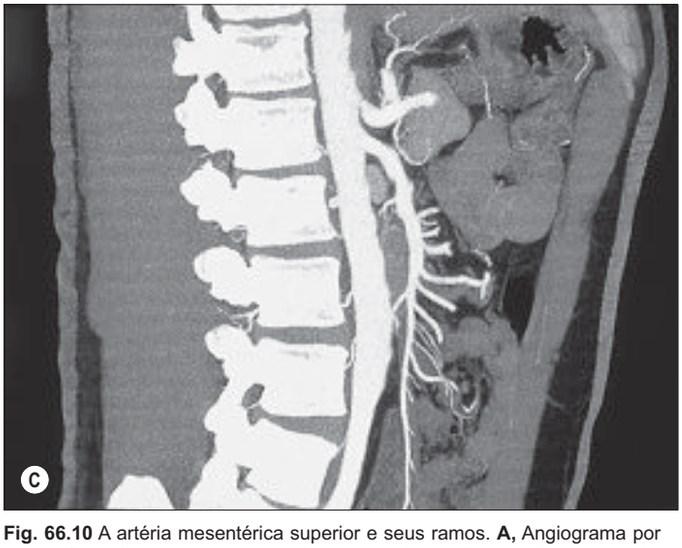


Fig. 66.10 A artéria mesentérica superior e seus ramos. **A,** Angiograma por subtração digital (por cortesia do Dr. Adam Mitchell, Charing Cross Hospital, London). **B,** Angiograma por TC, com volume e com superfície sombreada (por cortesia de Dr. Nasir Khan, Chelsea and Westminster Hospital, London). **C,** Reconstrução sagital de um angiograma por TC de múltiplas seções (por cortesia de GE Worldwide Medical Systems).

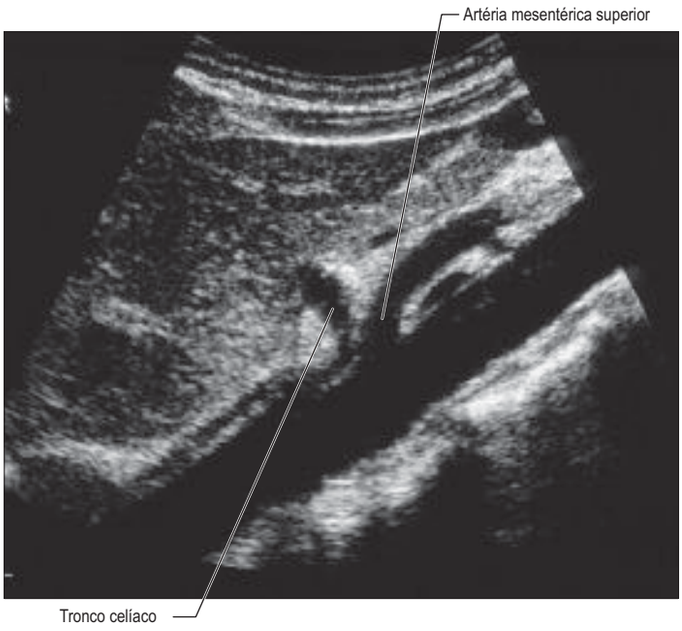


Fig. 66.11 Imagem de ultrassom através da origem da artéria mesentérica superior, plano sagital.

anteriormente ao ureter direito, à veia cava inferior, à terceira parte do duodeno e ao processo uncinado do pâncreas, e finalmente se une à veia esplênica posterior ao colo do pâncreas para formar a veia porta.

Tributárias A veia mesentérica superior recebe as veias jejunais, ileais, ileocólica, cólica direita (quando presente), cólica média, gastro-omental direita e pancreaticoduodenal em uma distribuição similar às artérias correspondentes.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos, chamados de vasos quilíferos, são encontrados na mucosa e na túnica muscular do intestino delgado. Os vasos quilíferos dos vilos intestinais se originam a partir de um intrincado plexo na mucosa e na submucosa, e são unidos por vasos derivados de espaços linfáticos nas bases de folículos linfoides solitários. Eles drenam para vasos maiores na margem mesentérica do intestino. Os vasos quilíferos da túnica muscular formam um plexo íntimo que segue principalmente entre as duas camadas musculares; eles se comunicam livremente com vasos da mucosa e se abrem em vasos na margem mesentérica. Os vasos quilíferos mesentéricos passam por entre as camadas do mesentério e drenam para uma série de linfonodos mesentéricos que estão organizados em fileiras no interior do mesentério, e que seguem a mesma distribuição que o suprimento arterial regional; eles podem formar "cadeias" ao longo das principais artérias. Em qualquer lugar dos mesentérios ileal e jejunal, os vasos linfáticos quilíferos formam uma extensa rede que proporciona um campo relativamente amplo de drenagem dos linfonodos. Este arranjo torna a ressecção cirúrgica radical de linfonodos difícil, caso os vasos para a porção remanescente não afetada do intestino delgado sejam preservados. Os linfonodos mesentéricos drenam para linfonodos mesentéricos superiores ao redor da raiz da artéria mesentérica superior.

INERVAÇÃO

O íleo e o jejuno são inervados por fibras parassimpáticas e simpáticas através do plexo mesentérico superior (Figs. 60.2-60.4). Os axônios pré-ganglionares simpáticos se originam a partir de neurônios na substância cinzenta intermediolateral dos segmentos espinais torácicos intermediários e seguem nos nervos esplâncnicos maior e menor até o gânglio mesentérico superior, onde eles fazem sinapses. Os axônios pós-ganglionares acompanham a artéria mesentérica superior no interior do mesentério e estão distribuídos ao longo dos ramos da artéria. Os nervos simpáticos são vasoconstritores para a vascularização e inibitórios para as musculaturas do jejuno e do íleo.

Os axônios parassimpáticos pré-ganglionares seguem no nervo vago anterior e direito, e são secretomotores para a mucosa e motores para as musculaturas do jejuno e do íleo.

Dor referida

Em comum com outras estruturas derivadas do intestino médio, a sensação visceral de dor que se origina do jejuno ou do íleo é mal localizada, e é usualmente referida à região periumbilical ou epigástrica.

Fig. 66.12 Venograma por TC, plano coronal da veia mesentérica superior e suas afluentes. (Cortesia de Dr Nasir Khan, Chelsea and Westminster Hospital, London.)

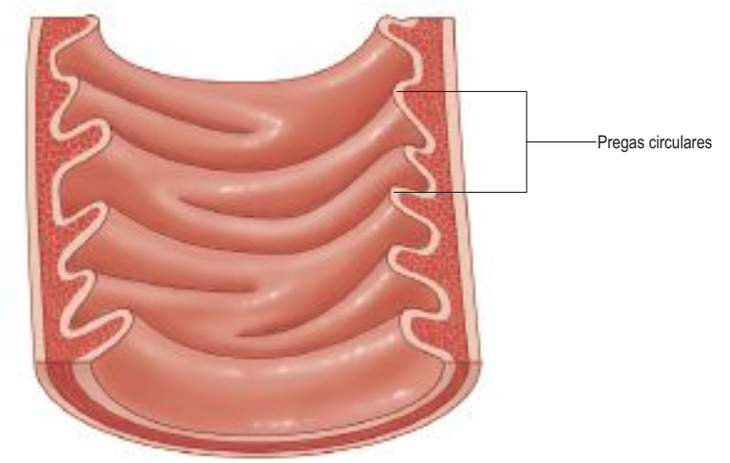


Fig. 66.13 Aspecto interno de uma amostra representativa da região proximal do jejuno mostrando as pregas circulares.

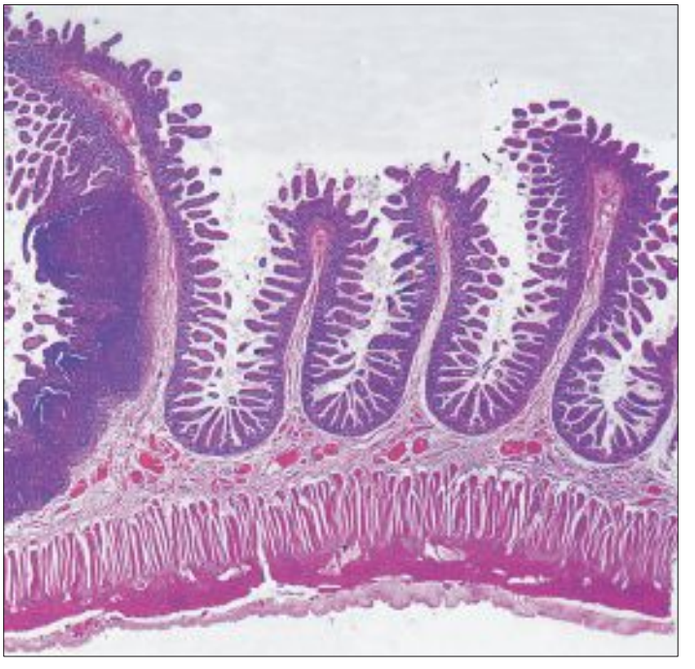


Fig. 66.14 Fotomicrografia em pequeno aumento mostrando várias pregas circulares na parede do íleo. As pregas são cobertas com vilos que se projetam para o lume, e a submucosa se estende para o eixo de cada prega. As camadas circular (mais interna) e longitudinal de músculo liso formam a túnica muscular externa subjacente. Grandes massas de tecido linfoide (placas de Peyer) ocupam a mucosa à esquerda do campo. (Com permissão de Young, B, Heath J W, 2000. Wheater's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

MICROESTRUTURA

A parede intestinal é composta por uma mucosa, uma submucosa, uma túnica muscular externa e uma serosa (ou uma adventícia). A mucosa é espessa e muito vascularizada na parte proximal do intestino delgado, porém é mais delgada e menos vascularizada distalmente. Em determinados locais, a submucosa forma elevações acompanhadas pela mucosa de modo a constituir as pregas circulares, as quais se projetam para o lume; vilos intestinais, projeções digitiformes da mucosa, recobrem toda a superfície (Fig. 66.13). Existem numerosas glândulas intestinais tubulosas simples (ou criptas intestinais, ou de Lieberkühn) entre as bases dos vilos, e glândulas adicionais na submucosa do duodeno. A submucosa contém agregados de tecido linfoide, mais numerosos no íleo.

Pregas circulares

Diferente da primeira parte do duodeno, grandes pregas da mucosa em formato crescente se projetam para o lume do intestino delgado, dispostas transversalmente ou ligeiramente oblíquas ao seu eixo longo (Fig. 66.14). Ao contrário das pregas gástricas, elas não são perdidas durante a distensão fisiológica do intestino. A maioria se estende ao redor da metade ou de dois terços da circunferência luminal, algumas são círculos completos, algumas se bifurcam e se unem a pregas adjacentes, e outras ainda são espiraladas, mas se estendem apenas por uma vez (ocasionalmente duas ou três vezes) ao redor do lume. Pregas maiores apresentam até 8 mm de comprimento nas mais largas, mas a maioria é menor que isto, e as pregas maiores frequentemente se alternam com as menores. As pregas começam a aparecer a 2,5-5 cm além do piloro. Distalmente à papila duodenal maior, elas são grandes e próximas entre si, uma vez que elas também são encontradas na metade proximal do jejuno. Daí até meio caminho ao longo do íleo, elas diminuem e desaparecem quase completamente na região distal do íleo, o que é responsável pela pequena espessura desta parte da parede intestinal. As pregas circulares tornam a passagem do conteúdo intestinal lenta, e aumentam a superfície de absorção. Elas são visíveis em radiografias com contraste e ocasionalmente em radiografias simples.

Vilos intestinais

Os vilos (ou vilosidades) intestinais são projeções altamente vascularizadas da superfície da mucosa, pouco visíveis a "olho nu" (Figs. 66.15-66.17). Eles cobrem toda a mucosa intestinal, aumentam a área de superfície do lume em cerca de oito vezes, e dão a ela uma textura aveludada. Os vilos são grandes e numerosos no duodeno e no jejuno, e menores e em menor quantidade no íleo. Na primeira parte do duodeno, eles aparecem como cristas largas, que se tornam altas e foliadas na parte distal do duodeno e na parte proximal do jejuno, e em seguida encurtam gradualmente para uma forma digitiforme na parte distal do jejuno e no íleo. Os vilos variam em densidade, de 10 a 40 por milímetro quadrado, e de 0,5-1.0 mm em altura (Fig. 66.15). Invaginações da mucosa (criptas de Lieberkühn) se aprofundam a partir da base dos vilos por uma curta distância para o interior da lâmina própria. As criptas de Lieberkühn são mais proeminentes na parte proximal do intestino delgado (Fig. 66.16).

Mucosa

A mucosa consiste em epitélio, lâmina própria e camada muscular da mucosa.

Epitélio

Um epitélio simples (ou seja, com uma camada de células) recobre os vilos intestinais (Figs. 66.15 e 66.16) e também reveste as glândulas (ou criptas) intestinais que se abrem entre as bases dos vilos. Dois tipos celulares, os enterócitos e as células caliciformes, recobrem as superfícies dos vilos, enquanto as células com micropregas (ou células M) estão restritas ao epitélio na região de cúpula que recobre os acúmulos localizados de agregados linfoides. Estes tipos celulares estão em contato com uma lâmina basal em sua superfície basal, à qual estão aderidas, e são derivados de uma célula-tronco comum presente nas criptas intestinais.

Enterócitos Os enterócitos são as células cilíndricas (ou colunares) absortivas com aproximadamente 20 µm de altura. Elas são o tipo celular mais numeroso no revestimento do intestino delgado e são responsáveis pela absorção dos nutrientes. Suas superfícies abrigam até 3.000 microvilos, os quais aumentam enormemente a área de superfície para absorção. Em conjunto, os microvilos são visíveis à microscopia de luz como uma planura estriada com 1 µm de espessura: os microvilos individuais podem ser vistos apenas através de microscopia eletrônica. Os núcleos dos enterócitos são alongados verticalmente, são principalmente eucromáticos, e localizados logo abaixo da região do citoplasma central da célula.

A superfície apical da célula é resistente ao ataque de proteases porque os microvilos possuem uma cobertura celular superficial especializada (o glicocálix) rica em glicoproteínas, a qual, juntamente com uma camada sobrejacente de muco, protege o epitélio contra as enzimas pancreáticas no lume intestinal. O glicocálix também contém um número de enzimas digestivas como proteínas integrais de membrana. Estas incluem enzimas que degradam dissacarídeos e oligopeptídeos antes da absorção. Detalhes adicionais da estrutura dos microvilos são dados à página 18.

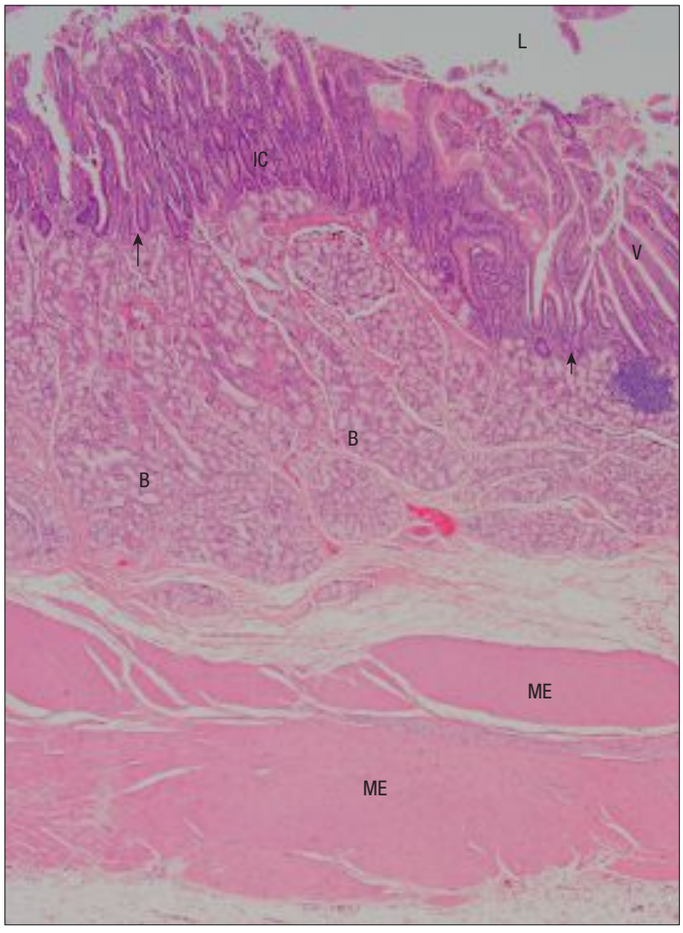


Fig. 66.15 Fotomicrografia em pequeno aumento mostrando a parede do duodeno com vilos (V) se projetando para o lume (L); criptas intestinais (IC) de Lieberkühn na mucosa, vistas principalmente em corte transversal; camada muscular da mucosa (setas); glândulas seromucosas de Brunner (B) na submucosa; e túnica muscular externa (ME). (Por cortesia de Mr Peter Helliwell e Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

A superfície luminal é uma importante barreira à difusão. Os nutrientes geralmente têm que passar através dos enterócitos (absorção transcelular) antes de atingir a lâmina própria subjacente e seus vasos sanguíneos e linfáticos (quilíferos). Os complexos juncionais epiteliais clássicos circundam o perímetro apical das membranas plasmáticas de enterócitos adjacentes: suas junções de oclusão formam uma barreira eficaz para a difusão não seletiva entre o lume intestinal e o corpo como um todo. Os domínios laterais das membranas plasmáticas dos enterócitos são altamente pregueados, se interdigitando entre si para formar complexos limites intercelulares, ancorados periodicamente por desmossomas, e fazendo contato em junções comunicantes (junções do tipo *gap*). O espaço intercelular lateral se expande durante uma absorção ativa e é um canal adicional (suplementando o transporte através da superfície basal da célula) para a passagem de fluidos, nutrientes e outros solutos para os vasos da lâmina própria.

Os enterócitos têm tempo de vida de cerca de cinco dias após a diferenciação. Sua posição na estrutura do vilo reflete seu estádio no ciclo vital: nas pontas dos vilos intestinais, eles sofrem morte celular programada, por apoptose, e são descamados do epitélio. Eles são repostos na base do vilo através da mitose das células-tronco.

Células caliciformes As células caliciformes são mais numerosas na porção distal do intestino delgado, aumentando de número a partir do duodeno até sua densidade mais alta no íleo terminal. Elas apresentam núcleos basais alongados, uma região apical contendo muitos grânulos de mucinogênio revestidos por membrana, e superfícies apicais que abrigam poucos microvilos curtos. As mucinas produzidas pelas células caliciformes contribuem para a proteção contra microrganismos e toxinas no lume intestinal, e também proporcionam lubrificação e proteção mecânica do conteúdo intestinal.

Células com micropregas (células M) As células com micropregas estão presentes onde o epitélio cobre os agregados linfoides na parede intestinal (pág. 74). Elas são de formato cuboide ou achatado, e apresentam longas micropregas amplamente espaçadas, em vez de microvilos, em suas superfícies apicais. Elas capturam amostras de antígenos luminais através de endocitose, e transportam os antígenos até os linfócitos dispostos em bolsas intercelulares formadas por invaginações profundas das membranas plasmáticas basolaterais das células M. Veja a página 78 para detalhes do processamento e apresentação de antígenos.

Linfócitos Os linfócitos intraepiteliais são encontrados em íntima associação com as células M, e também entre as regiões basolaterais dos enterócitos e células caliciformes. Eles são células migratórias derivadas do tecido linfoide subjacente e constituem um importante meio de defesa imunológica.

Glândulas ou criptas intestinais

As glândulas intestinais ou criptas de Lieberkühn são invaginações tubulares que se abrem no lume por toda a mucosa intestinal através de pequenas aberturas circulares entre as bases dos vilos (Figs. 66.14-66.16). Suas paredes delgadas são compostas por enterócitos colunares, suplementadas por células caliciformes (células mucosas), células de Paneth, células-tronco e células neuroendócrinas. Elas são separadas por uma membrana basal de um rico plexo capilar na lâmina própria.

Enterócitos Os enterócitos nas criptas secretam íons e fluido alcalino para diluir o quimo e ajudar na absorção por células estruturalmente similares que recobrem os vilos.

Células mucosas As células mucosas nas criptas são similares às células caliciformes dos vilos.

Células de Paneth As células de Paneth são numerosas nas partes mais profundas das criptas intestinais, particularmente no duodeno. Elas são ricas em zinco e contêm grandes grânulos acidófilos que se coram intensamente com eosina ou com hematoxilina fosfotúngstica. As células de Paneth secretam lisozima, uma enzima antibacteriana altamente específica, e outras proteínas defensivas (defensinas), tais como o fator de necrose tumoral alfa (TNF-α), as quais protegem a superfície luminal intestinal.

Células-tronco As células-tronco ocorrem em uma zona logo acima da região basal das criptas, e são a fonte da maioria dos tipos celulares do epitélio intestinal. Sua progênie, as células amplificantes em trânsito, apresenta uma das taxas de proliferação mais rápidas do corpo. Elas migram das criptas intestinais ao longo das laterais dos vilos, onde elas se diferenciam principalmente nos enterócitos cilíndricos de vida curta, ou nas células caliciformes (as quais, desta forma, são continuamente substituídas). Quando não estão em divisão, suas superfícies apicais têm microvilos mais irregulares e em menor quantidade do que os enterócitos diferenciados.

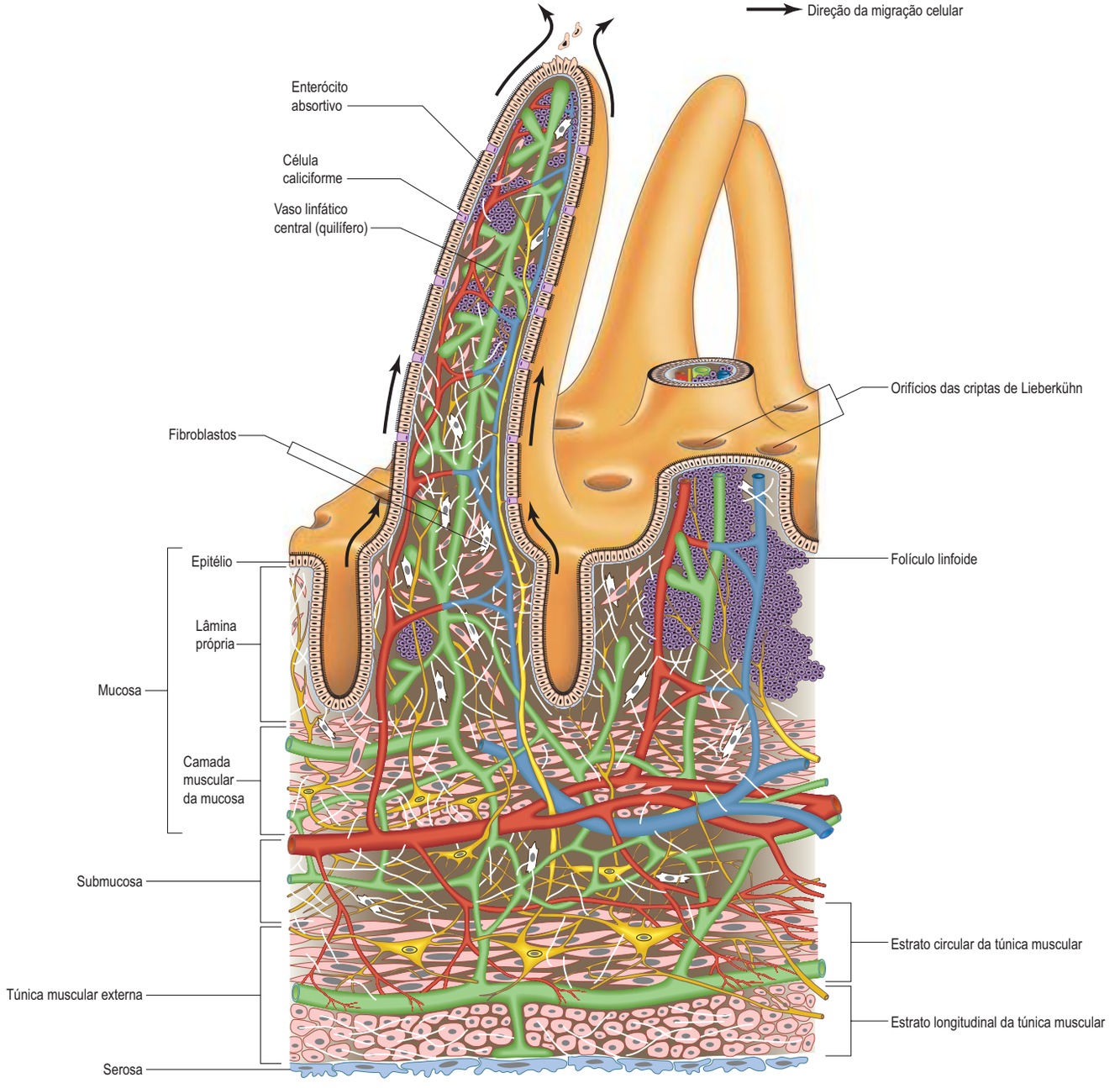


Fig. 66.16 A arquitetura de um vilo intestinal. As várias camadas e células não estão desenhadas em escala.

Fig. 66.17 Aparência endoscópica dos vilos do íleo terminal (em grande aumento).

Células neuroendócrinas Vários tipos de células neuroendócrinas encontram-se espalhados por entre as paredes das criptas intestinais, e menos comumente por sobre os vilos. Eles secretam peptídeos bioativos, tais como a gastrina, a colecistoquinina e a secretina, em direção basal para a lâmina própria circunjacente. As células neuroendócrinas das criptas são derivadas das células-tronco, as quais também dão origem aos enterócitos e a outros elementos epiteliais. Para detalhes adicionais do sistema neuroendócrino difuso, veja o Capítulo 60.

Lâmina própria

A lâmina própria é composta por tecido conjuntivo e fornece um suporte mecânico para o epitélio. Ela tem um rico plexo vascular, recebe os nutrientes absorvidos pelos enterócitos, e forma os eixos dos vilos. Ela contém tecido linfoide, fibroblastos e fibras da matriz extracelular do tecido conjuntivo, células musculares lisas, eosinófilos, macrófagos, mastócitos, capilares, vasos linfáticos e fibras nervosas amielínicas. Os plasmócitos são numerosos. Os linfócitos podem estar agrupados em folículos solitários ou agregados, alguns dos quais se estendem através da camada muscular da mucosa para a submucosa.

Eixo dos vilos

Cada vilo apresenta um eixo constituído por um delicado tecido conjuntivo que contém um grande vaso linfático (ou quilífero, assim chamado devido ao seu conteúdo de quilomícrons em suspensão, as gotículas de complexos de apoproteínas e lipídios elaborados pelos enterócitos a partir das gorduras absorvidas da dieta) em fundo cego. O eixo também contém vasos sanguíneos, nervos e células musculares lisas derivadas de delgadas extensões da camada muscular da mucosa. Cada vaso linfático quilífero, usualmente solitário, mas ocasionalmente duplo, se inicia em uma extre-

midade dilatada fechada próxima ao ápice do vilo, e se estende através do eixo até a base do vilo, onde ele se une a um plexo linfático mais estreito em porções mais profundas da lâmina própria. Sua parede é uma camada única de células endoteliais. As células musculares lisas circundam o quilífero por todo o vilo, e sua contração impulsiona seu conteúdo para o plexo linfático subjacente. Os capilares no interior do eixo são revestidos por um endotélio fenestrado para facilitar a rápida captura dos nutrientes que se difundem a partir do epitélio absortivo de revestimento.

Tecido linfoide associado a mucosas

O tecido linfoide associado a mucosas (MALT, *mucosa-associated lymphoid tissue*) consiste em folículos linfoides cobertos pelo epitélio intestinal associado aos folículos, o qual inclui células M espalhadas. Ele é encontrado principalmente na lâmina própria, mas às vezes se expande para a submucosa, e é a fonte de linfócitos B e T e de outras células relacionadas envolvidas na defesa imunológica da parede intestinal.

Folículos linfoides solitários encontram-se disseminados ao longo da extensão da mucosa intestinal, e são mais numerosos na porção distal do íleo. Agregados de folículos linfoides, as placas de Peyer são massas circulares ou ovais que contêm 10-260 folículos. Eles variam de comprimento, de 2 a 10 cm, são visíveis macroscopicamente como elevações em formato de cúpula, e estão normalmente situados na parede intestinal oposta à inserção mesentérica. Tais placas são maiores e mais numerosas no íleo; pequenas, circulares e em pequena quantidade na região distal do jejuno; e raras no duodeno. Os vilos são pequenos ou ausentes por sobre os grupos foliculares maiores.

Como outras massas de MALT, os folículos linfoides solitários e agregados são mais proeminentes em torno do período da puberdade, após o qual diminuem de tamanho e de quantidade, embora muitos persistam até a velhice. Para detalhes adicionais do MALT intestinal e sua função, incluindo as placas de Peyer, veja Didierlaurent, Simonet & Sira (2006).

Camada muscular da mucosa

A camada muscular da mucosa forma a base da mucosa, e apresenta camadas longitudinal externa e circular interna de células musculares lisas. Ela segue os contornos superficiais das pregas circulares e envia delicados fascículos de células musculares lisas para dentro dos eixos dos vilos.

Submucosa

A submucosa é composta por tecido conjuntivo frouxo e contém vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos. Suas elevações em crista formam os eixos das pregas circulares. A geometria de suas fibras colágenas e elásticas permite as consideráveis mudanças nas dimensões transversais e longitudinais que acompanham a peristalse, ainda que também proporcione suporte, elasticidade e resistência adequados.

Glândulas da submucosa (glândulas de Brunner)

As glândulas da submucosa estão limitadas a esta túnica no duodeno, e frequentemente são denominadas "glândulas de Brunner" (Fig. 66.15). Seus ductos atravessam a camada muscular da mucosa para entrar nas bases das criptas da mucosa. Elas são maiores e mais numerosas próximo ao piloro e formam uma camada quase completa na metade proximal da parte descendente do duodeno, após o que elas gradualmente diminuem em quantidade e desapareçam na junção duodenojejunal. Elas são pequenas glândulas tubulosas ramificadas: cada uma apresenta vários túbulos secretores (comumente chamados de "ácinos mucosos") constituídos por células epiteliais cilíndricas baixas que produzem uma secreção mucoide alcalina (pH 9), a qual efetivamente neutraliza o quimo ácido advindo do estômago. Muitas células neuroendócrinas estão presentes entre as células secretoras.

Túnica muscular externa

A túnica muscular externa consiste em uma delgada camada longitudinal externa e uma espessa camada circular interna de células musculares lisas. Ela é mais espessa na parte proximal do intestino delgado e é principalmente responsável pela aparência diferencial da região proximal do jejuno e da região distal do íleo ao imageamento por TC.

Serosa

A serosa é o peritônio visceral, e consiste em uma camada de tecido conjuntivo frouxo coberta por mesotélio. Ela recobre a maior parte da túnica muscular externa, sendo a parte adjacente ao tecido adiposo mesentérico e as porções retroperitoneais do duodeno as únicas exceções, ambas as quais são cobertas principalmente por uma adventícia de tecido conjuntivo, em vez de uma serosa.

REFERÊNCIAS

Didierlaurent A, Simonet M, Sira J-C 2006 Innate and acquired plasticity of the intestinal immune system. Cell Mol Life Sci 62: 1285–7.

Jackson JE 1999 Vascular anatomy of the gastrointestinal tract. In: Butler P, Mitchell AWM, Ellis H (eds) Applied Radiological Anatomy. Cambridge: Cambridge University Press.

Kadir S 1991 Atlas of Normal and Variant Angiographic Anatomy. Philadelphia: WB Saunders.

Kraehenbuhl JP, Neutra MR 1992 Molecular and cellular basis of immune protection of mucosal surfaces. Physiol Rev 72: 853–79.

Underhill BML 1955 Intestinal length in man. Br Med J 2: 1243–6.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 67

Intestino grosso

VISÃO GERAL

O intestino grosso se estende a partir da papila ileal até o ânus. Falando de uma forma ampla, ele se dispõe em uma curva que tende a formar uma moldura ao redor das alças do intestino delgado que estão localizadas centralmente no interior do abdome (Figs. 67.1 e 67.2). O intestino grosso se inicia na fossa ilíaca direita como o ceco, do qual o apêndice vermiforme se origina. O ceco se torna o colo ascendente, o qual segue para cima na região lombar e hipocôndrio direitos até a face inferior do fígado, onde ele se dobra para a esquerda formando a flexura direita do colo e se torna o colo transverso. Este forma uma alça através do abdome com uma convexidade anteroinferior até que alcance o hipocôndrio esquerdo, onde se curva inferiormente para formar a flexura esquerda do colo e se torna o colo descendente, o qual prossegue através das regiões lombar esquerda e ilíaca para se tornar o colo sigmoide na fossa ilíaca esquerda. O colo sigmoide desce profundamente até a pelve e se torna o reto, o qual termina no canal anal ao nível do assoalho pélvico. O intestino grosso tem aproximadamente 1,5 m em adultos, embora haja uma considerável variação em seu comprimento. Seu calibre é maior próximo ao ceco e diminui gradativamente até o nível do colo sigmoide. O reto tem calibre maior em seu terço inferior e forma a ampola do reto acima do canal anal.

O intestino grosso difere do intestino delgado em várias maneiras: ele apresenta um calibre maior; ao longo da maior parte de seu trajeto ele se encontra mais fixo em sua posição; sua musculatura longitudinal, embora seja uma camada completa, está concentrada em três faixas longitudinais, as tênias do colo, em todos os segmentos, com exceção da porção distal do colo sigmoide e do reto; pequenas projeções adiposas, os apêndices omentais, encontram-se espalhadas por sobre a superfície livre de todo o colo (elas tendem a estar ausentes no ceco, no apêndice vermiforme e no reto); a parede do colo é pregueada devido às saculações, as quais podem, parcialmente, ser devidas à presença das tênias do colo, e que podem ser demonstradas em radiografias simples como septações incompletas que surgem da parede intestinal.

O intestino grosso se desenvolve como um órgão completamente mesentérico. Entretanto, após a rotação do tubo intestinal *in utero*, grandes porções do órgão vêm a se encontrar aderidas ao retroperitônio, o que significa que algumas partes do colo estão fixas no retroperitônio, e outras partes estão suspensas por um mesentério dentro da cavidade peritoneal. As porções do colo em meio ao retroperitônio estão separadas das outras estruturas retroperitoneais por uma delgada camada de tecido conjuntivo que forma um campo avascular durante uma dissecção cirúrgica, mas que oferece pouca ou nenhuma barreira à propagação de doenças no retroperitônio.

O ceco pode estar no retroperitônio, porém, mais frequentemente, está suspenso por um curto mesentério. O colo ascendente é geralmente uma estrutura retroperitoneal, embora a flexura direita do colo possa estar suspensa por um mesentério. O colo transverso emerge do retroperitônio sobre um mesentério que se alonga rapidamente e se encontra, com frequência, livremente móvel, no abdome superior. O mesocolo transverso se encurta para a esquerda do abdome superior e pode tornar-se retroperitoneal na flexura esquerda do colo. Ocasionalmente, a flexura esquerda do colo está suspensa por um curto mesentério. O colo descendente é retroperitoneal normalmente ao nível da crista ilíaca esquerda. À medida que o colo entra na pelve, ele se torna progressivamente mais mesentérico novamente na origem do colo sigmoide, embora a extensão global do mesentério do colo sigmoide seja altamente variável. A parte distal do colo sigmoide se encontra suspensa por um mesentério que se encurta rapidamente à medida que ele se aproxima da pelve; ao nível da junção retos-

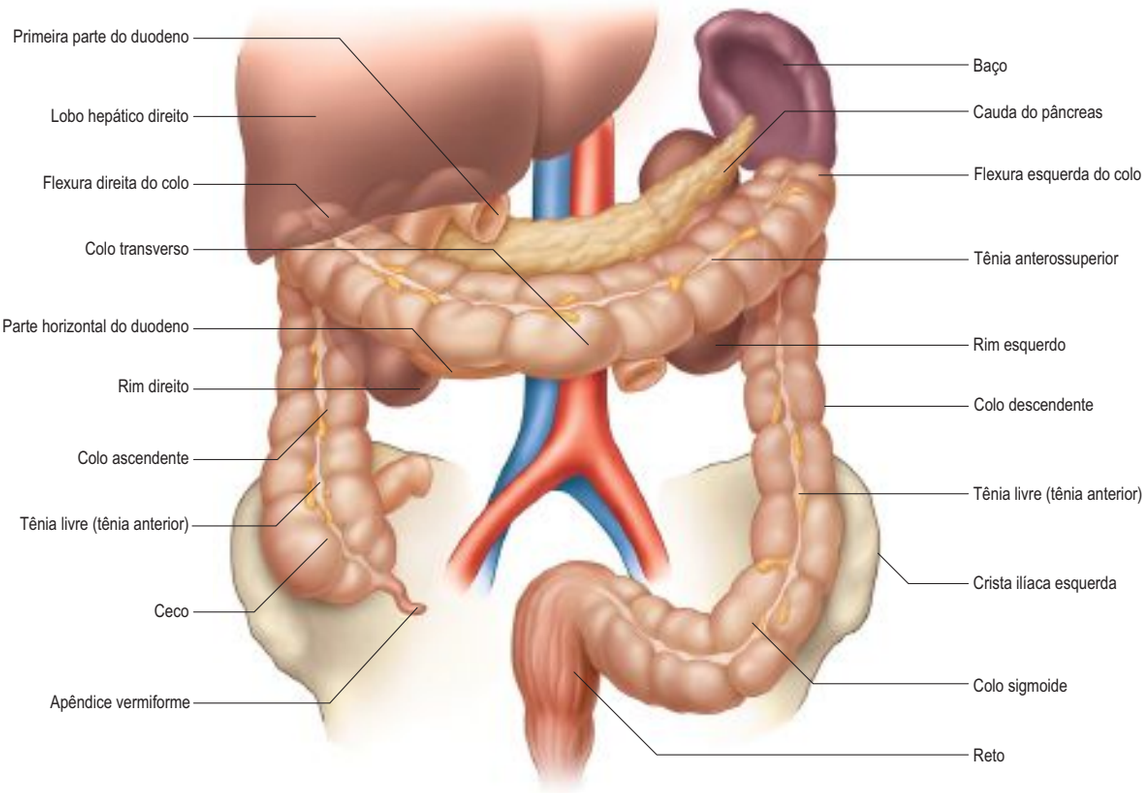


Fig. 67.1 Visão geral do intestino grosso no abdome e suas relações.

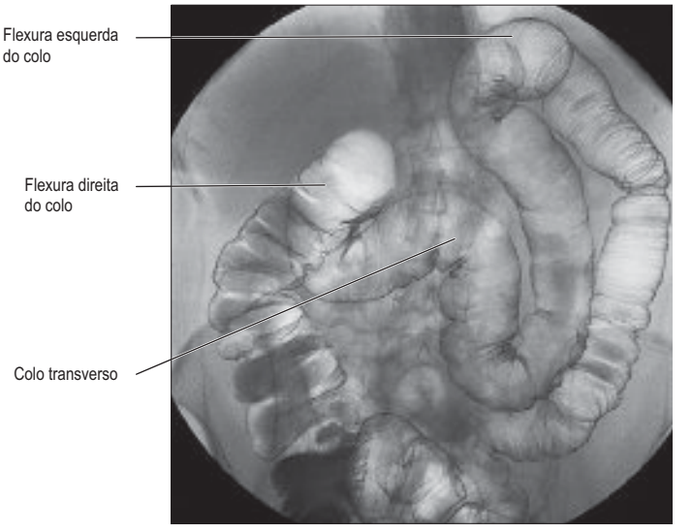


Fig. 67.2 Vista do intestino grosso no abdome sob exame com enema de bário por duplo contraste, demonstrando o colo transverso, e as flexuras direita e esquerda do colo.

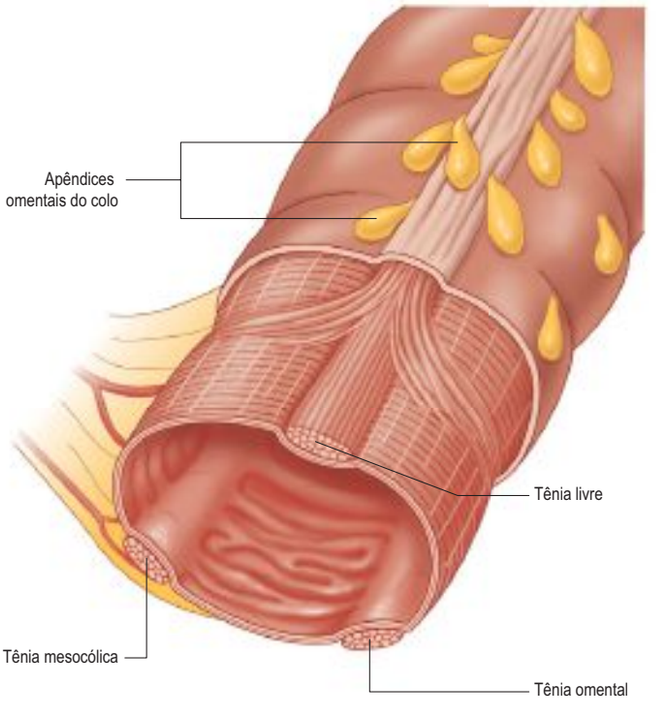


Fig. 67.3 Camadas da parede do intestino grosso.

sigmóidea, o mesentério desaparece por completo, de modo que o reto entre na pelve como uma estrutura retroperitoneal. O ceco e a parte proximal do colo ascendente são frequentemente mais móveis em um mesentério mais longo no recém-nascido e no bebê do que no adulto.

Os mesentérios do intestino grosso consistem em peritônio visceral que envolve tecido conjuntivo propriamente dito e tecido adiposo, os quais contêm os vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos à medida que eles seguem a partir do retroperitônio. Onde os mesentérios dos colos se encontram em contato com o retroperitônio, o espaço (potencial) entre o retroperitônio e o mesentério é referido como o espaço subperitoneal, o qual permite um livre trânsito de processos patológicos em qualquer direção.

VISTA EXTERNA

As saculações do intestino grosso estão frequentemente ausentes no ceco, proximalmente à origem do colo ascendente, e são frequentemente esparsas no colo ascendente e na parte proximal do colo transverso. Nestas regiões, as tênias do colo são normalmente delgadas e ocupam apenas uma pequena porcentagem da circunferência do colo. Existem poucos, se alguns, apêndices omentais na superfície serosa do ceco, e apenas um número limitado na superfície do colo ascendente. As saculações se tornam mais pronunciadas a partir do meio do colo transverso até a porção distal do colo descendente: o colo sigmoide é frequentemente caracterizado por uma marcante saculação. A largura das tênias do colo permanece bastante constante por toda a extensão do intestino grosso, mas o número de apêndices omentais normalmente aumenta, sendo o colo sigmoide o local onde eles podem ser grandes no indivíduo obeso. As tênias estão localizadas em posições bastante constantes abaixo da superfície serosa do intestino grosso, exceto no colo transverso. Elas estão orientadas anteriormente na face antimesentérica do colo, oposta à linha média da fixação mesentérica (tênia livre), posterolateralmente (tênia omental) e posteromedialmente (tênia mesocólica), a meio caminho entre a tênia livre e o mesentério (Fig. 67.3). No ceco e no colo descendente, os quais são estruturas parcialmente retroperitoneais, a visão da tênia omental é frequentemente obscurecida devido à reflexão peritoneal sobre a parede cólica. No colo transverso, as tênias estão giradas em 90° como uma consequência da mobilidade e da posição pendente desta parte do colo; deste modo, o que é anterior se torna posterior, o que é posteromedial se torna posterior e o que é posterolateral se torna superior. As tênias do colo se alargam para ocupar mais da circunferência do colo sigmoide em sua porção distal, e ao nível da junção retossigmóidea elas formam faixas anterior e posterior distintas. Estas faixas subsequentemente se unem para formar uma completa cobertura muscular longitudinal no reto, o qual consequentemente não apresenta saculações. O reto também não apresenta apêndices omentais serosos.

VISTA INTERNA

Ao longo de toda a sua extensão, a face interna do intestino grosso é caracterizada pela presença de saculações. Estas invaginações da parede são formadas pela mucosa e pela submucosa, e podem projetar-se parcialmente para o lúmen, mas elas nunca formam um anel circunferencial completo. O padrão das saculações e a aparência da mucosa cólica ajudam o clínico a avaliar o nível atingido durante exames endoscópicos flexíveis do colo. Na porção do ceco onde ocorrem saculações, as três tênias longitudinais do colo convergem para formar um característico padrão em "trevo" na parede cecal (Fig. 67.4). Em qualquer outra parte, a parede do polo inferior do ceco é geralmente desprovida de saculações, embora um padrão espiral da mucosa seja frequentemente visto na região do orifício do apêndice (Fig. 67.19). A parte superior do ceco e o colo ascendente possuem saculações rasas, porém longas, as quais podem estender-se, através de um terço do lúmen (Fig. 67.5). Este padrão é mais pronunciado no colo transverso, onde as longas saculações frequentemente conferem uma aparência triangular ao corte transversal do lúmen quando visto ao longo do maior eixo (como na colonoscopia) (Fig. 67.6). A parede do intestino grosso é mais delgada na região do ceco e do colo ascendente e aí se encontra em maior risco de perfuração durante procedimentos endoscópicos terapêuticos. As saculações dos colos descendente e sigmoide tendem a ser mais espessas e mais curtas que as do colo transverso, e isto dá um corte transversal de formato mais circular ao lúmen. O diâmetro luminal total é frequentemente menor no colo descendente (Fig. 67.7). Durante a endoscopia, o padrão dos vasos da submucosa se torna mais evidente no colo sigmoide (Fig. 67.8). A mobilidade do colo sigmoide em seu mesentério significa que extensões mais curtas do intestino grosso tendem a ser mais visíveis durante a endoscopia do que em qualquer outro local no órgão. As saculações do reto tendem a formar pregas consistentes e reconhecíveis: o padrão dos vasos da submucosa é o mais pronunciado do intestino grosso, sendo o de maior calibre, com múltiplas veias visíveis (Fig. 67.9). Distintas veias são normalmente visíveis durante a endoscopia e são mais marcantes acima da junção anorretal.

VISTAS RADIOGRÁFICAS

O imageamento em corte transversal do intestino grosso pode ser realizado com tomografia computadorizada (TC) e por ressonância magnética (RM). Ao imageamento axial, o intestino grosso pode estar preenchido com fezes particuladas e ar (Fig. 67.10). A parede em indivíduos normais é delgada. O ceco e o colo ascendente frequentemente contêm resíduos fecais e são facilmente identificados no retroperitônio direito. O colo transverso pode conter fezes ou gás, mas se encontra em uma posição variável suspenso por seu mesentério. O colo descendente no retroperitônio esquerdo está frequentemente colapsado e contém poucos resíduos fecais.

Os conjuntos de dados de volume produzidos por TC moderna em múltiplas fatias pode agora produzir imagens virtuais colonoscópicas da mucosa no intestino grosso distendido e limpo, e imagens obtidas da superfície interna do intestino grosso.

Fig. 67.4 Vista endoscópica do ceco. A característica aparência trifoliada da confluência das três tênias é normalmente evidente.

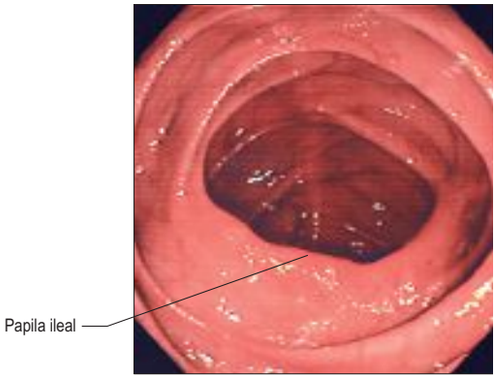


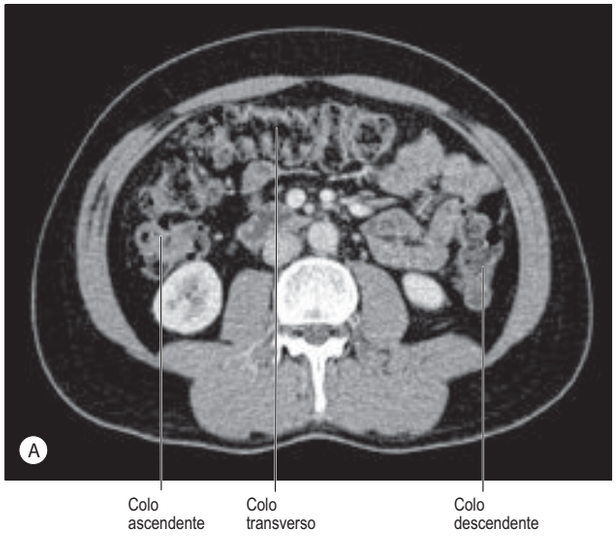
Fig. 67.5 Vista endoscópica do colo ascendente.

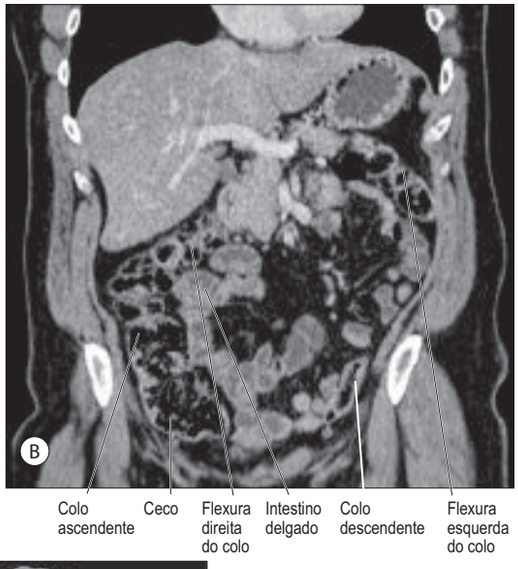
Fig. 67.6 Vista endoscópica do colo transverso. Observe a característica aparência triangular das saculações quando vistas coletivamente (Fig. 67.10C).

Fig. 67.7 Vista endoscópica do colo descendente. O lúmen tende a parecer bem menos característico do que a região mais proximal do intestino grosso.

Fig. 67.8 Vista endoscópica do colo sigmoide. Múltiplas e grandes pregas de mucosa são características.

Fig. 67.9 Vista endoscópica do reto. Observe as grandes pregas transversas, com um pouco mais no trajeto das pregas da mucosa, que caracterizam o reto. Proeminentes veias são frequentemente vistas, particularmente no terço inferior.





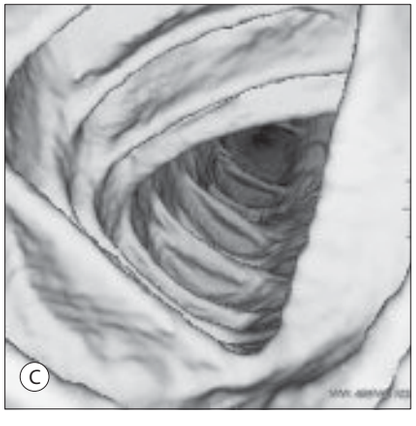


Fig. 67.10 Vistas do intestino grosso sob exame de tomografia computadorizada de múltiplos cortes. **A,** TC axial. **B,** Reconstrução coronal mostrando o calibre e a distribuição normais dos segmentos abdominais do intestino grosso (colos ascendente, transverso e descendente). (**A** e **B**, cortesia da Dra. Louise Moore, Chelsea and Westminster Hospital.). **C,** Tomografia com representação de volume da parede do intestino grosso usando o conjunto de dados axiais para produzir vistas colonoscópicas virtuais, mostrando o lúmen triangular do colo transverso. **D,** Tomografia com representação de volume do intestino grosso preenchido com ar usando o conjunto de dados axiais para dar uma imagem similar a um enema de bário por duplo contraste, demonstrando as saculações. (**C** e **D**, cortesia de GE Worldwide Medical Systems.).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O suprimento arterial do intestino grosso é derivado das artérias mesentéricas superior e inferior (Fig. 67.11). O ceco, o apêndice vermiforme, o colo ascendente e os dois terços direitos do colo transverso (derivados do intestino médio) são supridos pelas artérias ileocólica, cólica direita e cólica média, ramos da artéria mesentérica superior. A parte esquerda do colo transverso, os colos descendente e sigmoide, o reto e a parte superior do canal anal (derivados do intestino posterior) são supridos predominantemente pela artéria mesentérica inferior através das artérias cólica esquerda, sigmóidea e retal superior, com pequenas contribuições de ramos da artéria ilíaca interna (a artéria retal média) e da artéria pudenda interna (a artéria retal inferior). Os ramos maiores sem nome destes vasos se ramificam por entre as camadas musculares do intestino grosso que eles suprem. Eles se subdividem em ramos menores para a submucosa e entram na mucosa. Os ramos terminais se dividem em vasos curtos e vasos longos, os quais entram na parede cólica diretamente ou seguem através da região abaixo da serosa por uma curta distância antes de atravessar a musculatura lisa circular para originar ramos para os apêndices omentais (Fig. 67.12).

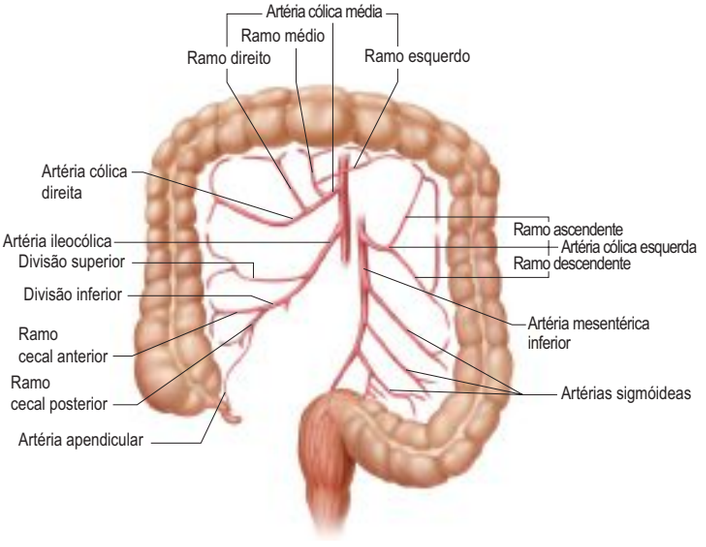


Fig. 67.11 Os principais ramos das artérias mesentéricas superior e inferior.

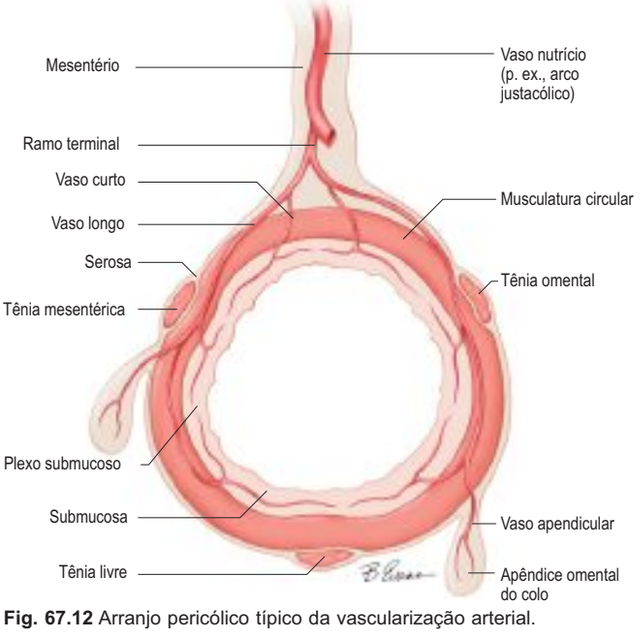


Fig. 67.12 Arranjo pericólico típico da vascularização arterial.

Anastomoses arteriais e o arco justacólico do intestino grosso

O suprimento arterial para o intestino grosso tem anastomoses menos profusas e menos sobreposições de territórios arteriais do que o intestino delgado, porém existem várias áreas e anastomoses que proporcionam algum grau de suprimento colateral anatômico para áreas do intestino grosso.

O arco justacólico (artéria marginal de Drummond) do intestino grosso é o nome dado ao vaso que se encontra mais próximo à parede do intestino grosso e segue paralelamente a esta. É formado pelos troncos principais e as arcadas que se originam das artérias ileocólica e cólica direita, cólica média e cólica esquerda. Ele é mais aparente nos colos ascendente, transverso e descendente (Fig. 67.13). O colo sigmoide apresenta-se pouco suprido, ou desprovido, de um arco justacólico. Anastomoses se formam entre os principais ramos terminais, os quais seguem paralelamente ao intestino grosso em meio ao mesentério, e dão origem aos vasos retos e vasos curtos para suprir o intestino grosso. O arco justacólico na região da flexura esquerda do colo pode estar ausente ou ser de tão pequeno calibre que apresenta pouca relevância clínica. Ele pode hipertrofiar-se de maneira significativa quando uma das principais artérias viscerais estiver comprometida, por exemplo, após uma estenose ou oclusão da artéria mesentérica inferior, e então ele proporciona um vaso de suprimento colateral.

A arcada de Riolan é o nome dado à anastomose arterial que às vezes está presente no mesentério, entre o lado direito do colo transverso e a parte superior do colo descendente. Quando presente, ela é formada por um grande ramo da artéria cólica média que segue paralelamente e posterior à artéria cólica média no mesocolo transverso e se anastomosa com um ramo ascendente da artéria cólica esquerda, próximo à sua origem na raiz do mesentério. Isto fornece uma comunicação direta entre as artérias mesentéricas superior e inferior.

Oclusão vascular cólica

O arco justacólico do intestino grosso pode se tornar massivamente dilatado quando houver uma oclusão crônica e progressiva da artéria mesentérica superior, porque sob estas condições é necessário suprir a maior parte dos derivados do intestino médio (exceto a porção proximal, a qual é suprida por vasos colaterais derivados da artéria celíaca). A oclusão da aorta ou das artérias ilíacas comuns pode resultar em dilatação do arco justacólico e da artéria mesentérica inferior, o que se torna um importante

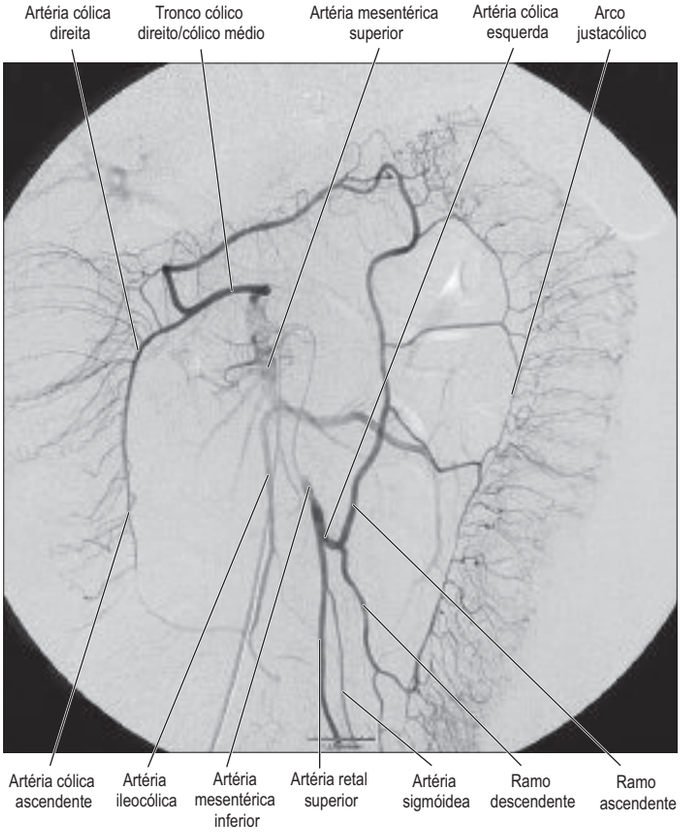


Fig. 67.13 O arco justacólico que segue paralelamente ao intestino grosso e se anastomosa com os ramos da artéria mesentérica superior que supre o lado direito do intestino grosso, arteriograma de subtração digital. (Cortesia do Dr J Jackson, Hammersmith Hospital, London.).

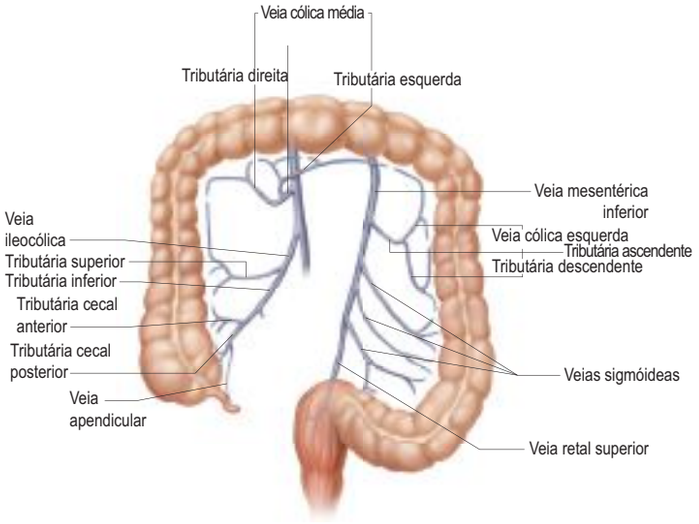


Fig. 67.14 As principais tributárias das veias mesentéricas superior e inferior.

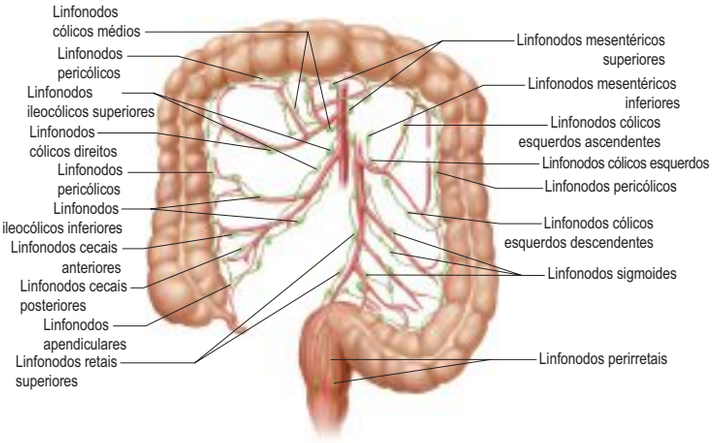


Fig. 67.15 Os vasos linfáticos e linfonodos ao longo do intestino grosso.

suprimento colateral para as pernas através dos vasos retais médios que se originam da artéria ilíaca interna.

A oclusão da artéria mesentérica inferior nem sempre resulta em isquemia irreversível dos colos descendente e sigmoide, porque o arco justacólico do intestino grosso geralmente recebe um suprimento adequado a partir do ramo esquerdo da artéria cólica média. Além do mais, as artérias sigmóideas podem ser supridas pela artéria retal superior, a qual se anastomosa com as artérias retais média e inferior. Quando uma isquemia de fato ocorrer, ela será máxima normalmente na porção proximal do colo descendente, devido a esta região ser a mais distante dos suprimentos arteriais colaterais.

Veias

A drenagem venosa do intestino grosso ocorre principalmente para a veia porta através das veias mesentéricas superior e inferior, embora uma pequena quantidade da drenagem do reto ocorra através das veias retais médias para as veias ilíacas internas e através de veias retais inferiores para a veia pudenda. As partes do intestino grosso derivadas do intestino médio (ceco, apêndice vermiforme, colo ascendente e os dois terços direitos do colo transverso) são drenadas por ramos cólicos da veia mesentérica superior, enquanto os derivados do intestino posterior (parte esquerda do colo transverso, colos descendente e sigmoide, reto e parte superior do canal anal) são drenados para a veia mesentérica inferior (Fig. 67.14).

Vasos Linfáticos

Os vasos linfáticos do ceco, do colo ascendente e da parte proximal do colo transverso drenam definitivamente para linfonodos relacionados à artéria mesentérica superior, enquanto aqueles da parte distal do colo transverso, colo descendente, colo sigmoide e reto drenam para linfonodos que seguem o trajeto da artéria mesentérica inferior (Fig. 67.15). Em casos onde a porção distal do colo transverso ou a flexura esquerda do colo é predominantemente suprida por vasos derivados da artéria cólica média, a drenagem linfática desta área pode ser predominantemente para linfonodos mesentéricos superiores.

Linfonodos cólicos

Os linfonodos relacionados ao intestino grosso formam quatro grupos, a saber, linfonodos epicólicos, paracólicos, cólicos intermediários e cólicos pré-terminais. Os linfonodos epicólicos são minúsculos linfonodos sobre a superfície da serosa do intestino grosso, às vezes nos apêndices omentais. Os linfonodos paracólicos se encontram ao longo das bordas mediais dos colos ascendente e descendente e ao longo das bordas mesentéricas dos colos transverso e sigmoide. Os linfonodos cólicos intermediários se encontram ao longo dos vasos cólicos mencionados (as artérias ileocólica, cólica direita, cólica média, cólica esquerda, sigmóidea e retal superior). Os linfonodos cólicos pré-terminais se encontram ao longo dos principais troncos das artérias mesentéricas superior e inferior e drenam para linfonodos para-aórticos na origem destes vasos. Estes são comumente referidos como os linfonodos mais altos do território o qual eles drenam.

Remoção de linfonodos em ressecções de câncer colorretal

A linfadenectomia radical durante uma ressecção para o câncer colorretal requer a remoção do linfonodo de localização mais alta possível que drena a área do intestino grosso no qual o tumor está localizado. Em casos de câncer envolvendo o reto e o colo sigmoide, isto geralmente envolve a ressecção dos linfonodos cólicos pré-terminais da artéria mesentérica inferior e, deste modo, a ligação da artéria mesentérica inferior em sua raiz ou logo abaixo da origem da artéria cólica esquerda. Uma descrição detalhada da classificação dos linfonodos com relação ao local do tumor primário no intestino grosso foi sugerida pela Japanese Society for the Cancer of the Colon and Rectum.

INERVAÇÃO

Os segmentos do colo e o reto são inervados pelos sistemas simpático e parassimpático (Cap. 60; Figs. 60.2-60.4).

O suprimento simpático para o ceco, apêndice vermiforme, colo ascendente e dois terços direitos do colo transverso se origina no quinto ao décimo-segundo segmentos espinais torácicos, e são veiculados para os plexos celíaco e mesentérico superior através dos nervos esplâncnicos maior e menor, onde eles fazem sinapses em neurônios ganglionares. Os axônios pós-ganglionares seguem ao longo de ramos da artéria mesentérica superior, e estão distribuídos pelo colo a partir dos plexos periarteriais. O suprimento parassimpático é derivado do nervo vago através dos plexos celíaco e mesentérico superior.

O suprimento simpático do terço esquerdo do colo transverso, dos colos descendente e sigmoide, do reto e da parte superior do canal anal origina-se no primeiro e no segundo segmentos espinais lombares. As fibras estão distribuídas através dos nervos esplâncnicos lombares pelos plexos aórtico abdominal e mesentérico inferior, e através dos nervos esplâncnicos sacrais pelos plexos hipogástricos superior e inferior. Os axônios pós-ganglionares atingem a parede intestinal através de plexos periarteriais sobre ramos da artéria mesentérica inferior. O suprimento parassimpático segue através dos nervos esplâncnicos pélvicos (nervos erigentes) a partir de corpos celulares nos segundo ao quarto segmentos espinais sacrais. Aqueles distribuídos para o reto e porção superior do canal anal seguem através dos plexos hipogástricos inferior e superior até ramos da artéria mesentérica inferior. Alguns dos distribuídos para os colos descendente e sigmoide seguem através destes plexos; entretanto, um grande número de fibras passa diretamente através dos tecidos retroperitoneais para a flexura esquerda do colo e para os colos descendente e sigmoide independentemente da artéria mesentérica inferior.

A distribuição definitiva na parede do intestino grosso é similar à do intestino delgado. Os nervos cólicos simpáticos são motores para a musculatura da papila ileal e inibitórios para a musculatura mural nos colos e no reto. Algumas fibras são vasoconstritoras para a vascularização cólica. Os nervos parassimpáticos são secretomotores para glândulas colorretais, motores para as musculaturas cólica e retal e inibitórios para o músculo esfíncter interno do ânus. Impulsos aferentes que medeiam sensações de distensão são conduzidos por fibras aferentes viscerais que seguem com os nervos parassimpáticos; impulsos de dor passam em fibras aferentes viscerais que seguem nos nervos simpáticos e parassimpáticos que suprem o reto e a parte superior do canal anal.

CECO, APÊNDICE VERMIFORME E COLO ASCENDENTE

CECO

O ceco é uma grande bolsa em fundo cego disposta na fossa ilíaca direita abaixo da papila ileal, contínuo proximalmente com a parte distal do íleo

e distalmente com o colo ascendente. O apêndice vermiforme, em fundo cego, geralmente se origina em sua face medial ao nível da abertura ileal. Seu comprimento axial médio é de 6 cm e sua largura de 7,5 cm. Ele se apoia posteriormente sobre os músculos ilíaco direito e psoas maior, com o nervo cutâneo femoral lateral interposto. Posteriormente, encontra-se o recesso retrocecal, o qual frequentemente contém o apêndice vermiforme. A parede abdominal anterior está imediatamente anterior ao ceco, exceto quando este se encontra vazio, em cujo caso o omento maior e algumas alças do intestino delgado podem estar interpostos. Normalmente, o ceco está inteiramente coberto pelo peritônio, mas ocasionalmente este é incompleto posterossuperiormente, onde ele se encontra sobre a fáscia ilíaca, separado desta apenas por tecido conjuntivo frouxo.

No início da vida fetal, o ceco geralmente é curto, cônico e de base larga, com um ápice voltado superomedialmente em direção à junção ileocecal. À medida que o feto cresce, o ceco aumenta inicialmente em comprimento mais do que em largura, ainda com o ápice voltado superomedialmente; nos estágios tardios do crescimento intrauterino, a parte proximal do ceco se alarga, de modo que o ceco ainda tenha um formato cônico, porém o ápice (do qual o apêndice se origina) vem a se apontar em direção inferomedial. Esta forma infantil persiste durante toda a vida em apenas uma percentagem muito pequena de indivíduos. Ocasionalmente, o ceco originalmente cônico se torna quadrado como resultado da evaginação de um sáculo a cada lado da tênia anterior: os sáculos são de mesmo tamanho, e o apêndice se origina a partir de uma depressão entre eles, em vez de se originar do ápice de um cone. Na forma adulta normal, o sáculo direito cresce mais rapidamente que o esquerdo, formando um novo "ápice". O ápice original, com o apêndice associado, é empurrado em direção à junção ileocecal (Fig. 67.16).

O processo de reabsorção de líquidos e de eletrólitos começa no ceco, mas ocorre grandemente nos colos ascendente e transverso. A natureza distensível e a morfologia sacular do ceco permitem o armazenamento de grandes volumes do quimo semilíquido que advém do intestino delgado através da papila ileal. O grande diâmetro de repouso do ceco o torna mais propenso a distensão durante períodos de pressão intracólica aumentada, e assim ele é a porção mais vulnerável do intestino grosso a uma perfuração secundária a uma dilatação (por obstrução ou por outro motivo).

Papila ileal

O íleo se abre na face posteromedial do intestino grosso na junção do ceco com o colo ascendente através da "papila" ileal. O óstio ileal tem dois lábios que se projetam para o lúmen do intestino grosso (Fig. 67.17). A configuração e o formato precisos da papila variam; no ceco do cadáver, os lábios são frequentemente semilunares, mas em vida eles podem frequentemente ser vistos formando um padrão em roseta ou trevo na mucosa. O lábio superior (ileocólico), aproximadamente horizontal, está preso à junção do íleo com o colo ascendente; o lábio inferior (ileocecal) é mais longo e mais côncavo, e está preso à junção do íleo com o ceco.

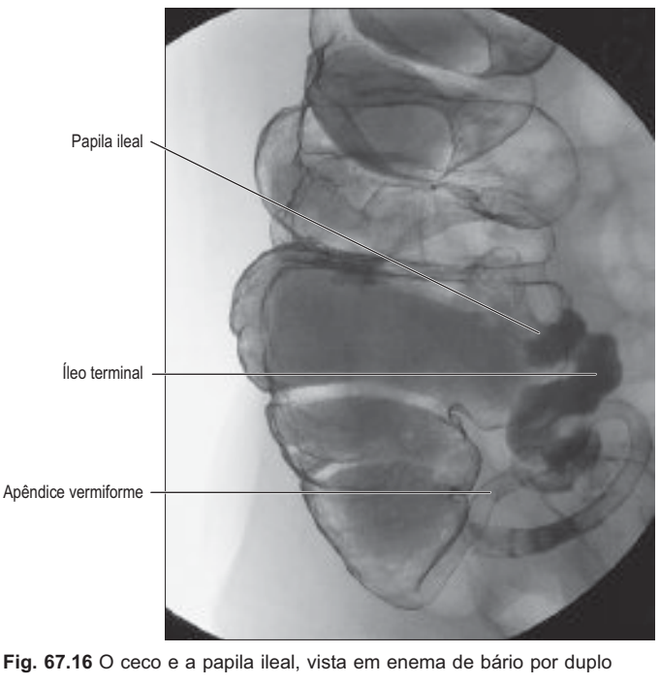


Fig. 67.16 O ceco e a papila ileal, vista em enema de bário por duplo contraste.

Em suas extremidades, os lábios se fundem, continuando como estreitas cristas membranáceas, os frênulos do óstio ileal. O óstio pode aparecer em muitos formatos diferentes, dependendo do estado de contração ou distensão do ceco; é comumente uma fenda ou um oval.

A margem da papila ileal é formada por uma reduplicação da mucosa intestinal e da musculatura circular. Fibras musculares longitudinais são parcialmente reduplicadas à medida que entram no óstio ileal, mas as fibras mais superficiais e o peritônio se continuam a partir do intestino delgado até o intestino grosso, sem interrupção. O óstio pode evitar o refluxo do quimo do ceco para o íleo e pode tornar lenta a passagem do conteúdo ileal para o ceco quando a musculatura circular da região é contraída pela estimulação simpática. Embora as camadas musculares circular e longitudinal do íleo terminal se continuem no óstio, existem poucas evidências de que esta constitua um verdadeiro esfíncter funcional.

As superfícies dos lábios ileais são cobertas com vilos e têm a estrutura da mucosa do intestino delgado, enquanto as superfícies cecais não apresentam vilos, mas apresentam numerosos orifícios de glândulas tubulosas peculiares à mucosa do intestino grosso.

Vólvulo cecal

Como o ceco e o colo ascendente podem possuir um mesentério a um grau variável, é possível que o ceco (e a porção inferior do colo ascendente) sofra uma rotação em torno de sua fixação mesentérica (vólvulo mesenteroaxial), de modo que o polo inferior do ceco venha a se colocar no quadrante superior ou esquerdo do abdome. O ápice fixo desta rotação é formado pela fixação do mesentério cecal ao retroperitônio. O vólvulo ocorre mais comumente naqueles indivíduos onde uma grande porção do colo ascendente se encontra presa a um mesentério e a origem comum do mesentério cecal e do colo ascendente é estreita. Ele é extremamente improvável em indivíduos onde o ceco e o colo ascendente possuem um curto mesentério amplamente fixado. O verdadeiro vólvulo isolado do ceco é extremamente raro.

APÊNDICE VERMIFORME

O apêndice vermiforme é um estreito tubo vermiforme que se origina a partir da parede cecal posteromedial, aproximadamente 2 cm abaixo do final do íleo. Ele pode ocupar uma de várias posições (Fig. 67.18). As posições mais comuns vistas na prática clínica são a retrocecal ou a retrocólica (atrás do ceco ou atrás da porção inferior do colo ascendente, respectivamente), a pélvica ou a descendente (quando o apêndice fica pendurado por sobre a borda pélvica, em íntima relação com a tuba uterina e com o ovário direitos em mulheres). Outras posições, incluindo a subcecal (abaixo do ceco), e pré-ileal ou pós-ileal (anterior ou posterior ao íleo terminal, respectivamente), são ocasionalmente vistas, especialmente quando há um longo mesentério apendicular, o qual permite uma mobilidade maior.

As três tênias do colo ascendente e no ceco convergem na base do apêndice e se fundem em sua musculatura longitudinal. A tênia cecal anterior é geralmente distinta e pode ser acompanhada até o apêndice, o que oferece um guia para sua localização durante uma cirurgia. O apêndice varia de 2-20 cm de comprimento: ele é frequente e relativamente mais longo em crianças e pode atrofiar-se e encurtar após a metade da vida adulta. Ele está conectado a um curto mesoapêndice até a parte inferior do mesentério ileal. Esta prega é geralmente triangular, estendendo-se quase até a ponta do apêndice, ao longo de toda a víscera.

O lúmen do apêndice é pequeno e se abre no ceco através de um óstio disposto abaixo e ligeiramente posterior à abertura ileocecal. O óstio é às vezes guardado por uma prega reta da mucosa, a qual forma uma "valva" assimétrica que dá ao óstio do apêndice vermiforme a aparência de um

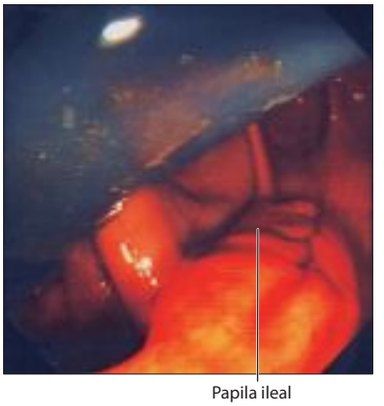


Fig. 67.17 Vista endoscópica da papila ileal.

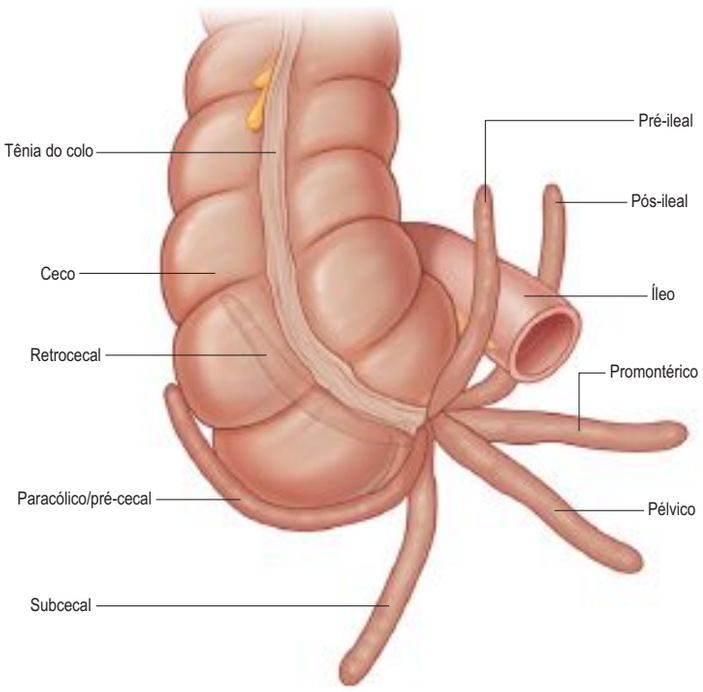


Fig. 67.18 As principais posições do apêndice vermiforme encontradas em cirurgias ou *post-mortem*.

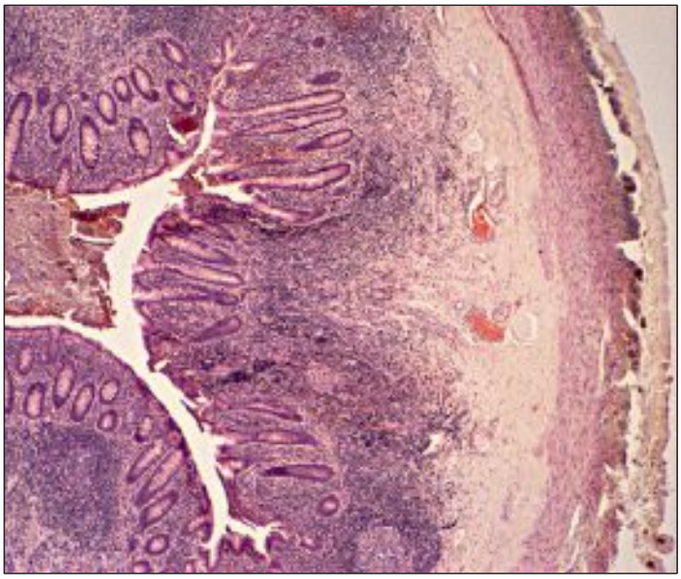


Fig. 67.20 Fotomicrografia em pequeno aumento do apêndice vermiforme em corte transversal, mostrando parte de sua circunferência e um fragmento fecal alojado em seu lúmen. O tecido linfoide (de coloração basófila) ocupa grande parte da mucosa por entre as criptas, e parte da submucosa. A túnica muscular externa e a camada serosa, de posição mais externa, são vistas à direita do campo.

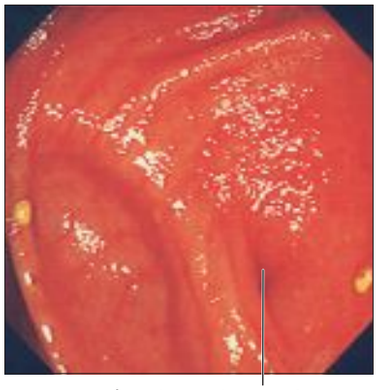


Fig. 67.19 Vista endoscópica do óstio do apêndice vermiforme. O óstio varia de uma pequena depressão a uma evidente estrutura luminal.

"arco teso" (Fig. 67.19). Esta prega tende a se dispor paralelamente à parede medial do ceco e da papila ileal, e uma "seta" imaginária colocada no arco normalmente aponta na direção da papila ileal; este é um sinal útil durante exames colonoscópicos. O lúmen pode estar amplamente patente no início da infância, mas, em geral, está parcial ou totalmente obliterado nas futuras décadas de vida.

Estrutura microscópica

As camadas da parede do apêndice vermiforme são essencialmente aquelas do restante do intestino grosso (veja abaixo), mas alguns aspectos são notavelmente diferentes e são descritos aqui. A serosa forma uma cobertura completa, exceto ao longo da fixação mesentérica. As fibras musculares longitudinais formam uma camada completa de espessura uniforme, exceto por sobre algumas pequenas áreas onde ambas as camadas musculares são deficientes, de modo que a serosa e a submucosa estejam em contato. Na base do apêndice vermiforme, a musculatura longitudinal se espessa para formar tênias rudimentares que são contínuas com as do ceco e do colo ascendente.

A submucosa tipicamente contém muitos e grandes agregados linfoides que se estendem da mucosa e obscurecem a camada muscular da mucosa, a qual consequentemente é descontínua. Estes agregados também fazem com que a mucosa se projete para o lúmen do apêndice vermiforme, de modo que ela se estreite irregularmente (Fig. 67.20). A mucosa é revestida por um epitélio simples cilíndrico como em qualquer lugar do intestino grosso, e o epitélio que recobre o tecido linfoide da mucosa contém células M. As glândulas (ou criptas) são similares àquelas dos demais segmentos do intestino grosso, mas estão em menor número e são menos densamente agrupadas. Elas penetram profundamente no tecido linfoide da lâmina própria da mucosa. O tecido linfoide da submucosa frequentemente exibe centros germinativos em seus folículos, indicativo de uma ativação de células B, conforme ocorre em folículos linfoides de outras áreas. Os folículos linfoides estão ausentes ao nascimento, mas se acumulam durante os primeiros 10 anos de vida para se tornarem um aspecto proeminente do apêndice vermiforme. Em adultos, a estrutura normal em camadas do apêndice vermiforme é perdida e os folículos linfoides atrofiam e são substituídos por tecido conjuntivo rico em colágeno; nos idosos, o apêndice vermiforme pode estar preenchido com tecido cicatricial fibroso.

Apendicite aguda

A gênese da apendicite aguda varia entre os indivíduos. Ela pode seguir-se a uma obstrução do lúmen quando é uma consequência da pressão intraluminal aumentada e retenção de conteúdo (infectado), o que propicia uma supuração aguda. O tamanho do óstio do apêndice vermiforme em alguns indivíduos pode contribuir para o risco de que isto acontecerá. Apendicólitos podem estar visíveis em radiografias simples em 7%-15% da população normal: nos pacientes com dor abdominal aguda, sua presença indica um alto risco de apendicite. O tamanho aumentado do óstio e do lúmen nos extremos da vida pode ser uma razão pela qual a apendicite aguda é relativamente incomum nestas faixas etárias. A apendicite aguda também pode estar presente como uma supuração primária dos tecidos do apêndice vermiforme em si: a redução no tecido linfoide apendicular que ocorre mais tardiamente durante a vida pode ser uma outra razão pela qual a doença é pouco frequente nos idosos. Embora o apêndice vermiforme seja bem suprido por anastomoses arteriais em sua base, a artéria apendicular é uma artéria terminal a partir do ponto médio para cima, e sua íntima proximidade à parede a torna suscetível a uma trombose durante episódios de inflamação aguda. Isto pode tornar isquêmica a parte distal do apêndice vermiforme e explica a frequência de perfurações gangrenosas vistas na doença.

O apêndice vermiforme e o peritônio visceral sobrejacente são inervados por nervos simpáticos e parassimpáticos derivados do plexo mesentérico superior. Fibras aferentes viscerais que conduzem sensações de distensão e pressão medeiam os sintomas de "dor" sentidos durante os estágios iniciais da inflamação apendicular. Em se mantendo com outras estruturas derivadas do intestino médio, estas sensações são mal localizadas inicialmente e referidas à região central (periumbilical) do abdome. Ela não ocorre até que tecidos parietais adjacentes ao apêndice vermiforme se tornem envolvidos em qualquer processo inflamatório no qual nociceptores somáticos tenham sido estimulados, e existe uma alteração associada na natureza e na localização da dor. O ceco e a parte proximal do colo ascendente compartilham de uma inervação comum com o apêndice vermiforme (nervos simpáticos e parassimpáticos através do plexo mesentérico superior), o que significa que uma inflamação inicial no ceco (tiflite)

resulta em sintomas de dor visceral similares àqueles experimentados em uma apendicite.

COLO ASCENDENTE

O colo ascendente tem aproximadamente 15 cm de comprimento e é mais estreito que o ceco. Ele sobe até a superfície inferior do lobo hepático direito, sobre o qual ele provoca uma depressão rasa e, em seguida, se volta abruptamente para a frente e para a esquerda, na flexura direita do colo. Ele é uma estrutura retroperitoneal coberta anteriormente e em ambos os lados pelo peritônio. Sua superfície posterior é separada por tecido conjuntivo frouxo da fossa ilíaca, do ligamento iliolombar, do músculo quadrado do lombo, da aponeurose do músculo transverso do abdome e da fáscia perirrenal anterior inferolateralmente ao rim direito. O nervo cutâneo femoral lateral, geralmente a quarta artéria lombar, e às vezes os nervos ilioinguinal e ílio-hipogástrico, se encontram posteriormente à medida que cruzam o músculo quadrado lombar. Lateralmente, o peritônio forma o sulco paracólico lateral e medialmente o sulco paracólico medial (Fig. 67.21). O colo ascendente possui um estreito mesocolo para parte de seu trajeto em até um terço dos casos. Anteriormente, ele se encontra em contato com alças do íleo, com o omento maior e com a parede abdominal anterior.

Flexura direita do colo

A flexura direita do colo forma a junção dos colos ascendente e transverso à medida que este último se volta para baixo, para a frente e para a esquerda. Ela é variável de posição e normalmente tem um ângulo menos agudo que a flexura esquerda do colo. A superfície anterior do polo inferior do rim direito é posterior, o lobo hepático direito é superior e anterolateral (Fig. 67.22), a parte descendente (segunda parte) do duodeno é medial e o fundo da vesícula biliar é anteromedial. A face posterior da flexura direita do colo não é coberta pelo peritônio e a parede intestinal está em contato direto com a fáscia pararrenal. A flexura direita do colo é frequentemente recoberta pelo omento maior, o qual pode estar fixado à superfície anterior tanto da parte superior do colo ascendente como da extremidade proximal (direita) do colo transverso.

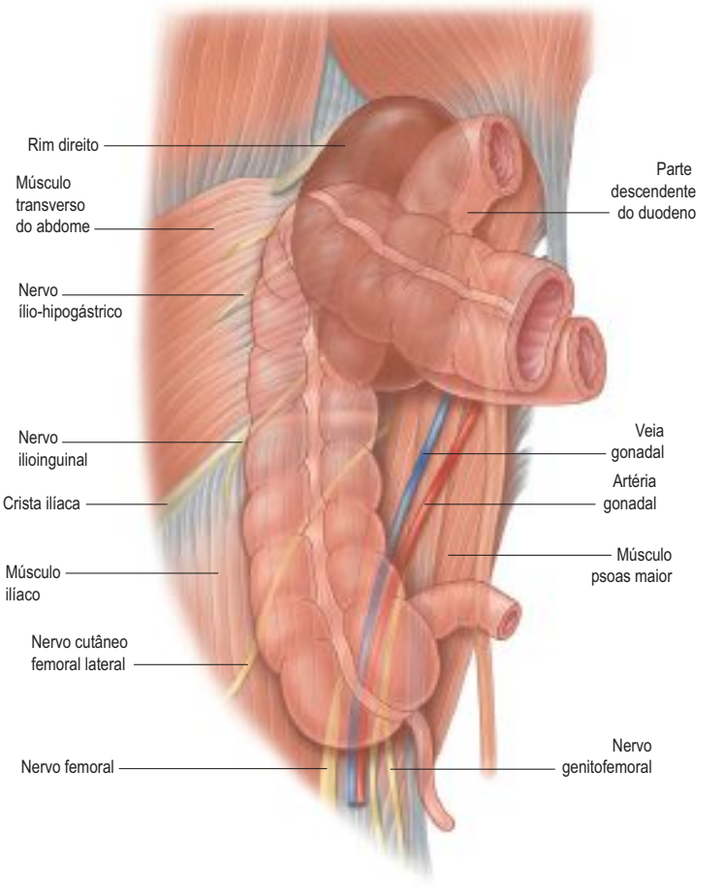


Fig. 67.21 Relações posteriores do colo ascendente.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

Artéria mesentérica superior

As artérias para o ceco, apêndice vermiforme e colo ascendente são um pouco variáveis, mas todas são derivadas da artéria mesentérica superior através das artérias ileocólica e cólica direita (quando presentes) (Figs. 67.11 e 67.13).

Artéria ileocólica

A artéria ileocólica se origina a partir do lado direito da artéria mesentérica superior em sua metade superior na raiz do mesentério. Ela desce para a direita, abaixo do peritônio parietal, em direção ao ceco e atravessa anteriormente ao ureter direito, vasos gonadais e músculo psoas maior para entrar na fossa ilíaca direita. Embora a distribuição terminal varie, a artéria normalmente se divide em um ramo superior que segue superolateralmente em direção ao colo ascendente, onde ela se anastomosa com a artéria cólica direita (ou como o ramo direito da artéria cólica média), e um ramo inferior que se anastomosa com o ramo ileal final da parte distal da artéria mesentérica superior. O ramo inferior se aproxima da borda superior da junção ileocólica. Ela geralmente dá origem aos seguintes ramos: cólico ascendente (que passa para cima, por sobre o colo ascendente para se anastomosar com o ramo superior), cecal anterior, cecal posterior (que normalmente dá origem à artéria apendicular) e ileal (que sobe para a esquerda por sobre a parte inferior do íleo, o supre e se anastomosa com o último ramo ileal da artéria mesentérica superior) (Fig. 67.23). O ceco é suprido quase inteiramente pela artéria ileocólica.

A artéria ileocólica é o vaso mais proeminente na porção inferior direita do mesentério cólico, e uma tração sobre o ceco na direção da crista ilíaca superior anterior fará facilmente com que o vaso "arme uma tenda"

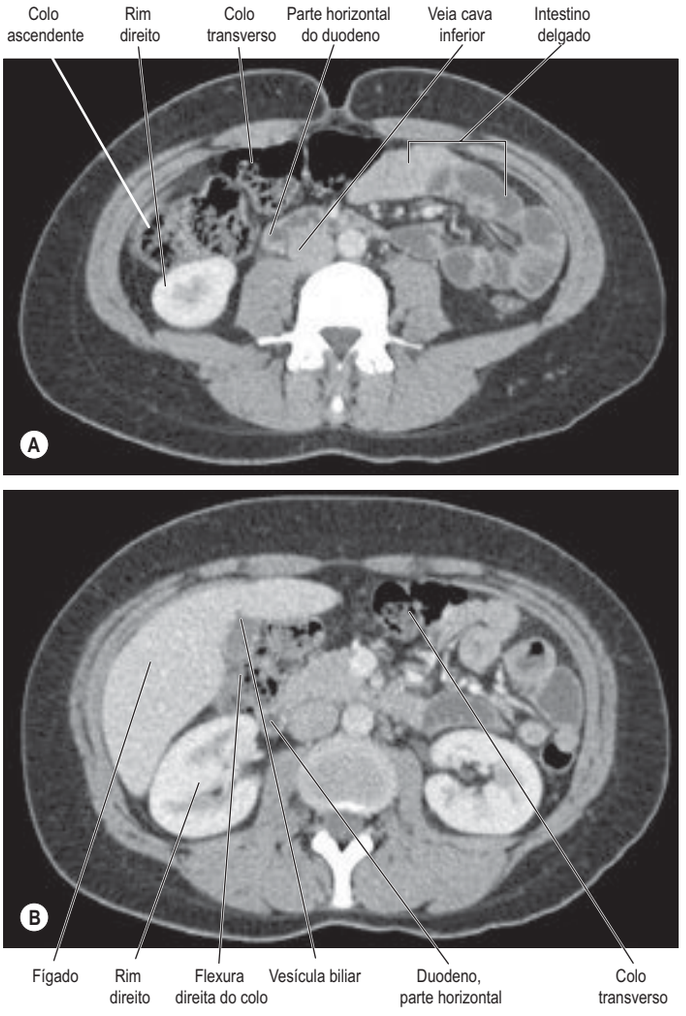


Fig. 67.22 Imagens de TC axiais do colo ascendente obtidas (A) no nível da porção média do colo ascendente e (B) no nível da flexura direita do colo, mostrando a relação do colo ascendente e da flexura direita do colo com o lobo hepático direito, os rins direito e esquerdo, a parte descendente do duodeno e a vesícula biliar (fornecido pela Dra Louise Moore, Chelsea and Westminster Hospital, London).

com o mesentério devido a seu trajeto direto para o ceco. Isto permite uma fácil identificação do vaso durante uma cirurgia laparoscópica.

A artéria apendicular desce por trás do íleo terminal para entrar no mesoapêndice a uma curta distância da base apendicular (Fig. 67.23). Aqui, ela origina um ramo recorrente, o qual se anastomosa na base do apêndice com um ramo da artéria cecal posterior: a anastomose é às vezes extensa. A principal artéria apendicular se aproxima da ponta do órgão, primeiramente próximo ao mesoapêndice e, em seguida, na borda desta estrutura. A parte terminal da artéria se encontra sobre a parede do apêndice vermiforme e pode sofrer uma trombose durante uma apendicite, o que resulta em gangrena ou necrose distal. Artérias acessórias são comuns, e muitos indivíduos possuem duas ou mais artérias de suprimento para o apêndice vermiforme.

As arcadas da artéria ileal terminal fornecem um suprimento colateral para o ceco através de anastomoses com o ramo ileal da artéria ileocólica.

Artéria cólica direita

A artéria cólica direita é um pequeno vaso que é altamente variável em sua anatomia (Fig. 67.24). Mais comumente, ela se origina como um tronco comum com a artéria cólica média. De outra forma, ela pode originar-se como um ramo separado a partir do lado direito da artéria mesentérica superior, ou da artéria ileocólica (quando ela é referida como uma artéria cólica direita acessória), e ocasionalmente ela pode estar ausente. A partir de sua origem em comum com a artéria cólica média, ela segue em direção ao colo ascendente, abaixo do peritônio parietal e anterior aos vasos gonadais direitos, ao ureter direito e ao músculo psoas maior. Às vezes ela se origina mais superiormente e cruza a segunda parte do duodeno e o polo inferior do rim direito. Próximo ao colo, ela se divide em um ramo descendente, o qual se anastomosa com a artéria ileocólica, e um ramo ascendente que se anastomosa com o ramo direito da artéria cólica média. Estas formam o arco justacólico na área da flexura direita do colo a partir da qual os vasos são distribuídos para o terço superior do colo ascendente, e para o lado direito do colo transverso.

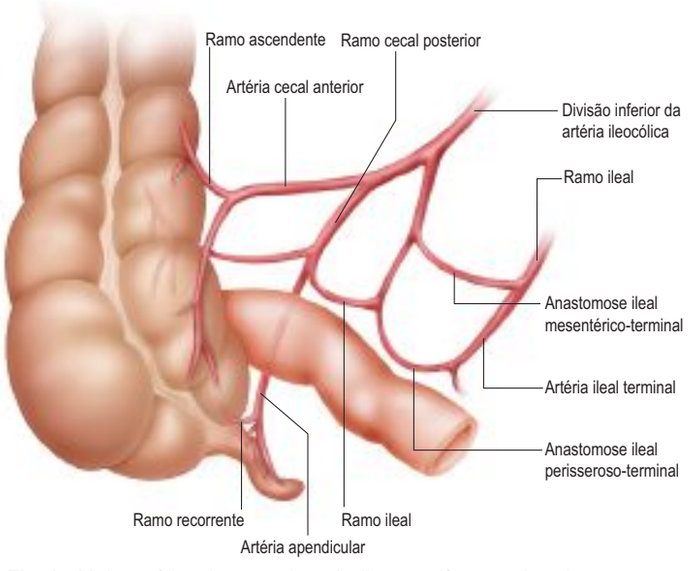


Fig. 67.23 As artérias do ceco, do apêndice vermiforme e do colo ascendente.

Veias

O sangue venoso advindo da parede do ceco, do apêndice e do colo ascendente é drenado para arcadas mesentéricas e subsequentemente para veias segmentares, as quais acompanham suas respectivas artérias e tendem a seguir variações na drenagem arterial. As veias segmentares drenam para a veia mesentérica superior, a qual se encontra à direita da artéria mesentérica superior.

Veia mesentérica superior

A veia mesentérica superior recebe uma ou mais veias cólicas médias, a veia cólica direita e a veia ileocólica, e drena para a veia porta (Figs. 67.31 e 66.12).

Veia ileocólica

As tributárias da veia ileocólica seguem um padrão amplamente similar aos ramos da artéria ileocólica e são formadas a partir de tributárias superior e inferior. A veia ascende ao lado da artéria ileocólica por baixo do peritônio do mesentério ileocecal e drena para a veia mesentérica superior. A tributária inferior recebe as veias apendiculares (através das veias cecal posterior ou ileocólica), as veias cecais anterior e posterior e as veias ileais, e a tributária superior drena as veias cólicas ascendentes.

As tributárias ascendentes das veias ileocólica e cólica direita acompanham suas respectivas artérias até a raiz do mesentério e drenam através da veia ileocólica para a veia mesentérica superior.

Veia cólica direita

A veia cólica direita é altamente variável e pode drenar para a veia mesentérica superior diretamente, ou para a veia gastromental direita, ou para a veia pancreaticoduodenal inferior para formar um "tronco gastrocólico", o qual drena para a veia mesentérica superior, ou ela pode estar inteiramente ausente.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos se originam das faces anterior e posterior do intestino grosso e drenam para linfonodos localizados ao longo dos ramos das artérias ileocólica e cólica direita. A drenagem linfática advinda da parte distal do colo ascendente e da flexura direita do colo pode ser predominante para os linfonodos da artéria cólica direita. As anastomoses linfáticas são ricas e os linfonodos pré-terminais para ambas as rotas de drenagem são os linfonodos ileocólicos, localizados próximos à artéria mesentérica superior (Fig. 67.15).

Os vasos linfáticos no apêndice vermiforme são numerosos e existe um abundante tecido linfoide em suas paredes. A partir do corpo e do ápice do apêndice vermiforme, de 8 a 15 vasos sobem no mesoapêndice, ocasionalmente interrompidos por um ou mais nodos. Eles se reúnem para formar três ou quatro vasos maiores, os quais seguem para os vasos linfáticos que drenam o colo ascendente, e terminam nos linfonodos inferiores e superiores da cadeia ileocólica.

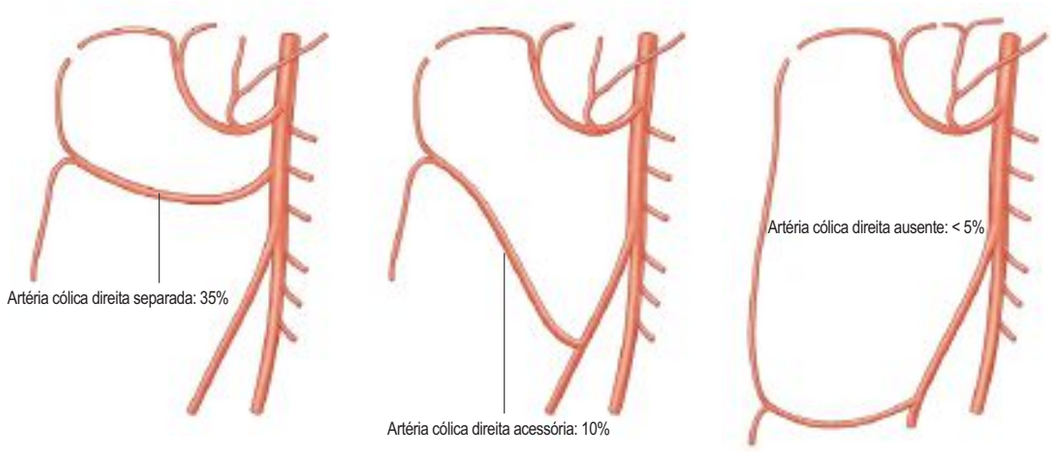


Fig. 67.24 Variações anatômicas da artéria cólica direita.

INERVAÇÃO

O suprimento simpático para o ceco, para o apêndice vermiforme e para o colo ascendente se origina na substância cinzenta intermediolateral do quinto ao décimo-segundo segmentos torácicos espinais. Os axônios pré-ganglionares seguem através dos nervos esplâncnicos maior e menor até os plexos celíaco e mesentérico superior, onde eles fazem sinapses em neurônios nos gânglios celíaco e mesentérico superior; os axônios pós-ganglionares formam plexos periarteriais ao longo dos ramos da artéria mesentérica superior, de onde eles são distribuídos para as paredes do intestino grosso.

O suprimento parassimpático para o ceco, apêndice vermiforme e colo ascendente é derivado do nervo vago através dos plexos celíaco e mesentérico superior.

Dor referida

O apêndice vermiforme e o peritônio visceral sobrejacente são inervados por fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas derivadas do plexo mesentérico superior. As fibras aferentes viscerais que conduzem sensações de distensão e pressão medeiam os sintomas de "dor" sentidos durante os estágios iniciais de uma inflamação apendicular. Juntamente com outras estruturas derivadas do intestino médio, estas sensações são mal localizadas inicialmente e atribuídas à região central (periumbilical) do abdome. Nociceptores somáticos não são estimulados até que tecidos parietais adjacentes ao apêndice vermiforme se tornem envolvidos em algum processo inflamatório, e existe uma alteração associada na natureza e localização da dor. O ceco e a parte proximal do colo ascendente compartilham uma inervação comum ao apêndice vermiforme (fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas através do plexo mesentérico superior); a inflamação inicial no ceco (tiflite) resulta em sintomas de dor visceral similares a uma apendicite.

COLO TRANSVERSO

O colo transverso tem aproximadamente 50 cm de comprimento e se estende da flexura direita do colo na região lombar direita através da região do hipocôndrio esquerdo, onde se curva posteroinferiormente abaixo do baço como a flexura esquerda do colo. Ele é extremamente variável em extensão e posição, conforme pode ser confirmado pela avaliação radiológica; porém frequentemente se delineia como um arco invertido, com sua concavidade direcionada posterior e superiormente. Próximo à flexura esquerda do colo, uma abrupta curva em formato de U pode descer mais baixo do que o arco principal. A superfície posterior na flexura direita do colo é desprovida de peritônio e está afixada por tecido conjuntivo frouxo à frente da parte descendente do duodeno e à cabeça do pâncreas. O colo transverso, daqui até a flexura esquerda do colo, é quase completamente recoberto pelo peritônio. Ele se encontra suspenso a partir da borda anterior do corpo do pâncreas pelo mesocolo transverso, o qual está preso a partir da parte inferior do rim direito, através da segunda parte do duodeno e do pâncreas, até o polo inferior do rim esquerdo. O colo transverso pende entre as flexuras em um grau variável, e às vezes atinge a pelve. Acima dele encontram-se o fígado e a vesícula biliar, a curvatura maior do estômago e o corpo do baço. O colo transverso normalmente está preso à curvatura maior do estômago pelo ligamento gastrocólico, o qual se encontra em continuidade com o omento maior, disposto anteriormente e estendendo-se inferiormente. Por trás e abaixo do colo transverso encontram-se a parte descendente do duodeno, a cabeça do pâncreas, a extremidade superior do mesentério do intestino delgado, a flexura duodenojejunal e as alças do jejuno e do íleo.

O mesocolo transverso permite uma considerável mobilidade do colo transverso: ocasionalmente, o colo pode estar interposto entre o fígado e o diafragma (síndrome de Chilaiditi), e pode ser confundido com gás intraperitoneal livre.

FLEXURA ESQUERDA DO COLO

A flexura esquerda do colo forma a junção dos colos transverso e descendente, e se encontra no hipocôndrio esquerdo, inferomedial ao polo inferior do baço (Fig. 67.25). Ela se posiciona anteriormente à cauda do pâncreas e também ao rim esquerdo, do qual ela está separada pela fáscia perirrenal anterior. A flexura esquerda do colo frequentemente adota um ângulo muito agudo, de modo que o final do colo transverso se sobreponha ao início do colo descendente; pode haver adesões peritoneais ou omentais entre as duas estruturas. Ela se encontra mais superior e posteriormente do que a flexura direita do colo; o peritônio visceral que recobre sua face lateral frequentemente está preso ao diafragma no nível da 10ª e 11ª costelas pelo ligamento frenocólico, o qual se encontra abaixo do polo anterolateral do baço. Sua posição com relação ao baço é variável: em geral ela se encontra diretamente inferomedial ao polo inferior, formando a impressão cólica, mas pode se posicionar anteriormente ao hilo esplênico, e até mesmo um pouco acima. Nestes casos, o peritônio visceral está

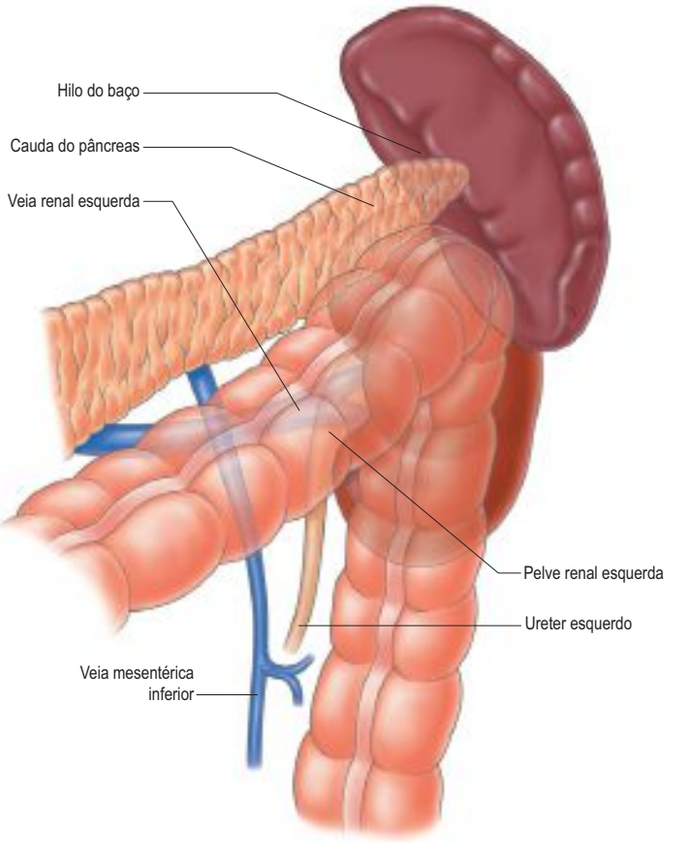


Fig. 67.25 Relações da flexura esquerda do colo.

frequentemente aderido à cápsula esplênica ou ao tecido conjuntivo hilar; uma inadvertida tração para baixo sobre a flexura esquerda do colo durante uma cirurgia pode rasgar a cápsula ou os vasos hilares. Ele pode se encontrar em posição "baixa" no recesso esplenorrenal, sem fixação direta à cápsula esplênica.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

Os dois terços proximais do colo transverso são supridos pela artéria mesentérica superior através da artéria cólica média (Fig. 67.11). O terço distal é geralmente suprido pelo ramo ascendente da artéria cólica esquerda através do arco justacólico do intestino grosso, embora isto seja um tanto variável.

Artéria cólica média

A artéria cólica média geralmente se origina a partir da face anterolateral da artéria mesentérica superior, seja separadamente ou como um tronco comum com a artéria cólica direita, inferior ao processo uncinado do pâncreas e anterior à terceira parte do duodeno. A princípio, ela segue inferiormente, em seguida se vira para seguir anterior e superiormente em meio à raiz do mesocolo transverso, logo à direita da linha mediana, e normalmente se divide em ramos direito e esquerdo. O ramo direito se anastomosa com a artéria cólica direita e o ramo esquerdo se anastomosa com a artéria cólica esquerda. Os arcos arteriais assim formados se encontram a 3 ou 4 cm do colo transverso, o qual suprem. Às vezes, a artéria cólica média se divide em três ou mais ramos no interior do mesocolo transverso, e neste caso os ramos mais laterais formam as anastomoses arteriais. Uma artéria cólica média acessória ou raramente uma artéria cólica média substituta pode surgir das artérias pancreática dorsal, hepática, mesentérica inferior ou cólica esquerda (Fig. 67.26). Nos últimos dois exemplos, a metade esquerda, ou mais, do colo transverso terá seu suprimento arterial derivado da artéria mesentérica inferior.

Veias

Veia mesentérica superior

A veia mesentérica superior recebe uma ou mais veias cólicas médias e a veia ileocólica (Figs. 67.31 e 66.12). A veia cólica direita está frequentemente ausente ou drena como uma tributária para o ramo direito da veia cólica média.

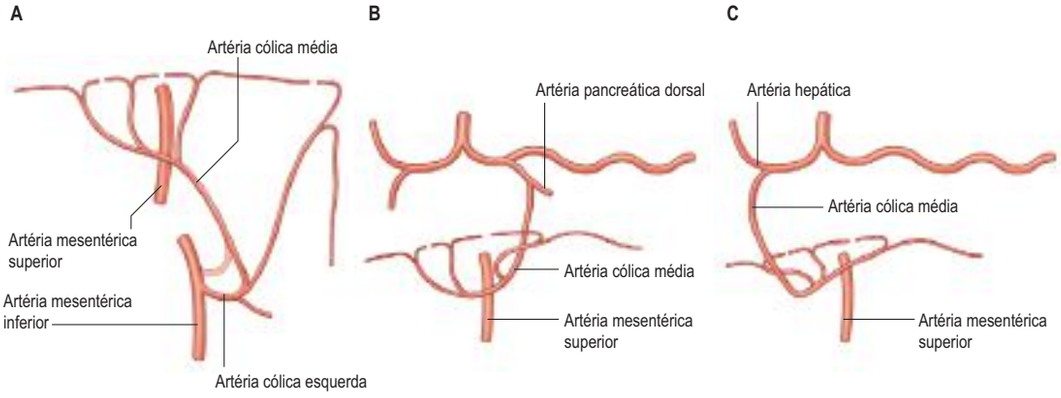


Fig. 67.26 Variações na origem da artéria cólica média: apenas artérias substitutas foram ilustradas para fins de simplificação. As artérias acessórias são mais comuns em cada caso do que a substituição completa da origem. **A,** Artéria cólica esquerda ou artéria mesentérica inferior (< 5%). **B,** Artéria pancreática dorsal (< 5%). **C,** Artéria hepática (< 5%).

Veias cólicas médias

Várias tributárias drenam para uma ou mais veias cólicas médias, as quais são altamente variáveis em extensão e posição. As veias cólicas médias drenam para a veia mesentérica superior, um pouco antes de sua junção com a veia esplênica, ou diretamente para a veia porta hepática.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos drenam para linfonodos ao longo das artérias cólicas médias e, em seguida, para os linfonodos mesentéricos superiores. A drenagem linfática predominante da flexura esquerda do colo em geral ocorre através de linfonodos ao longo da artéria cólica esquerda, que drenam para os linfonodos mesentéricos inferiores: este arranjo é dependente do suprimento arterial para o terço distal do colo transverso.

INERVAÇÃO

Os dois terços proximais do colo transverso são inervados por fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas através do plexo mesentérico superior. O terço distal geralmente recebe um suprimento simpático derivado do plexo mesentérico inferior e um suprimento parassimpático que é derivado parcialmente do plexo mesentérico inferior e parcialmente de fibras retroperitoneais que seguem nos nervos esplâncnicos pélvicos originados de neurônios nos segundo, terceiro e quarto segmentos espinais sacrais. Os nervos simpáticos são inibitórios da musculatura mural no colo transverso; algumas fibras são vasoconstritoras da vascularização cólica. Os nervos parassimpáticos são secretomotores das glândulas cólicas e motores da musculatura cólica.

COLO DESCENDENTE

O colo descendente tem aproximadamente 25 cm de comprimento. Ele desce através do hipocôndrio esquerdo e da região lombar, inicialmente seguindo a borda lateral do polo inferior do rim esquerdo e, em seguida, descendo no ângulo entre os músculos psoas maior e quadrado do lombo até a crista ilíaca. Ele em seguida se curva inferomedialmente, dispondo-se anterior aos músculos ilíaco e psoas maior, para se tornar o colo sigmoide, abaixo do nível da crista ilíaca (entrada da pelve menor). Ele se encontra no retroperitônio, recoberto anteriormente e em ambos os lados pelo peritônio. Sua superfície posterior está separada por tecido conjuntivo frouxo da fáscia perirrenal anterior, inferolateral ao rim esquerdo, à aponeurose dos músculos transverso do abdome, quadrado do lombo, ilíaco e a parte mais superolateral do psoas maior. Os vasos e nervos subcostais, os nervos ílio-hipogástrico, ilioinguinal, cutâneo femoral lateral, femoral e genitofemoral, e a quarta artéria lombar (normalmente), se encontram posteriormente ao colo descendente (Fig. 67.27). Alças do jejuno se encontram anteriormente. Se as paredes abdominais anteriores estiverem relaxadas, a parte mais inferior do colo descendente pode ser diretamente palpada de modo transabdominal. O colo descendente tem calibre menor, está mais profundamente situado e está mais frequentemente coberto posteriormente pelo peritônio do que o colo ascendente.

COLO SIGMOIDE

O colo sigmoide se inicia abaixo da entrada pélvica e termina no reto. Caracteristicamente, ele forma uma alça móvel, a qual normalmente se encontra na pelve menor, mas seu comprimento e formato são os mais variáveis de todos os segmentos do intestino grosso. Ele em geral é completamente recoberto pelo peritônio e está fixado à parede abdominal posterior inferior e à parede posterior da pelve maior pelo mesocolo sigmoide, em formato de leque. A raiz do mesocolo sigmoide tem uma fixação em "V" invertido na parede abdominal posterior.

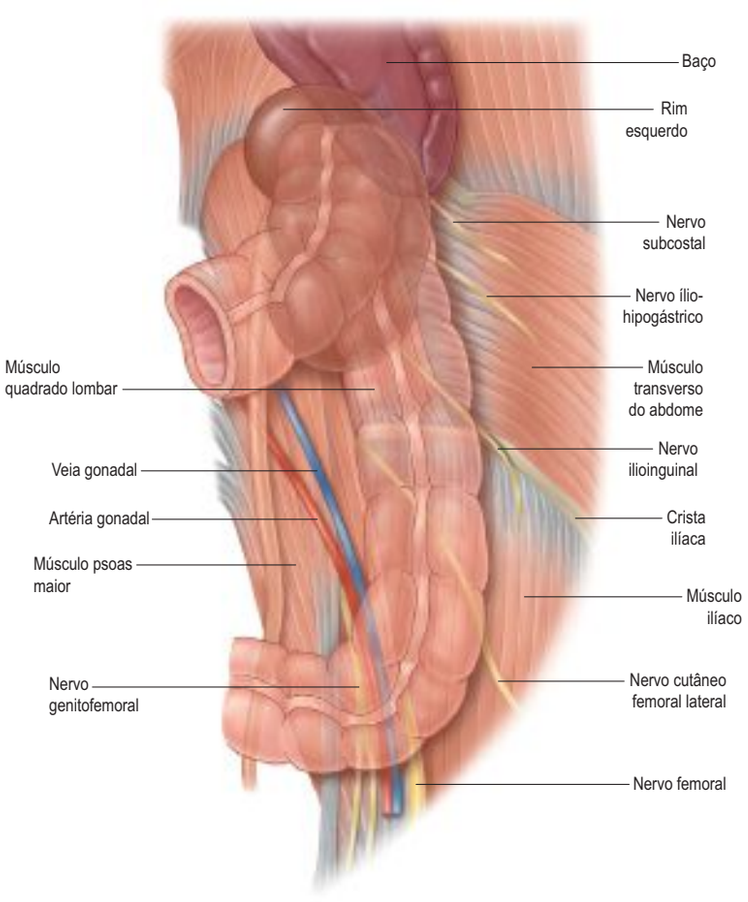


Fig. 67.27 Relações posteriores do colo descendente.

O colo sigmoide inicialmente desce por sobre a crista ilíaca para a pelve maior, mas, apesar disso, sua posição é extremamente variável. Ele pode permanecer dobrado e principalmente em contato com o peritônio por sobre o músculo ilíaco, ou aderido a esta área de peritônio, ou ele pode cruzar a cavidade pélvica entre o reto e a bexiga urinária nos homens, ou o reto e o útero nas mulheres, e pode até alcançar a parede pélvica direita. Se longa, a alça sigmoide pode elevar-se para fora da pelve, para dentro da cavidade abdominal, e se dispor em contato com alças do íleo. A alça sigmoide termina em uma posição relativamente constante, dispondo-se logo à esquerda da linha mediana, no nível do corpo da terceira vértebra sacral, onde ela se dobra inferiormente e é contínua com o reto. A alça sigmoide está fixada em suas junções com o colo descendente e com o reto, porém bastante móvel entre eles. Suas relações são, consequentemente, variáveis (Fig. 67.28). Lateralmente, estão os vasos ilíacos externos esquerdos, o nervo obturatório, o ovário ou o ducto deferente, e a parede pélvica lateral; posteriormente encontram-se os vasos ilíacos externos e internos esquerdos e os vasos gonadais, o ureter, o músculo piriforme e o plexo sacral; anteroinferiormente encontram-se a bexiga urinária em homens, ou o útero e a bexiga urinária em mulheres; supe-

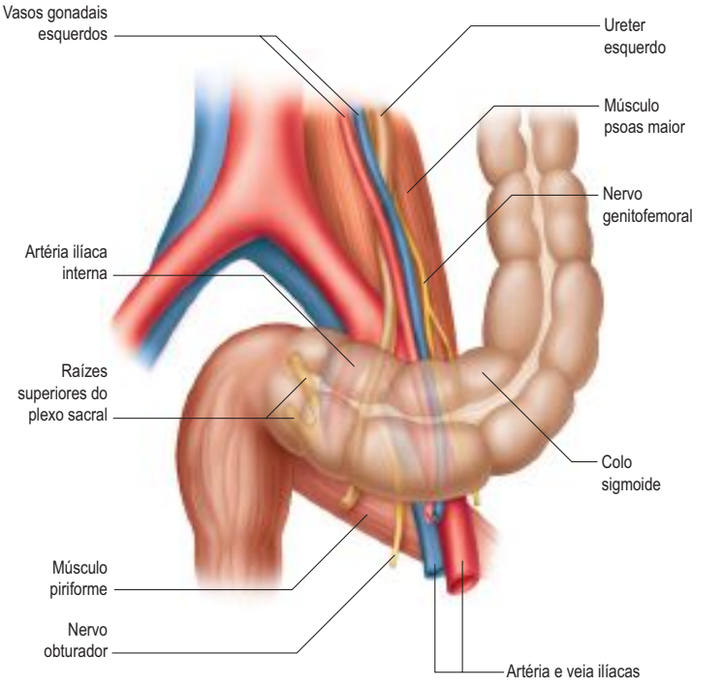


Fig. 67.28 Relações posteriores do colo sigmoide.

riormente e à direita, o colo sigmoide está em contato com alças do íleo. Os vasos gonadais e o ureter se encontram em um distinto plano fascial, o qual é a extensão inferior da fáscia perirrenal anterior e posterior no retroperitônio inferior, e o qual está separado das delgadas coberturas fasciais do mesossigmoide. O plano entre as duas camadas pode ser reconhecido durante uma dissecção cirúrgica do mesentério do colo sigmoide porque ele não contém os numerosos pequenos vasos que estão frequentemente presentes no tecido conjuntivo frouxo que circunda o ureter e os vasos gonadais.

A posição e o formato do colo sigmoide variam de acordo com a extensão do colo; o comprimento e a mobilidade de seu mesocolo; o grau de distensão (quando distendido, o colo sigmoide se eleva para a cavidade abdominal e abaixa novamente para a pelve menor quando vazio); a condição do reto, da bexiga urinária e do útero (o colo sigmoide tende a se elevar quando estes estão distendidos e a cair quando estão vazios). O comprimento e o diâmetro do colo sigmoide variam nas diferentes raças.

VÓLVULO SIGMOIDE

A rotação ou vólvulo pode ocorrer ao redor da fixação mesentérica do colo sigmoide, similar à rotação do ceco ao redor de seu mesentério. Apenas o colo sigmoide é afetado, porque o colo descendente raramente possui um mesentério suficiente para se tornar envolvido na rotação. A rotação geralmente envolve pelo menos 270°. O vólvulo é mais comum quando a extensão do colo sigmoide aumenta, uma vez que este se encontra associado a um mesentério "semelhante a um leque" com um uma curta fixação retroperitoneal. O vólvulo não ocorre em indivíduos em que o colo sigmoide é curto, ou em que o mesentério é curto e sua fixação segue ao longo da borda da pelve. A combinação dos aspectos anatômicos que predispõem ao vólvulo sigmoide é mais comumente encontrada em africanos subsaarianos e pacientes cronicamente internados.

DOENÇA DIVERTICULAR

O desenvolvimento de divertículos adquiridos ocorre comumente no colo sigmoide, particularmente em populações caucasianas brancas. Sua localização parece estar relacionada à anatomia fundamental da parede do intestino grosso. Desta forma, os divertículos comumente ocorrem a meio caminho entre as tênias antimesentérica e lateral, isto é, onde a parede do intestino grosso é potencialmente fraca, não somente porque a musculatura circular não tem o suporte da musculatura longitudinal, mas também porque ela é atravessada aqui por artérias à medida que elas ganham acesso ao plexo vascular da submucosa. A predileção dos divertículos pelo colo sigmoide provavelmente está relacionada a fatores causativos em vez de diferenças intrínsecas na estrutura de suas paredes. Em marcante contraste, os divertículos congênitos podem ocorrer em qualquer local por todo o intestino grosso, e são frequentemente encontrados adjacentes à fixação mesentérica do intestino grosso.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O suprimento arterial do colo descendente é derivado da artéria mesentérica inferior através de seu ramo cólico esquerdo, o qual também se anastomosa com o arco justacólico do intestino grosso (na região da flexura esquerda do colo), e com as artérias sigmóideas (na região de junção com o colo sigmoide) (Figs. 67.29-67.31).

Artéria mesentérica inferior

A artéria mesentérica inferior é usualmente de calibre menor que a artéria mesentérica superior. Ela se origina a partir da face anterior ou anterolateral esquerda da aorta, próxima ao nível da terceira vértebra lombar, 3 ou 4 cm

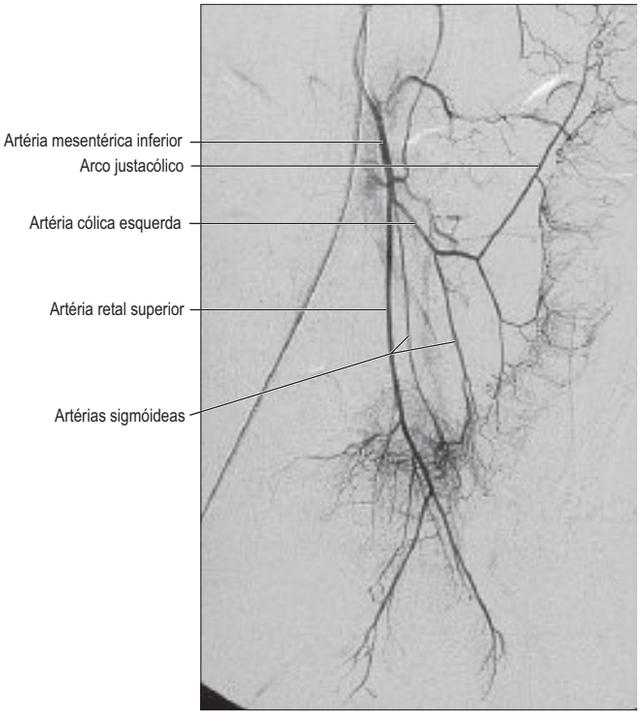


Fig. 67.29 Arteriograma de subtração digital mostrando a artéria mesentérica inferior e seus ramos. (Gentilmente cedido pelo Dr Adam Mitchell, Charing Cross Hospital, London.)

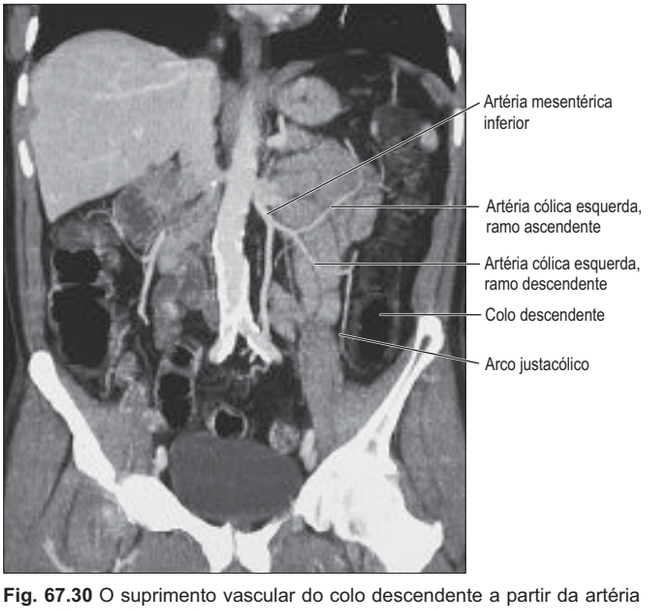


Fig. 67.30 O suprimento vascular do colo descendente a partir da artéria mesentérica inferior através dos ramos ascendente e descendente da artéria cólica esquerda, TC com reconstrução coronal (Gentilmente cedido pela Dra Louise Moore, Chelsea and Westminster Hospital, London.).

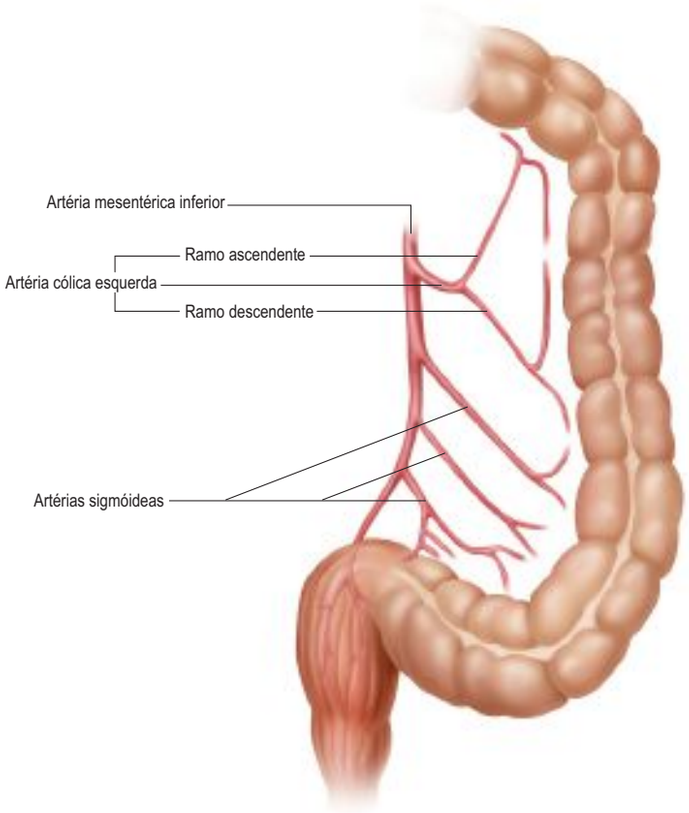


Fig. 67.31 A artéria mesentérica inferior.

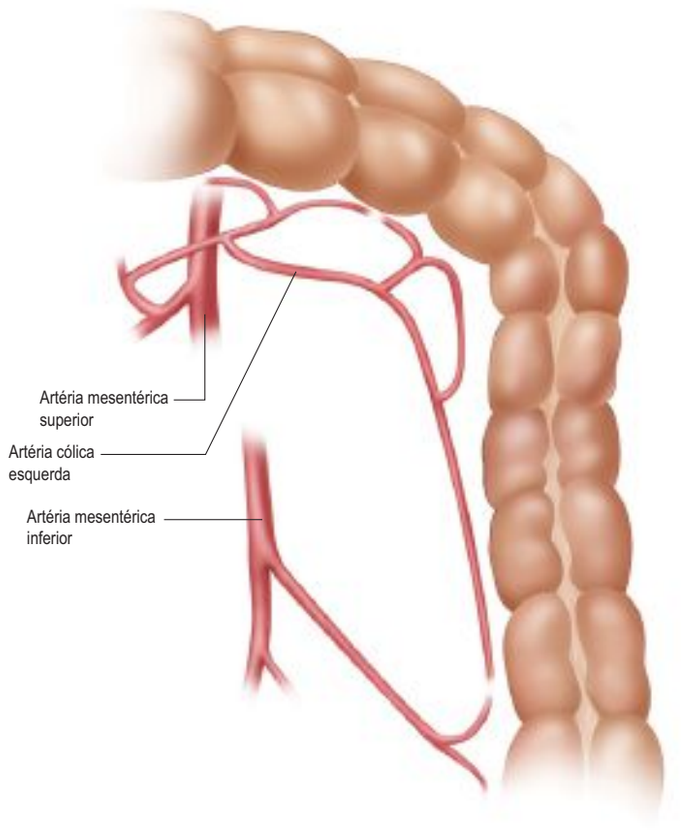


Fig. 67.32 Artéria cólica esquerda substituta originando-se da artéria mesentérica superior.

acima da bifurcação da aorta e abaixo da parte horizontal do duodeno. Ela desce na raiz da parte esquerda do mesentério cólico inicialmente anterior e em seguida à esquerda da aorta, cruza a origem da artéria ilíaca comum esquerda, medialmente ao ureter esquerdo e, em seguida, entra, e se continua, na raiz do mesocolo sigmoide como a artéria retal superior. A veia mesentérica inferior se encontra em sua face lateral em seu trajeto distal. Os principais ramos da artéria mesentérica inferior são as artérias cólica esquerda, sigmóidea e retal superior (Figs. 67.11 e 67.29).

Artéria cólica esquerda

A artéria cólica esquerda se origina a partir da artéria mesentérica inferior logo após sua origem, sobe em meio ao mesentério cólico esquerdo, anteriormente ao músculo psoas maior esquerdo, e se bifurca nos ramos ascendente e descendente (esta divisão pode ocorrer logo após sua origem). A artéria ou seus ramos cruzam o ureter esquerdo e os vasos gonadais. O ramo ascendente passa anteriormente ao rim esquerdo e se anastomosa com o ramo esquerdo da artéria cólica média no espaço subperitoneal em meio ao mesocolo transverso. O ramo descendente passa lateralmente no retroperitônio e se aproxima do colo descendente, onde ele forma parte do arco justacólico e se anastomosa com a artéria sigmóidea mais alta. Os arcos arteriais assim formados suprem o terço distal do colo transverso e o colo descendente. Ocasionalmente, uma artéria cólica esquerda acessória, ou raramente uma substituída, pode originar-se do tronco da artéria mesentérica superior ou dos primeiros ramos jejunais. Quando presente, ela segue lateralmente no mesentério cólico esquerdo superior logo abaixo do nível da junção duodenojejunal para suprir a parte superior do colo descendente e formar parte ou todo o arco justacólico e a anastomose arterial na região da parte distal do colo transverso (Fig. 67.32). A artéria cólica esquerda pode por si só dar origem a uma artéria cólica média esquerda acessória. Ocasionalmente, a artéria cólica esquerda origina um ramo logo após sua origem, o qual sobe no mesentério e se anastomosa diretamente com um ramo descendente similar do ramo esquerdo da artéria cólica média (a arcada de Riolan).

Artérias sigmóideas (artérias cólicas esquerdas inferiores)

Existem entre duas e cinco artérias sigmóideas, as quais são ramos da artéria mesentérica inferior. Elas descem obliquamente em meio ao espaço subperitoneal no mesentério sigmoide, anterior ao músculo psoas maior esquerdo, ureter e vasos gonadais. Elas suprem a parte distal do colo descendente e o colo sigmoide, e se anastomosam superiormente com a artéria cólica esquerda e inferiormente com a artéria retal superior. Ao contrário do intestino delgado, arcadas arteriais não se formam até que as artérias estejam próximas à parede do intestino grosso, quando surgem os pequenos ramos que suprem o colo sigmoide. A formação de um verdadeiro arco justacólico é menos pronunciada na região do colo sigmoide do que na região do colo descendente. Um significativo espaço existe frequentemente no mesentério entre a artéria sigmóidea mais alta e o ramo descendente da artéria cólica esquerda: este é um guia útil para os territórios arteriais durante uma dissecção cirúrgica.

Na região da flexura esquerda do colo, o arco justacólico recebe contribuições do ramo esquerdo da artéria cólica média, a qual se anastomosa com um ramo ascendente da artéria cólica esquerda para suprir a porção superior do colo descendente. O ramo descendente da artéria cólica esquerda se anastomosa com ramos superiores da artéria sigmóidea mais alta para suprir o colo descendente. A origem do suprimento arterial principal para a flexura esquerda do colo e o terço distal do colo transverso é geralmente através da artéria cólica esquerda, mas pode ser derivado do ramo esquerdo da artéria cólica média. O arco justacólico na região da flexura esquerda do colo pode estar ausente ou ser de calibre tão pequeno, de modo a ser de pouca relevância clinica. Ele pode, entretanto, sofrer uma significativa hipertrofia quando uma das principais artérias viscerais estiver comprometida, por exemplo, após uma estenose ou oclusão da artéria mesentérica inferior, e em seguida ela pode originar um vaso de suprimento colateral.

Ligação vascular em ressecções do lado esquerdo do intestino grosso

Durante uma ressecção da porção distal do colo descendente e do colo sigmoide, a ligação da artéria mesentérica inferior próxima à sua origem preserva a bifurcação da artéria cólica esquerda. O suprimento arterial para a parte proximal do colo descendente é mantido através da anastomose entre o ramo ascendente da artéria cólica esquerda e o ramo esquerdo da artéria cólica média. Uma ressecção menos radical, envolvendo uma ligação da artéria cólica esquerda próxima à sua bifurcação, pode interferir neste suprimento ou obliterá-lo, e tornar o colo descendente mais propenso a uma isquemia. O mesmo é verdadeiro para uma ligação da veia cólica esquerda. Se a veia mesentérica inferior for ligada, então a bifurcação da veia forma a rota de drenagem venosa para o colo descendente até o território da veia cólica média. A ligação dos ramos separadamente impedirá a drenagem venosa.

Veias

Veia mesentérica inferior

A veia mesentérica inferior drena o reto, o colo sigmoide, o colo descendente e a parte distal do colo transverso (Fig. 67.14; 67.33). Ela se

inicia como a veia retal superior, a partir do plexo retal, através do qual ela se conecta com as veias retais média e inferior. A veia mesentérica inferior se encontra à esquerda da artéria mesentérica inferior, sobe por baixo do peritônio e anteriormente ao músculo psoas maior esquerdo e pode cruzar os vasos testiculares ou ováricos ou subir medialmente a eles. Ela geralmente se encontra lateralmente ou ocasionalmente posterior à flexura duodenojejunal, e a prega peritoneal diretamente lateral à flexura é um útil guia para localizar a veia durante uma cirurgia. Ela geralmente drena para a veia esplênica, mas ocasionalmente drena para a confluência das veias esplênica e mesentérica superior, ou diretamente para a veia mesentérica superior. Se houver uma fossa duodenal ou paraduodenal, a veia normalmente se encontra em sua parede anterior. A veia mesentérica recebe tributárias a partir de várias veias sigmóideas, e das veias cólicas média e esquerda.

Veia cólica esquerda

A veia cólica esquerda é formada a partir de varias tributárias, incluindo ramos ascendentes e descendentes, os quais correspondem às artérias equivalentes. Estas tributárias podem não formar uma veia definida até que elas drenem para a veia mesentérica inferior, e ocasionalmente pode haver duas veias distintas, as quais seguem para a veia mesentérica inferior. A veia cólica esquerda usualmente se encontra mais superiormente na porção esquerda do mesentério cólico do que sua artéria equivalente, e tem um trajeto mais curto do que a artéria mesentérica inferior.

Várias veias sigmóideas drenam o colo sigmoide e seguem superiormente ao lado de suas respectivas artérias para drenar para a veia mesentérica inferior.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos drenam a partir do colo descendente para linfonodos ao longo da artéria cólica esquerda, e a partir do colo sigmoide para linfonodos sigmóideos no mesocolo sigmoide, os quais em seguida se unem a vasos linfáticos retais superiores e cólicos esquerdos. Todos esses linfonodos drenam para os linfonodos mesentéricos inferiores.

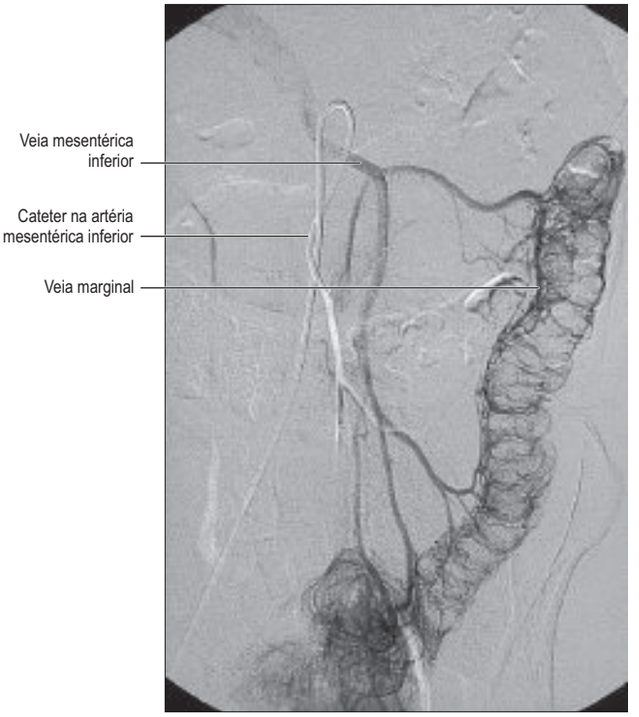


Fig. 67.33 A veia mesentérica inferior e suas tributárias, arteriograma por subtração digital (Por gentil permissão do Dr Adam Mitchell, Charing Cross Hospital, London.).

INERVAÇÃO

O suprimento simpático para o terço esquerdo do colo transverso e para os colos descendente e sigmoide se origina no primeiro e segundo segmentos espinais lombares, e segue nos nervos esplâncnicos lombares superiores: os axônios pré-ganglionares fazem sinapses em neurônios nos plexos aórtico abdominal e mesentérico inferior, de onde axônios pós-ganglionares atingem a parede intestinal através de plexos periarteriais sobre ramos da artéria mesentérica inferior. Estes axônios são inibitórios para a musculatura mural do intestino grosso e algumas fibras são vasoconstritoras para a vascularização cólica.

O suprimento parassimpático ocorre através dos nervos esplâncnicos pélvicos. Algumas fibras seguem através dos plexos hipogástricos inferior e superior e ao longo de ramos da artéria mesentérica inferior, mas muitas mais passam diretamente através dos tecidos retroperitoneais, independentemente da artéria mesentérica inferior, para alcançar a flexura esquerda do colo e os colos descendente e sigmoide. Fibras nervosas parassimpáticas são secretomotoras para as glândulas cólicas e motoras para a musculatura cólica. Impulsos aferentes que medeiam as sensações de distensão são conduzidos por fibras aferentes viscerais, as quais seguem com os nervos parassimpáticos.

RETO

O reto é contínuo com o colo sigmoide ao nível da terceira vértebra sacral e termina na extremidade superior do canal anal. Ele desce ao longo da concavidade sacrococcígea como a flexura sacral do reto, inicialmente inferoposteriormente e, em seguida, inferoanteriormente, para se unir ao canal anal através da passagem pelo diafragma da pelve. A junção anorretal encontra-se 2-3 cm à frente e levemente abaixo da ponta do cóccix, a qual é oposta ao ápice da próstata em homens. A partir deste nível, o canal anal passa inferior e posteriormente a partir da extremidade inferior do reto. A dobra posterior é denominada de flexura anorretal, e o ângulo que ela forma com a parte superior do canal anal é o ângulo anorretal. O reto também se desvia em três curvas laterais: a superior, convexa para a direita; a média (a mais proeminente), convexa para a esquerda; e a inferior, convexa para a direita. Ambas as extremidades do reto estão no plano mediano (Fig. 67.34).

Embora variável em comprimento absoluto, uma referência comum usada na prática clínica para definir o reto é o comprimento de 15 cm acima da margem externa do ânus. O diâmetro inicial é similar àquele do

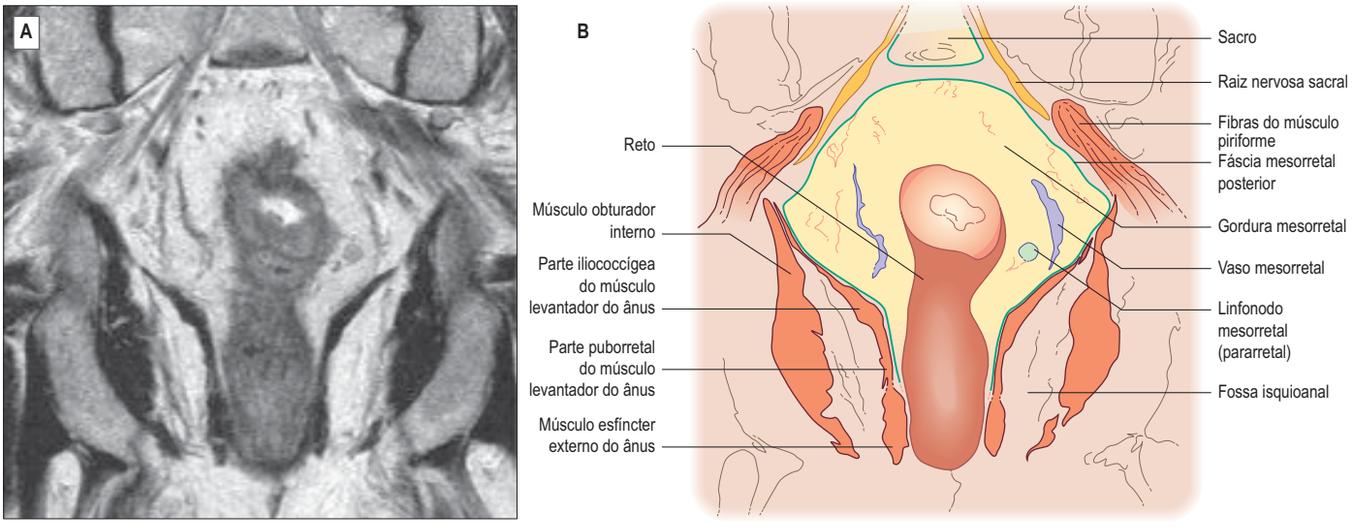


Fig. 67.34 A, RM coronal ponderada em T2 do reto. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

colo sigmoide, porém mais inferiormente ele se torna dilatado como a ampola do reto. O reto difere do colo sigmoide pelo fato de não apresentar saculações ou apêndices omentais. As tênias se fundem aproximadamente a 5 cm acima da junção retossigmóidea, formando duas largas faixas musculares que descem anterior e posteriormente na parede retal. Estas em seguida se fundem para formar uma camada envoltória de musculatura longitudinal, a qual recobre toda a extensão do reto. Na ampola do reto, algumas faixas das fibras longitudinais anteriores passam para a frente até o corpo do períneo como o músculo anorretoperineal. Além disso, dois fascículos de músculo liso podem passar anteroinferiormente a partir das superfícies anteriores dos corpos da segunda e terceira vértebras coccígeas para se fundir com as fibras musculares longitudinais na parede posterior do canal anal, formando os músculos retococcígeos.

O terço superior do reto é recoberto pelo peritônio em suas faces anterior e laterais. Ele está relacionado anteriormente ao colo sigmoide ou a alças do íleo se estas se encontrarem na pelve, de outro modo ele está relacionado à bexiga urinária em homens, ou ao colo e ao corpo do útero em mulheres. O terço médio do reto é recoberto por peritônio apenas em sua face anterior. O peritônio é refletido superiormente por sobre a bexiga urinária em homens para formar a escavação retovesical, ou por sobre a parede vaginal posterior em mulheres para formar a escavação retouterina. O nível desta reflexão é mais alto nos homens; a escavação retovesical é de aproximadamente 7,5 cm (em torno do comprimento do dedo indicador) a partir da junção anorretal. Em mulheres, a escavação retouterina está a aproximadamente 5,5 cm da junção anorretal. No menino recém-nascido, o peritônio se estende para a frente do reto até o limite inferior da próstata. Superiormente, o peritônio está firmemente aderido à camada muscular do colo sigmoide por tecido conjuntivo fibroso, mas à medida que ele desce por sobre o reto ele se encontra mais frouxamente aderido por tecido adiposo, o qual permite uma considerável expansão da metade superior do reto (Figs. 67.35 e 67.36).

Não há saculações no reto. Quando o reto está vazio, a mucosa forma um número de pregas longitudinais em sua parte inferior, as quais se tornam apagadas durante a distensão. O reto comumente apresenta três pregas transversas ou pregas horizontais semilunares permanentes (embora o número possa variar), as quais são mais marcadas na distensão retal (Fig. 67.9). Duas formas de prega horizontal são reconhecidas. Uma é formada pela mucosa, pela camada muscular circular e por parte da camada longitudinal, e é marcada externamente por uma endentação. A outra é desprovida de musculatura longitudinal e não tem marcação externa. A prega mais superior no início do reto pode estar à esquerda ou à direita, e ocasionalmente envolve o lúmen retal. A prega média é a maior e mais constante. Ela se encontra imediatamente acima da ampola do reto, projetando-se da parede anterior e direita, logo abaixo do nível da reflexão peritoneal anterior; a musculatura circular é mais marcada nesta prega do que nas outras. A prega mais inferior e variável é encontrada à esquerda, abaixo da prega média. Às vezes uma quarta prega é encontrada à esquerda, um pouco acima da prega média.

MESORRETO, FÁSCIAS E "ESPAÇOS" RETAIS

O mesorreto (mesentério do reto) e seu conteúdo estão intimamente relacionados ao reto abaixo do nível do músculo levantador do ânus (Figs. 67.37-67.39). Ele é um compartimento distinto, derivado do intestino posterior embrionário. Ele contém a artéria retal superior e seus ramos, a veia retal superior e suas tributárias, os vasos linfáticos e linfonodos que se encontram ao longo da artéria retal superior, ramos derivados do plexo mesentérico inferior, o qual desce para inervar o reto, e tecido conjuntivo frouxo e adiposo.

O mesorreto está envolvido pela fáscia mesorretal, uma distinta cobertura derivada do peritônio visceral que também é chamada de fáscia visceral do mesorreto, fáscia própria do reto, ou asa pré-sacral da bainha hipogástrica. A fáscia delimita o mesorreto posteriormente e assim se encontra anterior ao espaço retrorretal e a fáscia pré-sacral. A fáscia mesorretal é circundada por uma camada muito delgada de tecido conjuntivo frouxo que a separa das paredes posterior e lateral da pelve menor. Superiormente, a fáscia mesorretal se funde com o tecido conjuntivo que delimita o mesentério do sigmoide. Lateralmente, ela se estende ao redor do reto e do mesorreto, e se torna contínua com uma condensação mais densa de fáscia anteriormente. Em homens, esta fáscia anterior é conhecida como septo retovesical, e em mulheres ela forma o septo retovaginal.

Ao escaneamento por RM, o mesorreto aparece como um envoltório contendo gordura, no qual vasos são representados como um sinal baixo devido à ausência de sinal produzida pelo fluxo sanguíneo. Os linfonodos aparecem como estruturas ovoides de sinal alto. Pequenos nervos dentro do mesorreto não são visualizados, mas o tecido conjuntivo entrelaçado no interior do mesorreto pode ser visto como faixas de baixa intensidade de sinal. A fáscia mesorretal é demonstrada em vistas axiais como uma camada de sinal baixo que envolve o mesorreto e que corresponde à distinta condensação de fáscia vista em cortes histológicos que contêm o mesorreto (Brown *et al.*, 1999). A identificação do envolvimento desta camada por tumores malignos do reto ao escaneamento por RM pode

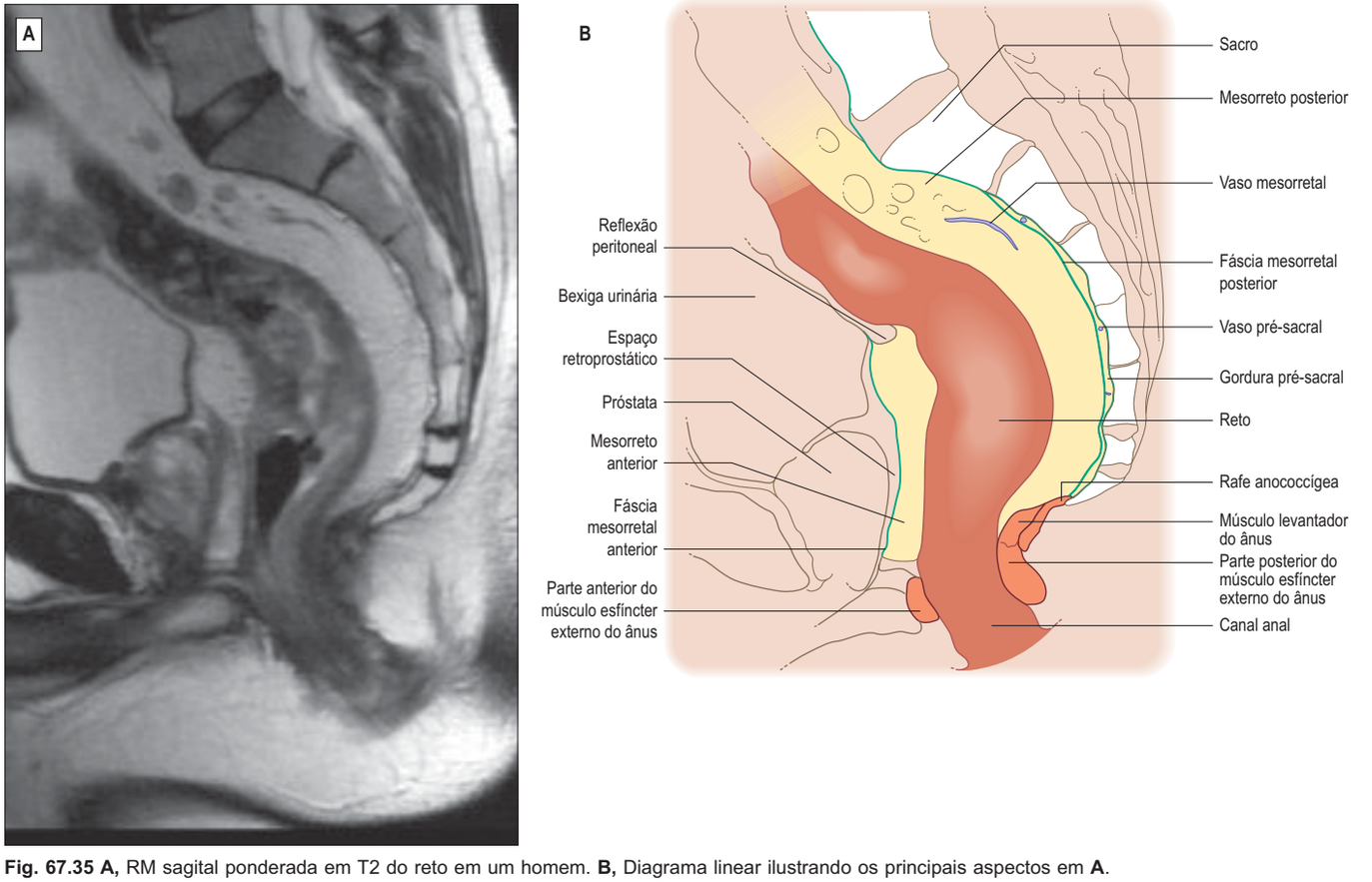


Fig. 67.35 A, RM sagital ponderada em T2 do reto em um homem. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

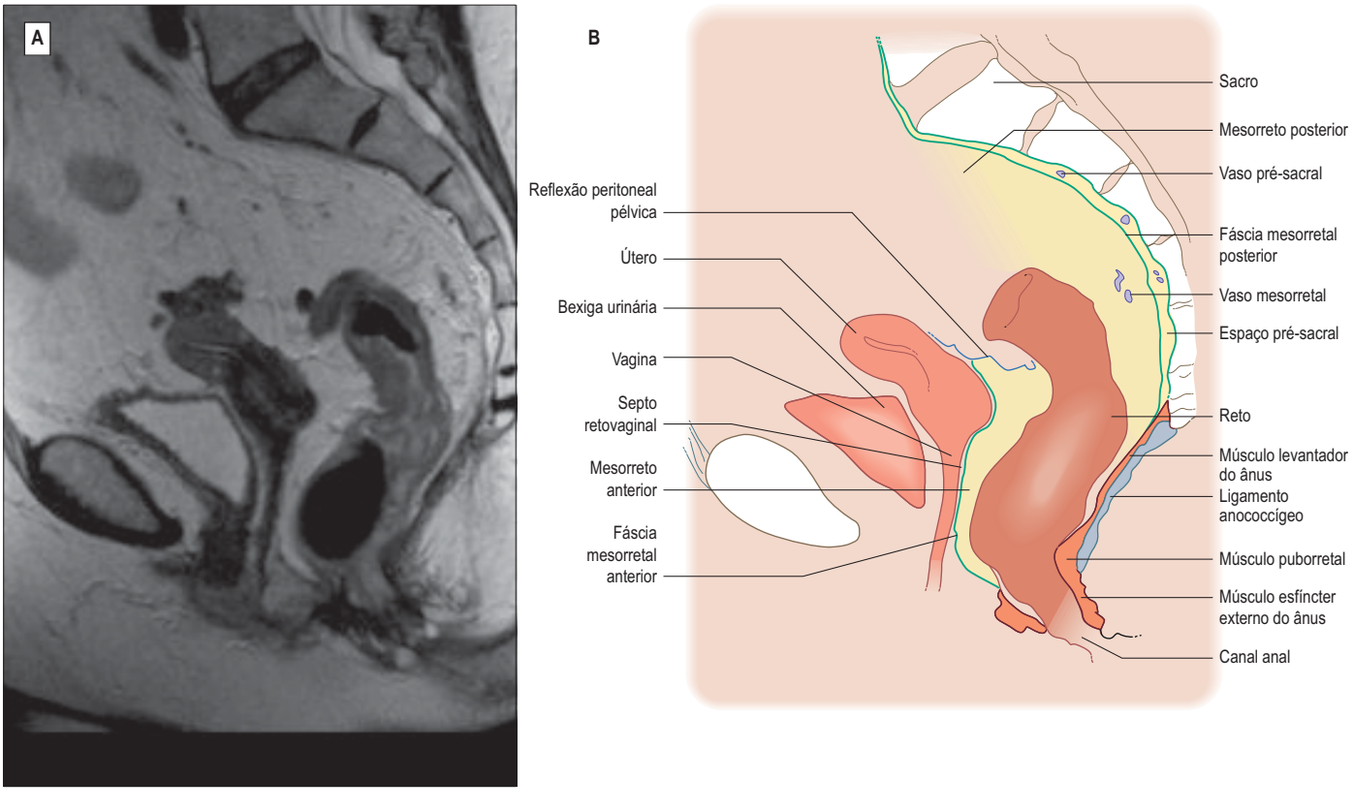


Fig. 67.36 A, RM sagital ponderada em T2 do reto em uma mulher. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

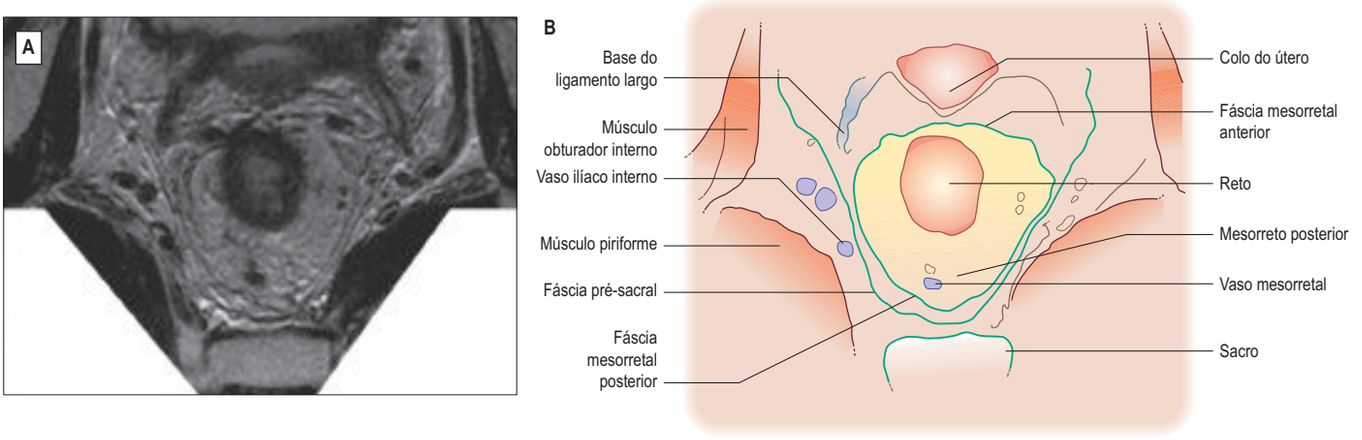


Fig. 67.37 A, RM axial ponderada em T2 da porção superior do reto em uma mulher. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

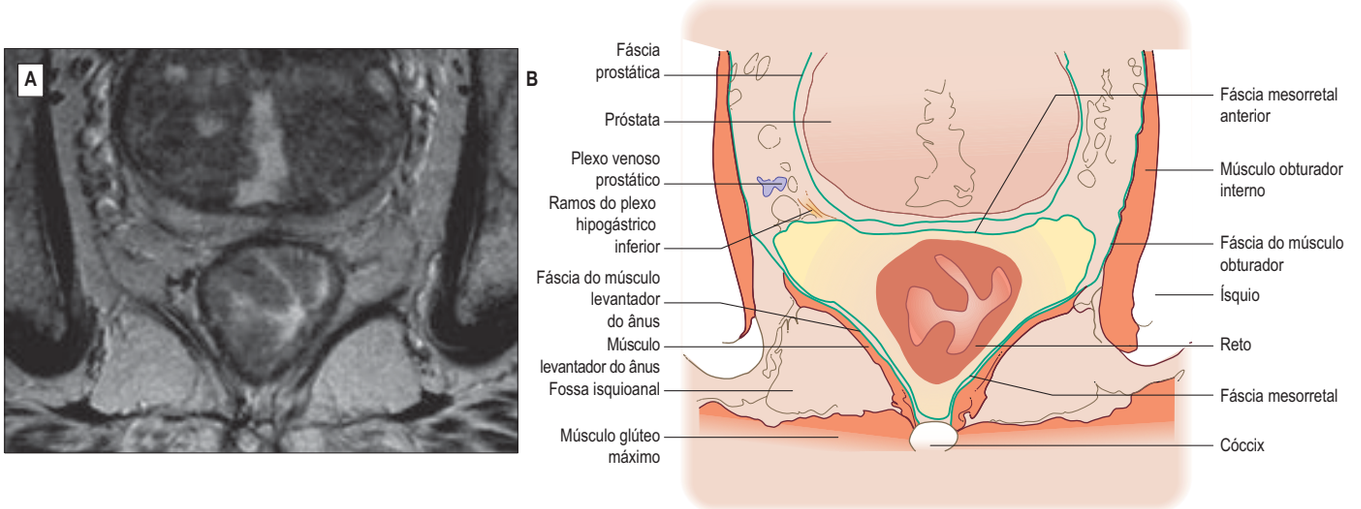
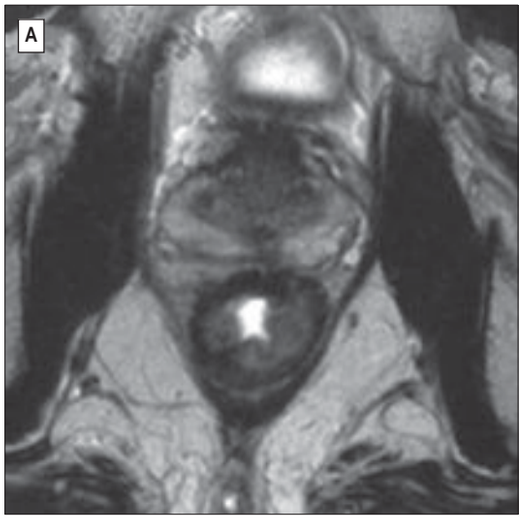


Fig. 67.38 A, RM axial ponderada em T2 da porção média do reto abaixo da reflexão peritoneal em um homem. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.



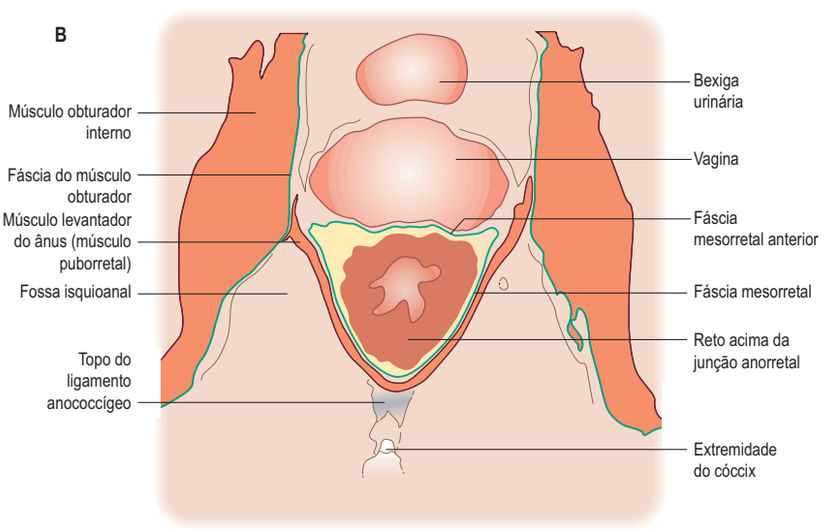


Fig. 67.39 A, RM axial ponderada em T2 da porção baixa do reto, abaixo da reflexão peritoneal em uma mulher. **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

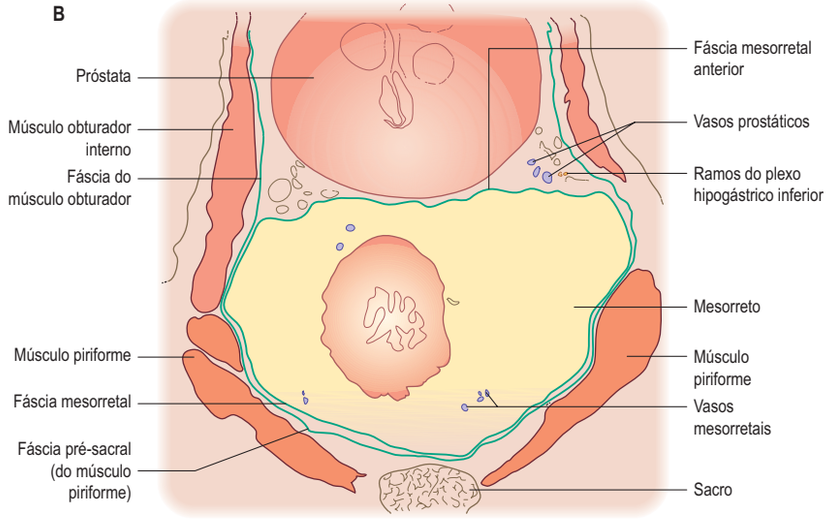


Fig. 67.40 A, Corte transversal em microscopia óptica da porção média do reto (homem, espécime de cadáver). **B,** Diagrama linear ilustrando os principais aspectos em **A**.

ajudar a planejar uma radioterapia pré-operatória e predizer a chance de uma ressecção cirúrgica bem-sucedida.

Anterolateralmente, ramos do plexo hipogástrico inferior e ramos da artéria retal média e veias seguem para o mesorreto. Eles são embainhados por fáscia e às vezes são referidos coletivamente como os "ligamentos retais laterais". O número e o calibre dos vasos retais médios são altamente variáveis; eles podem ser muito pequenos ou mesmo ausentes (Sato & Sato, 1991). Os "ligamentos laterais" não são vistos ao escaneamento por RM ou por TC, e aparecem apenas como uma estrutura identificável com uma tração cirúrgica sobre o reto. A fáscia dos "ligamentos" é tênue e provavelmente desempenham um papel muito pequeno no suporte do reto.

A fáscia parietal que recobre o músculo levantador do ânus e os músculos da parede lateral da pelve forma uma condensação mais densa de tecido fascial por sobre o sacro (Fig. 67.40).

RELAÇÕES DO RETO

Posterior ao reto e ao mesorreto, e separados deles pela fáscia pré-sacral, no plano mediano encontram-se as três vértebras sacrais inferiores, o cóccix, os vasos sacrais medianos e a porção mais baixa da cadeia simpática sacral. Lateralmente, a parte superior do reto está relacionada à fossa pararretal e seu conteúdo (colo sigmoide ou íleo terminal), enquanto abaixo da reflexão peritoneal se encontram o músculo piriforme, os ramos anteriores dos três nervos sacrais inferiores e os nervos coccígeos, o tronco simpático, os vasos sacrais laterais inferiores e os músculos coccígeos e levantadores do ânus. Anteriormente, acima do nível da reflexão peritoneal, encontram-se alças do colo sigmoide ou do íleo terminal (se estas se encontrarem na pelve); de outro modo, o reto está relacionado às partes superiores da base da bexiga urinária em homens, ou ao colo, ao corpo do útero e parte superior da vagina em mulheres. As partes inferiores da base da bexiga urinária, as glândulas seminais, o ducto deferente, partes terminais dos ureteres e a próstata em homens (Figs. 67.38 e 67.39), ou a parte inferior da vagina em mulheres, encontram-se abaixo da reflexão. Em mulheres, o septo retovaginal é composto de uma condensação de tecido conjuntivo, a qual é contínua com o tecido conjuntivo das camadas externas das paredes retal e vaginal. Em mulheres no período pós-menopausa, e após o parto, o tecido conjuntivo do septo retovaginal pode se atrofiar ou estar adelgaçado, reduzindo o suporte para as paredes retal anterior e vaginal posterior.

PROLAPSO RETAL

O prolapso do reto envolvendo todas as camadas da parede retal pode ocorrer: a precisa etiologia não é conhecida. Durante um prolapso, as porções média e superior do reto descem em direção ao assoalho pélvico sob uma tração. Esta descida tende a ocorrer no interior do lúmen do reto como uma forma de intussuscepção, e pode ser uma consequência do grande diâmetro da porção inferior da ampola do reto e a fixação relativa da junção anorretal com o canal anal. A parte superior do mesorreto é formada por tecido conjuntivo frouxo e uma quantidade relativa de tecido adiposo, e assim uma quantidade relativamente pequena de tecido de fato fixa as porções média e superior do reto na posição no interior da pelve. Os "ligamentos laterais" são compostos principalmente de estruturas vas-

culares e oferecem apenas um suporte limitado contra a descida retal. O aumento crônico do espaço anorretal delimitado pelos músculos levantadores do ânus ocorre comumente em pacientes que sofrem prolapso retal, mas isto é considerado como uma consequência, em vez de uma causa do prolapso. Durante um prolapso, a escavação retouterina em mulheres também desce com a parede retal anterior, e em casos extremos pode tornar-se invertida através do ânus entre as camadas da parede retal. Isto raramente acontece com a escavação retovesical em homens.

RETOCELE

Quando o septo retovaginal é totalmente esgotado, especialmente em mulheres pós-menopausa, a pressão da defecação transmitida para a frente ao longo da flexura sacral do reto pode definitivamente causar a projeção da parede retal para a região posterior da vagina, e, em casos extremos, através do introito vaginal. A falha de suporte do reto e do períneo pelos músculos puborretal e pubovaginal contribui para este prolapso por permitir a descida da parte posterior do períneo durante uma tração.

EXCISÃO MESORRETAL NO CÂNCER RETAL

Um importante conceito no tratamento oncológico do adenocarcinoma do reto é a integridade do reto e de seu tecido mesorretal. Os tecidos linfoides epirretais e pararretais estão localizados por todo o mesorreto. Se o mesorreto é seccionado ou rompido durante a excisão cirúrgica de um carcinoma retal, linfonodos envolvidos podem ser deixados *in situ*, o que pode predispor a uma recorrência local do tumor (Heald *et al*., 1982). A excisão oncológica do reto envolve a mobilização do reto no plano formado pela fáscia mesorretal posterolateralmente ao redor do mesorreto. Este plano permite que o reto e o mesorreto sejam removidos como um todo sem rompimento da fáscia pré-sacral e seu plexo venoso subjacente. Ele é contínuo com o plano entre o mesentério que circunda a origem da artéria retal superior e a fáscia pré-sacral por sobre o promontório do sacro, o qual é aberto durante a mobilização da origem da artéria mesentérica inferior, antes da ligação. O plano mesorretal se estende lateralmente e anteriormente, rompido apenas por pequenos ramos dos vasos retais médios, e é contínuo com a fáscia retovesical ou retovaginal, o que fornece um plano oncológico de dissecção similar. Uma vez que os nervos hipogástricos inferiores estão intimamente relacionados ao plano da fáscia mesorretal em seu terço superior, a dissecção deve poupar os nervos caso se queira evitar um grau de distúrbio autônomo pélvico (disfunção da bexiga urinária e disfunção erétil em homens) após a cirurgia. A excisão completa do reto – excisão mesorretal total – envolve a mobilização deste plano ao nível dos músculos levantadores do ânus. Durante a excisão, é importante seguir a curvatura sacral do reto para evitar a entrada na fáscia pré-sacral ou no ligamento anococcígeo, com subsequente sangramento dos vasos pré-sacrais.

EXCISÃO ABDOMINOPERINEAL NO CÂNCER RETAL

A região posterior do mesorreto é mais delgada em sua extremidade mais baixa, onde a fáscia mesorretal se torna contínua com os tecidos perisserosos que se condensam sobre a camada muscular externa à medida que ela passa para dentro das fibras do músculo puborretal e se encontra diretamente sobre a fáscia do músculo levantador do ânus (fáscia endopélvica) (Fig. 63.4). Os tumores que penetram através da parede retal neste ponto podem, consequentemente, dispor-se em extrema proximidade à margem mesorretal. A dissecção convencional no plano mesorretal até o assoalho pélvico pode abrir este espaço fascial próximo ao tumor, e a excisão abdominoperineal do reto deve ser conduzida através da fossa isquioanal, verticalmente através dos músculos levantadores do ânus, fora da alça puborretal e para dentro do plano mesorretal, bem acima da área de contato com o assoalho pélvico para evitar a abertura deste potencial plano tumoral.

EXCISÃO LOCAL DO RETO

A excisão da completa espessura de lesões da parede retal é possível naquelas partes do reto dispostas no compartimento extraperitoneal, isto é, abaixo das reflexões peritoneais. O tecido adiposo mesorretal contém algum escape de conteúdo e fornece suporte ao fechamento do defeito na parede retal. Uma vez que apenas o terço inferior do reto é completamente extraperitoneal, excisões locais de espessura total do reto devem ser evitadas na parede anterior do terço médio e nas paredes anterolaterais do terço superior do reto. A altura à qual tal excisão pode ser realizada anteriormente em mulheres é mais baixa que nos homens, porque o nível mais baixo da reflexão peritoneal torna a entrada na cavidade peritoneal mais provável.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O principal suprimento arterial para os dois terços superiores do reto é a artéria retal superior. Ramos da artéria retal média fornecem algum suprimento adicional ao terço médio, e ramos ascendentes da artéria retal inferior suprem o terço distal. A artéria sacral mediana (o ramo terminal da linha mediana da aorta) contribui com um pequeno ramo que entra na parede posterior da junção anorretal sobre a fáscia sacrorretal (Fig. 67.41).

Artéria retal superior

A artéria retal superior é a principal continuação da artéria mesentérica inferior (Fig. 67.31). Ela desce para a pelve no mesocolo sigmoide, cruza os vasos ilíacos comuns esquerdos e passa por sobre o promontório do sacro normalmente bem à esquerda da linha mediana. Ela tem sobre si os nervos hipogástricos inferiores a cada lado. Ela se encontra anterior às vértebras sacrais superiores e passa para o interior da região superior do mesorreto, em seguida desce, inicialmente na linha mediana, e se divide em dois ramos no nível da terceira vértebra sacral. Estes se encontram inicialmente em posição posterolateral, em seguida lateral, à parede retal à medida que eles descem um de cada lado do reto. Ramos terminais perfuram a parede muscular a partir do nível da parte superior do mesorreto para entrar na submucosa retal, onde eles se anastomosam com ramos ascendentes das artérias retais inferiores.

Artérias retais médias

As artérias retais médias se originam diretamente da divisão anterior da artéria ilíaca interna ou a partir da artéria vesical inferior (artéria vaginal em mulheres). Elas entram no mesorreto anterolateralmente nos "ligamentos retais laterais", e são frequentemente ausentes ou podem ser de calibre muito pequeno (Sato & Sato, 1991). Quando presentes, elas fornecem um suprimento arterial para a musculatura das porções média e inferior do reto, mas formam apenas poucas anastomoses com as artérias retais superior e inferior.

Artérias retais inferiores

As artérias retais inferiores são ramos terminais das artérias pudendas internas. Elas cruzam a fossa isquioanal para entrar na porção superior do canal anal lateralmente, onde elas se ramificam. Suprem os músculos esfíncteres interno e externo do ânus, o canal anal e a pele perianal. Ramos ascendentes passam superiormente no plano da submucosa e se anastomosam com os ramos terminais da artéria retal superior.

Veias

Plexo venoso retal

O plexo venoso retal circunda o reto e se conecta anteriormente com o plexo vesical em homens ou o plexo uterovaginal em mulheres. Ele consiste em uma parte interna, abaixo do epitélio retal e anal, e uma parte externa fora da parede muscular. No canal anal, o plexo interno apresenta dilatações longitudinais, conectadas por ramos transversais em círculos, imediatamente acima das válvulas anais. As dilatações são mais proeminentes nos setores lateral esquerdo, anterolateral direito e posterolateral

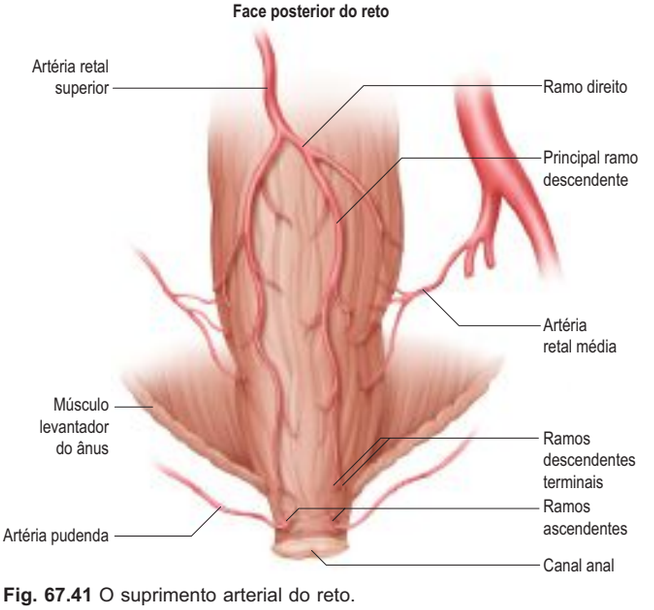


Fig. 67.41 O suprimento arterial do reto.

direito. O plexo interno drena principalmente para a veia retal superior, mas se conecta amplamente com o plexo externo. A porção inferior do plexo externo é drenada pela veia retal inferior para a veia pudenda interna; a porção média é drenada por uma ou mais veias retais superiores médias para a veia ilíaca interna; e sua parte superior é drenada pela veia retal superior, a qual drena para a veia mesentérica inferior. A comunicação entre os sistemas venosos porta e sistêmico é, desta forma, estabelecido no plexo retal.

Veias retais superiores

As veias retais superiores são formadas a partir do plexo retal interno. As tributárias da veia retal superior sobem na submucosa retal como cerca de seis vasos de tamanho considerável, os quais perfuram a parede retal a aproximadamente 7,5 cm acima do ânus. Os ramos se unem para formar a veia retal superior, a qual segue juntamente com a artéria retal superior na raiz do mesorreto e do mesossigmoide, cruza os vasos ilíacos comuns esquerdos com a artéria retal superior e se continua para cima como a veia mesentérica inferior para a esquerda da linha mediana (Figs. 67.14 e 67.43A).

Veias retais médias

As veias retais médias passam ao longo das artérias retais médias para drenar para a divisão anterior da veia ilíaca interna sobre a parede lateral da pelve.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos que drenam o reto e a porção superior do canal anal acima do nível da linha pectinada passam superiormente, inicialmente através da parede retal e, em seguida, como uma delicada rede por sobre a superfície do reto, antes de drenar para linfonodos que se encontram no tecido conjuntivo frouxo e adiposo do mesorreto. Os linfonodos epirretais se encontram muito próximo das fibras externas da musculatura longitudinal retal, enquanto linfonodos pararretais se encontram em meio ao mesorreto, uma distância variável da parede retal. A direção geral de drenagem é para cima, ao longo dos ramos da artéria retal superior. A drenagem para grupos intermediários ocorre até os linfonodos próximos à origem da artéria mesentérica inferior (Fig. 67.42).

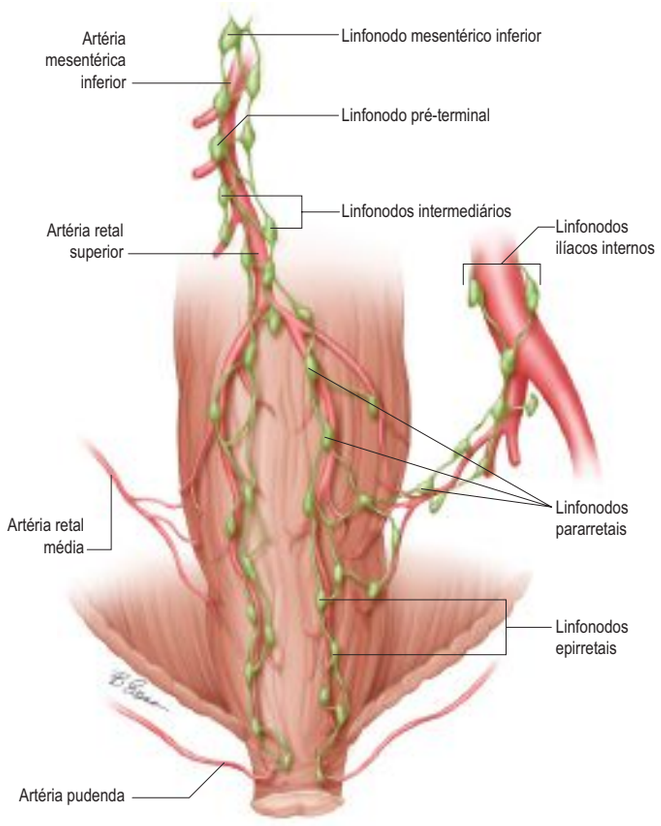


Fig. 67.42 Linfonodos do reto e da parte superior do canal anal (vista posterior).

INERVAÇÃO

O suprimento simpático para o reto e parte superior do canal anal se origina no primeiro e segundo segmentos espinais lombares. As fibras estão distribuídas pelos nervos esplâncnicos lombares através dos plexos mesentéricos inferiores e pelos nervos esplâncnicos sacrais através dos plexos hipogástricos superior e inferior: os axônios pós-ganglionares atingem a parede intestinal através de plexos periarteriais sobre ramos das artérias retais superior e média, e são inibitórios para a musculatura da parede retal.

O suprimento parassimpático pré-ganglionar para o reto e parte superior do canal anal é mediado pelos nervos esplâncnicos pélvicos, os quais seguem através dos plexos hipogástricos superior e inferior e juntamente com os plexos nervosos sobre os ramos da artéria mesentérica inferior. Os nervos parassimpáticos são secretomotores para as glândulas colorretais, e motores para a musculatura retal, causando relaxamento do músculo esfíncter interno do ânus. Impulsos aferentes que medeiam sensações de distensão são conduzidos por fibras aferentes viscerais que seguem com os nervos parassimpáticos. Impulsos de dor passam em fibras aferentes viscerais que seguem com os nervos simpáticos e parassimpáticos que suprem o reto e a parte superior do canal anal.

O papel da inervação retal na função anorretal e na continência está descrito abaixo.

CANAL ANAL

O canal anal se inicia na junção anorretal e termina na margem anal (Figs. 67.43-67.45). Ele é angulado com relação ao reto porque a tração do músculo puborretal, semelhante a um estilingue, produz o ângulo anorretal. Ele se encontra a 2-3 cm em frente e ligeiramente abaixo da ponta do cóccix, a qual está oposta ao ápice da próstata em homens. A margem anal é marcada por uma abrupta volta onde o epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado que reveste a parte inferior do canal anal se torna contínuo com a pele do períneo. A pigmentação da pele ao redor da margem anal corresponde aproximadamente à extensão do músculo esfíncter externo. A identificação da margem anal pode ser difícil, particularmente em homens nos quais o períneo pode "afunilar-se" para cima e para dentro da parte inferior do canal anal; entretanto, o característico enrugamento do epitélio externo causado pelas fibras penetrantes da camada longitudinal conjunta representa uma referência útil. O canal anal funcional é representado por uma zona de alta pressão que de certa forma se iguala ao canal anatômico. O canal anal consiste em um revestimento epitelial interno, uma área subepitelial vascularizada, os músculos esfíncteres interno e externo do ânus, e um tecido fibromuscular de suporte, além de densas redes neuronais de origem tanto autônoma como somática. Ele apresenta entre 2,5 e 5 cm de comprimento em adultos, embora a parede anterior seja ligeiramente mais curta que a posterior. Ele é geralmente mais curto em mulheres. Em repouso, ele forma uma fenda oval no plano anteroposterior, em vez de um canal circular: o arranjo do músculo esfíncter externo do ânus e suas fixações ao corpo do períneo e ao cóccix criam locais de pressão máxima dentro do canal anal na linha mediana anterior e posterior.

Anteriormente, o terço médio do canal anal está preso por tecido conjuntivo denso ao corpo do períneo, o qual o separa da parte membranácea da uretra do bulbo do pênis em homens ou da parte inferior da vagina em mulheres. Lateral e posteriormente, o canal anal é circundado por tecido adiposo em meio às fossas isquioanais; isto oferece uma via potencial para a propagação de sepse perianal de um lado para o outro (Cap. 63). Posteriormente, o canal anal está preso ao cóccix pelo ligamento anococcígeo, uma estrutura fibroelástica da linha mediana que pode possuir alguns elementos musculares esqueléticos, e que segue entre a face posterior da porção média do músculo esfíncter externo e o cóccix. Um pouco acima deste, encontra-se a rafe da "placa" levantadora do ânus, a fusão das metades do músculo iliococcígeo, o qual se funde anteriormente com o músculo puborretal. Entre estas duas estruturas encontra-se um potencial espaço "pós-anal".

As espinhas isquiáticas podem ser palpadas lateralmente através de um dedo examinador na parte superior do canal anal. Os nervos pudendos passam por sobre as espinhas isquiáticas neste ponto, e a latência terminal motora do nervo pudendo pode ser medida digitalmente usando um eletrodo modificado colocado na luva de exame.

REVESTIMENTO DO CANAL ANAL

A porção superior do canal anal é revestida por uma mucosa com um epitélio simples cilíndrico similar ao do reto. O epitélio contém células secretoras e absortivas, e a mucosa apresenta numerosas glândulas tubulosas ou criptas. Os tecidos subepiteliais são móveis e relativamente distensíveis, e possuem profusos plexos arteriais e venosos na submucosa. Ramos terminais dos vasos retais superiores seguem para baixo, em direção às colunas anais. As veias da submucosa drenam para o plexo venoso retal submucoso e também através das fibras da porção superior do músculo esfíncter interno do ânus para um plexo venoso intermuscular.

Existem 6-10 pregas verticais, as colunas anais, na parte média do canal anal. Elas tendem a ser evidentes em crianças, mas menos bem definidas em adultos. Cada coluna contém uma radícula terminal da artéria e veia retais superiores: os vasos são maiores nos quadrantes lateral esquerdo,

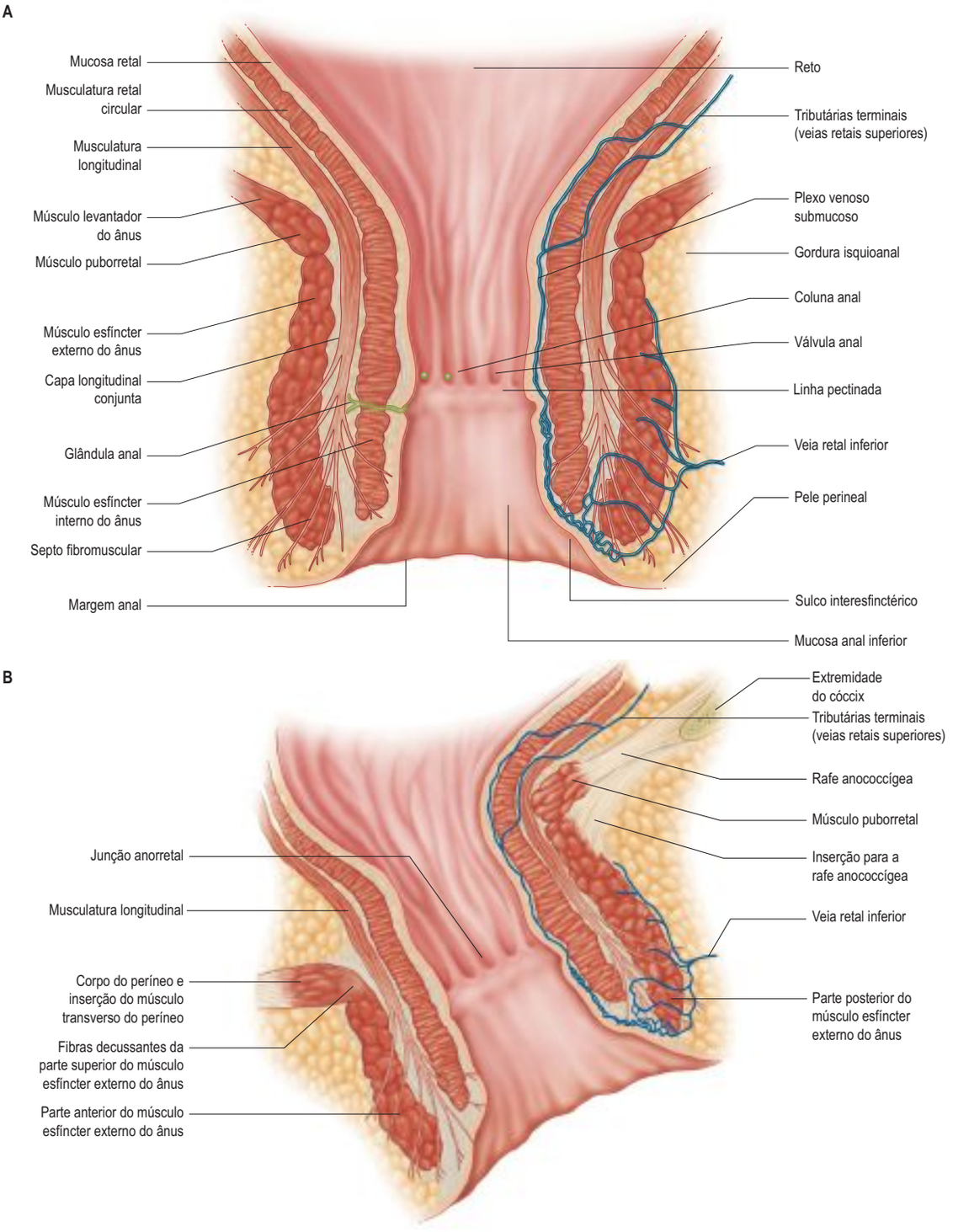


Fig. 67.43 A, Corte coronal através do canal anal: estruturas glandulares e vasculares estão mostradas unilateralmente para fins de clareza. **B,** Corte sagital através do canal anal: o canal anal está angulado posteriormente, e, desta forma, estruturas esfinctéricas anteriores parecem estar em posição mais baixa do que estruturas posteriores. As estruturas glandulares, vasculares e fibromusculares e a capa longitudinal conjunta foram omitidas para fins de clareza.

posterior direito e anterior direito da parede do canal, onde os tecidos subepiteliais se expandem em três "coxins anais" (Fig. 67.46). Os coxins ajudam a vedar o canal anal para manter a continência a flatos e fluidos, e também são importantes na patogênese de hemorroidas. As extremidades inferiores das colunas podem formar pequenas pregas em crescente, chamadas de válvulas anais, entre as quais se encontram pequenos recessos referidos como seios anais. As válvulas e seios anais juntos formam a linha pectinada (ou denteada). Cerca de seis glândulas anais se abrem em pequenas depressões, as criptas anais, nas válvulas anais. As glândulas são ramificadas e revestidas por epitélio estratificado cilíndrico. Dilatações císticas nas glândulas podem estender-se através do músculo esfíncter interno e mesmo até o músculo esfíncter externo (Seow-Cheon & Ho, 1994).

A mucosa abaixo da linha pectinada é lisa, e denominada de pécten anal. Ela é revestida por um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado, sem glândulas sudoríferas e sebáceas ou folículos pilosos associados, mas contém numerosas terminações nervosas somáticas. O epitélio se estende para baixo, até o sulco interesfinctérico, uma depressão na borda inferior do músculo esfíncter interno. O canal abaixo do sulco interesfinctérico é revestido por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, com folículos pilosos associados, o qual é contínuo com a pele perianal. A submucosa nesta região contém profusos plexos arteriais e venosos e tem mais tecido conjuntivo do que a porção superior do canal. Ela pode estar fixada a fibras da camada longitudinal conjunta na região do sulco interesfinctérico.

A junção entre o epitélio simples cilíndrico e o estratificado pavimentoso não queratinizado é referida como a zona de transição anal (ZTA). Ela é variável em altura e posição, e frequentemente contém ilhotas de epitélio estratificado pavimentoso que se estendem para cima, em direção à mucosa com epitélio simples cilíndrico; ela não é o mesmo que a linha pectinada, a qual é uma linha pouco distinta observada no canal anal.

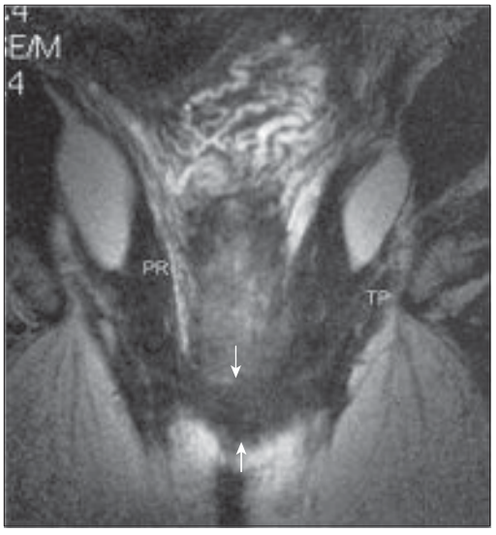


Fig. 67.44 A, Imagem em "endocoil" de RM mediocoronal do canal anal. **B,** Corte em RM em "endocoil" coronal anterior em uma mulher mostrando o músculo transverso do períneo (TP) unindo-se ao esfíncter externo do ânus anteriormente (entre as setas). EAS, esfíncter externo do ânus; IAS, esfíncter interno do ânus; PR, músculo puborretal.

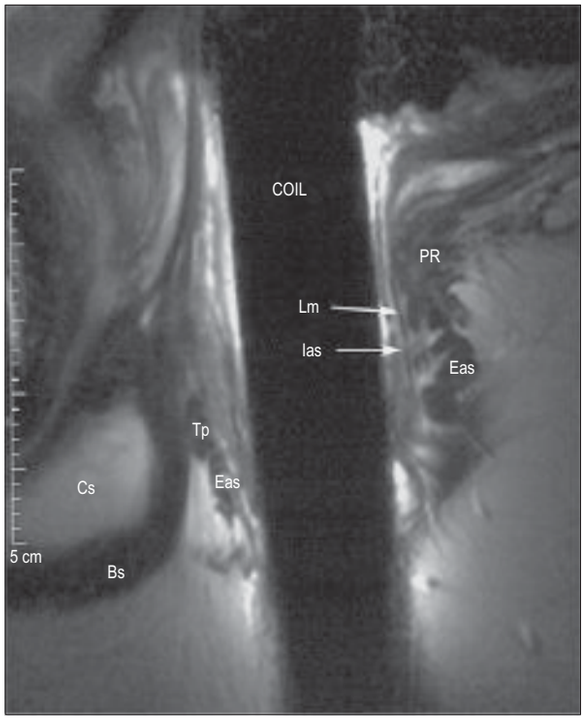


Fig. 67.45 Vista sagital em RM por *endocoil* do canal anal em um homem. Cs, corpo esponjoso; Tp, músculos transversos do períneo; Eas, esfíncter externo do ânus; Lm, musculatura longitudinal; Ias, esfíncter interno do ânus, PR, músculo puborretal; Bs músculo bulboesponjoso.

Fig. 67.46 Vista endoscópica da junção anorretal.

Terminações nervosas que incluem termorreceptores existem na submucosa ao redor da porção superior da ZTA; provavelmente desempenham um papel na continência ao proporcionarem um mecanismo de "amostragem" altamente especializado para identificar o conteúdo da porção inferior do reto quando a parte superior do canal anal relaxa para permitir que o conteúdo retal entre em contato com o epitélio da porção superior do canal anal (Duthie & Gairns, 1960).

A bem definida camada muscular da mucosa do reto se continua em direção à porção superior do canal. Fibras da musculatura longitudinal passam através do esfíncter interno e circundam o plexo venoso submucoso antes de se virar para cima de modo a se fundir com a camada muscular da mucosa e formar o músculo da submucosa do ânus.

Hemorroidas As hemorroidas representam um aumento anormal dos coxins anais. A drenagem parcial do plexo venoso para o plano intermuscular pode desempenhar um papel neste ingurgitamento crônico como o resultado de uma obstrução do fluxo venoso durante tração e defecação prolongadas. Uma vez que os coxins vasculares subepiteliais das porções superior, média e inferior do canal anal formam um plexo contínuo, a diferenciação das hemorroidas em "internas" e "externas" é um tanto arbitrária. A frouxidão da submucosa da porção superior do canal anal é provavelmente responsável pelo fato de que as hemorroidas internas possam formar-se mais facilmente, embora o ingurgitamento do plexo abaixo do epitélio da porção inferior do canal anal também possa ocorrer. Uma vez que o epitélio na parte inferior do canal é bem suprido com terminações nervosas sensitivas, a distensão aguda ou o tratamento invasivo para hemorroidas nesta área causa um profundo desconforto, enquanto uma terapia invasiva ou destrutiva com relativamente poucos sintomas é possível na parte superior do canal porque esta última é revestida por uma mucosa com epitélio simples cilíndrico e insensível.

Fissuras anais Rupturas agudas, transitórias e verticais no epitélio anal não são incomuns. O desenvolvimento de fissuras crônicas e não cicatrizantes é menos comum. Elas são mais prováveis de se desenvolver na linha mediana anterior, e particularmente na posterior, do ânus, possivelmente porque o estresse no canal anal está concentrado nestas regiões devido à organização das fibras do músculo esfíncter externo: a relativa escassez do suprimento arterial nestas regiões provavelmente contribui para uma má cicatrização. A hipertonicidade persistente do músculo esfíncter do ânus é um fator patogênico principal, possivelmente se desenvolvendo como uma consequência de mecanismos reflexos locais desordenados entre a parte inferior do reto e o músculo esfíncter interno do ânus.

Sepse criptoglandular e fístula perianal A infecção das glândulas anais é a principal causa de sepse anal e formação de fístulas criptogênicas (Parks *et al.*, 1976). Como muitas destas glândulas se estendem para o plano interesfinctérico, a chamada sepse criptoglandular pode facilmente se propagar para o mesmo plano. A rota mais comum de drenagem desta sepse é para baixo, entre os músculos esfíncteres interno e externo do ânus, aparecendo abaixo da pele na margem anal. A ruptura ou drenagem da sepse neste ponto formará uma fístula perianal (fístula *in ano*)

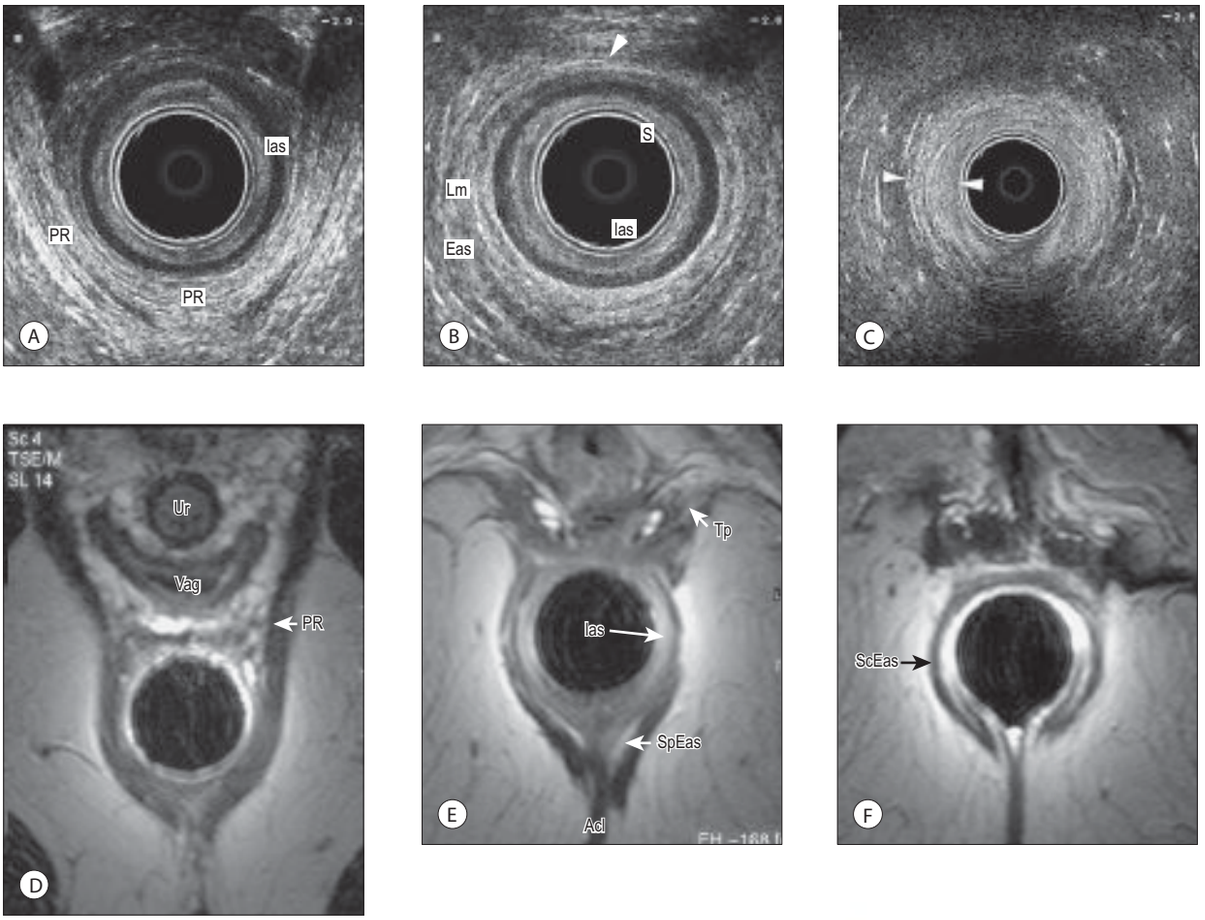
no plano interesfinctérico. Menos comumente, a infecção drena para fora a partir do plano interesfinctérico e passa pelas fibras do músculo esfíncter externo do ânus, possivelmente ao longo dos septos espalhados da camada longitudinal conjunta, e aparece na pele perianal por fora do músculo esfíncter externo do ânus como uma fístula transesfinctérica. Se a sepse não se originar no plano interesfinctérico, é provável que a drenagem ocorra por baixo da mucosa anal isoladamente, formando-se uma fístula submucosa. A sepse na fossa isquioanal que circunda a parte inferior do canal anal pode propagar-se com relativa facilidade porque o tecido conjuntivo é principalmente tecido adiposo. O pus pode se propagar posteriormente, por trás da parte inferior do canal anal para a fossa isquioanal contralateral, porque a parte inferior do canal anal não apresenta fixações ligamentosas (Parkes, 1961).

MÚSCULOS DO CANAL ANAL

O canal anal é envolvido pelos músculos esfíncteres interno e externo do ânus, separados pela camada longitudinal, e tem conexões superiormente com o músculo puborretal e com os músculos transversos do períneo (Fig. 67.47).

Esfíncter interno do ânus

O esfíncter interno do ânus é um anel bem definido de fibras musculares lisas orientadas obliquamente, que é contínuo com a musculatura circular do reto e que termina na junção dos componentes superficial e subcutâneo do músculo esfíncter externo. Sua espessura varia entre 1,5 e 3,5 mm, dependendo da altura no canal anal e se o canal está distendido. Ele é



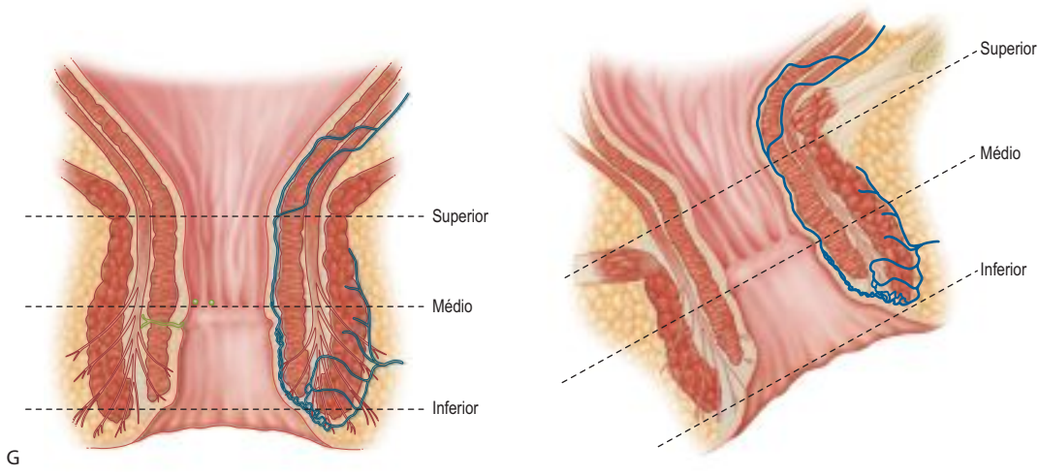


Fig. 67.47 A-C, Vistas axiais do canal anal em três níveis sob ultrassom endoanal em uma mulher. A sonda para o ultrassom endoanal é a estrutura central em negro. **A,** Parte superior do canal anal. O formato em "U" do músculo puborretal (PR) está visível. Ias, esfíncter interno do ânus. **B,** Parte média do canal anal. O esfíncter externo do ânus (Eas) é agora um anel completo anteriormente (cabeça de seta). Lm, musculatura longitudinal; S, tecidos subepiteliais. **C,** Parte inferior do canal anal. Abaixo da terminação do esfíncter interno do ânus, a camada longitudinal se estende através da parte subcutânea do esfíncter externo do ânus (entre as cabeças de seta). **D-F,** RM do canal anal. **D,** No nível superior do canal anal, a alça do músculo puborretal (PR) se estende anteriormente até os ossos púbicos. Vag, vagina; Ur, uretra. **E,** No nível médio do canal anal, os músculos transversos do períneo (Tp) se fundem ao esfíncter externo do ânus anteriormente. A parte superficial (média) do esfíncter externo do ânus (SpEas) está presa a cada lado do ligamento anococcígeo (Acl). Ias, esfíncter interno do ânus. **F,** Nível inferior do canal anal, abaixo do esfíncter interno do ânus. ScEas, parte subcutânea (inferior) do esfíncter externo do ânus. **G,** Chave para os níveis do canal anal.

geralmente mais delgado em mulheres e se torna mais espesso com a idade. Também pode estar espessado em processos patológicos, tais como o prolapso retal e a constipação crônica. A porção inferior do esfíncter é atravessada por fibras da camada longitudinal conjunta, que passa para a submucosa da parte inferior do canal.

Suprimento vascular O esfíncter interno do ânus é suprido por ramos terminais dos vasos retais superiores e ramos dos vasos retais inferiores.

Inervação O esfíncter interno do ânus é suprido pelos sistemas simpático e parassimpático por fibras que se estendem para baixo a partir da parte inferior do reto. As fibras simpáticas se originam nos dois segmentos espinais lombares inferiores, são distribuídas através do plexo hipogástrico inferior e causam a contração do esfíncter. As fibras parassimpáticas se originam nos segundo ao quarto segmentos espinais sacrais, são distribuídas através do plexo hipogástrico inferior, e causam o relaxamento do esfíncter.

Esfíncter externo do ânus

O esfíncter externo do ânus é um complexo ovoide e tubular de musculatura estriada esquelética, composto principalmente por fibras musculares estriadas esqueléticas do tipo 1 (de contração lenta), as quais são bem adequadas a uma contração prolongada. Ele tem sido descrito como consistindo em parte profunda, superficial e subcutânea, mas o esfíncter externo do ânus deve ser considerado como uma entidade funcional e anatômica isolada, embora os terços superior, médio e inferior apresentem diferentes aspectos e fixações. O ultrassom endoanal e o imageamento por ressonância magnética revelam que as fibras mais superiores se fundem com as fibras mais inferiores do músculo puborretal. No terço superior, algumas destas fibras superiores decussam anteriormente para os músculos transversos superficiais do períneo, e posteriormente algumas fibras estão fixadas à rafe anococcígea. A maioria das fibras do terço médio do esfíncter externo do ânus circunda a parte inferior do esfíncter interno. O terço médio está preso anteriormente ao corpo do períneo e posteriormente ao cóccix através do ligamento anococcígeo: algumas fibras de cada lado do esfíncter decussam nestas áreas para formar uma comissura na linha mediana anterior e posterior. As fibras do terço inferior se encontram abaixo do nível do esfíncter interno do ânus e estão separadas do epitélio anal da parte mais inferior pela submucosa.

O comprimento e a espessura do esfíncter externo do ânus variam entre os sexos. Em mulheres, a porção anterior tende a ser mais curta, a parede pode ser ligeiramente mais delgada, e o tubo pode assumir o formato de um cone assimétrico (Rociu *et al.*, 2000), e os músculos transverso do períneo e bulboesponjoso se fundem com o esfíncter externo do ânus na parte inferior do períneo. Em homens, o esfíncter externo do ânus é mais anular e está separado do ponto central do períneo no qual os músculos transversos do períneo e bulboesponjoso se fundem, de modo a existir um plano cirúrgico de clivagem entre o esfíncter externo do ânus e o períneo (Fig. 67.48).

Suprimento vascular O esfíncter externo do ânus é suprido pelos ramos terminais dos vasos retais inferiores, com uma pequena contribuição da artéria sacral mediana.

Inervação O esfíncter externo do ânus é inervado principalmente pelo ramo retal inferior do nervo pudendo (divisões anteriores dos segundo, terceiro e quarto nervos espinais sacrais). Ele também pode receber algum suprimento direto através de fibras que deixam os ramos anteriores destes nervos à medida que eles saem dos forames sacrais e seguem por baixo da fáscia sobre o músculo levantador do ânus, de modo a atingir a junção anorretal.

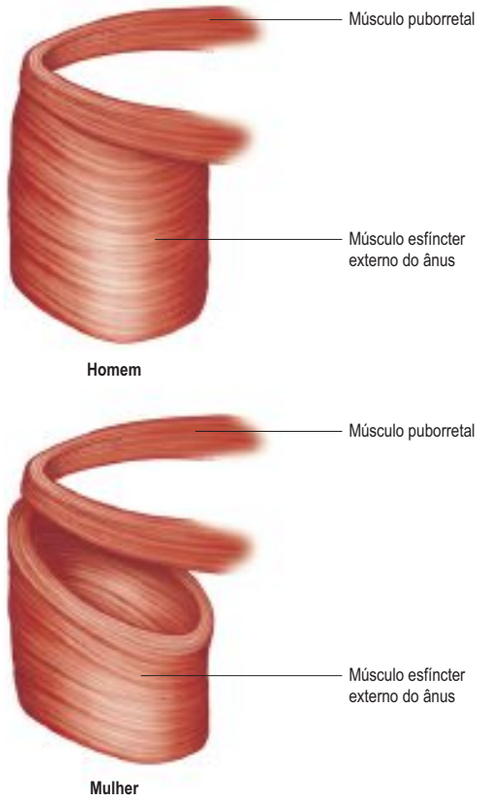


Fig. 67.48 Anatomia típica dos músculos esfíncteres externos do ânus masculino e feminino. O músculo puborretal é mostrado isoladamente com o músculo esfíncter externo do ânus visto a partir da face superolateral. A porção anterior do músculo esfíncter externo do ânus é tipicamente mais curta e mais delgada em mulheres.

ESTRUTURAS FIBROMUSCULARES DO CANAL ANAL

Camada longitudinal e capa longitudinal conjunta

A camada longitudinal está situada entre os esfíncteres interno e externo do ânus. Ela contém uma camada fibromuscular, a capa longitudinal conjunta e o espaço interesfinctérico com seus componentes de tecido conjuntivo (Lunniss & Phillips, 1992). A camada longitudinal tem componentes musculares e fibroelásticos. O elemento muscular é formado pela fusão de fibras musculares estriadas esqueléticas derivadas do músculo puboanal, o qual é a parte mais interna do músculo puborretal, com a musculatura lisa derivada da musculatura longitudinal do reto. O ultrassom endoanal e o imageamento por ressonância magnética demonstram feixes ou lâminas incompletas de músculo que se estendem para baixo entre os esfíncteres na parte superior do canal em ambos os sexos: em homens, estes frequentemente terminam logo acima da borda inferior do músculo esfíncter interno do ânus. Em seguida, a camada se torna completamente fibroelástica e se divide em septos que seguem por entre feixes da parte subcutânea do músculo esfíncter externo do ânus, para terminar na pele perianal. Os mais periféricos dos septos se estendem entre as fibras do músculo esfíncter externo do ânus até a gordura isquioanal. Os septos mais centrais passam pelas fibras do músculo esfíncter interno do ânus para alcançar o revestimento anal e podem ajudar a formar o sulco interesfinctérico. A capa longitudinal conjunta é inervada por fibras autônomas que compartilham uma origem com as fibras que inervam o músculo esfíncter interno do ânus.

Outras estruturas fibromusculares

Uma camada de músculo liso, fibras elásticas amareladas e tecido conjuntivo rico em colágeno é encontrada na submucosa anal, inferiormente aos seios anais. Ela é derivada principalmente a partir de faixas da capa longitudinal conjunta, as quais descem para dentro, por entre as fibras do músculo esfíncter interno do ânus. Algumas das faixas terminam por se voltar para fora, ao redor da borda inferior do esfíncter interno para se unir novamente à principal camada longitudinal. A maioria continua obliquamente para baixo e se insere na derme abaixo do sulco interesfinctérico. Estas fixações podem ajudar a formar o enrugamento visto na pele perianal. Os septos terminam em um arranjo de fibras semelhante a uma colmeia, o qual previne a distensão fácil do revestimento da parte mais inferior do ânus. Isto pode explicar a severa dor produzida por pus ou sangue que se acumula aqui, uma vez que pequenos volumes de líquido produzem rapidamente uma alta pressão em meio à região subepitelial.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O suprimento arterial para o canal anal é derivado de ramos terminais da artéria retal superior, do ramo retal inferior da artéria pudenda e de ramos da artéria sacral mediana. O suprimento para o revestimento do canal anal não é distribuído uniformemente. O suprimento arterial para a mucosa da região anterior e, mais particularmente, da região posterior – ambos na linha mediana – é pior que para a mucosa de revestimento das porções laterais do canal (Klosterhalfen *et al.*, 1989), o que é relevante para a perpetuação de fissuras anais crônicas.

Veias

A drenagem venosa da mucosa da região superior do canal anal, do músculo esfíncter interno do ânus e da capa longitudinal conjunta passa através das tributárias das veias retais superiores para a veia mesentérica inferior. A parte inferior do canal anal e o músculo esfíncter externo do

ânus são drenados através da tributária retal inferior da veia pudenda para a veia ilíaca interna.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos derivados da parte superior da mucosa anal, do músculo esfíncter interno do ânus e da capa longitudinal conjunta drenam para cima, em direção aos vasos linfáticos da submucosa e intramurais do reto. Os vasos linfáticos da mucosa da região inferior do canal anal e do músculo esfíncter externo do ânus drenam para baixo através de plexos perianais, para vasos que drenam para os linfonodos inguinais externos. Os vasos linfáticos do músculo puborretal drenam para os linfonodos ilíacos internos. Este arranjo tem uma considerável importância para tumores da parte inferior do reto e da parte superior do canal anal. Se o tumor estiver confinado ao tecido de origem, a propagação maligna está confinada ao linfonodos do mesorreto. Entretanto, se o tumor envolve o músculo puborretal ou os tecidos associados ao músculo esfíncter externo do ânus, a possibilidade de propagação dos linfonodos para estes outros grupos pode requerer uma excisão radical e uma cirurgia muito mais extensa.

INERVAÇÃO

O canal anal é inervado pelas divisões autônoma e somática do sistema nervoso. Fibras simpáticas pré-ganglionares se originam nos dois segmentos lombares inferiores, seguem através da cadeia simpática lombar para os dois gânglios simpáticos sacrais superiores, e para o plexo hipogástrico inferior através dos nervos esplâncnicos sacrais. As fibras parassimpáticas se originam nos segundo ao quarto segmentos espinais sacrais e também seguem para o plexo hipogástrico inferior através dos nervos esplâncnicos pélvicos. A partir do plexo hipogástrico inferior, tanto fibras simpáticas como parassimpáticas seguem juntas em nervos do "plexo pélvico" e entram na parede retal inferior através dos "ligamentos laterais" do reto e da junção anorretal pela fáscia endopélvica por sobre o músculo levantador do ânus. Elas são distribuídas para os plexos submucoso e mioentérico, onde a maioria das fibras termina sobre células intersticiais de Cajal.

O suprimento autônomo para o ânus inerva a parte superior da mucosa anal (rica em termorreceptores), o músculo esfíncter interno do ânus e a capa longitudinal conjunta. Fibras simpáticas causam o relaxamento da musculatura retal inferior, mas causam a contração da capa longitudinal conjunta e das fibras do músculo esfíncter interno do ânus através de receptores α-adrenérgicos. As fibras parassimpáticas causam o relaxamento do músculo esfíncter interno do ânus através de receptores muscarínicos, os quais estimulam a liberação de óxido nítrico a partir de neurônios nitrérgicos intramurais (Brading & Ramalingam, 2006).

O músculo esfíncter externo do ânus e a metade inferior da mucosa anal e a pele perianal (as quais são ricas em nociceptores e receptores de pressão) recebem uma inervação somática derivada das divisões anteriores dos segundo, terceiro, e quarto nervos espinais sacrais, a qual é principalmente distribuída através do ramo retal inferior do nervo pudendo. Pode haver também algum suprimento direto através de fibras que partem dos ramos anteriores dos segundo ao quarto nervos sacrais à medida que eles saem dos forames sacrais e seguem por baixo da fáscia sobre o músculo levantador do ânus para alcançar a junção anorretal (pois alguns reflexos somáticos não são abolidos pela secção dos nervos pudendos).

Dor referida

A dor nos dois terços inferiores do ânus é usualmente sentida com um alto grau de acuidade e está bem localizada no períneo e no canal anal em si.

Reflexos, controle da função anorretal e continência

Arcos reflexos locais existem dentro dos plexos intramurais anorretais e também dentro dos segmentos sacrais da medula espinal; um centro espinal para a coordenação da função anorretal ainda não foi identificado. Estes arcos reflexos envolvem elementos tanto autônomos como somáticos porque a coordenação da continência e da iniciação da defecação requer que a parte inferior do reto e os músculos esfíncteres interno e externo do ânus atuem juntos.

O músculo esfíncter interno do ânus frequentemente relaxa após a distensão do reto (reflexo inibitório retoanal, ou RIRA), sugerindo que vias reflexas locais existam entre as fibras sensitivas retais inferiores e as fibras motoras esfincteéricas. Este relaxamento também ocorre sob estimulação de nervos sensitivos somáticos, mesmo após o reto ter sido completamente excisado, e é presumivelmente mediado através de proprioceptores presentes no assoalho pélvico e de uma via reflexa adicional através dos segmentos espinais sacrais. A integração do estímulo sensitivo a partir do canal anal de modo a controlar a atividade da musculatura anal ocorre em muitos níveis no sistema nervoso, incluindo a medula espinal, o tronco encefálico, o tálamo e o córtex. A atividade neural não somente monitora e regula a defecação, mas também outros comportamentos mais sutis no reto e no canal anal, tal como a separação de fezes do gás retal; ajustes locais para a consistência e quantidade fecais; movimentos autolimpantes no reto e no canal anal; coordenação com outras ações dos músculos perineais e abdominais.

Para manter o canal anal fechado, a pressão dentro do canal anal tem que ser mais alta que a do reto. A pressão resultante no canal é mantida principalmente pela atividade tônica do músculo esfíncter interno do ânus como o resultado de um tônus simpático: aumentos súbitos de pressão intrarretal, por exemplo, durante tosse ou esforço, são compensados por uma rápida contração do músculo esfíncter externo do ânus e do músculo puborretal através de reflexos espinais. A angulação da junção anorretal e a teoria da "valva" não são mais consideradas como importantes na continência, uma vez que o imageamento dinâmico do processo de defecação (proctografia) demonstrou que existe uma ampla faixa de angulação que não se correlaciona com a função. O músculo esfíncter interno do ânus não fecha o canal completamente; o espaço (de aproximadamente 7 mm) é selado pelos distensíveis tecidos subepiteliais vascularizados.

Defecação

A defecação é um ato fisiológico consciente em resposta à sensação de necessidade da passagem de fezes pelo reto: ela requer o relaxamento coordenado dos músculos do assoalho pélvico e do esfíncter anal. A dinâmica tem sido estudada usando medições de pressão no intestino grosso, reto e ânus (Herbst *et al.*, 1997), e por várias técnicas de imageamento, incluindo fluoroscopia, ultrassonografia e imageamento por ressonância magnética (Kruyt *et al.*, 1991). O processo é iniciado por contrações em massa do intestino grosso, as quais direcionam as fezes para o reto. A distensão retal ocorre progressivamente; existe um pequeno aumento na pressão intrarretal porque a musculatura retal relaxa como resultado de reflexos intramurais locais ou reflexos espinais mediados por fibras simpáticas e parassimpáticas. O RIRA está provavelmente envolvido em permitir a descida do conteúdo retal para a porção superior do canal anal, onde ela pode sofrer uma "amostragem" pelo contato com os receptores da mucosa (particularmente com termorreceptores). A defecação pode ser adiada através de contração consciente do esfíncter externo do ânus até que as contrações cessem e uma peristalse retal retrógrada mova as fezes para fora da parte distal do reto, de modo que a sensação de defecação passe. A iniciação da defecação envolve o relaxamento consciente dos músculos do assoalho pélvico e do músculo esfíncter externo do ânus, de modo que o assoalho pélvico desça ligeiramente, permitindo que o ângulo anorretal se torne retilíneo. O relaxamento reflexo do músculo esfíncter interno do ânus e da capa longitudinal conjunta permite que o canal anal se abra. A contração dos músculos abdominais auxiliará a expulsão pelo reto, mas as contínuas contrações em massa do intestino grosso empurram mais fezes para baixo no reto, de modo que toda a parte esquerda do intestino grosso seja esvaziada.

Incontinência anorretal

A incontinência anorretal é comum e pode ocorrer por uma variedade de razões. Pressões retais anormalmente altas, conforme ocorre na diarreia severa, podem superar um esfíncter normal, e doenças do sistema nervoso autônomo podem produzir uma atividade motora anormal ou perda da sensação normal, de modo que não haja uma consciência da presença de fezes. Lesões no músculo esfíncter do ânus podem resultar de um parto vaginal devido à distensão, instrumentação ou procedimentos cirúrgicos. A atrofia do músculo esfíncter externo do ânus pode ocorrer de modo secundário a uma lesão no nervo pudendo durante o parto (e também pode ocorre em diabéticos, doença neurológica e nos idosos). Um esfíncter lesado não será capaz de superar flutuações normais de pressões intrarretais, ou pode haver uma combinação de lesão e disfunção retal, resultando em incontinência anal.

ESTRUTURA MICROSCÓPICA

As camadas teciduais na parede do intestino grosso (Figs. 67.3 e 67.49) se assemelham àquelas no intestino delgado (Cap. 66), exceto pelo fato de os vilos e as pregas circulares estarem ausentes, e as glândulas (ou criptas) serem maiores.

Mucosa

A mucosa é pálida, lisa e, nos segmentos de colo, elevada em numerosas pregas em formato de crescente entre as saculações. No reto ela é mais espessa, mais escura, mais vascularizada e mais frouxamente aderida à submucosa.

Epitélio

A superfície luminal, com exceção da junção anorretal, é revestida por células cilíndricas, células caliciformes mucosas e ocasionais células com micropregas (células M) que estão restritas ao epitélio que recobre folículos linfoides. As células cilíndricas e células caliciformes também estão presentes nas glândulas (ou criptas) intestinais, as quais adicionalmente

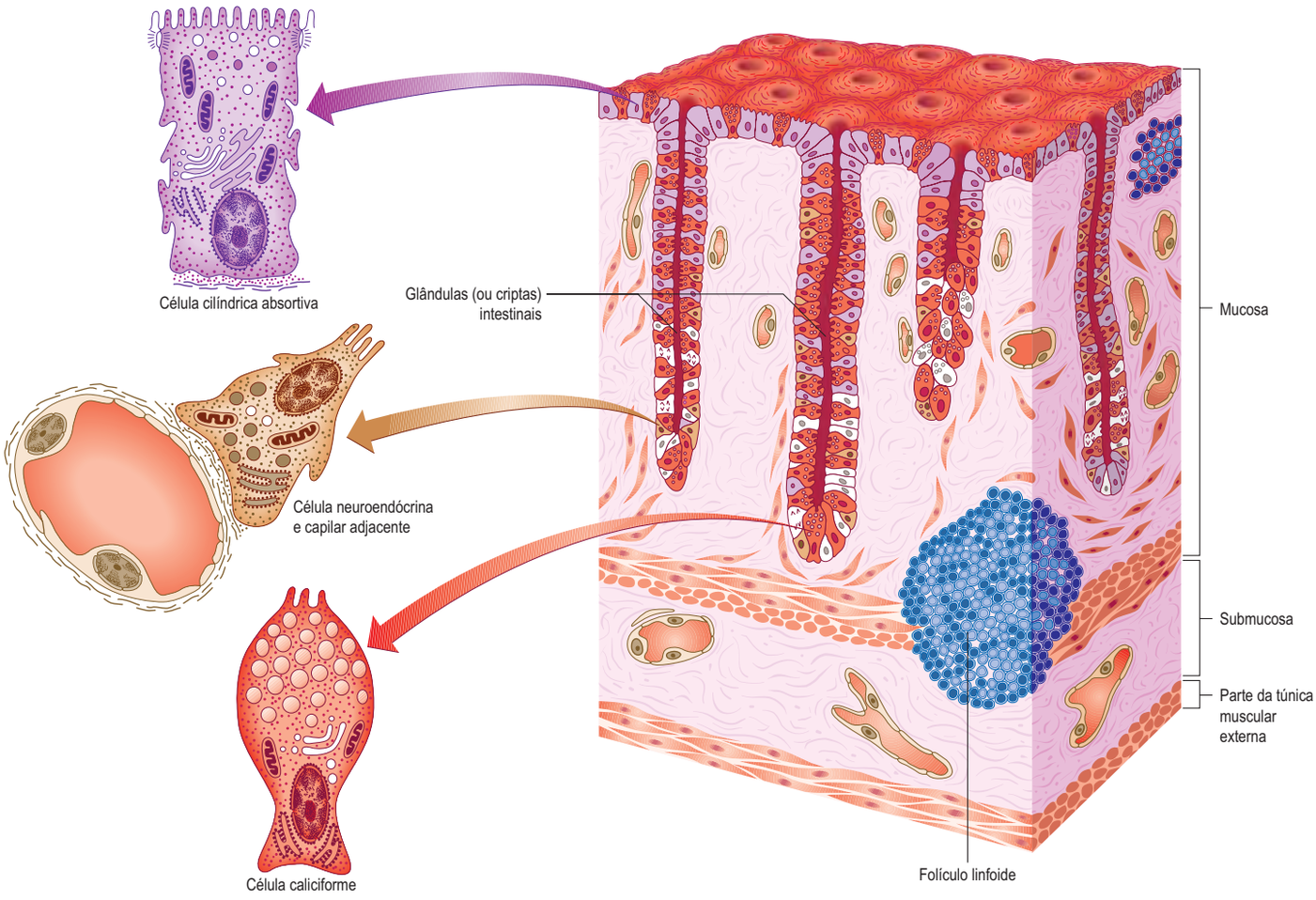


Fig. 67.49 A estrutura microscópica da parede do intestino grosso e suas células epiteliais. Observe os agregados de linfócitos (em azul) e as células epiteliais indiferenciadas (em branco).

contêm células-tronco e células neuroendócrinas. Em geral, as glândulas não apresentam células de Paneth, mas algumas podem estar presentes no ceco.

Células cilíndricas (absortivas) As células cilíndricas (absortivas) são as mais numerosas dos tipos de células epiteliais. Elas são responsáveis pela troca de íons e outras funções de transporte transepitelial, incluindo a reabsorção de água, particularmente nos segmentos de colo. Embora exista alguma variação em sua estrutura, todas elas apresentam microvilos apicais, os quais são mais curtos e menos regulares que os dos enterócitos no intestino delgado. Todas as células apresentam típicos complexos juncionais ao redor de seus perímetros apicais, e estes limitam a difusão extracelular do lúmen através da parede intestinal.

Células caliciformes (mucosas) As células caliciformes têm uma estrutura similar àquelas do intestino delgado, mas são mais numerosas. Elas superam as células absortivas em número na maior parte da extensão do intestino grosso, mas elas são igualmente frequentes em direção ao reto, onde seus números aumentam ainda mais.

Células com micropregas (células M) As células com micropregas são similares àquelas do intestino delgado: elas são células achatadas ou cuboides com longas micropregas abauladas em vez de típicos microvilos, e elas estão restritas ao epitélio que recobre os folículos linfoides.

Células-tronco As células-tronco são a fonte dos outros tipos celulares epiteliais no intestino grosso. Elas estão localizadas nas bases (ou próximas a estas) das glândulas intestinais, onde elas se dividem por mitose. Elas fornecem células que migram em direção à superfície luminal do intestino: sua progênie se diferencia, sofre apoptose e é descamada após aproximadamente 5 dias.

Células neuroendócrinas As células neuroendócrinas estão situadas principalmente nas bases das glândulas, e secretam para a lâmina própria através de sua região basal.

Glândulas (ou criptas) intestinais

As criptas são estreitas glândulas tubulosas perpendiculares na mucosa, as quais são mais longas, mais numerosas e mais próximas entre si do que as do intestino delgado. Suas aberturas dão uma aparência cribriforme à mucosa em vista superficial. As glândulas são revestidas por células epiteliais cilíndricas baixas, principalmente células caliciformes, entre as quais se encontram células cilíndricas absortivas e células neuroendócrinas. Células-tronco epiteliais em suas bases dão origem a todos os três tipos celulares.

Lâmina própria

A lâmina própria é composta por tecido conjuntivo que sustenta o epitélio. Ela apresenta em sua estrutura uma bainha especializada de miofibroblastos pericriptais ao redor de cada glândula intestinal. Folículos linfoides isolados em meio à lâmina própria são mais abundantes no ceco, apêndice e reto, mas também estão presentes espalhados ao longo do restante do intestino grosso. Eles são similares àqueles do intestino delgado; vasos linfáticos eferentes se originam em meio a eles. Os vasos linfáticos estão ausentes da lâmina própria localizada por entre as criptas.

Camada muscular da mucosa

A camada muscular da mucosa do intestino grosso é essencialmente similar àquela do intestino delgado; ela tem proeminentes camadas longitudinal e circular.

Submucosa

A submucosa do intestino grosso é similar à do intestino delgado.

Túnica muscular externa

A túnica muscular externa tem camadas longitudinal externa e circular interna de músculo liso. As fibras longitudinais formam uma camada contínua, porém, com exceção da camada muscular externa uniforme da maior parte do apêndice vermiforme, macroscopicamente estas estão agregadas como faixas longitudinais ou tênias do colo (Figs. 67.3 e 67.12). Entre as tênias do colo, a camada longitudinal é muito mais delgada, menos da metade da espessura da camada circular interna. As fibras circulares formam uma delgada camada por sobre o ceco e os segmentos de

colo, e estão agregadas particularmente em intervalos entre as saculações. No reto, elas formam uma espessa camada, e no canal anal elas formam o esfíncter interno do ânus. Existe uma troca de fascículos entre as camadas circular e longitudinal, especialmente próximo às tênias do colo. O desvio das fibras longitudinais das tênias para a camada circular pode, em alguns casos, explicar as saculações do intestino grosso.

Serosa

A serosa ou peritônio visceral é variável em extensão. Ao longo do intestino grosso, o peritônio forma pequenos apêndices omentais do colo preenchidos com gordura, os quais são mais numerosos nos colos sigmoide e transverso, mas geralmente estão ausentes do reto. O tecido conjuntivo frouxo da serosa adere o peritônio à túnica muscular externa.

REFERÊNCIAS

Brading A, Ramalingam T 2006 Mechanisms controlling normal defecation and the potential effects of spinal cord injury. Prog Brain Res 152: 345–58.

Broden B, Snellman B 1968 Procidentia of the rectum studied with cineradiography. A contribution to the discussion of causative mechanisms. Dis Colon Rectum 11: 330–47.

Brown G, Richards CJ, Newcombe RG et al 1999 Rectal carcinoma: thin-section MR imaging for staging in 28 patients. Radiology 211(1): 215–22.

Buschard K, Kjaeldgaard A 1973 Investigations and analysis of the positions, fixation, length and embryology of the vermiform appendix. Acta Chir Scand 139: 293–8.

Duthie HL, Gairns FW 1960 Sensory nerve-endings and sensation in the anal region of man. Br J Surg 47: 585–95.

Fenlon HM 2002 Virtual colonoscopy. Br J Surg 89(1): 1–3.
Descreve e revisa o uso de TC por múltiplos detectores para realização de imagem do cólon.

Fisher DF Jr, Fry WJ 1987 Collateral mesenteric circulation. Surg Gynecol Obstet 164(5): 487–92.
Revisa circulações mesentéricas colaterais que se desenvolvem durante processos de doenças.

Heald RJ, Husband EM, Ryall RDH 1982 The mesorectum in rectal cancer surgery: the clue to pelvic recurrence? Br J Surg 69: 613–16.
Descrição original do plano mesorretal e sua importância para a excisão cirúrgica de tumores retais.

Herbst F, Kamm MA, Morris GP, Britton K, Woloszko J, Nicholls RJ 1997 Gastrointestinal transit and prolonged ambulatory colonic motility in health and faecal incontinence. Gut 41: 381–9.

Jackson JE 1999 Vascular anatomy of the gastrointestinal tract. In: Butler P, Mitchell AWM, Ellis H (eds) Applied Radiological Anatomy. Cambridge: Cambridge University Press.

Japanese Society for the Cancer of the Colon and Rectum 1997. Japanese Classification of Colorectal Carcinoma. Tokyo: Kanehara.
Descreve a topografia de linfonodos mesentéricos colônicos com referência especial a excisão radical para carcinoma.

Klosterhalfen B, Vogel P, Rixen H, Mittermayer C 1989 Topography of the inferior rectal artery: a possible cause of chronic primary anal fissure. Dis Colon Rectum 32: 43–52.
Estudo angiográfico post-mortem *detalhado do arranjo do suprimento arterial anal.*

Kruyt RH, Delemarre JB, Doornbos J, Vogel HJ 1991 Normal anorectum: dynamic MR imaging anatomy. Radiology 179(1): 159–63.
Descreve a anatomia em RM do anorreto em relação às estruturas circundantes e o ângulo anorretal em repouso, durante contração perineal e durante esforço, em indivíduos assintomáticos.

Lunniss PJ, Phillips RK 1992 Anatomy and function of the anal longitudinal muscle. Br J Surg 79: 882–4.

Murphy JM, Maibaum A, Alexander G, Dixon AK 2000 Chilaiditi's syndrome and obesity. Clin Anat 13(3): 181–4.

Oliphant M, Berne AS, Meyers MA 1996 The subperitoneal space of the abdomen and pelvis: planes of continuity. Am J Roentgenol 167(6): 1433–9.

Parkes AG 1961 The pathogenesis and treatment of fistula in ano. Br Med J 1: 463–9.
Descrição inicial completa da relação entre a anatomia das glândulas anais e sepse criptoglandular.

Parks AG, Gordon PH, Hardcastle JD 1976 A classification of fistula-in-ano. Br J Surg 63(1): 1–12.
Classificação das fistulas anais com base na patogenia da doença e na anatomia muscular normal do assoalho pélvico.

Rociu E, Stoker J, Eijkemans MJ, Lameris JS 2000 Normal anal sphincter anatomy and age- and sex-related variations at high-spatial-resolution endoanal MR imaging. Radiology 217: 395–401.

Sato K, Sato T 1991 The vascular and neuronal composition of the lateral ligament of the rectum and the rectosacral fascia. Surg Radiol Anat 13(1): 17–22.

Seow-Choen F, Ho JM 1994 Histoanatomy of anal glands. Dis Colon Rectum 37: 1215–18.

Silverstein FE, Tytgat GNJ 1991 Atlas of Gastrointestinal Endoscopy, 2nd edn. London: Gower Medical Publishing.

Yamaguchi S, Kuroyanagi H, Milson JW, Sim R, Shimada H 2002 Venous anatomy of the right colon: precise structure of the major veins and gastrocolic trunk in 58 cadavers. Dis Colon Rectum 45: 1337–40.

CAPÍTULO 68

Fígado

O fígado é a maior víscera abdominal e ocupa uma porção substancial da cavidade abdominal superior. Preenche a maior parte do hipocôndrio direito e do epigástrio, e com frequência se estende até o hipocôndrio esquerdo, alcançando a linha lateral esquerda (Fig. 68.1). À medida que o corpo cresce desde a infância até a idade adulta, o fígado aumenta rapidamente de tamanho. Esse período de crescimento atinge um platô por volta dos 18 anos, e a partir da meia-idade ocorre uma diminuição gradual do peso do fígado. A razão entre o peso do fígado e o peso do corpo diminui com o crescimento desde infância até a idade adulta. Na infância, o peso desse órgão corresponde a aproximadamente 5% do peso do corpo e, na idade adulta, esse valor diminui para cerca de 2%. O tamanho do fígado também varia com o sexo, a idade e o tamanho do corpo. Ele tem a forma de uma cunha, e isso é determinado pelo formato da cavidade abdominal superior dentro da qual ele cresce. A extremidade mais estreita da cunha dirige-se para o hipocôndrio esquerdo, e a margem anterior está voltada para a frente e para baixo. As faces superior e lateral direita são moldadas pelas paredes torácica e anterolateral do abdome, bem como pelo diafragma. A face inferior é moldada pelas vísceras adjacentes. Não se acredita mais que a cápsula desempenhe um papel importante na manutenção da integridade da forma do fígado.

Ao longo da vida, o fígado exibe uma cor marrom avermelhada, se bem que essa cor pode variar dependendo do teor de gordura. A obesidade é a causa mais comum do excesso de gordura no fígado (também conhecido como esteatose): o fígado adquire uma cor mais amarelada à medida que o teor de gordura aumenta. Em geral, a consistência varia de macia a firme, embora dependa parcialmente do volume de sangue e do teor de gordura do fígado.

O fígado realiza uma variedade muito grande de atividades metabólicas que são necessárias para a homeostasia, nutrição e defesa imunológica. Por exemplo, ele é importante para a remoção e decomposição de substâncias tóxicas ou potencialmente tóxicas provenientes do sangue, para a regulação da glicose e dos lipídios sanguíneos, para o armazenamento de certas vitaminas, ferro e outros micronutrientes, e para a quebra ou modificação de aminoácidos. Está envolvido em um grande número de reações químicas. Visto que a maioria desses processos é exotérmica, uma parte substancial da produção de energia térmica do corpo, principalmente durante o repouso, ocorre no fígado. O fígado é povoado por macrófagos fagocitários, componentes do sistema mononuclear fagocitário capazes de remover partículas da corrente sanguínea. É um local importante de hematopoese no feto.

FACES DO FÍGADO

O fígado é geralmente descrito como um órgão com faces superior, anterior, direita, posterior e inferior, e com uma margem inferior distinta (Figs. 68.2 e 68.3). Contudo, as faces superior, anterior e direita são contínuas, sem margens definíveis separando-as. Seria mais adequado agrupá-las em uma face diafragmática, separada em sua maior parte da face visceral por uma margem inferior estreita. No ângulo infraesternal, a margem inferior está relacionada com a parede anterior do abdome e é acessível ao exame por percussão, mas geralmente não é palpável. Na linha mediana, a margem inferior do fígado está perto do plano transpilórico, cerca de um palmo abaixo da articulação xifosternal. Nas mulheres e crianças, essa margem frequentemente se projeta um pouco abaixo da margem costal direita.

Face superior A face superior é a maior das faces do órgão e está imediatamente abaixo do diafragma, separada dele pelo peritônio, exceto em uma pequena área triangular onde as duas lâminas do ligamento falciforme divergem. A maior parte da face superior está embaixo da cúpula direita, mas há no centro uma impressão rasa – a impressão cardíaca – que corresponde à posição do coração acima do centro tendíneo do diafragma. O lado esquerdo da face superior está embaixo de parte da cúpula esquerda do diafragma.

Face anterior A face anterior é aproximadamente triangular e convexa e é coberta por peritônio, exceto na fixação do ligamento falciforme.

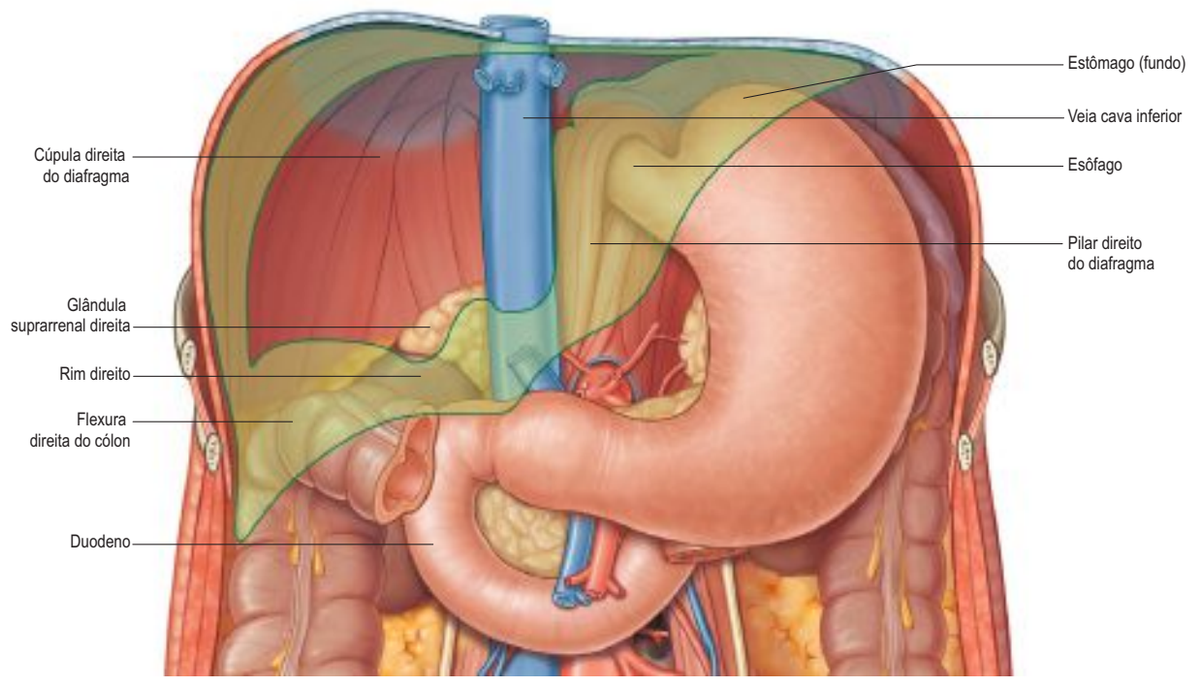


Fig. 68.1 "Leito" hepático. O contorno do fígado está sombreado de verde. A área nua central não está sombreada.

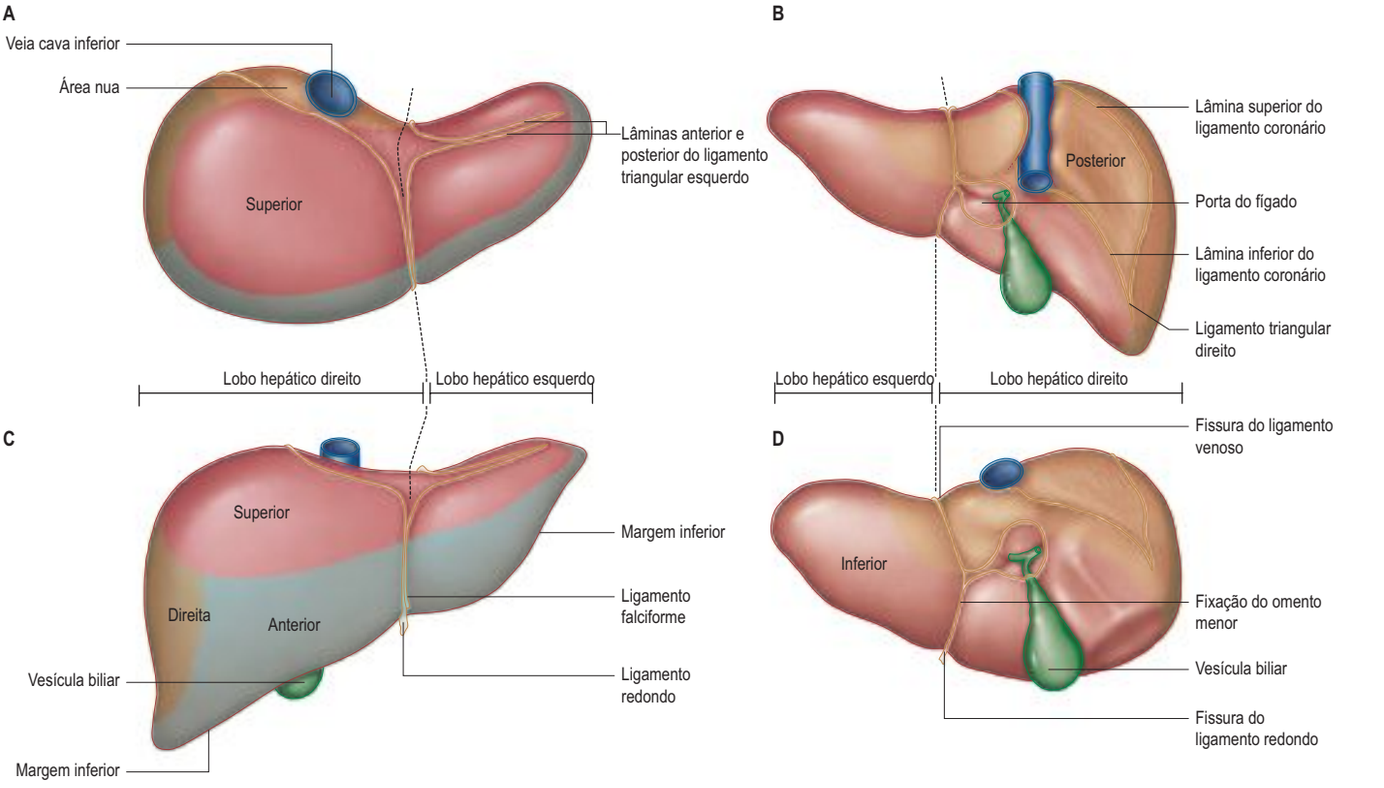


Fig. 68.2 Faces e características externas do fígado. **A,** vista superior; **B,** vista posterior; **C,** vista anterior; **D,** vista inferior.

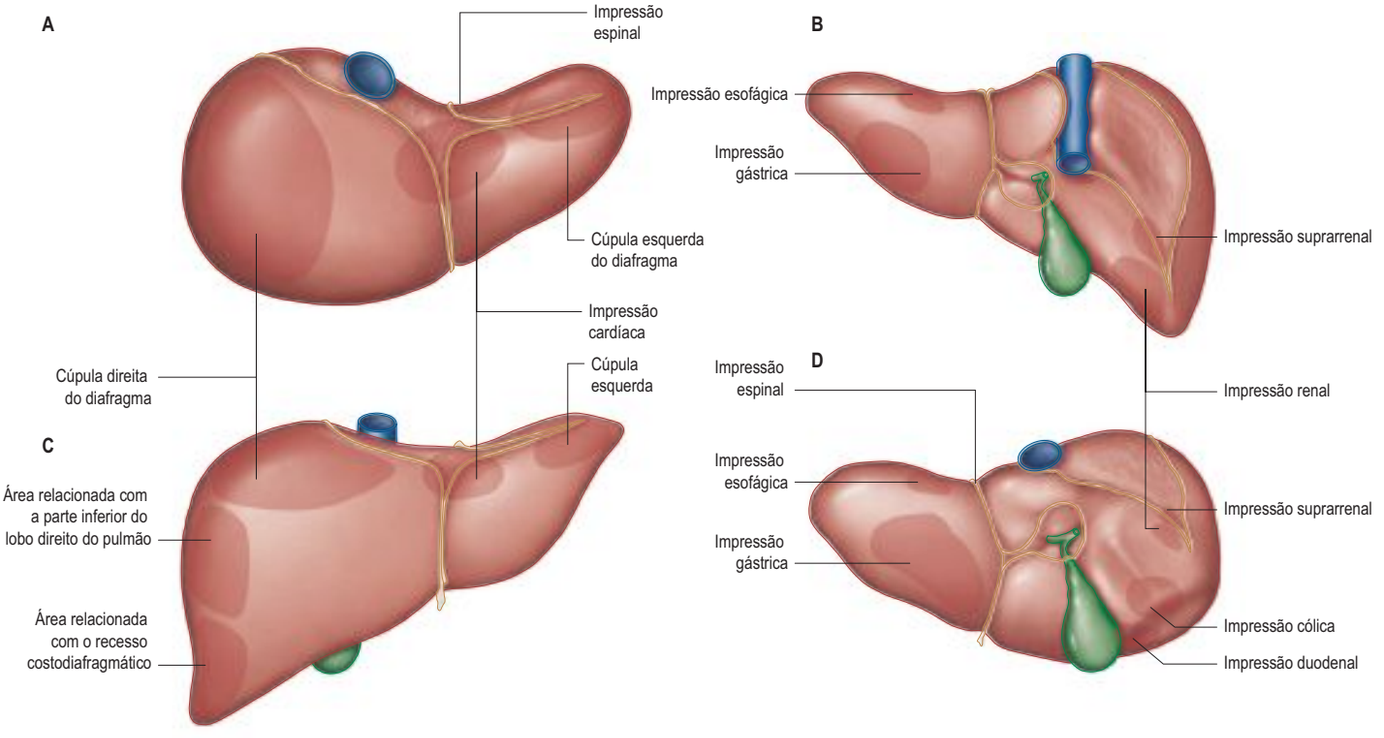


Fig. 68.3 Relações do fígado. **A,** vista superior; **B,** vista posterior; **C,** vista anterior; **D,** vista inferior.

Grande parte dela está em contato com a fixação anterior do diafragma. À direita, o diafragma separa-a da pleura e da sexta à décima costelas e cartilagens; e à esquerda, da sétima e oitava cartilagens costais.

Face direita A face direita é coberta por peritônio e é adjacente à cúpula direita do diafragma, que a separa do pulmão e da pleura direitos e da sétima à décima primeira costelas. O pulmão direito e a pleura de sua base estão acima e são laterais ao terço superior da face direita, entre o diafragma e a sétima e a oitava costelas. O diafragma, o recesso costodiafragmático revestido pela pleura e a nona e a décima costelas são laterais ao terço médio da face direita. O diafragma e a parede torácica são laterais ao terço inferior e estão em contato direto. Raras vezes, a flexura direita do cólon e a parte proximal do cólon transverso podem ter um mesentério longo e situar-se sobre as faces direita e superior do fígado – uma condição denominada síndrome de Chilaiditi.

Face posterior A face posterior é convexa, larga à direita, mas estreita à esquerda. A concavidade profunda mediana corresponde à convexidade anterior da coluna vertebral e está próxima da fixação do ligamento venoso. A maior parte da face posterior está presa ao diafragma por meio de tecido conjuntivo frouxo e se constitui na "área nua" triangular. A veia cava inferior está em um sulco, ou túnel, na extremidade medial da "área nua". À esquerda do sulco da veia cava, a face posterior do fígado é formada pelo lobo caudado e está coberta por uma lâmina de peritônio contínua com a lâmina inferior do ligamento coronário e com as lâminas do omento

menor. O lobo caudado está relacionado com os pilares do diafragma acima do hiato aórtico e com a artéria frênica inferior direita, e essas estruturas o separam da parte torácica da parte descendente da aorta.

A fissura do ligamento venoso separa a face posterior do lobo caudado da parte principal do lobo hepático esquerdo. A fissura passa profundamente na frente do lobo caudado e contém as duas lâminas do omento menor. A face posterior do lobo hepático esquerdo exibe uma impressão rasa perto da extremidade superior da fissura do ligamento venoso, causada pela parte abdominal do esôfago. A face posterior do lobo hepático esquerdo à esquerda dessa impressão está relacionada com parte do fundo gástrico. Juntas, essas relações posteriores compõem o que às vezes é chamado de "leito" hepático (Fig. 68.1).

Face inferior A face inferior é delimitada pela margem inferior do fígado. Ela se une à face posterior na região da origem do omento menor, da porta do fígado e da lâmina inferior do ligamento coronário e apresenta, próximo da linha mediana, uma fissura pronunciada que contém o ligamento redondo (a veia umbilical esquerda fetal obliterada). Em geral, a vesícula biliar está em uma fossa rasa, mas sua posição é variável: ela pode ter um mesentério curto ou ser completamente intra-hepática e estar dentro de uma fenda do parênquima hepático. O lobo quadrado está entre a fissura do ligamento redondo e a vesícula biliar.

A face inferior do lobo hepático esquerdo está relacionada inferiormente com o fundo gástrico e com a parte superior do omento menor. O lobo quadrado é adjacente ao piloro, à parte superior do duodeno e à parte inferior do omento menor. Ocasionalmente, o cólon transverso está entre o duodeno e o lobo quadrado. À direita da vesícula biliar, a face inferior está relacionada com a flexura direita do cólon, com a glândula suprarrenal direita, com o rim direito e com a parte superior do duodeno.

ANATOMIA MACROSCÓPICA DOS LOBOS

Historicamente, o fígado tem sido dividido em lobos hepático direito, hepático esquerdo, caudado e quadrado pelas fixações peritoneais e ligamentares da superfície.

Lobo hepático direito O lobo hepático direito é o lobo com o maior volume e contribui para a formação de todas as faces do fígado. Está separado do lobo hepático esquerdo pelo ligamento falciforme superiormente e pelo ligamento venoso inferiormente. Na face inferior, à direita do sulco formado pelo ligamento venoso, há duas proeminências separadas pela porta do fígado: o lobo caudado, que é posterior à porta do fígado; e o lobo quadrado, que é anterior a ela. A vesícula biliar está em uma fossa rasa à direita do lobo quadrado.

Lobo hepático esquerdo O lobo hepático esquerdo é o menor dos dois lobos principais, embora seja quase tão grande quanto o direito nas crianças pequenas.

Está à esquerda do ligamento falciforme e não possui subdivisões. É consideravelmente mais fino que o lobo hepático direito e tem um ápice estreito que aponta para o quadrante superior esquerdo.

Lobo quadrado O lobo quadrado é visível como uma proeminência na face inferior do fígado, à direita do sulco formado pelo ligamento venoso (e, por isso, diz-se erroneamente que ele tem origem no lobo hepático direito, embora esteja funcionalmente relacionado com o lobo hepático esquerdo). É anterior à porta do fígado e é delimitado pela fossa da vesícula biliar à direita, por uma porção pequena da margem inferior anteriormente, pela fissura do ligamento redondo à esquerda e pela porta do fígado posteriormente.

Lobo caudado O lobo caudado é visível como uma proeminência nas faces inferior e posterior, à direita do sulco formado pelo ligamento venoso: é posterior à porta do fígado. À sua direita, está o sulco da veia cava. Acima, é contínuo com a face superior, à direita da extremidade superior da fissura do ligamento venoso. Nas descrições de sua anatomia macroscópica, diz-se que o lobo caudado tem origem no lobo hepático direito, porém é funcionalmente separado dele.

DIVISÕES ANATOMOFUNCIONAIS

A compreensão atual da anatomia funcional do fígado está baseada na divisão do fígado realizada por Couinaud, que discriminou oito (e subsequentemente nove) segmentos funcionais tendo como base a distribuição dos ramos da veia porta e a localização das veias hepáticas no parênquima (Couinaud, 1957). Já a compreensão da anatomia biliar intra-hepática, sobretudo do sistema ductal direito, foi ampliada com as contribuições de Hjortsjo (1948) e de Healey e Schroy (1953), que utilizaram o sistema biliar como ponto de referência para a divisão do fígado (Fig. 68.4).

O fígado é dividido em quatro divisões portais pelos quatro ramos principais da veia porta. Tem-se então as divisões lateral direita, medial direita, medial esquerda e lateral esquerda (às vezes o termo "posterior" é utilizado no lugar de "lateral", e o termo "anterior", no lugar de "medial"). As três principais veias hepáticas passam entre essas divisões como veias intersetoriais. Esses planos intersetoriais também são chamados de fissuras portais. As fissuras que contêm pedículos portais são denominadas fissuras do fígado. Cada divisão está subdividida em segmentos (geralmente dois) com base no seu suprimento por divisões terciárias das bainhas vasculares biliares.

Fissuras do fígado

O conhecimento das fissuras hepáticas é essencial para o entendimento da cirurgia do fígado. As três principais fissuras (fissura portal principal, fissura portal direita e fissura portal esquerda), que não são visíveis na superfície, seguem através do parênquima hepático e abrigam as três principais veias hepáticas. As três fissuras menores (fissura umbilical, fissura

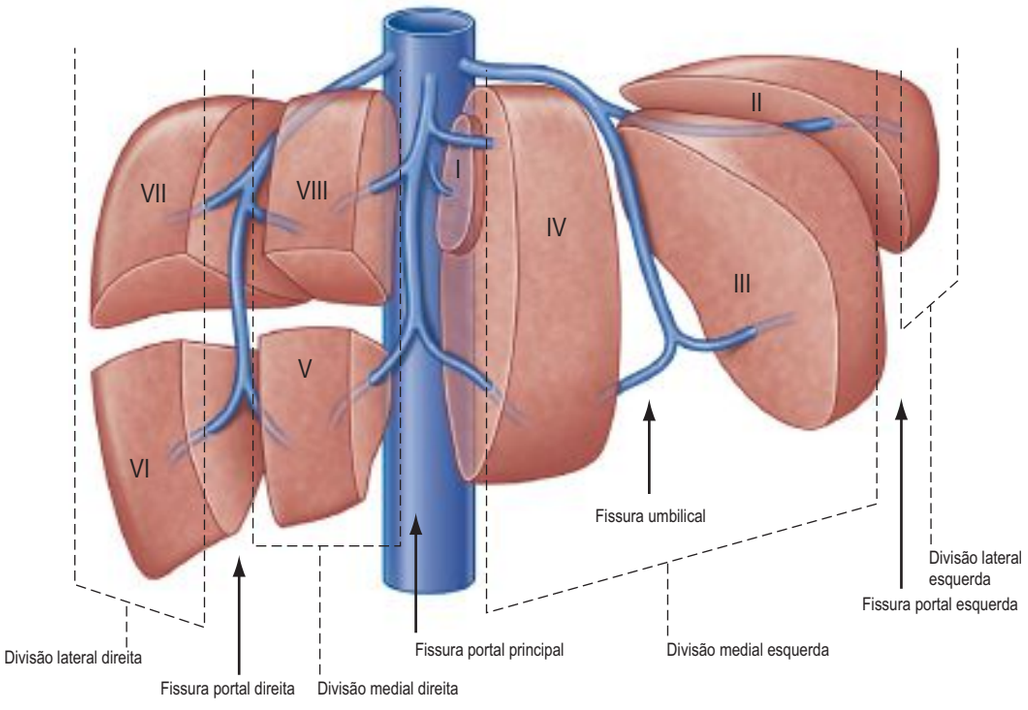


Fig. 68.4. Fissuras e divisões do fígado. (Lateral direita = posterior direita; medial direita = anterior direita.)

venosa e fissura de Gans) são visíveis como fendas naturais da superfície hepática.

Fissura portal principal A fissura portal principal estende-se da ponta da vesícula biliar até o ponto médio da veia cava inferior e contém a veia hepática intermédia (principal). Divide o fígado em metades direita e esquerda. Os segmentos V e VIII estão à direita dessa fissura, e o segmento IV está à sua esquerda.

Fissura portal esquerda A fissura portal esquerda divide a metade esquerda do fígado em divisões medial (anterior) e lateral (posterior). Estende-se do ponto médio da margem anterior do fígado, entre o ligamento falciforme e o ligamento triangular esquerdo, até o ponto que marca a confluência das veias hepáticas esquerda e intermédia. Contém a veia hepática esquerda e separa a divisão anterior esquerda da divisão posterior esquerda: o segmento III está anteriormente, e o segmento II está posteriormente.

Fissura portal direita A fissura portal direita divide a metade direita do fígado em divisões lateral (posterior) e medial (anterior). O plano da fissura direita é o mais variável entre as fissuras principais, e segue aproximadamente na diagonal através da massa do lobo hepático direito desde a extremidade lateral da margem anterior até a confluência das veias hepáticas esquerda e intermédia. Essa fissura separa a divisão anterior direita à sua esquerda (segmentos V e VIII) da divisão posterior direita à sua direita (segmentos VI e VII) e contém a veia hepática direita. A fissura direita marca o ponto mais espesso do parênquima hepático, que é habitualmente transecionado durante a ressecção do fígado.

Fissura umbilical A fissura umbilical separa o segmento III do segmento IV dentro da divisão anterior esquerda e contém o ramo principal da veia hepática esquerda (a veia da fissura umbilical). Está destacada pela fixação do ligamento falciforme e, às vezes, está coberta com uma crista de tecido hepático que se estende entre os segmentos: é com frequência avascular e pode ser secionada com segurança com diatermia durante uma cirurgia. Contém a parte umbilical do ramo esquerdo da veia porta, as divisões finais do ducto hepático esquerdo e os ramos da artéria hepática esquerda. A parte umbilical do ramo esquerdo da veia porta é um ponto de referência importante: o acesso a essa veia e a mobilização do ramo esquerdo da veia porta são etapas essenciais da cirurgia do colangiocarcinoma hilar. O conhecimento da disposição da veia porta, da artéria hepática e do ducto biliar dentro da fissura umbilical também é fundamental na bipartição de um fígado destinado a um receptor adulto e outro infantil, e naquele destinado a um transplante de doador vivo para um receptor infantil.

Fissura venosa A fissura venosa é uma continuação da fissura umbilical sob a superfície do fígado e contém o ligamento venoso. Está entre o lobo caudado e o segmento IV. A continuação mais profunda desse plano corresponde à fissura dorsal.

Fissura de Gans A fissura de Gans está na face inferior do lobo hepático direito, atrás da fossa da vesícula biliar. Com frequência contém o pedículo portal destinado à divisão posterior direita. Acredita-se que corresponda à fissura direita, já que se relaciona com as divisões do fígado.

Divisões e segmentos do fígado

Divisões

As divisões do fígado são compostas de um a três segmentos: divisão lateral direita = segmentos VI e VII; divisão medial direita = segmentos V e VIII; divisão medial esquerda = segmentos III e IV, e parte do I; divisão lateral esquerda = segmento II (Fig. 68.5). Em uma visão inferior do fígado, a numeração dos segmentos segue uma espiral de sentido anti-horário com centro na veia porta. Essa numeração começa no segmento I e segue até o segmento VI. Os segmentos VII e VIII, mais craniais, são numerados no sentido horário (Fig. 68.6).

Segmento I O segmento I corresponde ao lobo caudado anatômico e é posterior ao segmento IV. Sua metade esquerda é imediatamente posterior aos segmentos II e III, e sua metade medial está cercada pelos principais ramos vasculares. As bainhas de Glisson destinadas ao segmento I originam-se das bainhas principais direita e esquerda. Portanto, o segmento recebe independentemente vasos dos ramos direito e esquerdo da veia porta e da artéria hepática, e drena de modo independente para a veia cava inferior por vários ramos pequenos (conhecidos como o grupo inferior). Eles quase sempre têm origem no terço inferior e ocasionalmente no terço médio, mas nunca se originam do terço superior do segmento. Os ductos biliares responsáveis pela drenagem do segmento estão intimamente relacionados com a confluência dos ductos hepáticos direito e esquerdo, tanto que a excisão de tumores do ducto biliar central geralmente exige a remoção do segmento IV.

Segmento II O segmento II é posterolateral à fissura esquerda. Com frequência, possui apenas uma bainha de Glisson e drena para a veia hepática esquerda. Raras vezes uma veia isolada drena diretamente para a veia cava inferior.

Segmento III O segmento III está entre a fissura umbilical e a fissura esquerda, e é com frequência suprido por uma a três bainhas de Glisson. Drena para a veia hepática esquerda. A veia do ligamento falciforme pode fornecer uma rota de drenagem alternativa para o segmento III.

Segmento IV O segmento IV está entre a fissura umbilical e a fissura principal, anterior à fissura dorsal e ao segmento I, e é suprido por três a

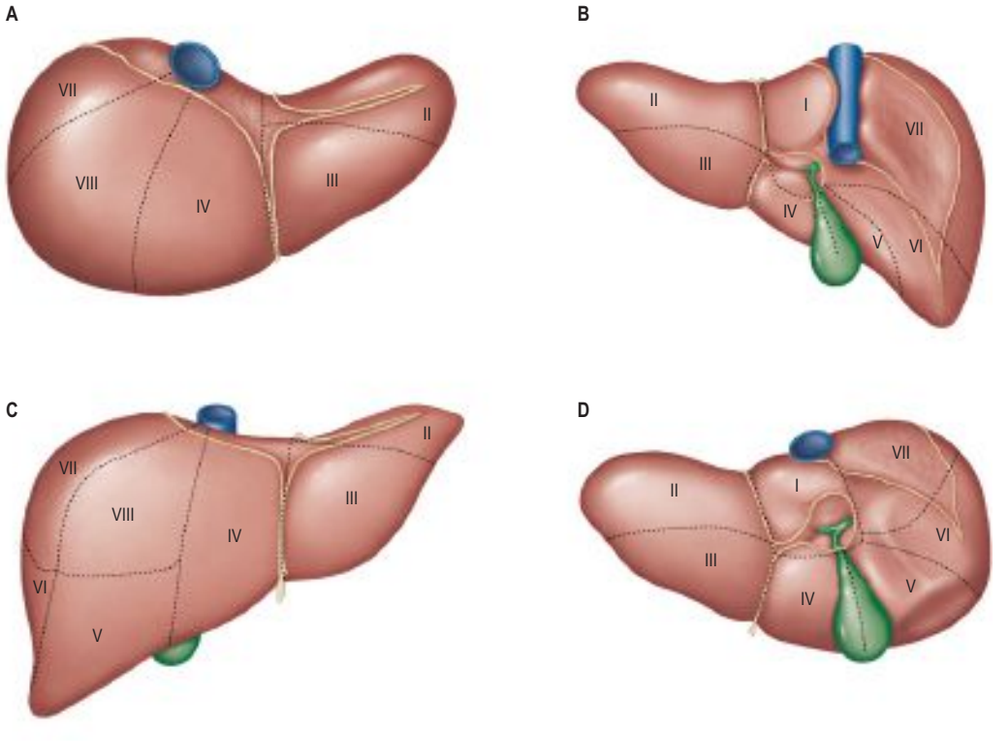


Fig. 68.5. Segmentos do fígado (segundo Couinaud). **A,** vista superior; **B,** vista posterior; **C,** vista anterior; **D,** vista inferior. Às vezes, os segmentos são designados pelo número (nome) – I (posterior) (às vezes subdividido em parte esquerda e parte direita ou segmento IX); II (posterior lateral esquerdo); III (anterior lateral esquerdo); IV (medial esquerdo) (às vezes subdividido em partes superior e inferior); V (anterior medial direito); VI (anterior lateral direito); VII (posterior lateral direito); VIII (posterior medial direito).

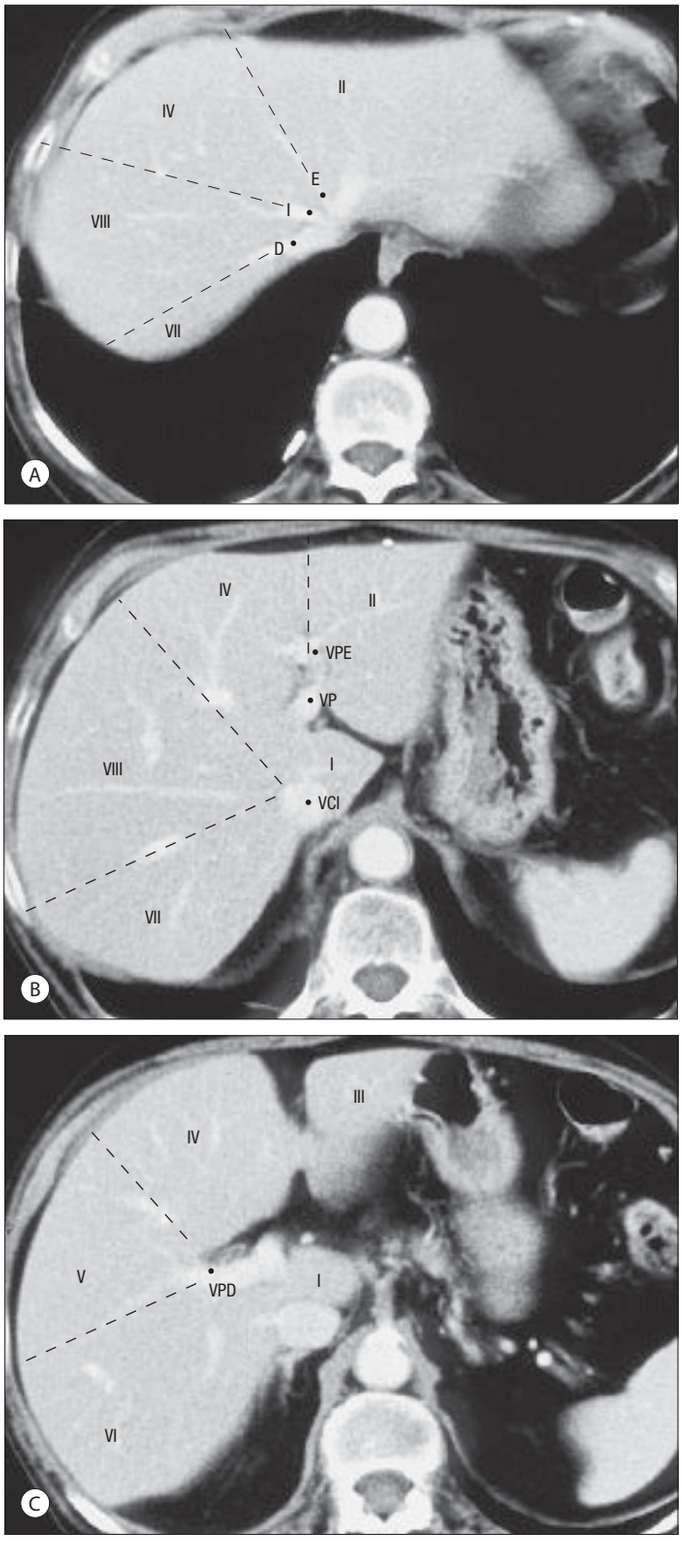


Fig. 68.6. Segmentos do fígado vistos pela TC axial. **A,** A TC com contraste mostra as veias hepáticas esquerda (E), intermédia (I) e direita (D) na parte superior do fígado que indicam as fissuras portais principal, direita e esquerda. **B,** Mais abaixo, o lobo caudado (segmento I) está entre a veia cava inferior (VCI) e a veia porta (VP). O ramo esquerdo da veia porta (VPE) separa o segmento II superiormente do segmento III inferiormente. **C,** O ramo direito da veia porta (VPD) separa os segmentos V e VI inferiormente (**C**) dos segmentos VII e VIII superiormente (**B**).

cinco bainhas de Glisson. A maioria das bainhas tem origem na fissura umbilical, e com frequência essas origens estão próximas das origens das bainhas que suprem os segmentos II e III. Ocasionalmente, o segmento IV é suprido por ramos do pedículo esquerdo principal. A principal drenagem venosa do segmento segue para a veia hepática intermédia. O segmento pode drenar também para a veia hepática esquerda por meio da veia do ligamento falciforme.

Segmento V O segmento V é o segmento inferior da divisão medial direita e está entre as veias hepáticas intermédia e direita. Seu tamanho é variável, assim como o número de bainhas de Glisson que o suprem. A drenagem venosa segue para as veias hepáticas direita e intermédia.

Segmento VI O segmento VI forma a parte inferior da divisão lateral direita, posterior à fissura portal direita. É com frequência suprido por dois a três ramos da bainha de Glisson posterior direita, mas ocasionalmente a bainha de Glisson associada ao segmento VI pode se originar diretamente do pedículo direito. Normalmente, a drenagem venosa segue para a veia hepática direita, mas também pode seguir diretamente para a veia cava inferior através da veia hepática direita inferior.

Segmento VII O segmento VII forma a parte superior da divisão posterior e está atrás da veia hepática direita. As bainhas associadas ao segmento VII são com frequência únicas. A drenagem venosa segue para a veia hepática direita. Ocasionalmente, o segmento pode drenar diretamente para a veia cava inferior através da veia hepática intermédia direita.

Segmento VIII O segmento VIII é a parte superior da divisão anterior direita. As bainhas da divisão anterior direita terminam no segmento VIII e suprem-no após enviar ramos para o segmento V. A drenagem venosa segue para as veias hepáticas direita e intermédia.

Segmento IX O segmento IX é uma subdivisão recente do segmento I e corresponde à parte do segmento que é posterior ao segmento VIII.

Suportes do fígado

O fígado é estabilizado e mantido em sua posição no interior do quadrante superior direito do abdome por fatores estáticos e dinâmicos. Richelme e Bourgeon (1973) sugeriram uma classificação de três níveis para os fatores anatômicos: as fixações suspensoras na parede posterior do abdome para a veia cava inferior, para as veias hepáticas e para os ligamentos coronários e triangulares (fatores primários); o apoio fornecido pelo rim direito, pela flexura direita do cólon e pelo complexo duodenopancreático (fatores secundários); a fixação à parede anterior do abdome e ao diafragma por meio do ligamento falciforme (fatores terciários).

As implicações cirúrgicas desses diferentes fatores são importantes para os traumatologistas obterem uma melhor compreensão da fisiopatologia do trauma hepático. A veia cava inferior e as veias supra-hepáticas, sobretudo a veia hepática direita, parecem ser as estruturas anatômicas mais importantes que suportam a massa do fígado. Os outros fatores responsáveis pela manutenção da posição do fígado dentro da cavidade abdominal incluem a pressão intra-abdominal positiva e o movimento do diafragma durante a respiração.

Ligamentos e fixações peritoneais do fígado

O fígado está preso à parede anterior do abdome, ao diafragma e a outras vísceras por vários ligamentos formados por condensações do peritônio.

Ligamento falciforme

O fígado está preso à parede anterior do abdome pelo ligamento falciforme. As duas lâminas desse ligamento descem da superfície posterior da parede anterior do abdome e do diafragma e viram sobre as faces anterior e superior do fígado. Na cúpula da face superior, a lâmina direita segue lateralmente e é contínua com a lâmina superior do ligamento coronário. A lâmina esquerda do ligamento falciforme vira medialmente e é contínua com a lâmina anterior do ligamento triangular esquerdo. O ligamento redondo, que corresponde à veia umbilical esquerda obliterada, segue na margem inferior livre do ligamento falciforme e continua até uma fissura da face inferior do fígado. Na vida fetal, a veia umbilical esquerda abre-se no ramo esquerdo da veia porta. Supõe-se que a veia umbilical esquerda esteja obliterada na vida adulta, mas com frequência ela permanece parcialmente aberta. Sua luz pode se abrir em algumas condições, como a hipertensão portal, para formar um canal colateral. O ligamento redondo tem importância nas cirurgias abdominais por várias razões. Muitas vezes, ele é seccionado na cirurgia abdominal superior para facilitar o acesso às vísceras da porção superior do abdome ou como primeira etapa da mobilização do fígado. O ligamento é vascularizado por numerosos ramos arteriais, principalmente da artéria do segmento IV, e esses ramos formam anastomoses com os ramos da artéria torácica interna. Por essa razão, é importante ligar ou coagular o ligamento durante sua secção. O ligamento redondo é um ponto de referência e serve de guia para se chegar ao ducto hepático do segmento III, utilizado na formação de uma hepatojejunostomia, e ao ramo esquerdo da veia porta, situado na fissura umbilical, durante a formação de um *shunt* mesentericoportal.

Ligamento coronário

O ligamento coronário é formado pela reflexão do peritônio proveniente do diafragma sobre a face posterior do lobo hepático direito. Uma grande

área triangular do fígado desprovida de cobertura peritoneal – a "área nua" do fígado – é delineada entre as duas lâminas do ligamento coronário. Nessa área, o fígado está preso ao diafragma por meio de tecido areolar e é contínuo inferiormente com o espaço pararrenal anterior. À direita, o ligamento coronário é contínuo com o ligamento triangular direito. À esquerda, as duas lâminas mantêm-se bem justapostas e formam o ligamento triangular esquerdo. A lâmina superior do ligamento coronário está refletida superiormente sobre a superfície inferior do diafragma e inferiormente sobre as faces superior e direita do fígado. A lâmina inferior do ligamento coronário está refletida inferiormente sobre a glândula suprarrenal direita e o rim direito e superiormente sobre a face inferior do fígado. A secção cirúrgica dos ligamentos triangular direito e coronário permite que o lobo hepático direito seja trazido para a frente e expõe a face lateral da veia cava inferior atrás do fígado.

Ligamentos triangulares

O ligamento triangular esquerdo é uma lâmina dupla de peritônio que se estende por uma distância variável sobre a margem superior do lobo hepático esquerdo. Medialmente, a lâmina anterior é contínua com a lâmina esquerda do ligamento falciforme, e a lâmina posterior é contínua com a lâmina esquerda do omento menor. O ligamento triangular esquerdo está na frente da parte abdominal do esôfago, da extremidade superior do omento menor e de parte do fundo gástrico. A secção desse ligamento permite que o lobo hepático esquerdo do fígado seja mobilizado para a exposição da parte abdominal do esôfago e dos pilares do diafragma. O ligamento triangular esquerdo é um fator estabilizador importante para o lobo hepático esquerdo em operações que envolvem a retirada do lobo hepático direito do fígado. Sua secção torna o lobo hepático esquerdo instável a ponto de poder girar e se deslocar dentro do espaço vazio sob a metade direita do diafragma. Esse grau extremo de rotação pode comprometer o fluxo de saída venoso do fígado e, como consequência, levar à disfunção do órgão. Quando seccionado, o ligamento triangular esquerdo precisa ser fixado no final da cirurgia, assim como o ligamento falciforme.

O ligamento triangular direito é uma estrutura curta localizada no ápice da "área nua" do fígado e é contínuo com as lâminas do ligamento coronário.

Omento menor

O omento menor é uma prega de peritônio que se estende da curvatura menor do estômago e da parte proximal do duodeno até a face inferior do fígado. Sua fixação na face inferior do fígado tem forma de L. O componente vertical do L segue a linha da fissura do ligamento venoso – o remanescente fibroso do ducto venoso. Mais inferiormente, a fixação segue horizontalmente e completa o L na porta do fígado. Na sua extremidade superior, a lâmina superior do omento menor é contínua à esquerda com a lâmina posterior do ligamento triangular esquerdo, e a lâmina inferior é contínua à direita com o ligamento coronário na parte em que ele envolve a veia cava inferior. Na sua extremidade inferior, as duas lâminas divergem para circundar as estruturas da porta do fígado. Uma fina condensação fibrosa da fáscia geralmente segue da extremidade medial da porta do fígado até a fissura do ligamento redondo na face inferior. Essa fáscia é contínua com a borda inferior do ligamento falciforme quando o ligamento redondo reemerge na margem inferior do fígado. É preciso ter cuidado ao seccionar o omento menor, porque pode haver uma artéria hepática esquerda aberrante passando em sua extremidade medial. Quando presente, ela invariavelmente se estende até o fígado na base da fissura umbilical e pode ser identificada por uma pulsação no omento menor próximo da fissura umbilical.

Ligamento venoso

O ligamento venoso corresponde à conexão venosa, agora obliterada, existente entre o ramo esquerdo da veia porta e a veia hepática esquerda durante a vida fetal. É utilizado como ponto de referência e ajuda a controlar extra-hepaticamente a veia hepática esquerda durante uma cirurgia. Ao seccionar o ligamento próximo de sua inserção na veia hepática esquerda e rebatê-lo lateralmente, o ângulo entre as veias hepáticas esquerda e intermédia, necessário para a dissecação e o controle da veia hepática esquerda, pode ser acessado.

Porta do fígado, ligamento hepatoduodenal e placa hilar

A porta do fígado é uma fissura profunda da face inferior do fígado. Está situada entre o lobo quadrado na frente e o processo caudado atrás e contém a veia porta, a artéria hepática, plexos nervosos hepáticos, quando ascendem para o parênquima do fígado, os ductos hepáticos direito e esquerdo e alguns vasos linfáticos, quando emergem do fígado. Os ductos hepáticos são anteriores à veia porta e a seus ramos, e a artéria hepática e seus ramos estão entre os dois (Fig. 68.7). Todas essas estruturas estão envoltas pela cápsula fibrosa perivascular – cápsula de Glisson –, uma bainha de tecido conjuntivo frouxo que rodeia os vasos que passam pelos canais portais no interior do fígado e é contínua com a cápsula hepática fibrosa. O denso agrupamento de vasos, que serve de suporte para o tecido conjuntivo, e o parênquima hepático logo acima da porta do fígado são muitas vezes chamados de "placa hilar" do fígado (Fig. 68.8). A compreensão do conceito de placa hilar é importante nas abordagens cirúrgicas das estruturas do hilo. A secção ou o rebaixamento da placa hilar são essenciais para o acesso cirúrgico ao ducto hepático esquerdo. A artéria hepática, o ducto biliar e a veia porta estendem-se da porta do fígado até o duodeno passando pela borda livre do ligamento hepatoduodenal, que forma o limite anterior do forame omental. O controle rápido dos vasos que penetram na porta do fígado pode ser obtido por meio da secção do omento menor à esquerda dessas estruturas e da passagem de uma fita em torno dos vasos, da esquerda para a direita, através do forame omental (manobra de "Pringle").

O ducto hepático esquerdo permanece extra-hepático enquanto segue para baixo até a bifurcação ao longo da base do segmento IV (o lobo quadrado). Esse trajeto extra-hepático do ducto é particularmente útil nas reconstruções da porção alta do ducto biliar, quando uma parte do jejuno é anastomosada ao ducto para formar uma derivação bilioentérica. Esse procedimento é utilizado no tratamento de estreitamentos do ducto hepático comum.

Bainha de Glisson

A cápsula fibrosa perivascular condensa-se ao redor dos ramos das estruturas da tríade portal, e esse tecido capsular condensado que acompanha as estruturas da tríade à medida que penetram no parênquima hepático e se estendem até cada um dos segmentos do fígado é chamado de bainha de Glisson. Esse arranjo facilita o controle cirúrgico dos pedículos hepáticos principais direito e esquerdo, bem como de todas as estruturas (elementos biliares, autônomos e linfáticos) que suprem cada uma das divisões e segmentos na complexa cirurgia de ressecção do fígado.

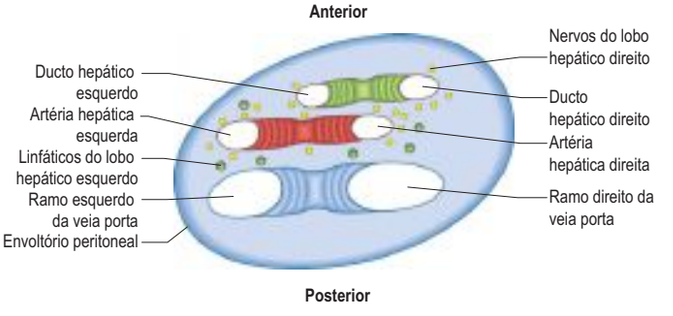


Fig. 68.7. Corte transversal das estruturas na altura da porta do fígado.

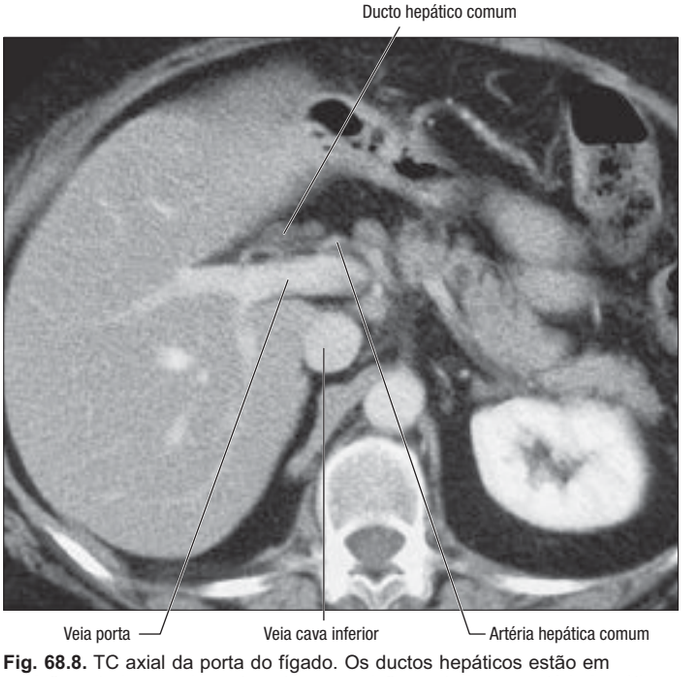


Fig. 68.8. TC axial da porta do fígado. Os ductos hepáticos estão em posição anterior, a veia porta está em posição posterior e a artéria hepática está entre essas duas estruturas.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Os vasos que estão conectados ao fígado são a veia porta, a artéria hepática e as veias hepáticas. A veia porta e a artéria hepática ascendem pelo omento menor até a porta do fígado, onde cada uma se bifurca. Os ductos hepáticos e os vasos linfáticos descem da porta do fígado e passam pelo mesmo omento (Figs. 68.7 e 68.8). As veias hepáticas saem do fígado pela face posterior e seguem diretamente para a veia cava inferior.

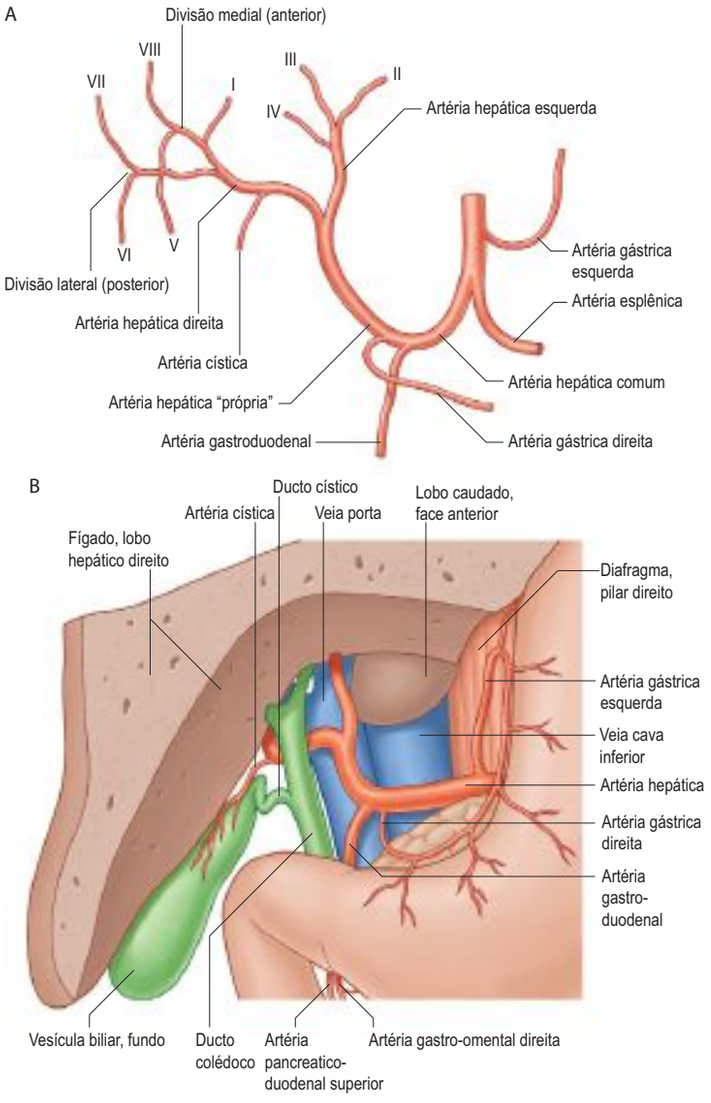


Fig. 68.9 Artéria hepática. **A,** Ramos. **B,** Relações entre a artéria hepática, o ducto colédoco e a veia porta na região do omento menor. Vista anterior. Uma porção do fígado foi removida.

Artéria hepática

Nos adultos, a artéria hepática tem um tamanho intermediário entre a artéria gástrica esquerda e a artéria esplênica. Na vida fetal e no início da vida pós-natal, corresponde ao maior ramo do tronco celíaco. Da artéria hepática, partem as artérias gástrica direita, gastroduodenal e cística; e do ramo direito da artéria hepática própria e às vezes da artéria supraduodenal, partem ramos diretos para o ducto colédoco (Fig. 68.9A). Após deixar o tronco celíaco, a artéria hepática comum segue anterior e lateralmente ao forame omental, passando por baixo dele até a face superior da parte superior do duodeno. Pode ser subdividida em artéria hepática comum, desde o tronco celíaco até a origem da artéria gastroduodenal, e em artéria hepática "própria", desde a artéria gastroduodenal até sua bifurcação. Passa anteriormente à veia porta e ascende entre as lâminas do omento menor, na frente do forame omental. No interior da borda livre do omento menor, a artéria hepática é medial ao ducto colédoco e anterior à veia porta. Na porta do fígado, divide-se em ramos direito e esquerdo antes de penetrar no parênquima hepático. Em geral, o ramo direito cruza o ducto hepático comum posteriormente (às vezes anteriormente) (Fig. 68.9B). A grande proximidade entre essas duas estruturas frequentemente significa que, no câncer do ducto colédoco, o ramo direito da artéria hepática é afetado antes que o ramo esquerdo. Ocasionalmente, a artéria hepática direita cruza na frente do ducto colédoco e pode ser lesada na cirurgia do ducto colédoco. O ramo direito da artéria hepática quase sempre se divide em ramos anterior e posterior. O ramo anterior irriga os segmentos V e VIII, e o posterior irriga os segmentos VI e VII. A divisão anterior com frequência envia um ramo para o segmento I e para a vesícula biliar. As artérias segmentares são macroscopicamente artérias terminais, embora haja uma pequena circulação colateral entre os segmentos realizada por finos ramos terminais.

É importante mostrar angiograficamente um pequeno número de variantes normais que podem influenciar cirurgias e procedimentos radiológicos intervencionistas. A artéria que leva sangue para um lobo já irrigado por sua artéria normal é chamada de artéria acessória. Uma artéria hepática substituta é um vaso que não tem uma origem ortodoxa e irriga sozinha um lobo. Raramente a artéria hepática comum substituta tem origem na artéria mesentérica superior (Fig. 68.10), e essa artéria substituta é identificada durante uma cirurgia pelo encontro de uma veia porta relativamente superficial (o que reflete a ausência da artéria hepática comum, que normalmente passa na frente da veia porta). Em geral, o ramo direito substituto da artéria hepática ou o ramo direito acessório da artéria hepática têm origem na artéria mesentérica superior (Fig. 68.11). Nesse caso, eles passam por trás da veia porta e do ducto colédoco na região do omento menor e podem ser identificados durante uma cirurgia pelo encontro de pulsação atrás da veia porta. O ramo direito acessório da artéria hepática pode ser lesado durante a ressecção da cabeça do pâncreas, visto que está muito próximo da veia porta. Ocasionalmente, um ramo esquerdo substituto da artéria hepática ou um ramo acessório surgem da artéria gástrica esquerda: esses vasos se constituem em uma fonte de circulação arterial colateral nos casos em que há oclusão dos vasos da porta do fígado, mas também podem ser lesados durante a mobilização do estômago, quando esse órgão está na porção superior do omento menor. Em raras ocasiões, os ramos direito e esquerdo acessórios das artérias hepáticas podem ter origem na artéria gastroduodenal ou na aorta. A presença de artérias substitutas pode salvar a vida de pacientes com câncer de ducto colédoco: como elas estão muito distantes do ducto, tendem a ser poupadas do câncer e tornam possível a excisão do tumor. O conhecimento dessas variações também é importante no planejamento dos transplantes com bipartição hepática ou naqueles em que todo o órgão é transplantado.

As variações nas artérias intra-hepáticas são comuns e podem ser cirurgicamente importantes. Por exemplo, em geral, a artéria relativa ao segmento IV tem origem no ramo esquerdo da artéria hepática, mas em cerca de 10-20% dos casos origina-se do ramo direito da artéria hepática

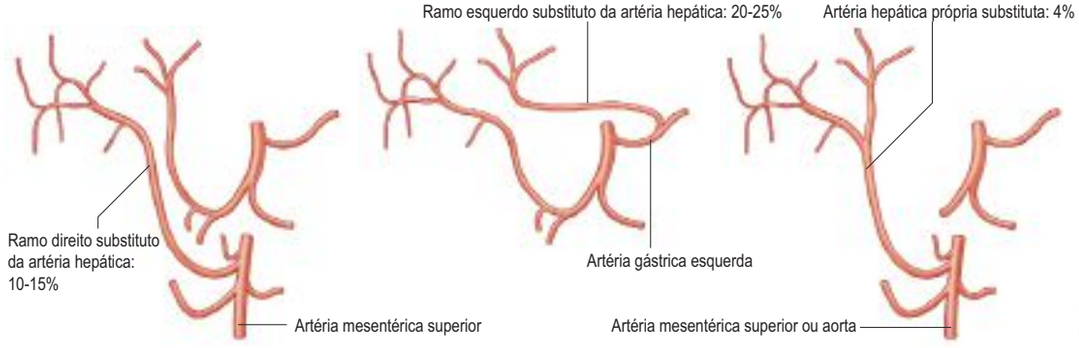


Fig. 68.10 Variantes mais comuns da artéria hepática própria.

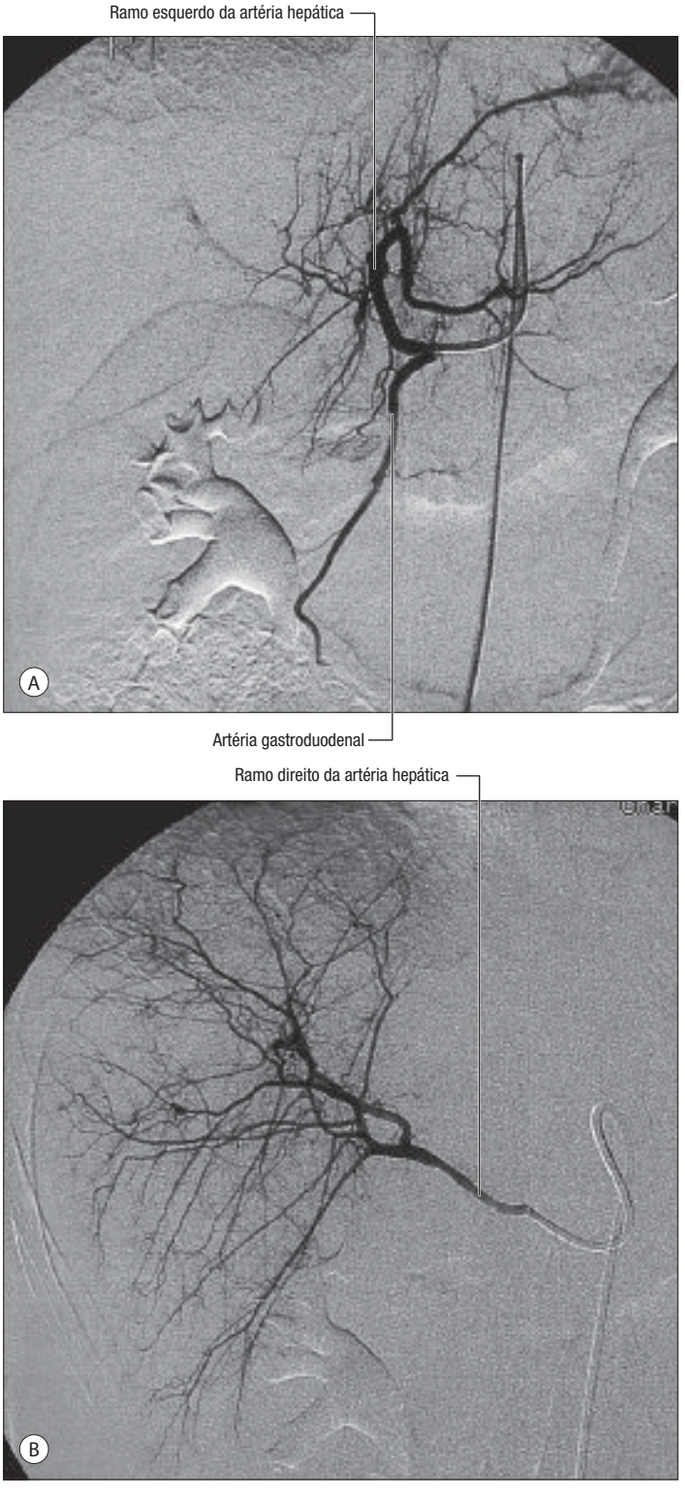


Fig. 68.11 Arteriografia hepática. **A,** Arteriografia hepática seletiva que mostra os ramos normais do ramo esquerdo da artéria hepática e os ramos pequenos do ramo direito da artéria hepática. **B,** O ramo direito da artéria hepática está surgindo da origem da artéria mesentérica superior.

ou da artéria hepática própria. A falha na identificação dessa variação pode comprometer a irrigação sanguínea do segmento IV após uma hepatectomia direita, e é particularmente importante após a doação do lobo hepático direito para transplante de fígado de doador vivo.

Veias

O fígado tem dois sistemas venosos. O sistema portal transporta o sangue venoso proveniente da maior parte do trato gastrointestinal e dos órgãos a ele associados para o fígado (Cap. 60). O sistema venoso hepático drena o sangue proveniente do parênquima hepático para a veia cava inferior.

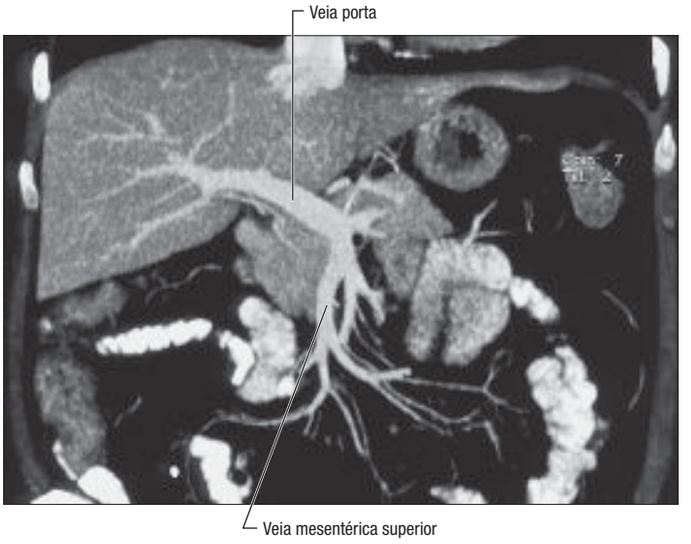


Fig. 68.12. TC coronal da veia porta e da veia mesentérica superior.

Veia porta

A veia porta começa ao nível da segunda vértebra lombar e é formada pela convergência das veias mesentérica superior e esplênica (Figs. 60.8, 68.12 e 60.8). Tem aproximadamente 8 cm de comprimento e é anterior à veia cava inferior e posterior ao colo do pâncreas. Está inclinada para a direita e ascende por trás da parte superior do duodeno, do ducto colédoco e da artéria gastroduodenal. Neste ponto, ela é diretamente anterior à veia cava inferior. Penetra na borda direita do omento menor, ascende anterior ao forame omental até alcançar a extremidade direita da porta do fígado e então divide-se nos ramos direito e esquerdo principais. Os ramos direito e esquerdo da veia porta acompanham os ramos correspondentes da artéria hepática até o interior do fígado. No omento menor, a veia porta é posterior ao ducto colédoco e à artéria hepática. Está rodeada pelo plexo nervoso hepático e acompanhada por muitos vasos linfáticos e alguns linfonodos.

As principais tributárias extra-hepáticas da veia porta são a veia gástrica esquerda, que termina na borda esquerda da veia porta, e a veia pancreaticoduodenal superior posterior, mais próxima da cabeça do pâncreas. A veia porta divide-se nos ramos direito e esquerdo na região da porta do fígado (Fig. 68.13). O ramo esquerdo da veia porta tem um trajeto extraparenquimatoso mais longo (4-5 cm) e tende a ser levemente mais horizontal que o ramo direito, mas com frequência tem calibre menor. Seu trajeto tem um trecho horizontal e outro vertical. O trecho horizontal segue ao longo da base do segmento VI e com frequência envia ramos para o segmento I e às vezes para o segmento VI nesta parte do seu trajeto. O ramo para o segmento II continua lateralmente, mas o ramo esquerdo principal da veia porta adquire um trajeto mais anterior e vertical na fissura umbilical (a veia da fissura umbilical). Nesse trecho, ele envia ramos para os segmentos III e IV e recebe a veia umbilical esquerda obliterada (ligamento redondo). A maior parte do suprimento destinado ao segmento IV provém do ramo esquerdo da veia porta e apenas ocasionalmente do ramo direito por intermédio de ramos proximais da veia principal ou de ramos das veias que se dirigem para os segmentos V ou VIII. O ramo direito da veia porta tem apenas 2-3 cm de comprimento e geralmente se bifurca em uma divisão medial (anterior) direita e uma divisão lateral (posterior) direita. A primeira divisão supre os segmentos V e VIII, e a segunda supre os segmentos VI e VII. A divisão medial pode enviar um ramo para o segmento I.

As variações geralmente são encontradas no ramo direito da veia porta: a ausência do ramo direito da veia porta com a resultante trifurcação da veia porta em ramo esquerdo, ramo medial direito e ramo lateral direito está presente em 10-15% dos fígados. Ocasionalmente, o ramo medial direito origina-se do ramo esquerdo da veia porta, uma variante que deve ser lembrada durante a ressecção do lado esquerdo do fígado. A trifurcação portal tem implicações na bipartição hepática e no transplante hepático com doador vivo, situações nas quais sua presença poderia ser considerada uma contraindicação relativa. Em raras ocasiões, a bifurcação portal está ausente. Nesses casos, ao entrar no fígado, a veia porta principal envia ramos segmentares direitos e em seguida vira para a esquerda para suprir o lobo hepático esquerdo (uma contraindicação para a cirurgia hepática de grande porte). Ocasionalmente, um ou mais dos ramos segmentares do lobo hepático direito (principalmente do segmento IV) tem origem proximal.

Desvios portossistêmicos

O aumento da pressão no interior do sistema venoso portal pode levar à dilatação das tributárias venosas portais: pode ocorrer inversão do fluxo nos locais onde essas veias formam anastomoses com as veias que drenam para a circulação venosa sistêmica. Os locais onde os desvios portossistê-

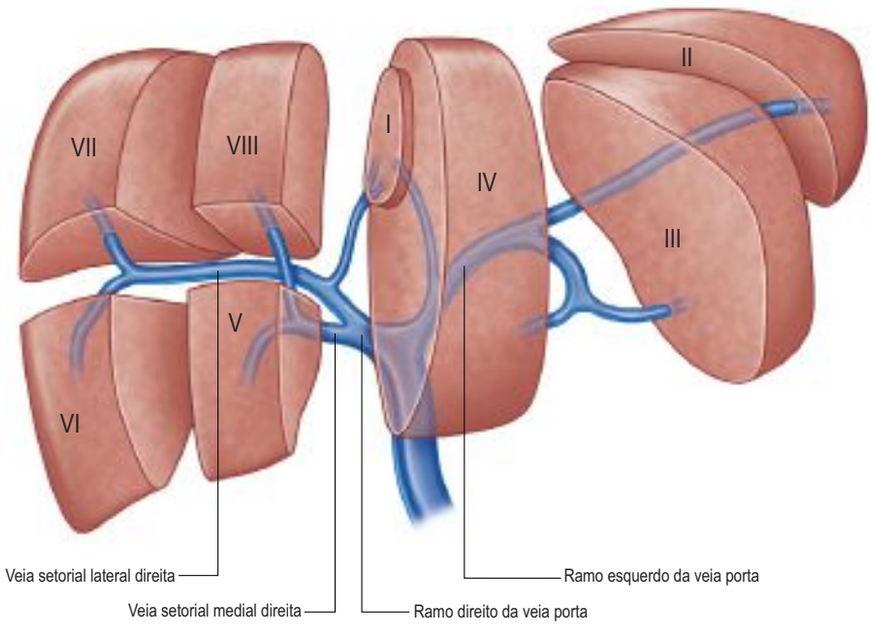


Fig. 68.13 Veia porta e seus ramos intra-hepáticos. (Lateral direita = posterior direita; medial direita = anterior direita.)

Tabela 68.1 Os locais comuns de ocorrência de desvios portossistêmicos e as implicações clínicas associadas

Veias portas	Veias sistêmicas	Manifestações clínicas
Veias gástrica esquerda e esofágica inferior	Ramos inferiores das veias esofágicas que drenam para as veias ázigo e hemiázigo acessória	Varizes esofágicas ou gástricas
Veias retais superiores	Veias retais médias e inferiores que drenam para as veias pudendas e ilíaca interna	Varizes retais
Tributárias persistentes do ramo esquerdo da veia porta, que seguem no ligamento redondo	Ramos periumbilicais das veias epigástricas superior e inferior	"Cabeça de medusa"
Ramos intraparenquimatosos do ramo direito da veia porta, que estão no tecido hepático exposto da "área nua"	Veias retroperitoneais que drenam para as veias lombares, ázigo e hemiázigo	As veias retroperitoneais dilatadas representam um risco durante cirurgias ou procedimentos intervencionistas
Veias omentais e cólicas da região das flexuras direita e esquerda do colo	Veias retroperitoneais da região das flexuras direita e esquerda do colo	
Ducto venoso patente conectado ao ramo esquerdo da veia porta	Veia cava inferior	São raras

micos podem ocorrer, e as implicações clínicas associadas, estão listados na Tabela 68.1.

Veias hepáticas

O fígado é drenado por três veias hepáticas principais e por uma profusão de veias hepáticas secundárias. As três primeiras veias levam o sangue para a parte supra-hepática da veia cava inferior e estão localizadas entre as quatro principais divisões do fígado (Figs. 68.6A, 68.14 e 68.15). As veias secundárias drenam para a parte intra-hepática da veia cava inferior.

Veia hepática direita

É a veia mais longa e mais larga e também a que apresenta mais variações. É geralmente única, mas ocasionalmente permanece como dois troncos até desembocar na veia cava inferior. A veia hepática direita segue no plano intersetorial entre as divisões medial direita e lateral direita. Drena totalmente os segmentos VI e VII e partes dos segmentos V e VIII. A extensão de sua contribuição para a drenagem dos segmentos V e VIII é variável e depende do tamanho das veias que drenam esses segmentos para a veia hepática intermédia. A veia hepática direita é formada próximo da margem anterior e inferior do fígado, e a maior parte de seu trajeto segue um plano coronal. Drena para a veia cava inferior próximo da margem superior do lobo caudado. Das três veias principais, a veia hepática direita é a que tem o tamanho mais variável, não apenas por causa da contribuição diferencial para a drenagem dos segmentos V e VIII junto com a veia hepática intermédia, mas também por causa da presença ocasional de veias direitas intermédias e inferiores acessórias.

Veia hepática intermédia

A veia hepática intermédia situa-se no plano localizado entre as divisões medial direita e medial esquerda do fígado. Em geral, une-se à veia hepática esquerda e desemboca na veia cava inferior como um tronco comum. Drena a parte central do fígado e recebe ramos constantes provenientes dos segmentos IV, V e VIII. O tamanho dos ramos que drenam os segmentos V e VIII é variável, e eles têm importância cirúrgica nos casos de doação do lobo hepático direito para transplante intervivos.

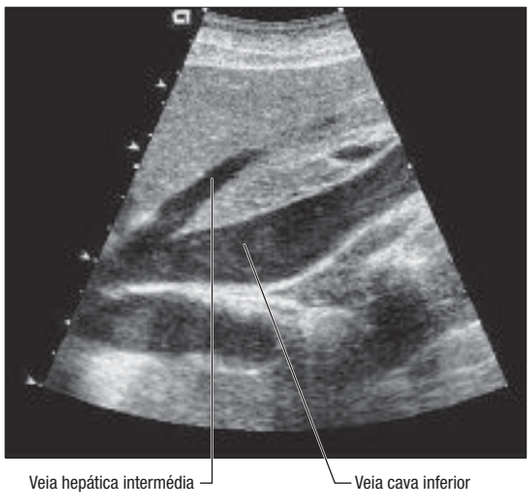


Fig. 68.14 Ultrassom sagital da veia hepática intermédia. Veia hepática intermédia drenando para a veia cava inferior.

Veia hepática esquerda

A veia hepática esquerda está entre as divisões medial esquerda e lateral esquerda do fígado. Drena os segmentos II, III e ocasionalmente o IV. Pequenas veias que drenam o segmento II e ocasionalmente a parte superior do segmento IV podem drenar diretamente para a veia cava inferior em um pequeno número de fígados. Geralmente, a principal tributária da veia hepática esquerda – a veia da fissura umbilical – segue no plano intersegmentar localizado entre os segmentos III e IV e contribui para a sua

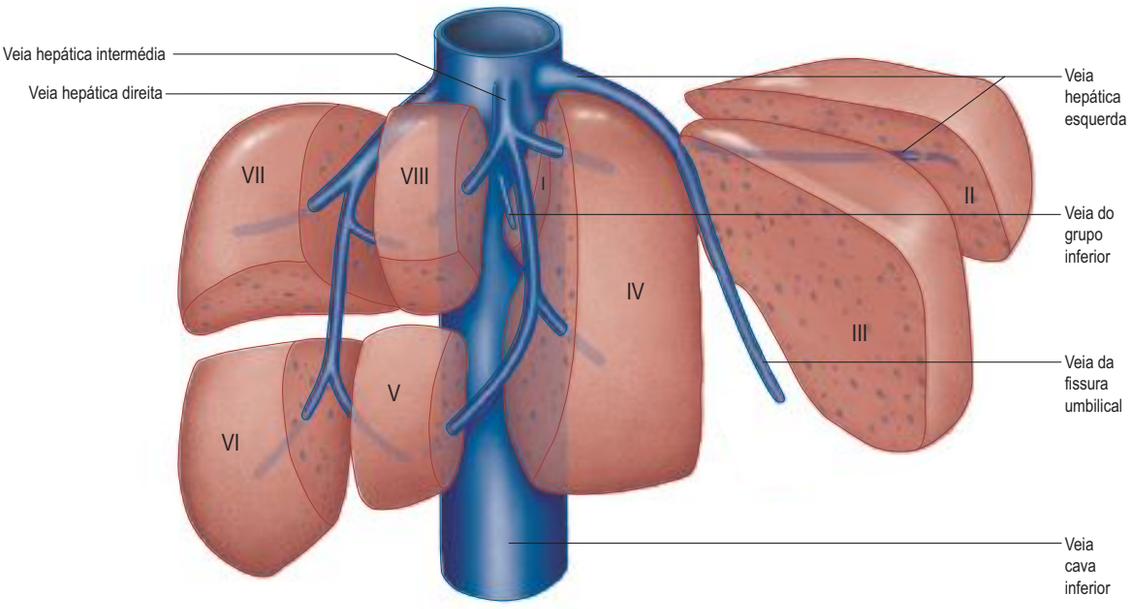


Fig. 68.15. Disposição dos territórios venosos hepáticos. Várias veias do grupo inferior podem estar presentes. Cada segmento pode drenar para mais de um território venoso hepático.

drenagem. Ocasionalmente, a veia que drena o segmento III termina independentemente na confluência das veias hepáticas esquerda e intermédia. Essas variações na drenagem venosa têm importância no transplante com bipartição hepática e no transplante de fígado de doador vivo.

Veias secundárias

As veias do segmento I drenam diretamente para a veia cava inferior, e seu número varia de um a cinco. Como o segmento I tem uma drenagem independente do resto do fígado nos pacientes com síndrome de Budd-Chiari, condição na qual todas as principais veias hepáticas estão bloqueadas, ele com frequência continua a drenar de modo eficaz e sofre hipertrofia compensatória. Raramente há uma veia hepática direita intermédia ou uma veia hepática inferior acessórias. Quando essas veias estão presentes, elas têm importância cirúrgica, sobretudo se tiverem um diâmetro maior que 5 mm. Elas drenam os segmentos V e VI de modo independente das três veias principais, e por essa razão qualquer tumor que afete essas três veias principais poderá ser ressecado de modo seguro, desde que a drenagem venosa proveniente das veias acessórias seja garantida. No transplante de fígado com doador vivo e no transplante com bipartição hepática, essas veias precisam ser anastomosadas individualmente na veia cava inferior do receptor para garantir uma drenagem venosa adequada.

Desvio portossistêmico intraparenquimatoso por via transjugular (TIPS) para hipertensão portal

Nos casos extremos de hipertensão portal crônica, é possível criar anastomoses de grande calibre entre as circulações portal e sistêmica no interior do parênquima hepático. Para tal, utiliza-se um cateter balão que, introduzido sob controle radiológico pela veia jugular interna, perfura o parênquima hepático e, dessa forma, cria um pequeno canal entre as veias hepáticas e os ramos portais dilatados.

Linfáticos

A linfa proveniente do fígado tem uma quantidade abundante de proteínas. A drenagem linfática do fígado é vasta e pode seguir para linfonodos situados acima e abaixo do diafragma. A obstrução da drenagem venosa hepática aumenta o fluxo de linfa no ducto torácico. Os vasos coletores hepáticos estão divididos em dois sistemas: superficial e profundo.

Vasos hepáticos superficiais

Os vasos superficiais seguem no interior do tecido areolar subseroso localizado em toda a superfície do fígado e drenam em quatro direções. Os vasos linfáticos provenientes da maior parte da face posterior, da face do lobo caudado e da parte posterior da face inferior do lobo hepático direito acompanham a veia cava inferior e drenam para linfonodos pericavais. Os vasos dos ligamentos triangular direito e coronário podem penetrar diretamente no ducto torácico sem passar por nenhum linfonodo intermediário. Os vasos provenientes da maior parte da face inferior, da face anterior e da maior parte da face superior convergem para a porta do fígado para drenar para os linfonodos hepáticos. Alguns vasos linfáticos da face posterior da extremidade lateral do lobo hepático esquerdo seguem em direção ao hiato esofágico para drenar para os linfonodos paracardíacos. Um ou dois troncos linfáticos da face direita e da extremidade direita da face superior acompanham a artéria frênica inferior ao longo do pilar direito do diafragma para drenar para os linfonodos celíacos.

Vasos hepáticos profundos

A maior parte do parênquima hepático é drenada por vasos linfáticos situados dentro da substância do fígado. Os vasos linfáticos pequenos fundem-se para formar vasos maiores. Alguns seguem superiormente através do parênquima e formam os troncos ascendentes. Esses troncos acompanham as veias hepáticas e passam através do forame da veia cava no diafragma para drenar para linfonodos situados ao redor da parte terminal da veia cava inferior. Os vasos provenientes da parte inferior do fígado formam troncos descendentes. Esses troncos emergem pela porta do fígado e drenam para linfonodos hepáticos.

INERVAÇÃO

O fígado tem inervação dupla. O parênquima é inervado por nervos hepáticos. Esses nervos têm origem no plexo hepático e contêm fibras simpáticas e parassimpáticas (vagais) e entram no órgão pela porta do fígado. A maioria acompanha as artérias hepáticas e os ductos biliares. Uns poucos podem seguir diretamente no interior do parênquima hepático. A cápsula é inervada por alguns ramos finos dos nervos intercostais inferiores. Esses nervos também inervam o peritônio parietal, sobretudo da região da "área nua" e da face superior: a distensão ou a ruptura da cápsula do fígado causam dor aguda muito bem localizada.

Plexo hepático

O plexo hepático é a maior estrutura derivada do plexo celíaco e recebe ramos dos nervos vagos anterior e posterior. Acompanha a artéria hepática e a veia porta e seus ramos até o interior do fígado, onde suas fibras seguem próximo dos ramos dos vasos, enviando fibras vasomotoras para os vasos hepáticos e para a árvore biliar e inervando diretamente os hepatócitos. Vários ramos finos do plexo inervam diretamente o ducto hepático e o ducto colédoco. Os ramos para a vesícula biliar formam um plexo cístico delicado. As fibras vagais são motoras para a musculatura da vesícula biliar e dos ductos biliares e inibitórias para o músculo esfíncter do ducto colédoco.

Os nervos do plexo hepático seguem junto com os ramos da artéria hepática comum e inervam as estruturas derivadas do intestino anterior ou contribuem para a sua inervação. Alguns ramos seguem inferiormente a partir do plexo junto com a artéria gástrica direita e contribuem para a inervação do piloro. Outros seguem junto com a artéria gastroduodenal e seus ramos até alcançar o piloro e a parte superior do duodeno. E ainda há ramos que seguem junto com a artéria gastro-omental direita e fornecem uma pequena contribuição para a inervação do lado direito do estômago e da curvatura maior desse órgão. A extensão pancreaticoduodenal superior inerva a parte descendente do duodeno, a cabeça do pâncreas e a parte intrapancreática do ducto colédoco.

Dor referida

A dor que tem origem no parênquima do fígado é mal localizada. Como ocorre com outras estruturas que se originam do intestino anterior, a dor é referida ao centro do epigástrio. O estiramento da cápsula hepática ou

seu acometimento por processos inflamatórios ou neoplásicos produzem rapidamente dor bem localizada de natureza "somática".

MICROESTRUTURA

O fígado é basicamente uma protuberância epiteliomesenquimal da parte caudal do intestino anterior ao qual permanece ligado pela árvore biliar. A superfície do fígado voltada para a cavidade peritoneal é revestida por uma serosa típica – o peritônio visceral. Embaixo dele e ao redor de toda a estrutura, há uma camada fina (50-100 μm) de tecido conjuntivo da qual partem prolongamentos que penetram no fígado na forma de septos e trabéculas de tecido conjuntivo. Os ramos da artéria hepática e da veia porta hepática, juntamente com ductos e dúctulos biliares, seguem no interior dessas trabéculas, que são denominadas tratos portais (canais portais). A reunião desses dois tipos de vasos com um ducto biliar é denominada tríade portal (Fig. 68.16). Em geral, essas estruturas são acompanhadas de um ou mais vasos linfáticos.

O parênquima hepático consiste em uma rede complexa de células epiteliais sustentadas por tecido conjuntivo e irrigadas por um rico suprimento sanguíneo proveniente da veia porta e da artéria hepática. As células epiteliais – os hepatócitos – realizam as principais atividades metabólicas desse órgão, mas outros tipos de células têm as funções de armazenar, fagocitar e dar suporte mecânico. No fígado maduro, os hepatócitos estão dispostos predominantemente em lâminas (ou cordões, como visto nos cortes bidimensionais), que geralmente têm a espessura de uma única célula e são separadas por sinusoides venosos que se anastomosam uns com os outros em lacunas existentes nas lâminas. Até por volta dos 7 anos de idade, as placas têm normalmente a espessura de duas células.

A bile secretada pelos hepatócitos é coletada em uma rede de tubos diminutos (canalículos). Por essa razão, os hepatócitos podem ser considerados células exócrinas, que secretam bile no trato alimentar por intermédio dos ductos hepáticos e do ducto colédoco. As outras funções metabólicas envolvem trocas bioquímicas complexas com o sangue.

O fígado do feto é um importante órgão hematopoético: eritrócitos, leucócitos e plaquetas desenvolvem-se do mesênquima que cobre o endotélio dos sinusoides.

Lobulação do fígado

A unidade estrutural do fígado é o lóbulo: um arranjo aproximadamente hexagonal de placas de hepatócitos separadas por sinusoides intervenientes que partem de uma veia central e se espalham como os raios de uma roda. Nos vértices de cada hexágono, há tríades portais (Fig. 68.16). A veia central é uma tributária da veia hepática e drena o tecido. Em algumas espécies, as unidades lobulares clássicas estão delimitadas microscopicamente por septos nítidos de tecido conjuntivo. Contudo, a organização lobular do fígado humano não é tão evidente nos cortes histológicos: os lóbulos não têm limites claros, e o tecido conjuntivo é esparso. As lâminas não se dispõem em linha reta até a periferia do lóbulo, como os raios de uma roda. Em vez disso, seguem de modo irregular à medida que se anastomosam e se ramificam.

Estudos detalhados do fígado humano que utilizaram a reconstrução tridimensional e a análise morfométrica combinada com observações histopatológicas revelaram um arranjo altamente ordenado de unidades funcionais – os ácinos hepáticos (portais). Cada ácino corresponde a uma massa aproximadamente oval orientada ao redor de um sistema vascular aferente, ou seja, de um ramo terminal de uma arteríola hepática e de uma vênula portal, e com o eixo maior determinado pelo território entre duas veias centrais adjacentes. O ácino inclui o tecido hepático servido por esses vasos aferentes e é limitado pelos territórios de outros ácinos.

A definição acinar da micro-organização hepática esclareceu problemas importantes da histopatologia do fígado, sobretudo o desenvolvimento de zonas de lesão anóxica, a deposição e a remoção do glicogênio e o trauma tóxico, situações que estão relacionadas com a direção do fluxo sanguíneo e que por isso tendem a seguir o padrão acinar. Há também diferenças metabólicas reais entre os hepatócitos de um ácino. Essas células foram divididas em três zonas: zona 1 (periportal), a mais próxima dos ramos terminais dos vasos aferentes; zona 2, a zona intermediária; e zona 3, a mais afastada da drenagem venosa central.

Suprimento sanguíneo

As arteríolas hepáticas pré-terminais dos canais portais ramificam-se para transportar por várias rotas sangue arterial até os sinusoides. O padrão principal corresponde a um fino plexo capilar que drena para os ramos da veia porta. Parte do sangue arterial passa diretamente para os sinusoides hepáticos, desviando-se desses plexos capilares, mas esse sangue desviado representa apenas uma pequena parte do fluxo total. Assim, os sinusoides contêm tanto sangue venoso quanto arterial. As veias centrais dos lóbulos adjacentes formam veias interlobulares que se unem como veias hepáticas e drenam para a veia cava inferior. As veias hepáticas que drenam o tecido seguem totalmente separadas do sistema da tríade portal, atravessando livremente os limites dos territórios das tríades.

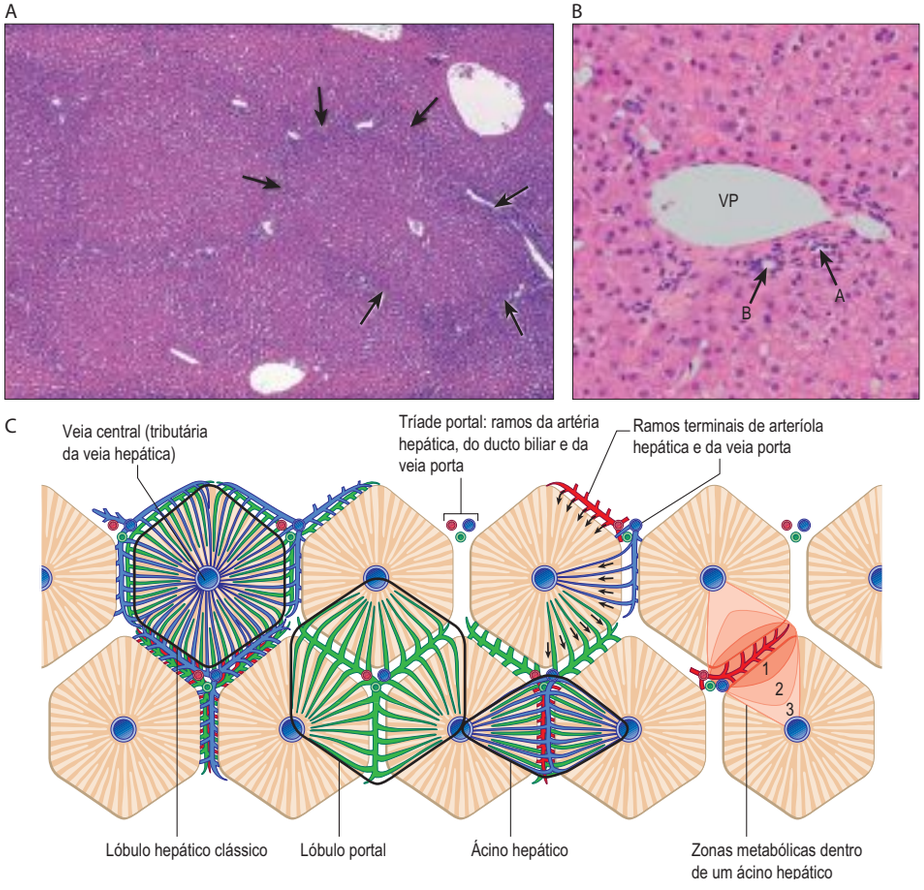


Fig. 68.16. Organização estrutural do tecido hepático humano. **A,** Lóbulos limitados por septos delicados de tecido conjuntivo (setas) nos quais seguem ramos da veia porta, da artéria hepática e do ducto biliar, agrupados como tríades portais. Uma veia central drena cada lóbulo. (Com a permissão do Dr. J.B. Kerr, Monash University, extraído de Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology. London: Mosby.) **B,** Tríade portal com ramos da veia porta (VP; geralmente o contorno maior), da artéria hepática (A) e de um ducto biliar (B), com núcleos epiteliais redondos típicos. Outro dúctulo biliar menor e ramos arteriolares também são visíveis. (Cortesia de Mr. Peter Helliwell e Dr. Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.) **C,** Vista funcional na qual os territórios dos lóbulos hepáticos são mostrados como hexágonos regulares (diferentemente de sua aparência real, que é altamente variável). As diferentes funções, como o fluxo de sangue do território do ácino para as divisões de lóbulos hepáticos adjacentes, são mostradas em diferentes lóbulos, porém na realidade todas elas ocorrem em cada um dos lóbulos.

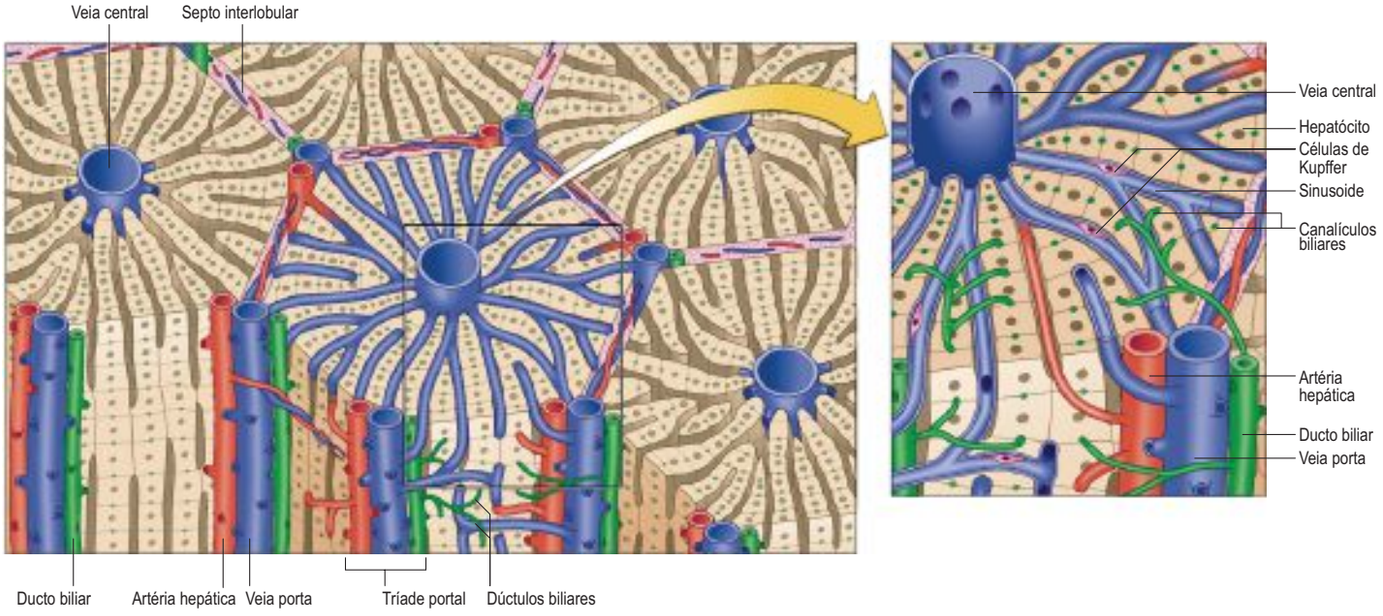


Fig. 68.17 Microestrutura do fígado. As células endoteliais dos sinusoides não são mostradas.

Lâminas hepáticas (cordões hepáticos)

O revestimento endotelial dos sinusoides está separado dos hepatócitos que formam as lâminas hepáticas por um espaço estreito – o espaço perissinusoidal de Disse – que normalmente tem cerca de 0,2-0,5 μm de largura, mas que se distende em condições de anóxia. O espaço contém fibras delgadas de colágeno (principalmente do tipo III, mas há algumas do tipo I e IV), os microvilos de hepatócitos adjacentes e às vezes terminações nervosas não mielinizadas. Não há lâmina basal no interior do espaço de Disse.

Canalículos biliares diminutos formam redes com estrutura poligonal no interior das lâminas hepáticas. Exceto nas superfícies, cada hepatócito poligonal é circundado por canalículos (ver adiante), pelo menos dois por célula, voltados para os sinusoides. As lâminas hepáticas, portanto, envolvem uma rede de canalículos que seguem para a periferia do lóbulo, onde se juntam para formar dúctulos intralobulares estreitos (dúctulos terminais ou canais de Hering) revestidos por epitélio escamoso ou cuboide. Os dúctulos intralobulares penetram nos dúctulos biliares, revestidos por células cuboides ou colunares, dos canais portais. Portanto, o fluxo da bile segue para a periferia dos lóbulos na direção oposta à do fluxo sanguíneo, que é centrípeta.

Células do fígado

As células do fígado incluem os hepatócitos, as células estreladas hepáticas (também conhecidas como lipócitos perissinusoidais ou células de Ito), as células endoteliais dos sinusoides, os macrófagos (células de Kupffer), as células da árvore biliar (epitélio cuboide a colunar) e as células do tecido conjuntivo da cápsula e dos tratos portais (Figs. 68.16B e 68.17).

Hepatócitos Cerca de 80% do volume do fígado e 60% das suas células são constituídos por hepatócitos (células parenquimatosas) (Fig. 68.17). Os hepatócitos são poliédricos, com 5 a 12 lados, e têm de 20 a 30 μm de diâmetro. Seu núcleo é redondo, eucromático e com frequência tetraploide, poliploide ou múltiplo, havendo dois ou mais em cada célula. Seu citoplasma contém normalmente uma quantidade considerável de retículo endoplasmático granuloso e não granuloso, muitas mitocôndrias, lisossomos e um complexo golgiense bem desenvolvido – características que indicam uma elevada atividade metabólica. Os grânulos de glicogênio e os vacúolos lipídicos são em geral proeminentes. Numerosos peroxissomos grandes e vacúolos contendo enzimas, como a urease em formas cristalinas características, revelam o metabolismo complexo dessas células. Seu papel no metabolismo do ferro reflete-se na presença de vacúolos de armazenamento com cristais de ferritina e hemossiderina.

As superfícies dos hepatócitos que estão voltadas para os sinusoides exibem numerosos microvilos, com aproximadamente 0,5 μm de comprimento, que criam uma grande área de membrana – 70% da superfície dos hepatócitos – exposta ao plasma sanguíneo. Em outras partes, os hepatócitos estão unidos por numerosas junções comunicantes e desmossomos. As membranas plasmáticas laterais de hepatócitos adjacentes formam canais microscópicos – os canalículos biliares – que são regiões especializadas do espaço intercelular formadas pela aposição de sulcos das membranas plasmáticas dos hepatócitos e isoladas do espaço intersticial restante por junções oclusivas. Numerosas vesículas exocitóticas envoltas por membrana agrupam-se perto da luz dos canalículos porque a secreção dos componentes da bile é dirigida para a membrana plasmática canalicular. Esses canalículos formam as origens da árvore biliar, e suas junções oclusivas impedem que a bile penetre no líquido intersticial ou no plasma sanguíneo: esta é a barreira hematobiliar.

Células estreladas hepáticas As células estreladas hepáticas são muito menos numerosas que os hepatócitos. Exibem um contorno irregular e estão no interior das lâminas hepáticas, entre as bases dos hepatócitos. Acredita-se que tenham origem mesenquimal. Caracterizam-se por apresentar numerosas gotículas de lipídios no citoplasma. Secretam a maioria dos componentes da matriz intralobular, inclusive as fibras de colágeno do tipo III (reticulares). Armazenam a vitamina A lipossolúvel nas gotículas de lipídios e constituem-se em uma fonte importante de fatores de crescimento ativos na homeostasia e na regeneração do fígado. As células estreladas hepáticas também desempenham um papel importante nos processos patológicos. Em resposta a uma lesão hepática, tornam-se ativadas e transformam-se predominantemente em células semelhantes a miofibroblastos. São responsáveis pela substituição dos hepatócitos lesados por substâncias tóxicas por tecido cicatricial colagenoso, um processo denominado fibrose hepática, que é visto inicialmente na zona 3, ao redor das veias centrais. A fibrose pode progredir para cirrose, na qual a arquitetura do parênquima e o padrão do fluxo sanguíneo são destruídos, com importantes consequências sistêmicas.

Células endoteliais dos sinusoides Os sinusoides venosos hepáticos geralmente têm um diâmetro maior que o dos capilares sanguíneos e são revestidos por um endotélio fino desprovido de lâmina basal, porém altamente fenestrado. As células endoteliais são caracteristicamente achatadas, têm um núcleo central e são unidas umas às outras por complexos juncionais. As fenestrações estão reunidas em grupos com diâmetro médio de 100 nm e permitem ao plasma ter acesso direto às membranas plasmáticas basais dos hepatócitos. Seu citoplasma contém numerosas vesículas transcitóticas típicas.

Células de Kupffer As células de Kupffer são macrófagos hepáticos que derivam dos monócitos sanguíneos circulantes e têm origem na medula óssea. Permanecem no fígado durante um período longo de tempo e são encontrados na luz dos sinusoides, presos à superfície endotelial. As células de Kupffer têm forma irregular e longos processos que se estendem até a luz dos sinusoides. Formam uma parte importante do sistema mononuclear fagocitário que é responsável pela remoção de fragmentos celulares e microbianos da circulação e pela secreção de citocinas envolvidas na defesa. Removem os glóbulos vermelhos velhos e lesados da circulação hepática, uma função normalmente compartilhada com o baço, mas desempenhada inteiramente pelo fígado depois de uma esplenectomia.

REFERÊNCIAS

Couinaud C 1957 Le foié: etudes anatomique et chirurgicules. Masson: Paris.
Descrição original da segmentação hepática por Couinaud.

Healey JE, Schroy PC 1953 Anatomy of the biliary ducts within the human liver; analysis of the prevailing pattern of branchings and the major variations of the biliary ducts. Arch Surg 66: 599–616.

Mitchell AWM, Dick R 1999 Liver, gall-bladder, pancreas and spleen. In: Butler P, Mitchell AWM, Ellis H (eds) Applied Radiological Anatomy. Cambridge: Cambridge University Press: 239–58.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 69

Vesícula biliar e árvore biliar

A árvore biliar consiste no sistema de vasos e ductos que coletam a bile do parênquima hepático e a transportam até a parte descendente do duodeno. Tradicionalmente, a árvore biliar é dividida em partes intra-hepática e extra-hepática. Os ductos intra-hepáticos têm origem nos canalículos biliares maiores, que se reúnem para formar ductos segmentares. Estes se fundem próximo da porta do fígado, dando origem aos ductos hepáticos direito e esquerdo. A árvore biliar extra-hepática é constituída pelos ductos hepáticos direito e esquerdo, pelo ducto hepático comum, pelo ducto cístico, pela vesícula biliar e pelo ducto colédoco (Fig. 69.1).

VESÍCULA BILIAR

A vesícula biliar é um divertículo em forma de cantil, com fundo cego, ligado ao ducto colédoco por intermédio do ducto cístico. Em vida, é azul-acinzentado e geralmente está preso à face inferior do lobo hepático direito por tecido conjuntivo (Fig. 69.2). No adulto, a vesícula biliar tem de 7 a 10 cm de comprimento e uma capacidade de até 50 ml. Em geral, está em uma fossa rasa do parênquima hepático, coberta pelo peritônio da superfície do fígado. Sua fixação pode variar amplamente. Em um extremo, a vesícula biliar pode estar quase completamente enterrada no fígado, sem apresentar cobertura peritoneal (padrão intraparenquimatoso). No outro extremo, ela pode pender de um curto mesentério formado pelas duas lâminas do peritônio separadas apenas por tecido conjuntivo e alguns vasos pequenos (padrão mesentérico). A vesícula biliar é descrita como um órgão com fundo, corpo e colo. O colo está na extremidade medial, perto da porta do fígado e quase sempre está preso a ele por uma conexão curta coberta por peritônio (mesentério). Esse mesentério geralmente contém a artéria cística. A mucosa na extremidade medial do colo exibe cristas com disposição oblíqua que formam um sulco espiral contínuo com a valva espiral do ducto cístico. Na extremidade lateral, o colo se alarga para formar o corpo da vesícula biliar, e esse alargamento é com frequência conhecido na prática clínica como "bolsa de Hartmann"[1]. O colo é anterior à parte descendente do duodeno.

Normalmente, o corpo da vesícula biliar está em contato com a superfície do fígado. Quando o colo possui um mesentério, este se encurta rapidamente ao longo do comprimento do corpo à medida que o órgão se aloja na fossa da vesícula biliar. O corpo é anterior à parte descendente do duodeno e à extremidade direita do colo transverso. O fundo está na extremidade lateral do corpo e geralmente se projeta a uma distância variável para além da margem inferior do fígado. Está com frequência em contato com a parede anterior do abdome, atrás da nona cartilagem costal, onde a borda lateral do músculo reto do abdome do lado direito cruza a margem costal. Este é o melhor local para se pesquisar o aumento da vesícula biliar em um exame clínico. O fundo normalmente é adjacente ao colo transverso.

O tamanho e a forma da vesícula biliar variam. O fundo pode ser alongado e bastante móvel. Raras vezes, o fundo está dobrado para trás, sobre o corpo da vesícula biliar – o chamado gorro frígio. Ao ultrassom, esse achado pode ser interpretado erroneamente como um septo nítido dentro de uma vesícula biliar sem nenhuma outra alteração. Novamente, em raros casos, a vesícula biliar pode ser bífida ou estar completamente duplicada, geralmente com duplicação do ducto cístico.

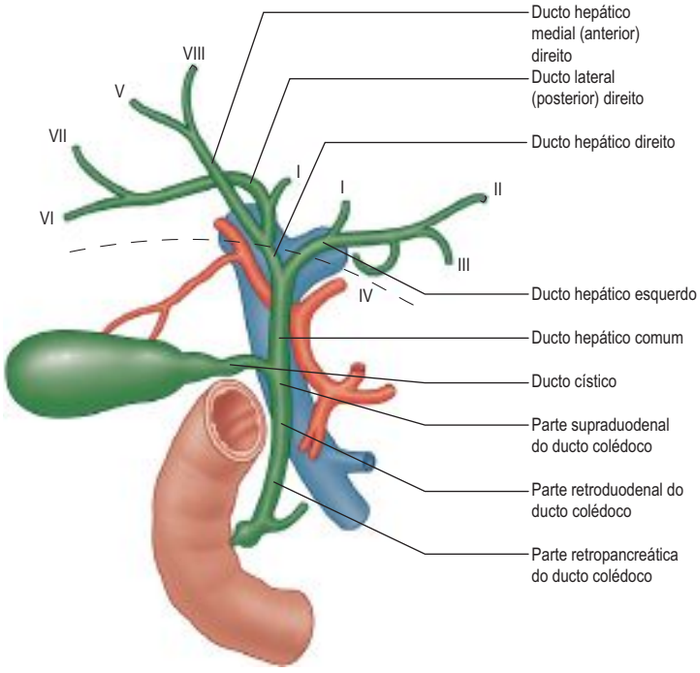


Fig. 69.1 Arranjo geral da árvore biliar intra-hepática e extra-hepática. Os ductos segmentares com frequência se ramificam imediatamente antes de se juntar aos ductos principais ou então são múltiplos, mas por clareza são mostrados aqui como ductos únicos. Note que o segmento I geralmente é drenado tanto para o ducto hepático direito quanto para o esquerdo. O nível do parênquima hepático na altura da porta do fígado é indicado pela linha tracejada.

ÁRVORE BILIAR INTRA-HEPÁTICA

DUCTOS SEGMENTARES E SETORIAIS

Os ductos segmentares do fígado esquerdo exibem um padrão relativamente constante, embora cada um dos segmentos possa ser drenado por vários ductos segmentares. O ducto hepático esquerdo é formado pela união dos ductos dos segmentos II e III atrás da parte umbilical do ramo esquerdo da veia porta (Fig. 69.1). O ducto do segmento IV é mais variável, mas geralmente drena para o ducto hepático esquerdo. O ducto hepático direito é formado pela união dos ductos setoriais medial (anterior) e lateral (posterior) direitos. Esses ductos setoriais, por sua vez, são formados por ductos segmentares: o lateral direito é formado pelos ductos dos segmentos VI e VII, e o medial direito é formado pelos ductos dos segmentos V e VIII. O ducto setorial lateral direito é identificado com

[1]**Nota da Revisão Científica:** A bolsa de Hartmann é denominada pela terminologia anatômica de infundíbulo da vesícula biliar.

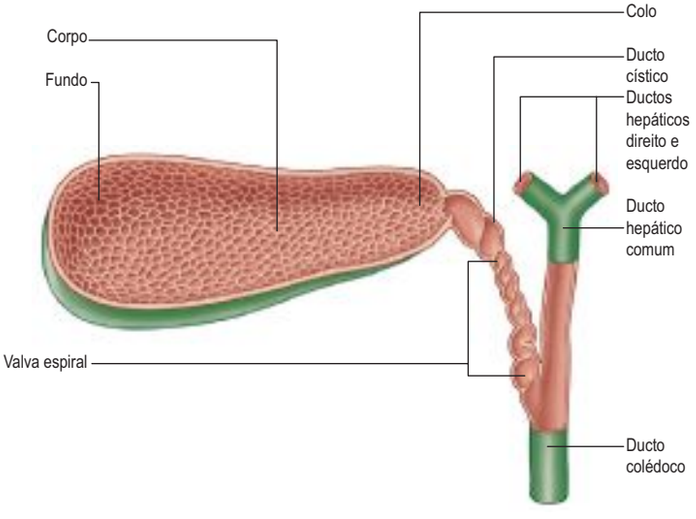


Fig. 69.2 Interior da vesícula biliar e dos ductos biliares.

Tabela 69.1 Variações do ducto hepático direito e de seus ramos

Tipo	Porcentagem da população	Descrição
A	55	Anatomia normal.
B	15	Não há ducto hepático direito e o ducto hepático comum é formado pela junção no mesmo local dos ductos direito anterior, direito posterior e hepático esquerdo.
C	20	Há uma drenagem baixa de um dos ductos setoriais direitos para o ducto hepático comum.
D	5	Um dos ductos setoriais direitos une-se ao ducto hepático esquerdo.
E	5	O ducto hepático comum é formado pela união de dois ou mais ductos de ambos os lobos.
F	5	O ducto setorial posterior direito drena para o ducto cístico.

frequência em uma colangiografia por se curvar ao redor do ducto medial direito antes de se juntar ao lado medial do ducto setorial medial: este achado costuma ser descrito como gancho de Hjortsjo e tem importância cirúrgica nas ressecções hepáticas. O ducto hepático direito e seus ramos estão sujeitos a mais variações que o sistema ductal esquerdo, e essas variações foram discriminadas por Blumgart em seis tipos principais (Tabela 69.1).

ÁRVORE BILIAR EXTRA-HEPÁTICA

DUCTO CÍSTICO

O ducto cístico drena o conteúdo da vesícula biliar para o ducto colédoco. Tem de 3 a 4 cm de comprimento e, partindo do colo da vesícula biliar, segue posteriormente para a esquerda e se une ao ducto hepático comum para formar o ducto colédoco. Quase sempre segue paralelo e aderido ao ducto hepático comum por uma distância curta antes de se juntar a ele geralmente perto da porta do fígado, mas essa junção pode ocorrer mais para baixo no interior da margem livre do omento menor. O ducto cístico pode exibir diversas variações anatômicas importantes (Fig. 69.3). Em raras ocasiões, o ducto cístico é encontrado ao longo da margem direita do omento menor durante todo o trajeto descendente até o nível do duodeno, antes de a junção ser formada; mas, nesses casos, os ductos cístico e colédoco estão geralmente aderidos um ao outro. Às vezes o ducto cístico drena para o ducto hepático direito. Nesse caso, ele pode estar alongado, é anterior ou posterior ao ducto hepático comum e une-se à face esquerda do ducto hepático direito. Raramente, o ducto é duplo ou está ausente, e nesse último caso o conteúdo da vesícula biliar é drenado diretamente para o ducto colédoco. Ocasionalmente, um ou mais ductos hepáticos acessórios emergem do segmento V do fígado e se unem ao ducto hepático direito, ao ducto hepático comum, ao ducto colédoco, ao ducto cístico, ou diretamente à vesícula biliar. Essas variações na anatomia do ducto cístico têm importância considerável durante a excisão cirúrgica da vesícula biliar. A ligadura ou a oclusão por clipe do ducto cístico precisa ser realizada a uma distância adequada do ducto colédoco para impedir a angulação deste ducto ou sua lesão. É preciso não confundir os ductos acessórios com os ductos hepáticos direito e comum.

A mucosa do ducto cístico possui de 5 a 12 pregas em forma de crescente, contínuas com aquelas do colo da vesícula biliar. Essas pregas se projetam obliquamente de modo sucessivo e regular e parecem formar uma valva espiral quando o ducto é seccionado longitudinalmente. Quando o ducto se distende, os espaços entre as pregas se dilatam, e externamente o ducto parece tortuoso como o colo da vesícula biliar.

DUCTOS BILIARES HEPÁTICOS

Os ductos hepáticos direito e esquerdo principais emergem do fígado e fundem-se próximo da extremidade direita da porta do fígado, formando o ducto hepático comum. O ducto direito extra-hepático é curto e quase vertical, enquanto o esquerdo é mais horizontal e é encontrado ao longo da base do segmento IV. O ducto hepático comum desce aproximadamente 3 cm e em seguida recebe do lado direito e em ângulo agudo o ducto cístico. Dessa união, surge o ducto colédoco. O ducto hepático comum está à direita da artéria hepática e é anterior à veia porta na margem livre do omento menor.

DUCTO COLÉDOCO

O ducto colédoco é formado próximo da porta do fígado pela junção dos ductos cístico e hepático comum (Figs. 69.4 e 69.5), e geralmente tem de 6 a 8 cm de comprimento. Seu diâmetro tende a aumentar um pouco com a idade, mas em geral tem por volta de 6 mm nos adultos. Desce posterior e ligeiramente para a esquerda, anterior ao forame omental, na margem direita do omento menor, onde é anterior à veia porta e passa à direita tanto da veia porta quanto da artéria hepática. Passa atrás da parte superior do duodeno e do lado direito da artéria gastroduodenal, e em seguida continua em um sulco da parte superolateral da face posterior da cabeça do pâncreas. É anterior à veia cava inferior e às vezes está mergulhado no tecido pancreático. Pode estar próximo da parede medial da parte descendente do duodeno ou a 2 cm dela: mesmo quando o ducto colédoco está mergulhado no pâncreas, é possível palpar na glândula, atrás da parte descendente do duodeno o sulco que marca a sua posição.

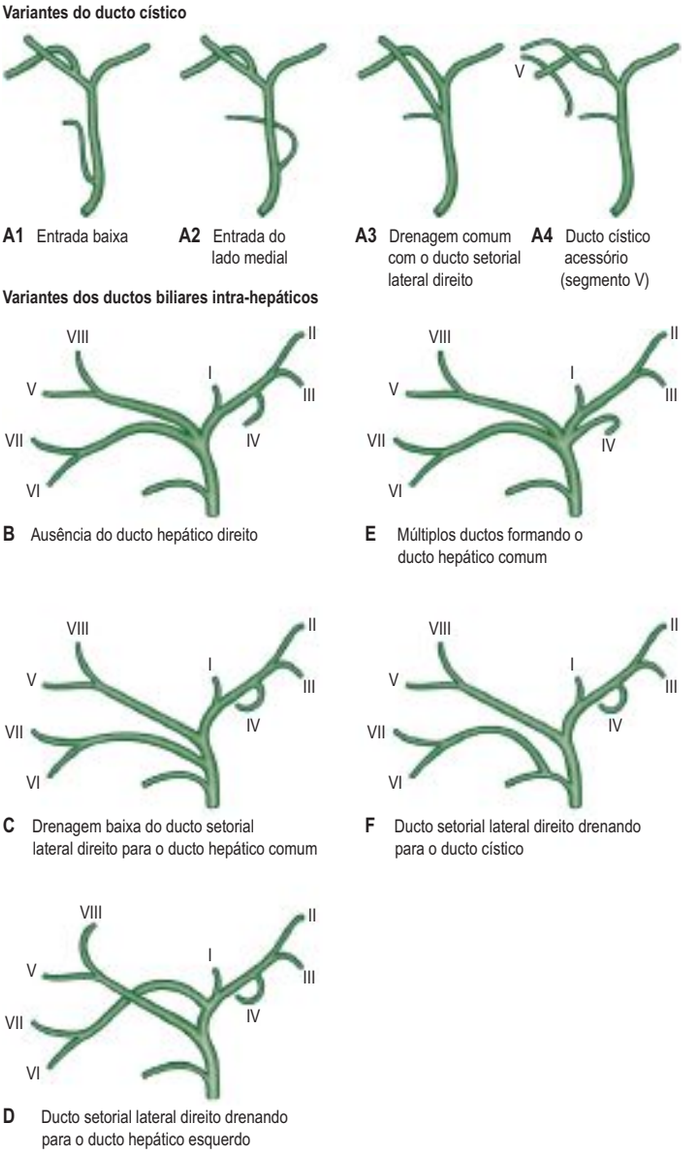


Fig. 69.3 Variações na anatomia dos ductos biliares intra-hepáticos e cístico. As variações do ducto cístico são classificadas em A1-A3, e as letras B-F são utilizadas para as variantes dos ductos intra-hepáticos para assegurar a coerência da nomenclatura de Blumgart.

Ampola hepatopancreática

Como o ducto colédoco é medial à parte descendente do duodeno, ele se aproxima da extremidade direita do ducto pancreático. Os ductos penetram juntos na parede duodenal e geralmente se fundem para formar a ampola hepatopancreática. Raras vezes o ducto colédoco e o ducto pancreático drenam separadamente para o duodeno. Em geral, um músculo circular envolve a parte inferior do ducto colédoco (músculo esfíncter do ducto colédoco), e com frequência também circunda a parte terminal do ducto pancreático principal (músculo esfíncter do ducto pancreático) e a ampola hepatopancreática (músculo esfíncter da ampola). Quando todos os elementos estão presentes, esse arranjo pode permitir o controle separado do esvaziamento dos ductos pancreático e colédoco. Durante uma

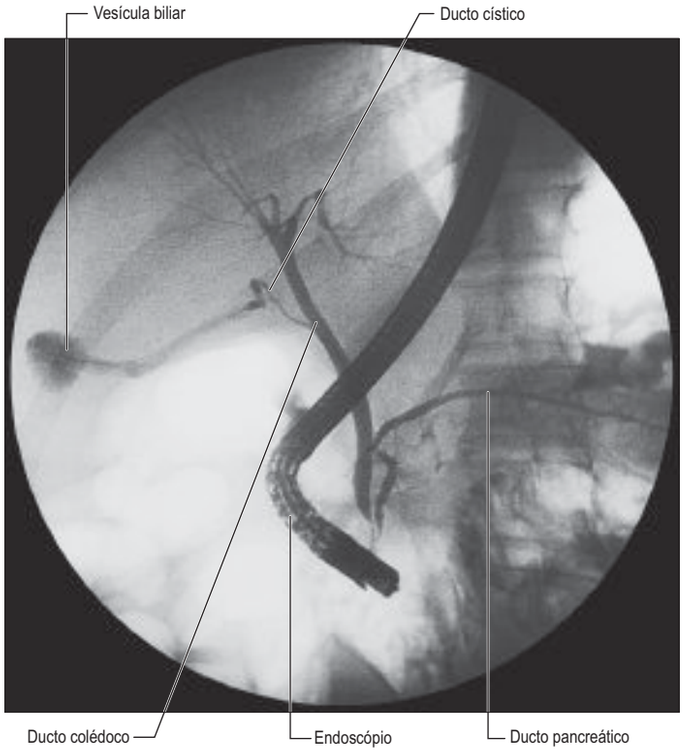


Fig. 69.4 Colangiopancreatografia retrógrada endoscópica.

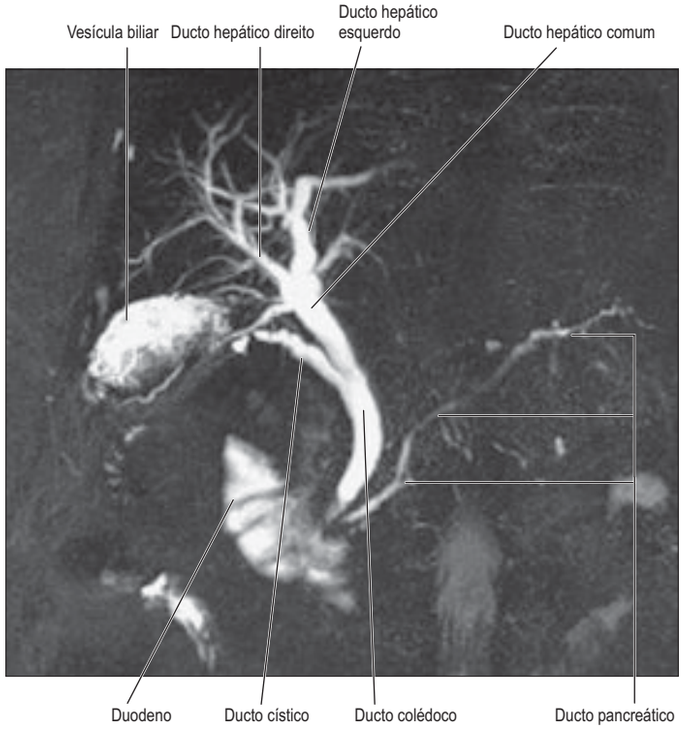


Fig. 69.5 Colangiopancreatografia por ressonância magnética.

colangiografia retrógrada endoscópica, pode ser necessário seccionar a parte superior da ampola hepatopancreática e o músculo esfíncter da ampola (esfincterotomia) para ter acesso ao ducto colédoco.

Trígono cisto-hepático

O espaço quase triangular formado entre o ducto cístico, o ducto hepático comum e a superfície inferior do segmento V do fígado (Suzuki *et al.*, 2000) é normalmente chamado de trígono cisto-hepático. É delimitado pela lâmina dupla de peritônio que forma o mesentério curto do ducto cístico. Como as duas lâminas não estão totalmente justapostas, há uma quantidade apreciável de tecido conjuntivo frouxo dentro do trígono. Talvez seja melhor descrever esse triângulo como um "espaço" piramidal, com um ápice na junção do ducto cístico com o colo da vesícula biliar, outro ápice na porta do fígado e dois ápices mais próximos nas fixações da vesícula biliar ao leito hepático. Assim, a base do trígono está sobre a face inferior do fígado. Esse espaço geralmente contém o trecho da artéria cística próximo da vesícula biliar, o linfonodo cístico e os linfáticos que deixam a vesícula biliar, uma ou duas veias císticas pequenas, os nervos autônomos que seguem para a vesícula biliar, e um pouco de tecido adiposo frouxo. Pode conter alguns ductos acessórios que drenam do fígado para a vesícula biliar. A avaliação das variações na anatomia arterial e ductal na área do trígono tem importância substancial durante a excisão da vesícula biliar para evitar a ligadura equivocada do ducto hepático comum ou do ducto colédoco.

CÁLCULOS BILIARES

Em geral, os cálculos biliares se formam no interior da vesícula biliar. À medida que a vesícula biliar se esvazia, os cálculos biliares movem-se em direção ao ducto cístico. Quando cálculos pequenos entram no ducto cístico, podem irritar a mucosa colunar, o que provoca o espasmo do músculo liso da parede do ducto cístico. O espasmo produz uma dor conhecida como cólica biliar, que com frequência é bastante intensa. As pregas da mucosa do colo da vesícula biliar e do ducto cístico constituem-se em um local comum de aprisionamento de cálculos biliares. Os cálculos que bloqueiam o colo da vesícula biliar podem causar a distensão estéril desse órgão: se a vesícula biliar não tiver sofrido uma inflamação aguda prévia, permanecerá não fibrótica e facilmente distensível, e com frequência será possível palpar o fundo aumentado abaixo da margem costal. Os cálculos alojados na parte distal do ducto cístico podem provocar o inchamento dos tecidos ao redor do ducto. Por causa da relação próxima entre a parte distal do ducto cístico e o ducto hepático comum, o inchaço pode causar a compressão secundária do ducto hepático comum, o que provoca a obstrução parcial do fluxo da bile e o surgimento de icterícia leve – a chamada "síndrome de Mirizzi". Logo que os cálculos passam através do ducto cístico, ficam com frequência presos na junção do ducto colédoco com o ducto pancreático em uma posição imediatamente próxima à ampola hepatopancreática, o que produz icterícia obstrutiva e/ou pancreatite aguda.

COLANGIOGRAFIA ENDOSCÓPICA

Pelo duodeno, é possível acessar o ducto colédoco com um endoscópio para realizar uma colangiografia diagnóstica ou intervenções terapêuticas. O ângulo existente entre a parte distal do ducto colédoco e o ducto pancreático pode dificultar a canulação direta do ducto biliar. Quando o ducto está em uma posição mais vertical, mergulhado na parede do duodeno, uma incisão direta na base da ampola hepatopancreática e na parede adjacente do duodeno (esfincterotomia com pré-corte) pode expor o ducto e permitir sua canulação. Às vezes esse procedimento está associado à hemorragia dos vasos da parede do duodeno. Pode ser necessário seccionar as fibras do músculo esfíncter do ducto colédoco (músculo liso) para acessar com um endoscópico o ducto biliar, mas com frequência esse método leva a um refluxo incontrolável do conteúdo duodenal para a parte distal do ducto colédoco, o que pode causar infecções biliares recorrentes.

DRENAGEM BILIAR

A proximidade do fundo da vesícula biliar com a parede anterior do abdome propicia uma via de acesso útil para a drenagem percutânea da vesícula biliar obstruída e distendida. Raramente a vesícula biliar é encoberta pelo tecido hepático e pode ser com frequência acessada embaixo da margem costal. Na maioria das vezes, essa drenagem é realizada com o auxílio do ultrassom. Por causa do pequeno calibre e do formato espiral do ducto cístico, raras vezes a drenagem da vesícula biliar é o procedimento adequado para a descompressão da árvore biliar obstruída. A descompressão precisa ser realizada por via endoscópica, cirúrgica ou por uma abordagem percutânea trans-hepática. Esta última técnica requer a identificação dos ductos biliares intra-hepáticos dilatados, geralmente com ultrassom, e a punção direta guiada com abordagem subcostal direita. O acesso percutâneo é obtido através do segmento III do lobo esquerdo e dos segmentos V e VI do lobo direito do fígado.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artéria cística

A artéria cística geralmente se origina da artéria hepática direita (Fig. 69.6). Em geral, passa posterior ao ducto hepático comum e anterior ao ducto

cístico até alcançar a face superior do colo da vesícula biliar e se dividir nos ramos superficial e profundo. O ramo superficial ramifica-se na face inferior do corpo da vesícula biliar, e o ramo profundo, na face superior. Essas artérias se anastomosam na superfície do corpo e do fundo. A origem da artéria cística com frequência varia (Fig. 69.7). A variante mais comum é a origem na artéria hepática comum (às vezes de um local bem baixo), mas às vezes a artéria cística sai da artéria hepática esquerda ou da gastroduodenal e, em raros casos, das artérias pancreaticoduodenal superior, celíaca, gástrica direita ou mesentérica superior. Nesses casos, ela passa anterior (ou com menor frequência posterior) ao ducto colédoco ou ao ducto hepático comum até alcançar a vesícula biliar. Uma artéria cística acessória pode surgir da artéria hepática comum ou de um de seus ramos, e a artéria cística com frequência se bifurca próximo de sua origem, formando dois vasos que seguem até a vesícula biliar. Vários ramos arteriais finos podem provir do parênquima dos segmentos hepáticos IV ou V e contribuir para a irrigação do corpo, especialmente quando a maior parte da vesícula biliar está no interior do fígado. Esse fato torna a vesícula biliar relativamente resistente à necrose durante a inflamação, que normalmente bloqueia a artéria cística.

A artéria cística dá origem a vários ramos finos que irrigam os ductos hepáticos comum e lobar e a parte superior do ducto colédoco. Esses ramos finos formam uma rede que se anastomosa com os vasos que ascendem ao redor do ducto colédoco e com os vasos do parênquima hepático que descem com os ductos hepáticos direito e esquerdo.

Artérias ductais

O ducto colédoco e os ductos hepáticos são supridos por uma fina rede de vasos que geralmente recebe contribuições de várias fontes e está bem próxima dos ductos. Durante a exposição cirúrgica dos ductos biliares, a interrupção da rede ao longo de uma grande extensão causa com frequência isquemia crônica, que resulta em estenose do ducto. Devem ser utilizadas abordagens que poupem a rede a fim de evitar esse tipo de complicação.

O ducto colédoco é irrigado regular e equitativamente por duas a quatro artérias ascendentes e descendentes que formam canais anastomóticos longos e estreitos ao longo da extensão do ducto: os canais mais importantes estão dispostos em "troncos", um medial e outro lateral, embora possam ser mais anterolaterais e posteromediais. As maiores contribuições geralmente provêm de um ou dois ramos oriundos da artéria retroduodenal, ramo da artéria gastroduodenal que surge quando ela cruza a superfície anterior do ducto na margem superior do duodeno. Essa rede é irrigada por três ou quatro ramos descendentes das artérias hepática direita e cística, que surgem quando esses vasos passam próximo da parte inferior do ducto hepático comum. Às vezes, eles representam o principal suprimento para o ducto colédoco.

Posteriormente, uma artéria retroportal surge com frequência do tronco celíaco, da artéria mesentérica superior ou de um de seus ramos principais perto da origem da aorta, e corre para cima na face posterior da veia porta. Ela geralmente termina no ponto onde se junta à artéria retroduodenal, perto da extremidade inferior do ducto biliar supraduodenal, mas às vezes sobe por trás do ducto biliar e se une à artéria hepática direita. Quando presente, a artéria retroportal contribui para a rede arterial que irriga o sistema supraduodenal de ductos biliares.

Os ductos hilares e intra-hepáticos são irrigados por uma fina rede de artérias periductais que se originam das artérias segmentares dentro das bainhas de Glisson.

Veias císticas

Raramente a drenagem venosa da vesícula biliar é feita por uma única veia cística. Há geralmente várias veias pequenas. Aquelas que se originam da face superior do corpo e do colo estão no tecido areolar entre a vesícula biliar e o fígado, e penetram no parênquima hepático para drenar para as veias portais segmentares. O restante forma uma ou duas veias císticas pequenas, que penetram no fígado diretamente ou após se unir às veias que drenam os ductos hepáticos e a parte superior do ducto biliar. Apenas raramente uma veia cística única, às vezes dupla, drena para o ramo direito da veia porta.

Linfáticos

Numerosos vasos linfáticos partem dos plexos submucoso e subseroso de todas as superfícies da vesícula biliar e do ducto cístico. Aqueles da face hepática da vesícula biliar conectam-se aos vasos linfáticos intra-hepáticos. O restante drena para o linfonodo cístico, que geralmente está acima do ducto cístico no tecido do trígono cisto-hepático. Esse linfonodo e alguns vasos linfáticos que desviam do linfonodo cístico drenam para o linfonodo que está na borda anterior da margem livre do omento menor. Os linfonodos hepáticos que estão na porta do fígado coletam a linfa proveniente dos vasos que acompanham os ductos hepáticos e a parte superior do ducto biliar. Os linfáticos provenientes da parte inferior do ducto colédoco drenam para os linfonodos hepático inferior e pancreaticoesplênico superior.

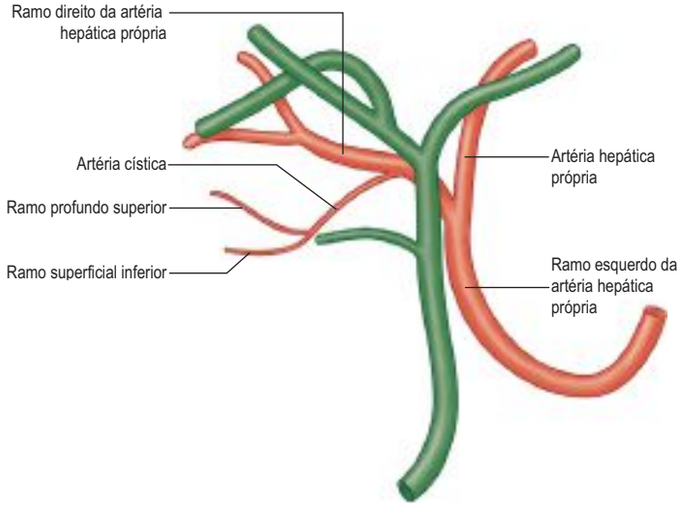
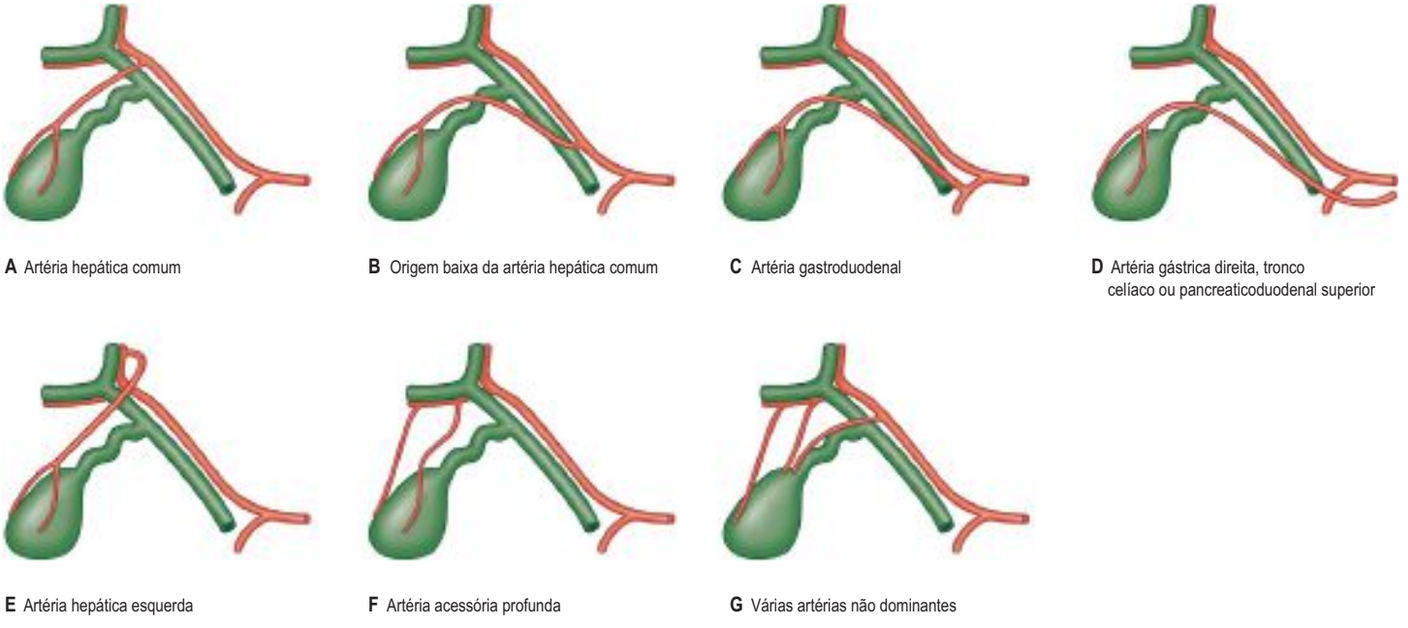


Fig. 69.6 Anatomia normal da artéria cística.

INERVAÇÃO

A vesícula biliar e a árvore biliar extra-hepática são inervadas por ramos do plexo hepático. A parte retroduodenal do ducto colédoco e o músculo



A Artéria hepática comum
B Origem baixa da artéria hepática comum
C Artéria gastroduodenal
D Artéria gástrica direita, tronco celíaco ou pancreaticoduodenal superior
E Artéria hepática esquerda
F Artéria acessória profunda
G Várias artérias não dominantes

Fig. 69.7 Variações anatômicas da origem e da distribuição da artéria cística.

Fig. 69.8 Micrografia em pequeno aumento que mostra a parede da vesícula biliar, com uma projeção da mucosa que se achata quando a vesícula está cheia, e a fina camada muscular.

Fig. 69.9 Micrografia em pequeno aumento que mostra a estrutura do ducto colédoco humano. Pode-se ver a luz (L), o revestimento mucoso (M), a camada de músculo liso (ML) e o tecido conjuntivo externo (C), com numerosos feixes de fibras nervosas (N). (Cortesia de Mr. Peter Helliwell e Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

liso da ampola hepatopancreática também são inervados por ramos menores dos ramos pilóricos dos vagos.

Dor referida

Como acontece com outras estruturas originadas do intestino anterior, a dor causada pelo estiramento do ducto colédoco ou da vesícula biliar localiza-se na parte central do epigástrio. O envolvimento do peritônio somático sobrejacente produz uma dor que se localiza preferencialmente no quadrante superior direito.

MICROESTRUTURA

VESÍCULA BILIAR

Uma serosa cobre totalmente o fundo da vesícula biliar e, na maioria das vezes, cobre também a superfície inferior e os lados tanto do corpo quanto do colo. Quando a vesícula biliar possui um mesentério, a serosa cobre os lados do corpo e do colo até a face superior, e é contínua com a serosa do mesentério. A serosa permanece restrita à face inferior apenas quando a vesícula biliar é intra-hepática. Embaixo da serosa, há tecido conjuntivo frouxo subseroso e tecido adiposo peritoneal. A microestrutura da parede da vesícula biliar assemelha-se de um modo geral à do intestino delgado. A mucosa é castanho-amarelada e tem rugas minúsculas que dão a ela o aspecto de favos de mel (Fig. 69.2). Ao corte, projeções da mucosa voltadas para a luz do órgão assemelham-se aos vilos intestinais, porém não são estruturas fixas e sua superfície se achata à medida que o órgão se enche de bile. O epitélio consiste em uma camada única de células colunares com microvilos apicais. Na região basal, os espaços entre as células epiteliais são dilatados (Fig. 69.8). Há muitos capilares embaixo da membrana basal. As células epiteliais absorvem ativamente água e solutos da bile, aumentando assim sua concentração em até 10 vezes. Não há células caliciformes no epitélio. A camada fibromuscular delgada é composta de tecido fibroso associado a células musculares lisas dispostas frouxamente em feixes longitudinais, circulares e oblíquos.

DUCTOS BILIARES

A parede dos ductos biliares grandes é composta por uma camada fibrosa externa e uma camada mucosa interna (Fig. 69.9). A camada externa consiste em tecido conjuntivo fibroso com uma quantidade variável de células musculares lisas longitudinais, circulares e oblíquas. A mucosa é contínua com as mucosas dos ductos hepáticos, da vesícula biliar e do duodeno. O epitélio é colunar, e há numerosas glândulas mucosas tubuloalveolares na parede dos ductos.

A expulsão do conteúdo da vesícula biliar está sob controle neuroendócrino. A presença de gordura no duodeno provoca a liberação de colecistocinina (CCK), que estimula a vesícula biliar a se contrair ao se ligar aos receptores de superfície para a CCK presente nas células musculares da parede do órgão. Quando a pressão exercida pela bile no interior da vesícula excede 100 mm de H_2O, o músculo esfíncter da ampola hepatopancreática relaxa e a bile entra no duodeno. A parte final dos ductos biliar e pancreático unidos está repleta de pregas valvulares vilosas de mucosa que contêm células musculares nos cernes de tecido conjuntivo. Acredita-se que a contração cause a retração e o agrupamento dessas pregas, o que impede o refluxo do conteúdo duodenal e controla a saída da bile.

REFERÊNCIAS

Suzuki M, Akaishi S, Rikiyama T, Naitoh T, Rahman MM, Matsuno S. 2000 Laparoscopic cholecystectomy, Calot's triangle, and variations in cystic arterial supply. Surgical Endoscopy 14: 141–4.

IHPBA Brisbane 2000 Terminology of Liver Anatomy and Resections.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 70

Pâncreas

O pâncreas é a maior das glândulas do sistema digestório e realiza funções tanto endócrinas como exócrinas. A maior parte do órgão tem função exócrina e secreta diversas enzimas envolvidas na digestão de lipídios, carboidratos e proteínas. A função endócrina do pâncreas é realizada por células que estão espalhadas por toda a estrutura da glândula, as quais participam na homeostase da glicose e que também estão envolvidas no controle da motilidade e da função da parte gastrointestinal alta.

O pâncreas é de cor rosa-salmão e tem superfície lisa, lobulada e firme. O órgão é dividido em quatro partes principais: cabeça, colo, corpo e cauda. Tal divisão está baseada somente nas próprias relações anatômicas: existem poucas e sutis diferenças anatômicas e funcionais entre cada uma das partes (Figs. 70.1 e 70.2). O pâncreas também possui um lobo acessório (o processo uncinado), que é anatômica e embriologicamente distinto. Nos adultos, o pâncreas apresenta de 12 a 15 cm de comprimento e possui a forma de uma "língua" de tecido, achatada, mais espessa na extremidade medial (cabeça) e mais delgada em direção à extremidade lateral (cauda). Com o envelhecimento, a quantidade de tecido exócrino tende a diminuir, assim como a quantidade de tecido conjuntivo adiposo no interior da substância da glândula, o que leva a uma atrofia progressiva que é particularmente visível em imagens obtidas por tomografia computadorizada (TC). O pâncreas está na parte interna da curva formada pela primeira, segunda e terceira partes do duodeno e se estende transversal e ligeiramente superiormente ao longo da parede posterior do abdome até o hilo do baço, por trás do estômago. Não está em um único plano, mas efetivamente repousa sobre outras estruturas do espaço retroperitoneal e coluna vertebral, formando assim uma curva rasa da qual o colo e a parte medial do corpo são as mais anteriores. Em razão de sua forma achatada, diz-se comumente que o pâncreas, particularmente o corpo, apresenta faces e margens.

CABEÇA

A cabeça do pâncreas está situada à direita da linha média, anteriormente e também à direita da coluna vertebral, no interior da curvatura formada pelo duodeno. Corresponde à parte mais espessa e larga do pâncreas, mas ainda assim é achatada no plano anteroposterior. Superiormente, é adjacente à primeira parte do duodeno, mas como o duodeno apresenta mesentério curto próximo ao piloro, nesta região é anterior à parte superior da cabeça. A margem duodenal da cabeça é achatada e ligeiramente côncava, e está firmemente aderida à segunda parte do duodeno. Às vezes,

Fig. 70.2 Secção coronal do pâncreas obtida através de TC (cortesia de Dr Louise Moore, Chelsea and Westminster Hospital).

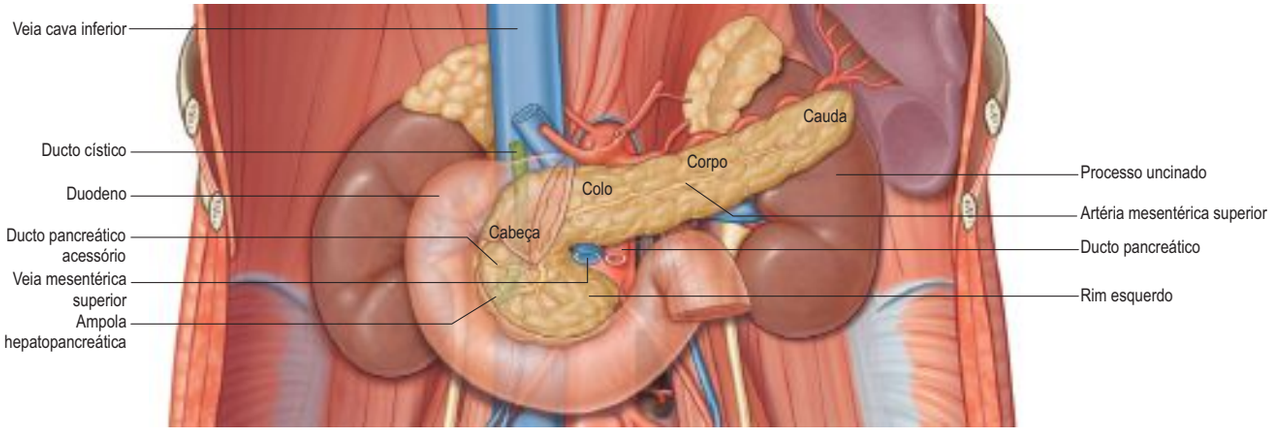


Fig. 70.1 Relações do pâncreas.

uma pequena parte da cabeça está de fato mergulhada na parede da segunda parte do duodeno. Nessa área, as artérias pancreaticoduodenais superior e inferior estão entre a cabeça e o duodeno. A margem inferior do órgão é superior à terceira parte do duodeno e é contínua com o processo uncinado. Próximo da linha média, a cabeça é contínua com o colo. O limite entre a cabeça e o colo é com frequência demarcado anteriormente pelo sulco da artéria gastroduodenal e posteriormente por um sulco similar, porém mais profundo, o qual contém a união das veias mesentérica superior e esplênica onde formam a veia porta.

Face anterior A face anterior da cabeça (Fig. 70.3) é coberta por peritônio e está relacionada com a origem do mesocolo transverso.

Face posterior A face posterior da cabeça está relacionada com a veia cava inferior, que ascende posteriormente, recobrindo quase toda esta face. Também está relacionada com a veia renal direita, com o pilar direito do diafragma e geralmente com a origem da veia ovárica ou testicular (gonadal) direita (Cap. 76, Fig. 76.7).

COLO

O colo do pâncreas tem aproximadamente 2 cm de largura e se une à cabeça e ao corpo. É com frequência a parte mais anterior da glândula e é definida como a parte do pâncreas situada anteriormente à veia porta, a qual está intimamente relacionada com a parte superior da face posterior (Fig. 70.8). A parte mais inferior do colo do pâncreas é anterior à veia mesentérica superior imediatamente antes da formação da veia porta. Essas relações são importantes durante a cirurgia de câncer pancreático, pois o envolvimento tumoral maligno desses vasos pode tornar a ressecção impossível. A face anterior do colo está coberta com peritônio e é adjacente ao piloro imediatamente inferior ao forame omental. As artérias gastroduodenal e pancreaticoduodenal superior anterior descem anteriormente à glândula, na região da junção do colo com a cabeça do pâncreas.

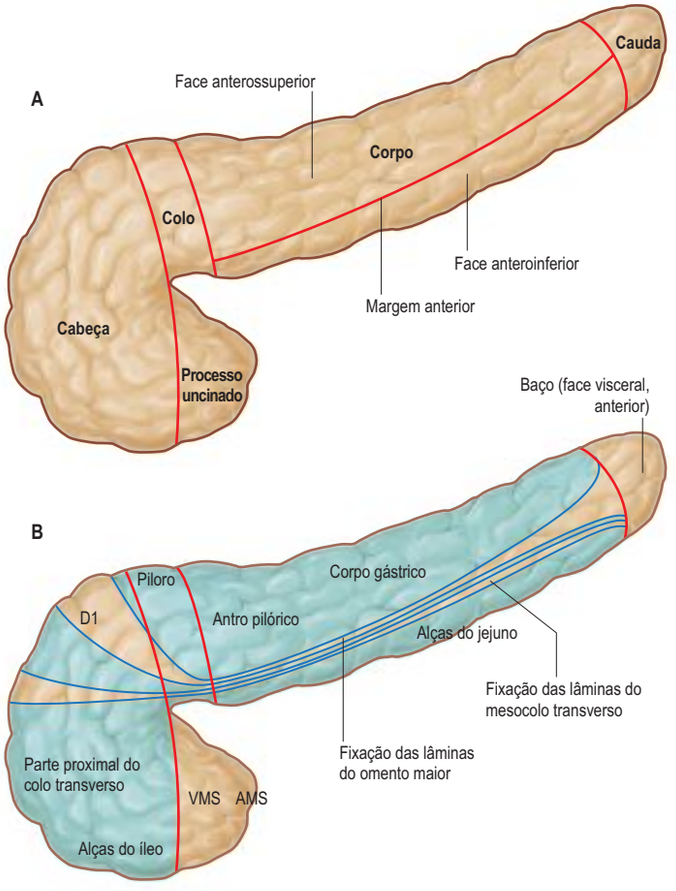


Fig. 70.3 A, Regiões, faces anteriores e margens do pâncreas. **B,** Relações anteriores do pâncreas. As áreas cobertas por peritônio são apresentadas em azul, e as estruturas sobrejacentes a essas áreas estão separadas do pâncreas por recessos peritoneais. O baço em relação à cauda é anterior à lâmina anterior do ligamento esplenorrenal e não está em contato direto com o tecido pancreático. D1, primeira parte do duodeno; AMS, artéria mesentérica superior; VMS, veia mesentérica superior.

CORPO

O corpo do pâncreas é a parte mais longa da glândula e estende-se do lado esquerdo do colo até a cauda. Em cortes transversais, parece ligeiramente triangular e se torna progressivamente mais fino e menos largo à medida que se aproxima da cauda. Sua apresentação é descrita por meio de três faces: anterossuperior, posterior e anteroinferior.

Face anterossuperior A face anterossuperior do pâncreas constitui a parte mais anterior da glândula, próxima ao colo. Lateralmente, se estreita, é ligeiramente mais superior e compartilha a margem anterior com a face anteroinferior. É coberta por peritônio, que se estende desde a glândula anteroinferiormente, até se tornar contínuo com a lâmina anterior ascendente do omento maior (Fig. 64.4). A lâmina superior do mesocolo transverso está refletida e é contínua com a lâmina posterior descendente do omento maior, imediatamente acima da margem anterior e, portanto, quase não participa da cobertura da face anterossuperior. A face está separada do estômago pela bolsa omental.

Face posterior A face posterior do pâncreas é desprovida de peritônio. É anterior à aorta, à origem da artéria mesentérica superior, ao pilar esquerdo do diafragma, à glândula suprarrenal esquerda, ao rim esquerdo e aos vasos renais, sobretudo à veia renal esquerda (Fig. 70.4). A face posterior está intimamente relacionada com a veia esplênica, que está entre a mesma e as outras relações posteriores e corre da esquerda para a direita, formando um sulco raso ou mesmo um "túnel" quase totalmente coberto na substância da glândula. O rim esquerdo também está separado da face posterior por fáscia renal e corpo adiposo pararrenal.

Face anteroinferior A face anteroinferior do pâncreas começa como uma faixa estreita logo à esquerda do colo. À medida que o corpo se estende lateralmente a faixa se alarga, aumentando assim a face anteroinferior do corpo. É coberta por peritônio que é contínuo à lâmina posteroinferior do mesocolo transverso. A quarta parte do duodeno, a flexura duodenojejunal e as alças do jejuno localizam-se inferiormente. Com frequência, a extremidade lateral da margem inferior é superior e posterior à flexura esquerda do colo. O peritônio da lâmina anterossuperior do mesocolo transverso está refletido sobre a parte superior da face anteroinferior, na linha da margem anterior, onde é contínuo com a lâmina posterior do omento maior. Lateralmente, o ápice do músculo suspensor do duodeno (ligamento de Treitz) pode se constituir em uma relação anterior da face anteroinferior do corpo.

Margem superior Do lado direito, a margem superior do pâncreas é, no início, romboide e pouco achatada, porém à medida que o corpo da glândula se estende para a esquerda, a superfície se altera até se tornar mais estreita e afilada. Uma tuberosidade – o túber omental – geralmente se projeta da extremidade direita da margem superior, acima do nível da curvatura menor do estômago, em contato com a superfície posterior do omento menor. A margem superior está relacionada com o tronco celíaco. A artéria hepática comum corre para a direita logo acima da glândula. A artéria esplênica segue para a esquerda, descrevendo um trajeto frequentemente bastante tortuoso ao longo da margem superior, e tende a se elevar acima do nível dessa margem em vários pontos do seu trajeto.

Margem anterior A margem anterior do pâncreas separa a face anterossuperior da anteroinferior. As duas lâminas do mesocolo transverso divergem ao longo dessa margem. A lâmina superior reflete-se inferiormente depois de uma distância muito curta até a lâmina descendente (posterior) do omento maior, enquanto a lâmina inferior segue inferior e posteriormente sobre a face anteroinferior.

Margem inferior A margem inferior do pâncreas separa a face posterior da anteroinferior. Na extremidade medial da margem inferior, adjacente ao colo do pâncreas, os vasos mesentéricos superiores emergem posteriormente à glândula. Mais lateralmente, a veia mesentérica inferior corre sob a margem até se juntar à veia esplênica na face posterior. Este local é útil para a identificação da veia mesentérica inferior durante as ressecções do colo no lado esquerdo e nas imagens obtidas por TC.

CAUDA

A cauda do pâncreas é a parte mais estreita e mais lateral da glândula e está entre as lâminas do ligamento esplenorrenal. É contínua medialmente com o corpo e tem de 1,5 a 3,5 cm de comprimento nos adultos. Pode terminar na base do ligamento esplenorrenal ou estender-se para

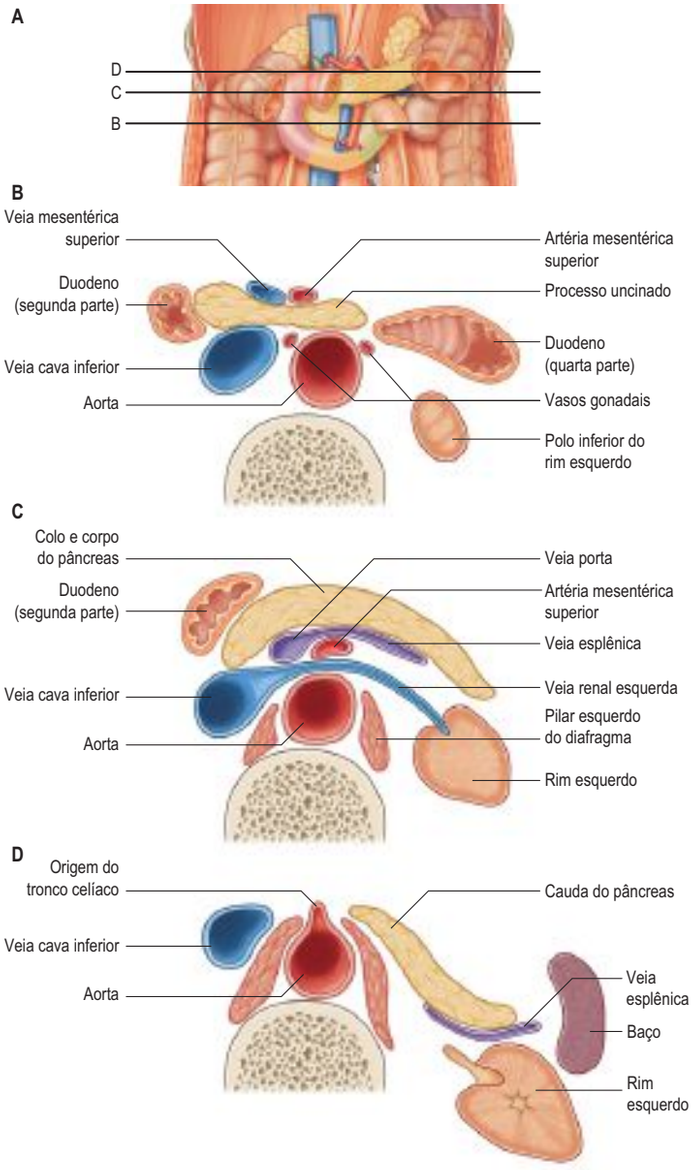


Fig. 70.4 A, Relações posteriores do pâncreas. Cortes transversais feitos ao nível médio do processo uncinado (**B**), cabeça e colo (**C**) e cauda (**D**) do pâncreas. Observe a vista coronal como referência para os cortes transversais.

cima até bem próximo ao hilo esplênico. Nesses casos, a cauda pode ser lesada durante a ligadura dos vasos esplênicos ou durante uma esplenectomia. Posteriormente, está relacionada tanto com a artéria esplênica e seus ramos como com a veia esplênica e suas tributárias. A ponta da cauda pode estar em contato com o hilo esplênico.

PROCESSO UNCINADO

O processo uncinado do pâncreas projeta-se a partir da extremidade lateral inferior da cabeça da glândula (Fig. 70.5). Embriologicamente, é separado do restante da glândula, sendo, portanto, posterior à veia mesentérica superior e por vezes também à artéria mesentérica superior, na região em que descem em contato íntimo com a face anterior e seguem para diante até a raiz do mesentério ileal. Posteriormente, o processo uncinado é anterior a aorta e, inferiormente, repousa sobre a superfície superior da terceira parte do duodeno. Os tumores do processo uncinado não obstruem o ducto colédoco, porém com frequência comprimem a terceira parte do duodeno como consequência de sua estreita relação.

DUCTOS PANCREÁTICOS

O tecido pancreático exócrino drena para vários ductos lobulares pequenos. A disposição dos ductos principais que drenam o pâncreas está sujeita a alguma variação, mas o arranjo mais comum consiste em um único

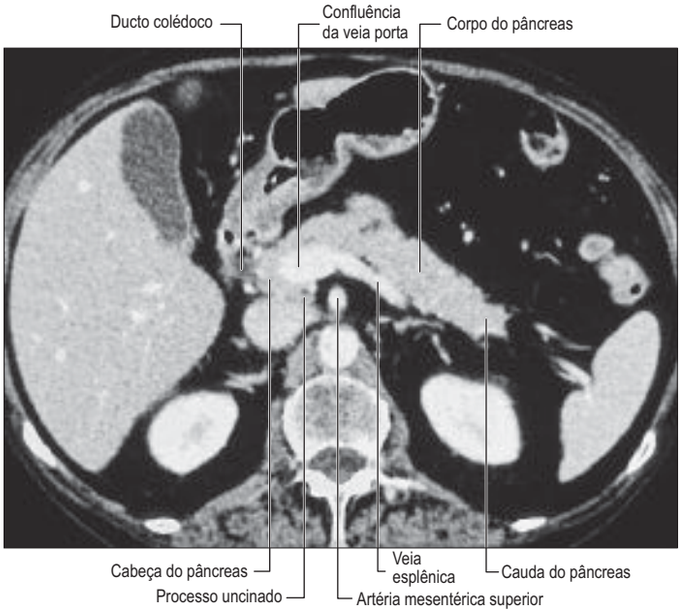


Fig. 70.5 Corte transversal do pâncreas sob TC, ao nível do processo uncinado (o nível do corte transversal está entre aqueles demonstrados na **Figura 70.4. B e C**).

ducto pancreático principal acompanhado de um único ducto acessório (Fig. 70.6). Esse arranjo reflete o desenvolvimento embriológico dos ductos pancreáticos dorsal e ventral (Cap. 73). O ducto pancreático é derivado da parte distal do ducto dorsal no corpo e cauda, mas se funde com o ducto ventral, situado mais posteriormente na região em que os brotos dorsal e ventral se fundem (pois este último também dá origem à parte posterior da cabeça do pâncreas e ao processo uncinado). O ducto acessório é o remanescente do ducto da parte proximal do broto pancreático dorsal, situado na cabeça do pâncreas anteriormente, depois da parte distal se reunir ao ducto do broto ventral.

O ducto pancreático (ducto de Wirsung) geralmente corre dentro da substância da glândula, da esquerda para a direita. Tende a estar mais próximo da face posterior que da face anterior e é formado pela junção de vários ductos lobulares (secundários) da cauda. Seu calibre aumenta à medida que segue dentro do corpo, pois recebe mais ductos lobulares que se unem quase em ângulo reto, formando um padrão em "espinha de peixe". No exame ultrassonográfico, é possível ver o ducto com frequência, que nos adultos mede aproximadamente 3 mm de diâmetro na cabeça, 2 mm no corpo e 1 mm na cauda. Quando o ducto pancreático chega ao colo da glândula, geralmente se vira inferior e posteriormente em direção ao ducto biliar, que está ao seu lado direito. Os dois ductos penetram obliquamente na parede da parte descendente do duodeno e se reúnem na ampola hepatopancreática, curta e dilatada (Cap. 69).

O ducto pancreático acessório (ducto de Santorini) geralmente drena a parte superior da cabeça do pâncreas anteriormente. Tem calibre muito menor que o do ducto pancreático principal, ascende anteriormente ao mesmo e é formado no interior da substância da cabeça a partir de vários ductos lobulares. Geralmente, se comunica com o ducto pancreático principal por meio de vários ramos pequenos, embora estes raramente sejam amplos o suficiente para permitir o preenchimento do ducto pancreático acessório em pancreatogramas realizados através da ampola hepatopancreática. O ducto pancreático acessório geralmente se abre em uma papila duodenal secundária pequena e arredondada, a papila menor do duodeno, que está a cerca de 2 cm da papila maior e é anterossuperior a ela. Quando a extremidade duodenal do ducto pancreático acessório não se desenvolve, os ductos lobulares drenam para o ducto pancreático através de um canal (ou de canais) pequeno(s).

Os ductos pancreático e pancreático acessório exibem algumas variações anatômicas que refletem variações no desenvolvimento e na fusão dos ductos dorsal e ventral (Fig. 70.6). Uma variação importante clinicamente é o "*Pâncreas divisum*", no qual diferentes partes da glândula drenam por vias totalmente separadas. Essa condição possibilita que algumas formas de pancreatite afetem apenas uma dessas partes.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O pâncreas recebe um rico suprimento arterial que provém do tronco celíaco e da artéria mesentérica superior e o alcança por meio de vasos nominados e de vários vasos pequenos inominados (Fig. 70.7).

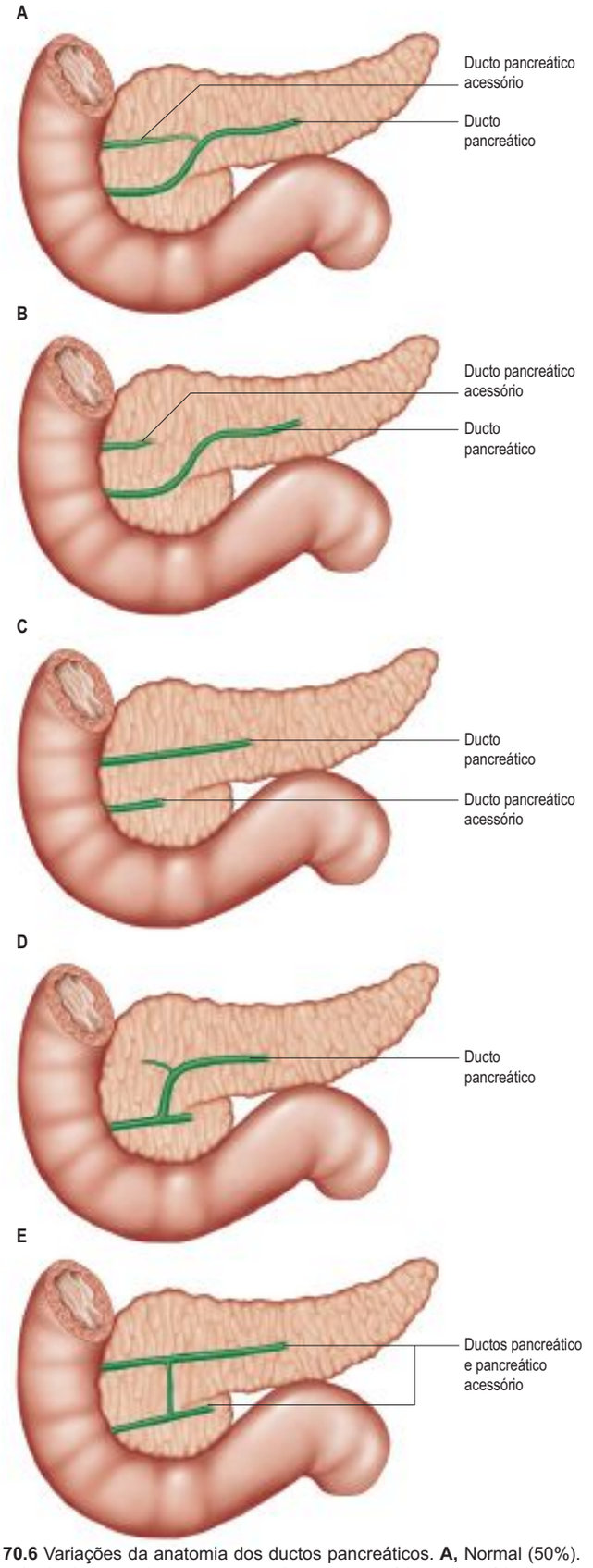


Fig. 70.6 Variações da anatomia dos ductos pancreáticos. **A,** Normal (50%). **B,** Ausência de comunicação entre os ductos pancreático pancreático acessório, este em posição normal (10%). **C,** Persistência de ductos dorsal e ventral inteiros, com drenagem separada (5%). **B** e **C** são formas de "p*âncreas divisum*". **D,** Ausência de ducto pancreático acessório (20%). **E,** Drenagem conjunta dos ductos dorsal e ventral persistentes (< 5%).

Artéria pancreaticoduodenal inferior

A artéria pancreaticoduodenal inferior tem origem na artéria mesentérica superior ou em seu primeiro ramo, a artéria jejunal, próximo à margem superior da terceira parte do duodeno. Geralmente, logo no início divide-se nos ramos anterior e posterior. O ramo anterior segue para a direita, anteriormente à margem inferior da cabeça do pâncreas, e corre superiormente até se anastomosar com a artéria pancreaticoduodenal superior anterior. O ramo posterior corre posterior e superiormente para a direita, fica posterior à margem inferior da cabeça do pâncreas e se anastomosa com a artéria pancreaticoduodenal superior posterior. Ambos os ramos irrigam a cabeça do pâncreas, o processo uncinado e a segunda e terceira partes do duodeno.

Artéria pancreaticoduodenal superior

A artéria pancreaticoduodenal superior é geralmente dupla. A artéria pancreaticoduodenal superior anterior é um ramo terminal da artéria gastroduodenal que desce no interior do sulco anterior entre a segunda parte do duodeno e a cabeça do pâncreas. Supre os ramos que se dirigem para a cabeça do pâncreas e se anastomosa com a divisão anterior da artéria pancreaticoduodenal inferior. Geralmente a artéria pancreaticoduodenal superior posterior é um ramo isolado da artéria gastroduodenal que se origina na altura da margem superior da primeira parte do duodeno. Desce à direita, anteriormente à veia porta e ao ducto colédoco, no local em que o ducto passa atrás da primeira parte do duodeno. Em seguida, a artéria corre posteriormente à cabeça do pâncreas e cruza também posteriormente ao ducto colédoco mergulhado na cabeça do pâncreas. Penetra na parede do duodeno e se anastomosa com o ramo posterior da artéria pancreaticoduodenal inferior. A artéria pancreaticoduodenal superior posterior supre os ramos que se dirigem à cabeça do pâncreas e para a primeira e a segunda parte do duodeno (Kimura, 2000).

Ramos pancreáticos

O pâncreas é irrigado por numerosos ramos arteriais pequenos, que geralmente partem das suas artérias de origem e se dirigem diretamente para a glândula. São particularmente numerosos na região do colo, do corpo e da cauda. A maioria tem origem na artéria esplênica, no trecho em que ela corre ao longo da margem superior da glândula e irriga a parte esquerda do corpo e a cauda. Um ramo dorsal – a artéria pancreática dorsal – desce posteriormente ao pâncreas e divide-se nos ramos direito e esquerdo. Às vezes é proveniente da artéria mesentérica superior, ou cólica média, da artéria hepática ou, raras vezes, do tronco celíaco. O ramo direito é com frequência duplo, e corre entre o colo e o processo uncinado até formar um arco arterial, a artéria pré-pancreática, com um ramo da artéria pancreaticoduodenal superior anterior com o qual ele se anastomosa. O ramo esquerdo corre ao longo da margem inferior até a cauda onde se anastomosa com a artéria pancreática magna e com a artéria da cauda do pâncreas.

Pequenos ramos inominados também partem da primeira arcada jejunal da artéria mesentérica superior e dos ramos arteriais dos vasos retroperitoneais.

Normalmente, pequenas artérias correm ao longo das margens superior e inferior da glândula, no interior de sulcos profundos ou dentro do tecido da mesma. Recebem contribuições de muitas das artérias que irrigam a glândula, mas principalmente das artérias pancreaticoduodenais superior posterior e anterior e pancreático duodenal inferior, e suprem ramos que penetram na substância da glândula em ângulo reto ao vaso. Podem sangrar profusamente quando o parênquima da glândula é seccionado durante uma ressecção, e geralmente precisam ser ligados.

Veias

A drenagem venosa do pâncreas é basicamente para o sistema porta (Fig. 70.8). A cabeça e o colo drenam principalmente por intermédio das veias pancreaticoduodenais superior e inferior. O corpo e a cauda drenam predominantemente para veias pequenas que correm diretamente para a veia esplênica ao longo da superfície posterior da glândula ou, às vezes, diretamente para a veia porta. As veias são numerosas e curtas, características que podem causar sangramento preocupante durante a mobilização cirúrgica da cabeça e do colo da glândula. Há canais venosos pequenos entre todas as partes da glândula e as veias retroperitoneais, e esses canais, que finalmente drenam para as veias lombares, podem se hipertrofiar e se tornar clinicamente importantes nos casos de hipertensão portal.

Linfáticos

A drenagem linfática do pâncreas é extensa. Vários grupos de linfonodos podem receber a drenagem proveniente de cada uma das regiões da glândula (Fig. 65.12B), o que explica em parte o mau prognóstico que acompanha a ressecção dos tumores pancreáticos. Os capilares linfáticos surgem ao redor dos ácinos pancreáticos. Os vasos linfáticos maiores seguem o suprimento arterial e drenam para os linfonodos situados ao redor do pâncreas e para grupos de linfonodos adjacentes. Os linfáticos da cauda e do corpo drenam principalmente para os linfonodos pancreáticos e esplênicos, embora alguns drenem diretamente para linfonodos pré-aórticos. A drenagem linfática do colo e da cabeça é mais ampla: a linfa segue para linfonodos situados ao longo das artérias pancreaticoduodenal, mesentérica superior e hepática. Alguns desses linfáticos também drenam para os linfonodos pré-aórticos e para os linfonodos do tronco celíaco. Não há evidências de ductos linfáticos no interior das ilhotas pancreáticas.

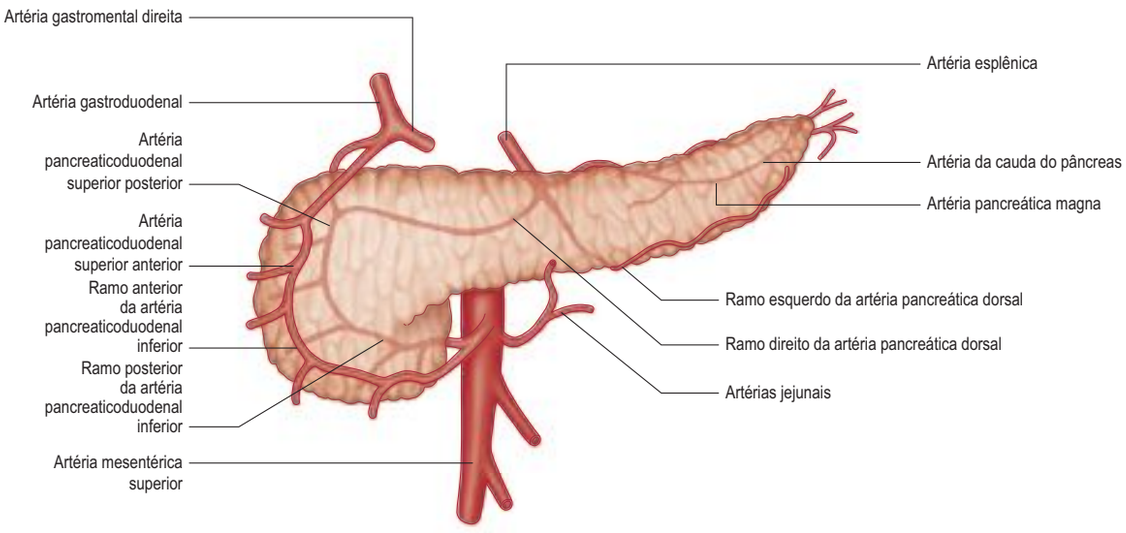


Fig. 70.7. Suprimento arterial do pâncreas.

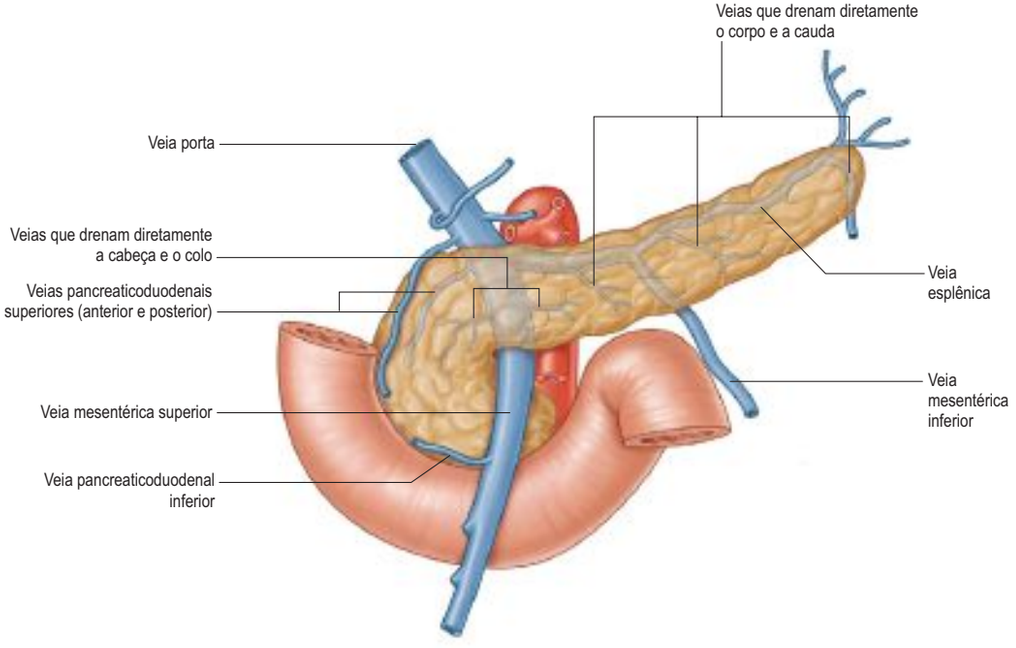


Fig. 70.8 Drenagem venosa do pâncreas. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

INERVAÇÃO DO PÂNCREAS EXÓCRINO

Os lóbulos exócrinos do pâncreas são inervados por uma fina rede de fibras simpáticas e parassimpáticas. O suprimento simpático origina-se do sexto ao décimo segmentos torácicos da medula espinal e é distribuído ao pâncreas principalmente via contribuição simpática aos gânglios celíacos. As fibras pós-ganglionares chegam até a glândula por meio do suprimento arterial, na forma de plexos periarteriais. O suprimento parassimpático provém do nervo vago posterior e do componente parassimpático do plexo celíaco. O suprimento para a glândula é tanto parenquimatoso (simpático e parassimpático) como vasomotor (simpático). Os lóbulos exócrinos são inervados por uma fina rede de fibras simpáticas e parassimpáticas. As fibras sensitivas provenientes da glândula correm tanto pelo sistema simpático quanto pelo parassimpático: elas medeiam a sensação de dor oriunda da glândula e podem também transportar outras informações sensitivas. Na inflamação crônica ou em tumores inoperáveis da glândula, a ablação térmica ou química do plexo celíaco pode ser necessária para controle da dor crônica mediada por essas fibras.

Dor referida

A dor oriunda do pâncreas é mal localizada. Como acontece com outras estruturas do intestino anterior, a maior parte da dor que se origina no pâncreas é referida no epigástrio. Os processos inflamatórios ou infiltrativos que acometem a glândula afetam rapidamente os tecidos do retroperitônio que são inervados por nervos somáticos: a dor é referida na região paravertebral posterior ao redor da parte inferior da região torácica da coluna vertebral.

PANCREATITE E PSEUDOCISTO

A pancreatite é um dos principais processos patológicos que afetam o pâncreas. Os cálculos biliares que podem estar no interior do ducto colédoco são associados às pancreatites. A presença de uma drenagem comum para os ductos colédoco e pancreático pode permitir o refluxo da bile ou de enzimas pancreáticas para o interior do ducto pancreático durante a passagem de um cálculo biliar através da ampola. O refluxo pode ocorrer também quando a parede do ducto colédoco está edematosa, mesmo que os cálculos biliares não tenham entrado na ampola comum hepatopancreática.

A inflamação do pâncreas pode causar várias patologias secundárias. O trajeto da artéria e da veia mesentéricas superiores posteriormente ao colo, entre a margem inferior e o processo uncinado, torna esses vasos vulneráveis à compressão e à inflamação secundária, o que pode levar ao surgimento de aneurisma inflamatório da artéria mesentérica superior ou de trombose da veia mesentérica superior. Os aneurismas inflamatórios podem se romper e causar uma grave hemorragia. A trombose da veia mesentérica superior pode causar isquemia venosa potencialmente fatal no intestino delgado. A trombose de ramos arteriais menores, assim como a da origem da artéria cólica média, pode causar isquemia de órgãos isolados, como o colo transverso.

Nos episódios agudos, o profuso suprimento arterial e venoso da glândula torna-a particularmente propensa a hemorragias. O sangue extravasado acumula-se nos tecidos retroperitoneais, pois o colo e o corpo da glândula estão em grande parte no tecido conjuntivo frouxo do espaço retroperitoneal. O pâncreas é anterior à aponeurose toracolombar e à fáscia renal, e líquidos inflamatórios (exudato inflamatório) que contêm sangue podem escoar livremente pelos tecidos retroperitoneais até apare-

cer nos flancos (sinal de Grey-Turner), nas regiões inguinais ou acima da crista ilíaca, onde a aponeurose ilíaca está fixada. O exudato que contém sangue e escoa lateralmente à cabeça do pâncreas pode penetrar no omento menor e na "área nua" do fígado, de onde pode seguir anteriormente até o ligamento falciforme e aparecer na pele ao redor do umbigo (sinal de Cullen).

Durante episódios de inflamação aguda, a estreita relação anterior do estômago pode contribuir para o surgimento de estase gástrica e de vômitos. A origem do plexo mesentérico superior também está próxima do pâncreas, de modo que a inflamação secundária dos tecidos situados ao seu redor pode afetar a inervação autonômica que se dirige para o intestino médio e contribuir para o surgimento do íleo paralítico, que se manifesta com frequência.

Nos casos graves, a inflamação do pâncreas pode causar um acúmulo de exudato dentro e ao redor dos tecidos pancreáticos. As coleções intrapancreáticas de exudato com frequência desaparecem espontaneamente com o passar do tempo, mas o seu acúmulo pode ocorrer na região anterior ao pâncreas, profundamente em relação à lâmina de peritônio que cobre sua face anterior (embora esteja na realidade profundamente em relação à parede posterior da bolsa omental). Quando esse acúmulo persiste e aumenta, o peritônio anterior e superior ao pâncreas é esticado e entra em contato com a parede anterior da bolsa omental. Essa coleção de líquido é chamada de pseudocisto. A parede anterior do pseudocisto é formada pelas duas lâminas de peritônio adjacentes à parede posterior do estômago, ao omento menor e, ocasionalmente, ao ligamento gastroesplênico. A parede lateral do pseudocisto inclui o ligamento esplenorrenal. A parede posterior é formada por uma combinação de três elementos: tecido fibroso resultante de inflamação prévia, a superfície anterior do pâncreas e os tecidos retroperitoneais. O tratamento do pseudocisto geralmente envolve a drenagem do conteúdo para a luz do estômago. Essa drenagem pode ser estabelecida endoscopicamente por meio da colocação de um dreno entre a parede posterior do estômago e as duas lâminas espessadas do peritônio do cisto. Como alternativa, o dreno pode ser colocado com o auxílio da radioscopia, através das paredes anteriores do abdome e estômago.

RESSECÇÃO DO PÂNCREAS

A ressecção do pâncreas é complicada por vários fatores. O suprimento vascular extenso requer hemostasia cuidadosa. As ressecções que preservam o baço podem ser realizadas quando a patologia subjacente não compromete o trecho da veia esplênica situado no sulco da face posterior da glândula, embora as várias veias pancreáticas pequenas que drenam para a veia esplênica possam causar sangramento preocupante. A ressecção da cabeça e do colo é possível contanto que o plano entre o colo e a veia porta não tenha sido afetado pela doença. Pequenos ramos venosos ocasionais podem desembocar diretamente na veia porta e também podem causar sangramento durante essa mobilização. A ressecção da cabeça e do colo é quase sempre acompanhada da ressecção da porção distal da primeira e da segunda parte do duodeno por causa da aderência compacta entre esses dois órgãos e do suprimento arterial comum. A ressecção sem a remoção da porção proximal da primeira parte do duodeno e do piloro – a pancreatectomia com preservação do piloro – pode ser possível, desde que o piloro receba um suprimento arterial adequado diretamente dos vasos pré-pilóricos e também do estômago.

MICROESTRUTURA

O pâncreas é composto de dois tipos diferentes de tecido glandular: uma massa de tecido principal, exócrina, na qual estão incrustadas pequenas ilhotas de células endócrinas (Figs. 70.9-70.11).

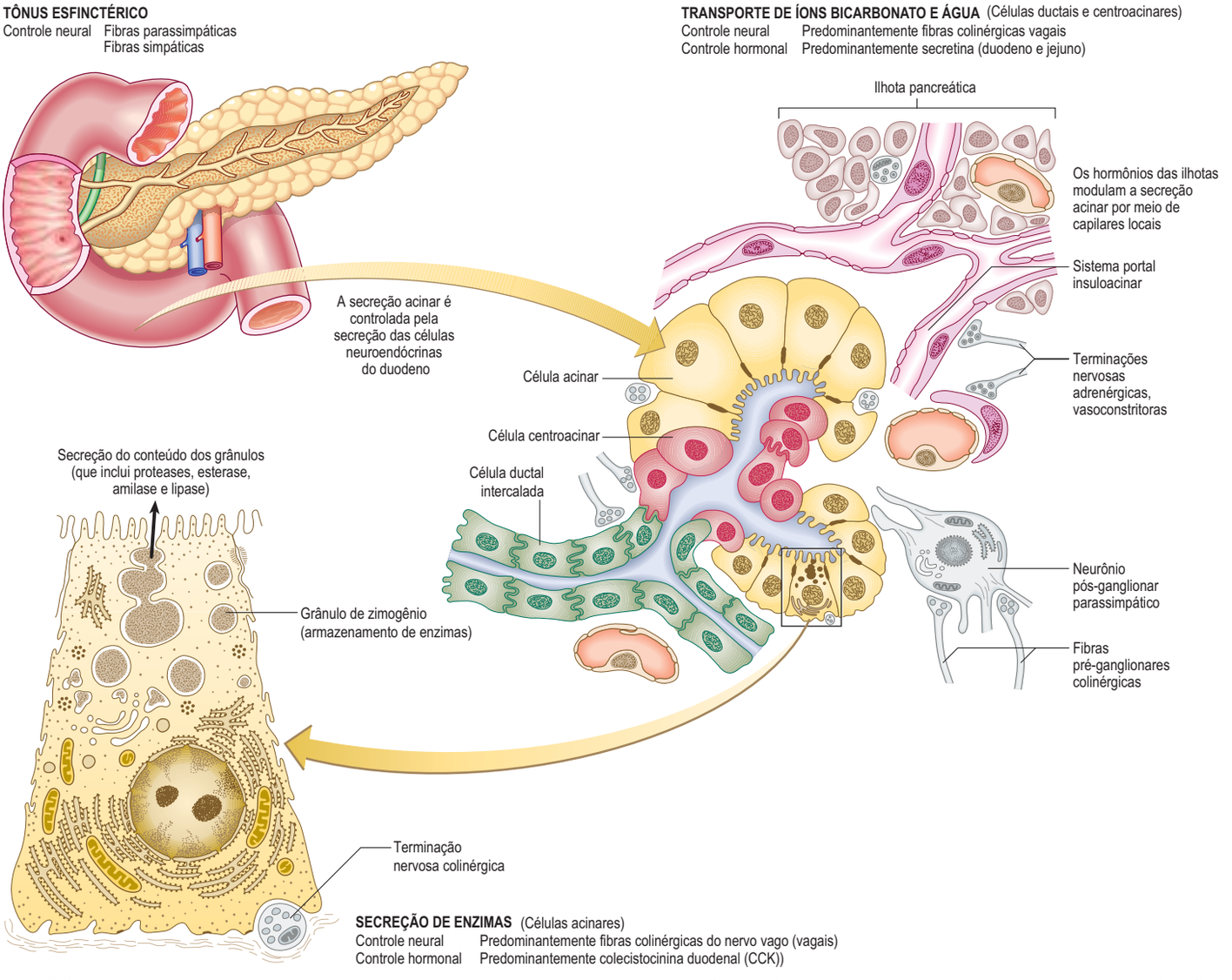


Fig. 70.9 Microestrutura do pâncreas exócrino e mecanismos por meio dos quais sua secreção é controlada. As células estreladas do pâncreas (ver texto) não são mostradas.

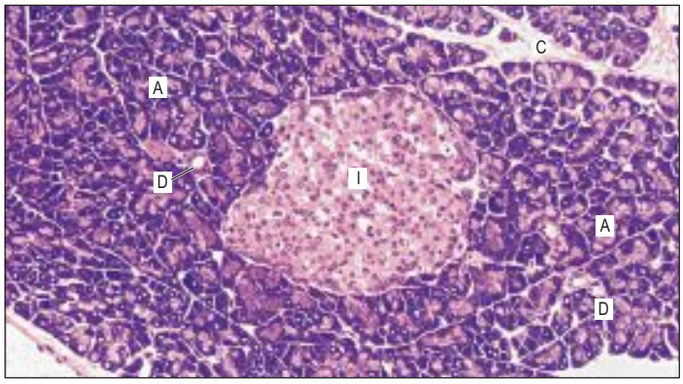


Fig. 70.10 Tecido pancreático. A figura mostra células acinares exócrinas (A) com intensa coloração basofílica, o que revela a elevada concentração de ribossomos. Ductos pequenos (D) podem ser vistos. Há uma ilhota (ilhota de Langerhans), endócrina, (I) na região central da figura, com células fracamente coradas circundadas por uma rede de capilares, vistos como espaços claros. Septos de tecido conjuntivo (C) separam os lóbulos. (Com a permissão de Dr. JB Kerr, Monash University, obtido de Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology. London: Mosby.)

Pâncreas exócrino

O pâncreas exócrino é uma glândula acinosa ramificada, circundada por um delicado tecido conjuntivo frouxo que forma lóbulos incompletos em seu interior. É composto por células secretoras piramidais dispostas predominantemente como agrupamentos esféricos, ou ácinos. Do interior de cada ácino secretor, origina-se um ducto intralobular intercalado estreito, revestido inicialmente por células centroacinares achatadas ou cuboides. Esses pequenos dúctulos formam conexões ramificadas que correm no interior e entre os ácinos adjacentes, o que explica por que ductos pancreáticos intralobulares estruturalmente diferentes são infrequentes (Kerr, 1999, para detalhes). Mais distalmente, as células centroacinares achatadas ou cuboides são substituídas por epitélio cilíndrico e eventualmente, por epitélio colunar nos ductos interlobulares maiores. Estes últimos são circundados pelo tecido conjuntivo frouxo dos septos, que contém músculo liso e fibras nervosas autônomas. Há células neuroendócrinas entre as células colunares dos ductos, e os mastócitos são numerosos no tecido conjuntivo circunjacente.

Células acinares As células acinares da parte exócrina do pâncreas têm um núcleo basal e, no domínio citoplasmático basal, um retículo endoplasmático granuloso abundante que dá a elas a característica basofílica da coloração. Na região apical, grânulos de secreção densos com zimogênio coram-se intensamente com eosina. Na região supranuclear, há um proeminente complexo de Golgi supranuclear que é circundado por grânulos grandes delimitados por membrana. Esses grânulos contêm os constituintes protéicos da secreção pancreática, que inclui enzimas que

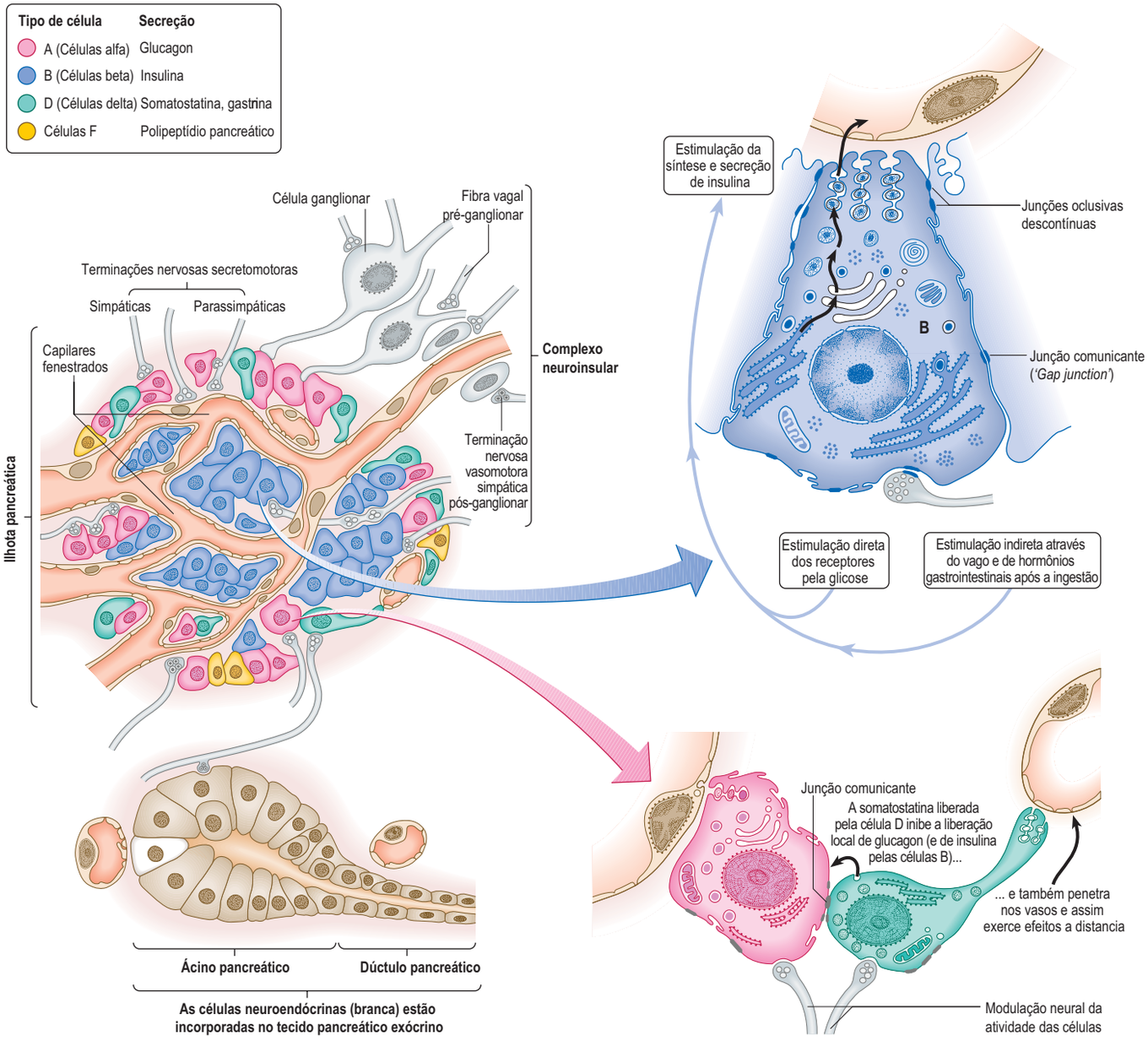


Fig. 70.11 Microestrutura e controle da função endócrina do pâncreas.

só se tornam ativas depois de liberadas. Neurônios ganglionares e cordões de células epiteliais indiferenciadas também são encontrados dentro dos ácinos. A estrutura do pâncreas exócrino e sua regulação funcional estão resumidas na Figura 70.9.

Células estreladas As células estreladas do pâncreas consistem em um dos vários tipos de células contidas na parte exócrina do pâncreas. São reguladas por estímulos autócrinos e parácrinos, e compartilham muitas características com suas correspondentes hepáticas. São células semelhantes aos miofibroblastos que são encontradas no espaço periacinar, onde seus longos processos citoplasmáticos envolvem a base do ácino, sendo também encontradas nas regiões perivascular e periductal do pâncreas. Foram consideradas elementos-chave da biopatologia dos principais distúrbios do pâncreas exócrino, entre eles a pancreatite crônica e o câncer de pâncreas (Bishr Omary *et al.*, 2007).

Pâncreas endócrino

O pâncreas endócrino consiste nas ilhotas pancreáticas de Langerhans, compostas por grupos esféricos ou elipsoides de células incrustados no tecido exócrino. O pâncreas humano pode conter mais de um milhão de ilhotas, que em geral são mais numerosas na cauda. Uma ilhota é uma massa de células poliédricas, e cada uma dessas células está em íntimo contato com os capilares fenestrados e com alguma rica inervação autonômica. É preciso empregar procedimentos de coloração, ou técnicas imuno-histoquímicas, especializados para distinguir os três principais tipos de célula, designados como alfa, beta e delta. A Figura 70.11 mostra a organização geral dessas células.

As células mais numerosas, tipos alfa e beta, secretam glucagon e insulina, respectivamente. As células alfa tendem a se concentrar na periferia das ilhotas, e as células beta são encontradas mais centralmente. O terceiro tipo – a célula delta – secreta somatostatina e gastrina e, assim como as células alfa, concentra-se na periferia das ilhotas. Um tipo secundário de célula – a célula F – secreta o polipeptídio pancreático (PP), que é armazenado em grânulos de secreção menores. Os neurotransmissores autonômicos, acetilcolina (ACh) e noradrenalina, afetam a secreção das células das ilhotas: a ACh aumenta a liberação de insulina e glucagon, a noradrenalina inibe a liberação de insulina induzida pela glicose e as duas também podem afetam a secreção de somatostatina e PP.

Inervação do pâncreas endócrino

A inervação das ilhotas endócrinas provém quase exclusivamente da parte parassimpática do sistema nervoso. Ramos delgados ramificam-se entre as células e formam plexos ao redor das ilhotas. Com frequência, as fibras fazem sinapse com as células acinares antes de inervar as ilhotas, o que sugere um vínculo estreito entre o controle neural dos componentes exócrino e endócrino. Muitas fibras penetram nas ilhotas com as arteríolas. Os gânglios parassimpáticos estão no tecido conjuntivo dentro dos lóbulos e entre eles, e no primeiro caso estão com frequência associados às células das ilhotas, formando complexos neuroinsulares. Tanto as células alfa quanto as beta participam desses complexos neuroinsulares. Três tipos de terminações nervosas são vistas nas ilhotas: terminações colinérgicas que possuem vesículas agranulares com diâmetro de 30 a 50 nm, terminações adrenérgicas que possuem vesículas de cernes densos e diâmetro de 30 a 50 nm e um terceiro tipo, não caracterizado, que tem vesículas de cerne denso e diâmetro de 60 a 200 nm (Smith e Porte, 1976).

Não foi encontrada nenhuma conexão seletiva com qualquer um dos tipos celulares das ilhotas. Às vezes mais de um tipo de terminação nervosa está em contato com uma única célula. Algumas das sinapses químicas entre terminações axônicas e células insulares exibem áreas estreitas nas fendas sinápticas sugestivas de sinapse elétrica ou junção comunicante (*gap junction*). Tais junções também ocorrem entre as células das ilhotas, e pode ocorrer o acoplamento elétrico do suprimento nervoso a uma rede funcional de células insulares (Orci, 1974).

REFERÊNCIAS

Bishr Omary M, Lugea A, Lowe AW, Pandol SJ 2007 The pancreatic stellate cell: a star on the rise in pancreatic diseases. J Clin Invest 117: 50–9.

Kerr JB 1999 Atlas of Functional Histology, Chapter 14. London: Mosby.

Kimura W 2000 Surgical anatomy of the Pâncreas for limited resection. J Hepatobiliary Pancreat Surg 7: 473–9.

Nagai H 2003 Configurational anatomy of the Pâncreas: its surgical relevance from ontogenetic and comparative-anatomical viewpoints. J Hepatobiliary Pancreat Surg 10: 48–56.

Orci L 1974 A portrait of a pancreatic B-cell. Diabetologia 10: 163–87.

Smith PH, Porte D Jr 1976 Neuropharmacology of the pancreatic islets. Annu Rev Pharmacol Toxicol 16: 269–85.

CAPÍTULO 71

Baço

O baço consiste em uma grande e encapsulada massa de tecido linfoide e vascular situada no quadrante superior esquerdo da cavidade abdominal, entre o fundo do estômago e o músculo diafragma. Sua forma varia de uma cunha levemente curvada a um tetraedro "abobadado". Essa forma é determinada principalmente pelas relações que o órgão estabelece com as estruturas vizinhas durante o desenvolvimento. A face superolateral é moldada pela cúpula esquerda do músculo diafragma, e a face inferomedial é modificada principalmente pela flexura esplênica (esquerda) do intestino grosso, pelo rim esquerdo e pelo estômago. Seu eixo maior está aproximadamente no plano da 10ª costela. Sua margem posterior está a aproximadamente 4 cm da linha dorsal média, ao nível do processo espinhoso da 10ª vértebra torácica. Sua margem anterior geralmente alcança a linha axilar média.

O tamanho e o peso do baço variam com a idade e o sexo. Também podem variar levemente no mesmo indivíduo em diferentes condições. No adulto, o baço tem geralmente 12 cm de comprimento, 7 cm de largura e 3 a 4 cm de espessura. É comparativamente maior na criança pequena e, apesar de seu peso aumentar durante a puberdade, na idade adulta o baço é relativamente menor quando comparado com os órgãos vizinhos. O tamanho e o peso tendem a diminuir na velhice. O peso médio do baço adulto é de cerca de 150 g, embora a variação normal seja ampla, entre 80 g e 300 g, o que reflete em parte a quantidade de sangue que contém. O baço adulto de tamanho normal ajusta-se confortavelmente na concha da mão. Para poder ser palpado, o baço precisa ter no mínimo três vezes o seu tamanho normal.

Pode haver coleções adicionais de tecido esplênico totalmente funcional próximo do baço, principalmente no interior do ligamento gastroesplênico e do omento maior. Esses baços acessórios, ou *splenunculi*, estão geralmente isolados, mas podem estar conectados ao baço por faixas finas de tecido similar. Podem ser numerosos e estar espalhados pelo abdome. O baço pode conservar sua forma lobulada fetal ou exibir fendas profundas na face diafragmática e na margem inferior, além daquelas normalmente presentes na margem superior.

RELAÇÕES

O baço tem uma face diafragmática superolateral e uma face visceral inferomedial (Fig. 71.1). Também possui margens superior e inferior, e polos ou extremidades anterior e posterior. A face diafragmática é convexa e lisa e está voltada em sua maior parte para cima e para a esquerda, embora a parte posterior possa estar voltada para trás e ligeiramente para a direita à medida que se aproxima da margem inferior. A face diafragmática está relacionada com a superfície abdominal da cúpula esquerda do músculo diafragma, que a separa da pleura basal, do lobo inferior do pulmão esquerdo e da 9ª à 11ª costelas esquerdas (Fig. 71.2). O recesso costodiafragmático da pleura estende-se para baixo até a margem inferior do baço. A face visceral está voltada inferomedialmente em direção à cavidade abdominal, é irregular e marcada pelas impressões gástrica, renal, pancreática e cólica. A impressão gástrica está voltada para a frente e para a direita, é larga e côncava onde o baço é adjacente à superfície posterior do fundo, à porção superior do corpo e à porção superior da curvatura maior do estômago. Está separada do estômago por um recesso peritoneal, que é limitado pelo ligamento gastroesplênico. A impressão renal é levemente côncava e está na porção mais baixa da face visceral, separada da impressão gástrica acima por uma faixa elevada de tecido esplênico e pelo hilo esplênico. Está voltada para baixo, para a direita e levemente para trás. Relaciona-se com a área superior e lateral da face anterior do rim esquerdo e, às vezes, com o polo superior da glândula suprarrenal esquerda. A impressão cólica está no polo inferior do baço e geralmente é plana. Está relacionada com a flexura esplênica (esquerda) do cólon e com o ligamento frenocólico. A impressão pancreática é com frequência pequena, quando presente, e está entre a impressão cólica e a parte lateral do hilo. Está relacionada com a cauda do pâncreas, que está no interior do ligamento esplenorrenal. O hilo do baço consiste em uma fissura longa atravessada por várias aberturas irregulares através das quais os ramos da artéria e da veia esplênicas, bem como os nervos e os linfáticos, entram e saem do baço. Está na face visceral, mais próximo das margens inferior e anterior.

A margem superior separa a face diafragmática da impressão gástrica e é geralmente convexa. Perto do polo anterior, pode haver uma ou duas fendas que persistiram da forma lobulada do baço, encontrada no início da vida fetal. Contudo, elas estão com frequência ausentes e não são referência confiável para a identificação do baço durante o exame clínico. A margem inferior separa a impressão renal da face diafragmática e está entre o músculo diafragma e a parte superior da margem lateral do rim esquerdo. É mais romba e arredondada que a margem superior e sua posição corresponde à da margem inferior da 11ª costela. O polo superior, ou extremidade posterior, geralmente está voltado para a coluna vertebral. O polo inferior, ou extremidade anterior, é maior e menos angulado que o polo superior e conecta as extremidades laterais das margens superior e inferior. Está relacionado à impressão cólica e pode ser adjacente à flexura esplênica (esquerda) do cólon e ao ligamento frenocólico.

CONEXÕES PERITONEAIS DO BAÇO

O baço está quase totalmente coberto por peritônio, que adere firmemente à sua cápsula, e está separado do estômago e do rim esquerdo por recessos da grande cavidade dos epíploos. Desenvolve-se no mesogástrio dorsal superior (Figs. 73.6 e 73.7) e permanece conectado por pregas de peritônio à parede posterior do abdome (pelos ligamentos esplenorrenal, frenocólico e frenoesplênico) e à parede anterolateral do abdome e ao estômago (pelo ligamento gastroesplênico) (Fig. 71.3A). O ligamento esplenorrenal é formado por duas lâminas de peritônio. A lâmina anterior é contínua ao peritônio da parede posterior da bolsa omental (pequena cavidade dos epíploos) sobre o rim esquerdo e com o peritônio do hilo esplênico, onde corre até a lâmina posterior do ligamento gastroesplênico. A lâmina posterior do ligamento esplenorrenal é contínua ao peritônio sobre a superfície inferior do músculo diafragma e estende-se pela superfície do baço sobre a impressão renal. Os vasos esplênicos estão entre as lâminas do ligamento esplenorrenal e, em geral, a cauda do pâncreas está na sua porção inferior (Fig. 64.5B). O comprimento do ligamento esplenorrenal pode variar. Os ligamentos mais longos tendem a tornar o baço mais móvel e podem predispor o órgão a lesões causadas por forças de cisalhamento rotacional durante um traumatismo, entretanto também tornam a mobi-

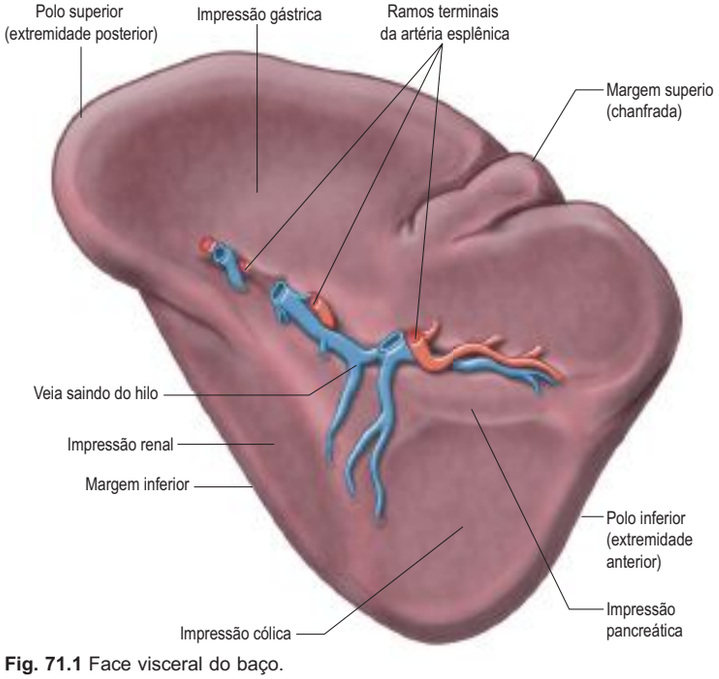


Fig. 71.1 Face visceral do baço.

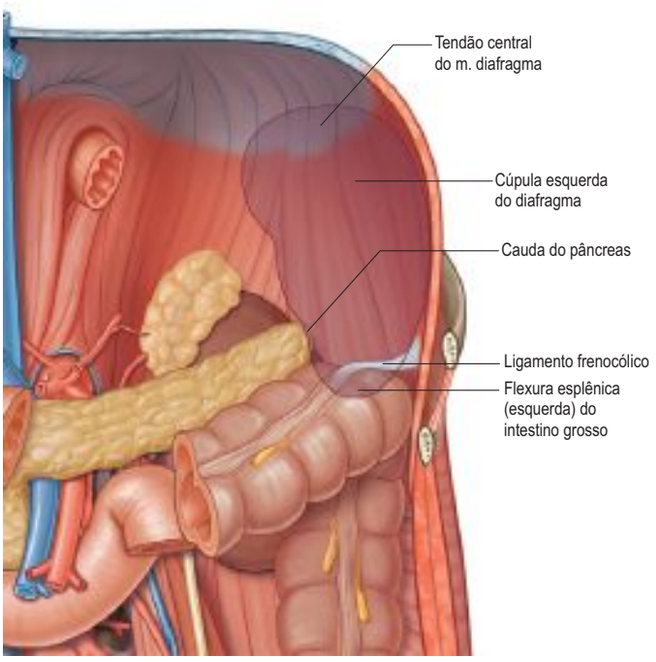


Fig. 71.2 Relações posteriores ("leito") do baço. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

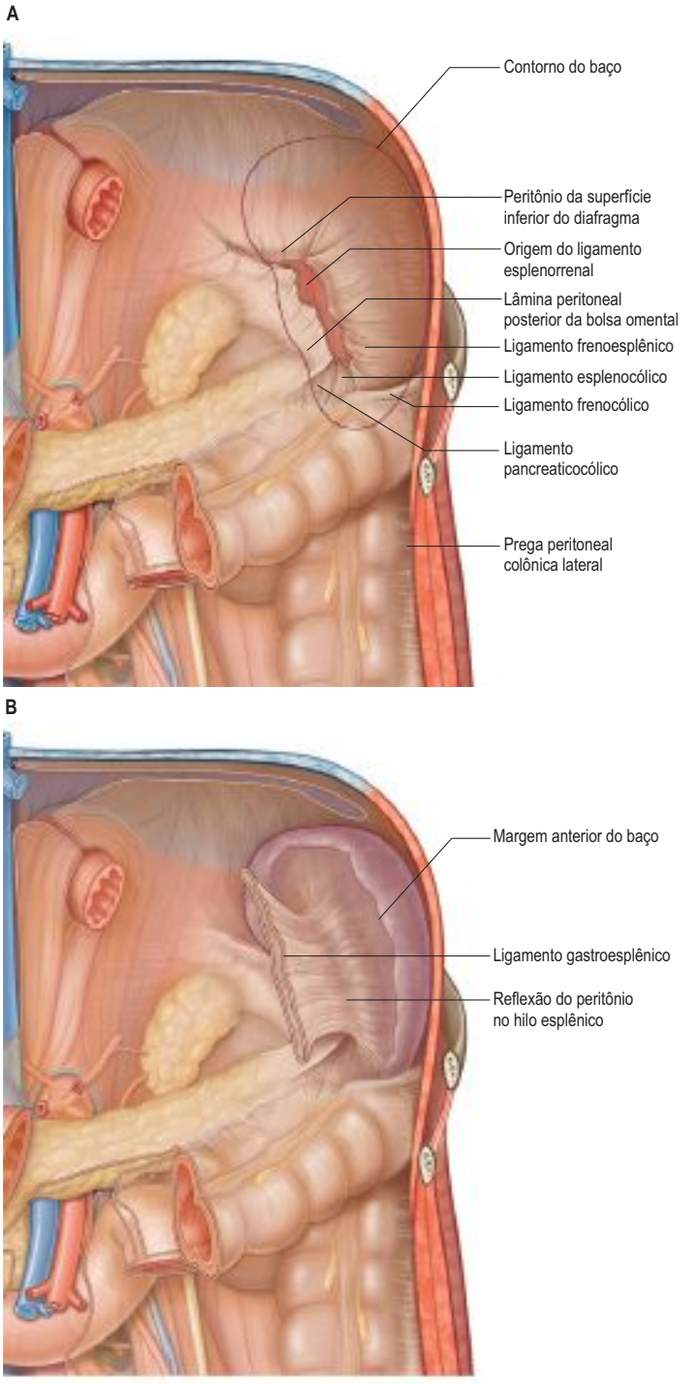


Fig. 71.3 Conexões peritoneais do baço. **A,** Conexão peritoneal posterior vista como se o baço tivesse sido removido. As pregas estão fixadas em suas posições "normais". **B,** Conexões peritoneais anteriores vistas com o baço no lugar, como se o estômago e o omento maior tivessem sido removidos. As pregas estão fixadas em suas posições "normais". (**A** e **B** adaptados de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

lização do baço mais fácil durante uma cirurgia. É preciso ter em mente que a cauda do pâncreas está no interior do ligamento esplenorrenal, já que ela pode ser lesada durante a ligadura dos vasos esplênicos, o que causa pancreatite ou a formação de uma fístula no ducto pancreático.

O ligamento gastroesplênico também tem duas lâminas (Fig. 71.3B). A lâmina posterior é contínua ao peritônio no hilo esplênico e sobre a superfície posterior do estômago. A lâmina anterior é formada pelo peritônio, que é refletido na impressão gástrica e alcança a curvatura maior do estômago anteriormente. As artérias gástricas curtas e os ramos gastroepiploicos esquerdos da artéria esplênica passam entre suas lâminas. A secção do ligamento gastroesplênico durante uma cirurgia poderá ser perigosa se o ligamento for curto, porque a ligadura dos vasos gástricos curtos pode lesar a curvatura maior do estômago.

O ligamento frenocólico estende-se da flexura esplênica (esquerda) do cólon até o músculo diafragma, no nível da 11ª costela. Estende-se inferior e lateralmente e é contínuo ao peritônio da extremidade lateral do mesocólon transverso, na margem lateral da cauda do pâncreas, e ao ligamento esplenorrenal, no hilo do baço.

Se as fixações peritoneais do baço são forem identificadas durante uma cirurgia, a cápsula do baço poderá ser lesada, o que ocasionará um sangramento grave. A tração para baixo do ligamento frenocólico durante a manipulação do cólon descendente, principalmente durante a mobilização da flexura esplênica (esquerda) do cólon, pode causar a ruptura da cápsula esplênica. A probabilidade de a ruptura ocorrer será menor se o ligamento frenocólico for tracionado para a direita ou para a esquerda. A margem superior e a porção anterior da face diafragmática estão com frequência aderidas ao peritônio do omento maior. A tração medial do omento durante uma cirurgia pode causar lesão capsular, porém é menos provável que a lesão ocorra se qualquer tração limitada necessária for aplicada para baixo. A face diafragmática do baço está às vezes aderida ao peritônio sobre a superfície inferior do diafragma: essas aderências ocorrem com frequência após a inflamação do baço, mas também podem ser congênitas.

ESPLENOMEGALIA

O aumento do baço pode acompanhar qualquer resposta imune intensa e ocorre em muitas outras condições inflamatórias e degenerativas sistêmicas. Na esplenomegalia, a margem anterior, a porção anterior da face diafragmática e a margem superior chanfrada podem se tornar nitidamente palpáveis embaixo da margem costal esquerda. As chanfraduras estão com frequência exageradas e podem ser facilmente palpáveis, e o cólon transverso e a flexura esplênica (esquerda) do cólon estão deslocados para baixo.

TRAUMA ESPLÊNICO

O baço é particularmente propenso a lesões por rotação durante uma desaceleração rápida ou compressão. Por ter conexões peritoneais relativamente móveis, o baço pode sofrer lesões por laceração nos vasos esplênicos, na altura do hilo, ou lesões por explosão na polpa esplênica. As fraturas das costelas inferiores esquerdas sobrejacentes podem provocar lesões penetrantes na cápsula e na polpa esplênicas. O baço também pode ser lesado durante procedimentos cirúrgicos: aderências e conexões peritoneais podem ser responsáveis por lacerações da cápsula (discutido previamente). Pequenas lacerações na cápsula podem ser tratadas com métodos conservadores, quando resultam de trauma fechado, ou com a administração de diversas substâncias hemostáticas à polpa exposta. Raramente a sutura direta de lacerações esplênicas grandes é bem-sucedida, porque a polpa do baço é muito frágil. Lesões moderadamente graves podem ser tratadas com métodos conservadores, quando o trauma é fechado, ou por meio da compressão do tecido esplênico até a obtenção da hemostasia, quando se consegue localizar a lesão durante a cirurgia, mas lesões extensas por explosão ou lesões graves dos vasos hilares geralmente requerem esplenectomia.

ESPLENECTOMIA

A esplenectomia parcial é seguida pela regeneração rápida do tecido perdido, e não há perda importante de nenhuma das funções do baço. A esplenectomia total tem poucas consequências hematológicas, visto que as funções do baço são em sua maioria assumidas pelo fígado. Há, contudo, perda de função imune, sobretudo da resposta por produção de anticorpos a infecções sistêmicas com bactérias encapsuladas. Essa condição é conhecida como "síndrome da sepse fulminante pós-esplenectomia", e é uma ameaça particularmente quando a perda do baço ocorre no início da infância. Contudo, mesmo quando o órgão é retirado em uma fase tardia da idade adulta, o risco da síndrome continua a ser significativo. Em geral, a esplenectomia nos adultos é seguida por um aumento na contagem dos glóbulos brancos sanguíneos com aumento na contagem de linfócitos, neutrófilos, eosinófilos e plaquetas no sangue periférico: esses efeitos diminuem de intensidade e desaparecem em algumas semanas.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artéria esplênica

O baço é irrigado exclusivamente pela artéria esplênica (Fig. 70.7), que é o maior ramo do tronco celíaco. O trajeto da artéria esplênica é um dos mais tortuosos do corpo. Partindo da origem, a artéria segue inferiormente por uma curta distância. Em seguida, vira rapidamente para a esquerda e desloca-se inicialmente na horizontal, acima do nível do colo do pâncreas, antes de ascender quando passa mais lateralmente. Sua inclinação é menos acentuada que a do corpo e a da cauda do pâncreas, por isso torna-se posterior à margem superior da glândula. Forma várias alças ou mesmo espiras, que aparecem acima da margem superior do pâncreas, e descem, tornando-se posteriores à glândula. A artéria esplênica é anterior ao rim esquerdo e à glândula suprarrenal esquerda, e trafega dentro do ligamento esplenorrenal, posterior à cauda do pâncreas. Divide-se em dois ou três ramos principais antes de penetrar no hilo do baço (Fig. 71.1). À medida que esses ramos entram no hilo, dividem-se novamente em quatro ou cinco artérias segmentares, e cada artéria segmentar irriga um segmento do tecido esplênico. Há relativamente pouca circulação colateral arterial entre os segmentos, o que significa que a oclusão de um vaso segmentar causa com frequência o infarto de parte do baço. Há, contudo, uma circulação venosa colateral considerável entre os segmentos, o que torna a ressecção segmentar do baço praticamente impossível. A artéria esplênica envia vários ramos para o pâncreas em seu trajeto e envia artérias gástricas curtas para o estômago. Estes últimos vasos originam-se da própria artéria esplênica, imediatamente antes de ela se dividir, ou de seus ramos terminais.

Veia esplênica

A veia esplênica é formada no interior do ligamento esplenorrenal, perto da ponta da cauda do pâncreas, por cinco ou seis tributárias que emergem do hilo do baço (Fig. 71.4). As tributárias têm parede delgada e com frequência se espalham por vários centímetros, pois o hilo é longo e estreito (Fig. 71.1). Esse detalhe anatômico precisa ser lembrado durante a remoção cirúrgica do baço, porque as tributárias venosas precisam ser seccionadas próximo ao hilo para evitar a lesão da cauda do pâncreas. Elas devem ser ligadas em vários grupos para impedir o risco de avulsão das veias do hilo esplênico e o consequente sangramento profuso antes de a ressecção ser completada.

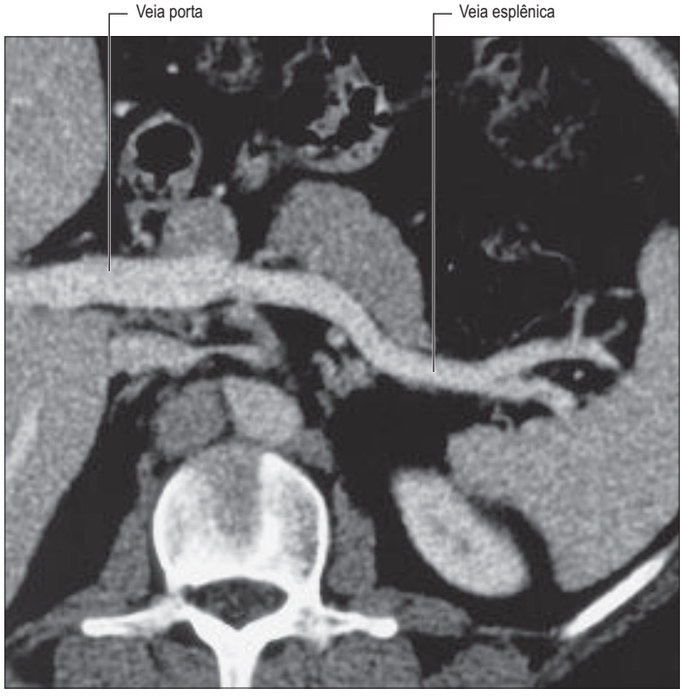


Fig. 71.4 Corte de TC axial oblíqua que mostra a veia porta e a veia esplênica.

A veia esplênica trafega no interior do ligamento esplenorrenal, embaixo da artéria esplênica e posterior à cauda do pâncreas. Desce para a direita e cruza a parede posterior do abdome, abaixo da artéria esplênica e atrás do corpo do pâncreas, e em seu caminho recebe numerosas tributárias curtas da glândula. Cruza na frente do rim esquerdo e do hilo renal, está separada do tronco simpático esquerdo e do pilar esquerdo do diafragma pelos vasos renais esquerdos, e da aorta abdominal pela artéria mesentérica superior e pela veia renal esquerda. Termina atrás do colo do pâncreas, local onde se une à veia mesentérica superior para formar a veia porta. As veias gástricas curtas e a veia gastroepiploica esquerda drenam para a veia esplênica através das pregas do ligamento gastroesplênico que estão perto de sua origem.

Linfáticos

Vasos linfáticos drenam ao longo das trabéculas esplênicas. Em seguida, passam pelo hilo e acompanham a artéria e a veia esplênicas. Trafegam posteriormente ao pâncreas, perto da artéria esplênica, e drenam para linfonodos presentes no hilo, ao longo da artéria esplênica e para os linfonodos celíacos.

INERVAÇÃO

O baço é inervado pelo plexo esplênico, que é formado por ramos do plexo celíaco, pelo gânglio celíaco esquerdo e pelo vago direito, que acompanham a artéria esplênica. As fibras são predominantemente simpáticas e terminam ao redor de vasos sanguíneos e no músculo não estriado da cápsula e das trabéculas esplênicas. A maioria parece ser noradrenérgica e vasomotora e está relacionada com a regulação do fluxo sanguíneo através do baço. Os agonistas adrenérgicos inibem a concentração de glóbulos vermelhos no sangue esplênico (o chamado "*skimming* plasmático"), o que indica que a atividade simpática causa um aumento da circulação "rápida" do baço em oposição à filtração lenta (Reilly, 1985).

Dor referida

A sensação de dor que se origina da polpa do baço é mal localizada e referida no epigástrio central, como ocorre com as demais estruturas derivadas do intestino anterior. A distensão da cápsula esplênica estica as lâminas parietais do peritônio e produz uma dor que se localiza no quadrante superior esquerdo posterior.

MICROESTRUTURA

O baço está basicamente relacionado com a fagocitose e as respostas imunes. No feto, é também um local importante de hematopoese. Após o nascimento, pode se tornar um órgão hematopoético em determinadas condições patológicas. Apesar de ser importante para a defesa do corpo, o baço não é um órgão essencial: quando é removido, muitas de suas funções podem ser assumidas pelo fígado e por outros tecidos linfoides.

Microscopicamente, o tecido parenquimatoso do baço consiste em dois componentes principais – a polpa branca e a polpa vermelha –, nomeados com base na aparência que apresentam em um baço fresco cortado transversalmente (Fig. 71.5). A polpa branca é composta por tecido linfoide, no qual linfócitos B e T amadurecem e se proliferam sob estimulação antigênica (Fig. 71.6). A polpa vermelha é um dispositivo de filtração singular que capacita o baço a remover material particulado do sangue à medida que ele perfunde o baço. É composta por um sistema complexo de espaços interconectados povoados com um grande número de macrófagos fagocitários que removem da circulação glóbulos vermelhos desvitalizados, microrganismos, fragmentos de células e outras substâncias particuladas.

Estrutura fibrosa do baço

A serosa do peritônio cobre o órgão inteiro, exceto o hilo e as linhas de reflexão dos ligamentos esplenorrenal e gastroesplênico. Abaixo dessa camada está a cápsula de tecido conjuntivo, uma camada contínua de aproximadamente 1,5 mm de espessura que contém uma quantidade abundante de fibras de colágeno de tipo I e algumas fibras de elastina. A cápsula tem uma lâmina externa e outra interna nas quais a direção das fibras de colágeno diferem, o que aumenta sua resistência. Da cápsula, partem numerosas trabéculas que penetram na substância do baço, onde se ramificam até formar uma estrutura de suporte. As trabéculas maiores penetram no hilo e fornecem uma passagem para os vasos e os nervos

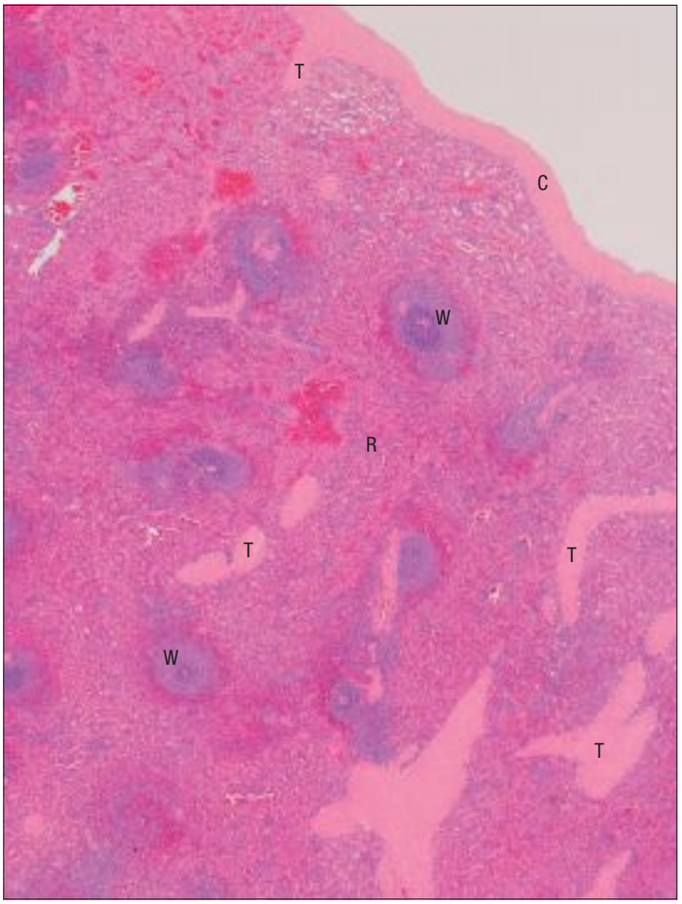


Fig. 71.5 Corte histológico do baço. A polpa branca (W) aparece como áreas ovoides de tecido basofílico. A polpa vermelha (R), posicionada entre o tecido da polpa branca, consiste em sinusoides esplênicos rodeados por cordões celulares. No alto à direita, observa-se parte da cápsula (C) de onde as trabéculas (T) partem para dentro do tecido esplênico. (Cortesia de Mr. Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

esplênicos, que se dividem em ramos na polpa esplênica (Figs. 71.6 e 71.7). Dentro do baço, esses ramos tornam-se contínuos à delicada rede de fibras de colágeno de tipo III (reticular) que se espalha pelas polpas vermelha e branca e é secretada por fibroblastos situados no interior da malha.

Polpa branca

No parênquima do baço, os ramos da artéria esplênica espalham-se de forma radiada a partir do hilo. Passando no interior das trabéculas, multiplicam-se e estreitam-se até formar arteríolas. Nos milímetros finais das arteríolas, a adventícia de tecido conjuntivo é substituída por uma bainha de linfócitos T – a bainha linfática periarteriolar (BLPA). Em alguns locais, essa bainha é alargada por folículos linfoides, que são agregados de linfócitos B, com 0,25 a 1 mm de diâmetro e visíveis a olho nu na superfície de corte de um baço fresco como pontos brancos semiopacos: eles contrastam com o roxo avermelhado intenso circundante da polpa vermelha. Em geral, os folículos estão próximos dos ramos terminais das arteríolas e normalmente avançam sobre um dos lados de um vaso, que como consequência parece ocupar uma posição excêntrica no interior do folículo. As arteríolas ramificam-se lateralmente dentro dos folículos, formando uma série de arteríolas terminais paralelas, denominadas penicílios, ou arteríolas peniciliadas, por causa de sua semelhança com o fungo *Penicillium*.

Como as bainhas periarteriolares, os folículos são centros de proliferação e agrupamento de linfócitos. Quando estimulada por antígenos, a polpa branca aumenta de tamanho à medida que os linfócitos se proliferam. Os folículos primários tornam-se intensamente ativos na proliferação de células B e desenvolvem centros germinativos similares àqueles encontrados nos linfonodos: a apresentação de um antígeno por células dendríticas foliculares está envolvida nesse processo. Os centros germinativos regridem quando a infecção diminui. Os folículos geralmente atrofiam com o aumento da idade e podem estar ausentes nos indivíduos muito idosos.

Polpa vermelha

A polpa vermelha constitui a maior parte (75%) do volume esplênico total. Contém um número grande de sinusoides venosos que no final drenam para tributárias das veias esplênicas maiores. Os sinusoides estão separados uns dos outros por uma rede fibrocelular que consiste em feixes pequenos de delicadas fibras de colágeno de tipo III – o retículo – e em numerosos fibroblastos reticulares e macrófagos esplênicos. Vistas em cortes bidimensionais, essas regiões intersinusoidais aparecem como faixas de tecido – os cordões esplênicos – que se alternam com os seios esplênicos (Fig. 71.6).

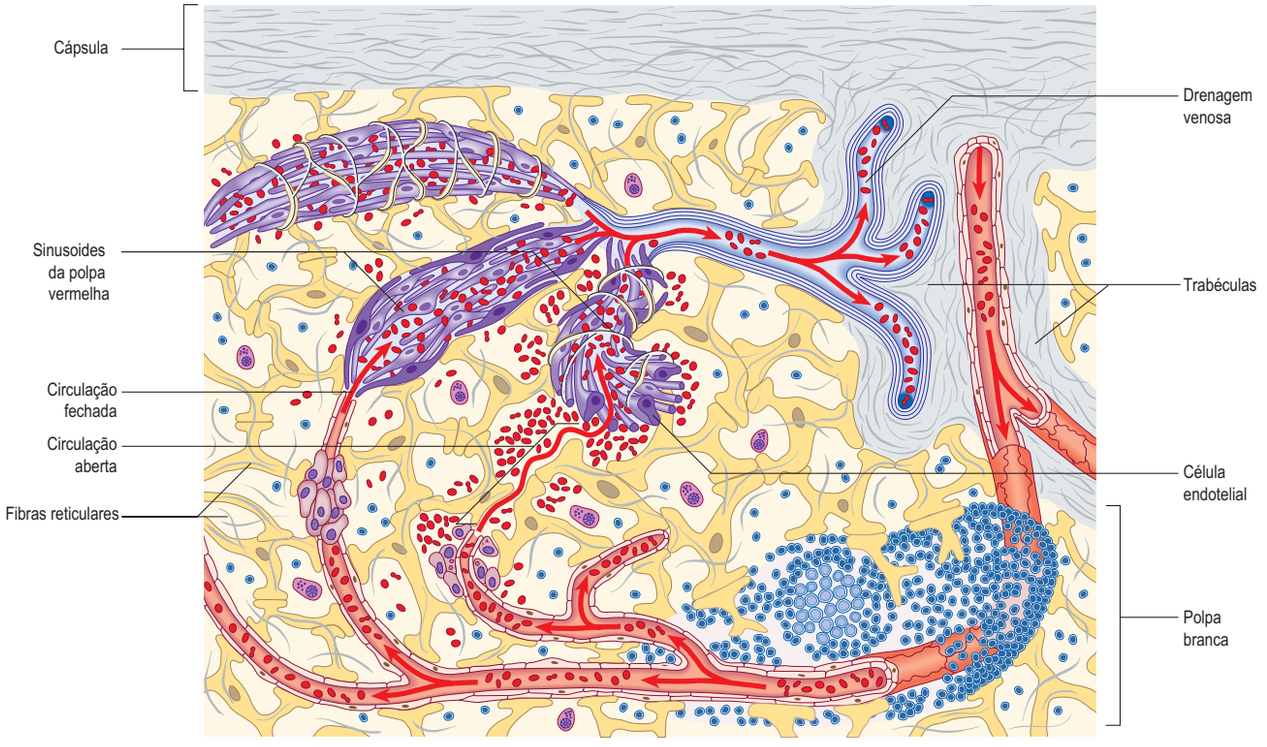


Fig. 71.6 Principais características da estrutura esplênica representadas fora de escala. Observam-se a cápsula, as trabéculas, as fibras e as células reticulares, além das bainhas e dos folículos linfoides perivasculares da polpa branca e dos cordões celulares e sinusoides venosos da polpa vermelha. As teorias da circulação esplênica "aberta" e "fechada" estão ilustradas: é provável que a maior parte da circulação seja do tipo aberto. Os sinusoides venosos são revestidos por células endoteliais especializadas. Os espaços intercelulares entre essas células foram ampliados para maior clareza.

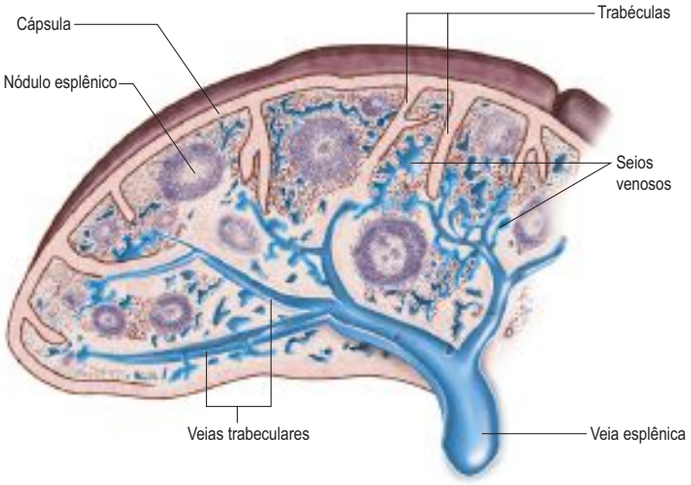


Fig. 71.7 Corte transversal do baço, que mostra o tecido trabecular, a veia esplênica e suas tributárias.

Na realidade, elas formam um *continuum* tridimensional ao redor dos espaços venosos.

Sinusoides venosos

Os sinusoides venosos são vasos ovoides alongados, com aproximadamente 50 μm de diâmetro, revestidos com um endotélio "incompleto" característico, que é exclusivo do baço. Suas células endoteliais são longas e estreitas e estão alinhadas com o eixo maior do sinusoide. Elas são frequentemente chamadas de células em aduela, em função de sua semelhança com as placas que constituem um barril (Fig. 71.6). Estas células estão presas às suas vizinhas por pequenas extensões de junções intercelulares ao longo do seu comprimento. Essas junções alternam-se com fendas intercelulares, através das quais glóbulos vermelhos passam dos cordões esplênicos para a luz dos sinusoides. Há uma lâmina basal descontínua na superfície oposta à luz dos seios. Os sinusoides são sustentados externamente por fibras reticulares dispostas circunferencial e longitudinalmente, que fazem parte do retículo fibroso.

Tecido reticular dos cordões esplênicos

Fibroblastos estrelados e grandes, denominados células reticulares, estão ao redor dos sinusoides. Sintetizam os componentes da matriz do retículo, que incluem colágeno e proteoglicanas, e seus processos citoplasmáticos dividem o espaço reticular em compartimentos. O sangue é liberado das extremidades dos capilares que se originam das arteríolas peniciladas e difunde-se pelos espaços reticulares do interior dos cordões esplênicos. À medida que o sangue passa pelos espaços, os macrófagos que estão dentro do retículo removem o material particulado transportado pelo sangue, que inclui eritrócitos danificados e velhos. Quando o número de eritrócitos danificados se eleva, as células reticulares proliferam-se e o tamanho da polpa vermelha aumenta consideravelmente. Como consequência, ocorre aumento do baço inteiro e, em casos extremos, esplenomegalia.

Zona marginal

A zona marginal está na interface entre a polpa branca e a vermelha. É uma região de grande importância funcional, porque é o local onde o sangue é lançado para a polpa vermelha e onde muitos linfócitos deixam a circulação para migrar para suas respectivas áreas de linfócitos B e T da polpa branca. Os linfócitos estão dispostos mais livremente na polpa vermelha do que na polpa branca e permanecem no interior de uma rede densa de fibras e células reticulares. As arteríolas que deixam a polpa branca estão rodeadas por um pequeno agregado de macrófagos – a bainha periarteriolar de macrófagos.

Microcirculação esplênica

As artérias segmentares esplênicas penetram no hilo e ramificam-se no interior das trabéculas por todo o órgão. A veia esplênica forma-se no interior do ligamento esplenorrenal pela união das tributárias que emergem do hilo. O número de tributárias é similar ao de ramos arteriais. As artérias pequenas que diminuem gradualmente de tamanho até se transformar em arteríolas passam através da polpa branca, em seguida curvam-se abruptamente formando os ramos penicilados que, após um trajeto de aproximadamente 0,5 mm, saem da polpa branca e dirigem-se para a zona marginal e para a polpa vermelha. A passagem do sangue através dos compartimentos vasculares situados entre as arteríolas e as veias esplênicas é conhecida como circulação intermediária do baço. No final, o sangue passa pelos sinusoides venosos e em seguida por vênulas que o conduzem para veias pequenas que correm no interior das trabéculas. Das veias pequenas, o sangue é levado para veias maiores que drenam o baço na altura do hilo.

Circulações esplênicas aberta e fechada

Há duas teorias sobre a circulação intermediária do baço. Em uma delas, o sangue passa diretamente das arteríolas (ou de seus capilares terminais) para o interior dos seios venosos (circulação fechada). Segundo a outra teoria, o sangue é lançado para uma rede de espaços dos cordões esplênicos antes de entrar nos seios através das diminutas fendas de suas paredes (circulação aberta). Nos humanos, as evidências apontam para a presença de uma circulação anatômica e fisiologicamente aberta, na qual o sangue se difunde lentamente pelo tecido reticular dos cordões esplênicos e é filtrado através das fendas das paredes dos seios antes de se juntar ao fluxo sanguíneo principal (Fig. 71.6). Acredita-se que haja uma rota vascular fechada adicional, mas é provável que ela represente apenas uma contribuição pequena para a circulação esplênica.

REFERÊNCIA

Reilly FD 1985 Innervation and vascular pharmacodynamics of the mammalian spleen. Experientia 41: 187–92.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 72

Glândula suprarrenal

As glândulas suprarrenais encontram-se imediatamente superiores e ligeiramente anteriores ao polo superior de cada rim (Fig. 74.5A e B). De tonalidade amarelo-dourada, cada glândula possui duas áreas distintas sob os pontos de vista funcional e estrutural, um córtex externo e uma medula interna. As glândulas estão localizadas no interior da fáscia renal, envolvidas por tecido conjuntivo e gordura perirrenal, separadas dos rins por uma pequena quantidade de tecido fibroso.

As dimensões das glândulas suprarrenais nos adultos *in vivo* foram definidas por Vincent e colaboradores (1994) usando tomografia computadorizada (TC). As dimensões transversais médias do corpo da glândula suprarrenal são de 61 mm (glândula direita) e 79 mm (glândula esquerda), e as dimensões transversais dos ramos suprarrenais são de 28 mm (glândula direita) e 33 mm (glândula esquerda). Nenhum ramo suprarrenal individual deve medir mais de 6,5 mm em corte transversal. Cada glândula suprarrenal pesa aproximadamente 5 g (a medula contribui com cerca de um décimo do peso total).

Sob o ponto de vista macroscópico, as glândulas são ligeiramente diferentes na aparência externa (Fig. 72.1). A glândula direita tem formato piramidal e apresenta duas projeções (ramos) inferiores bem desenvolvidas, dando um aspecto similar a uma flecha de ponta larga em corte transversal. A glândula esquerda tem um formato mais semilunar e é achatada no plano anteroposterior. A glândula esquerda é marginalmente mais larga que a direita. A maior parte da suprarrenal direita dispõe-se sobre o ápice do rim direito e usualmente se encontra ligeiramente mais alta que a glândula esquerda, a qual se dispõe sobre a face anteromedial do polo superior do rim esquerdo.

Ao nascimento, as glândulas são proporcionalmente maiores e apresentam aproximadamente um terço do tamanho do rim ipsilateral. O córtex de cada glândula tem seu tamanho reduzido imediatamente após o nascimento, e a medula cresce um pouco, comparativamente. Ao final do segundo mês, o peso da suprarrenal estará reduzido em 50%. As glândulas começam a crescer ao final do segundo ano e recuperam o peso do nascimento à época da puberdade. Existe pouco aumento adicional de peso na vida adulta.

Pequenas glândulas suprarrenais acessórias, compostas principalmente de tecido cortical, podem ocorrer no tecido conjuntivo frouxo próximo às glândulas suprarrenais principais. Glândulas acessórias, denominadas corpos corticais, também podem ocorrer no cordão espermático, no epidídimo e no ligamento largo do útero.

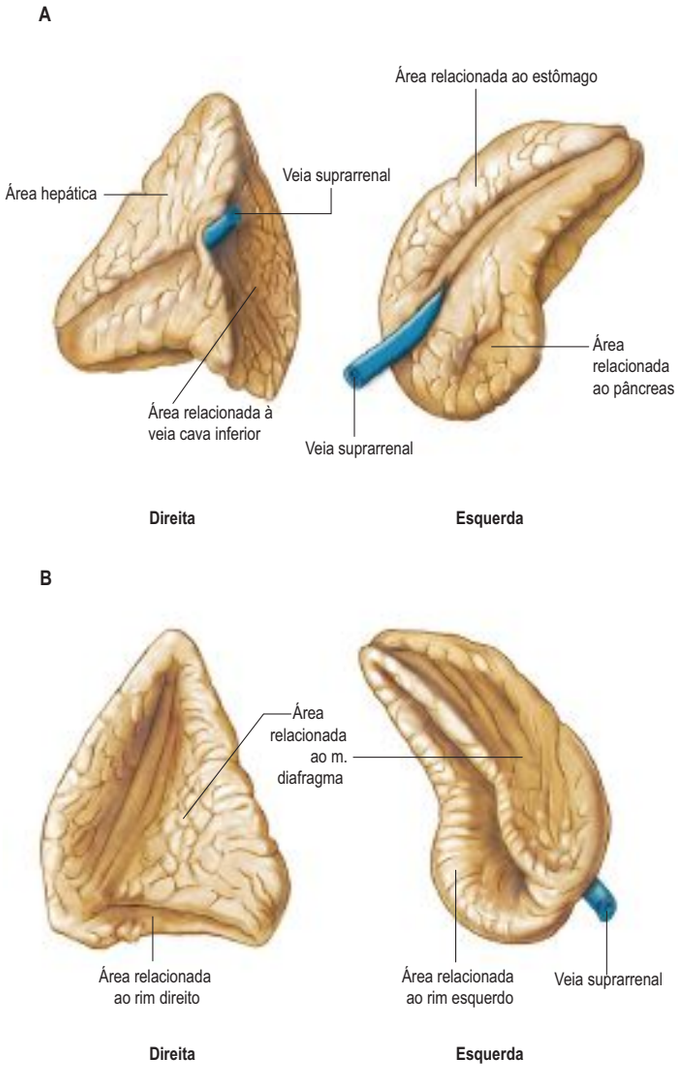


Fig. 72.1 Glândulas suprarrenais: aspectos anterior (**A**) e posterior (**B**).

GLÂNDULA SUPRARRENAL DIREITA

A glândula suprarrenal direita encontra-se posteriormente à veia cava inferior, da qual se encontra separada apenas por uma delgada camada de fáscia e de tecido conjuntivo. Ela encontra-se posterior ao lobo direito do fígado e anterior ao pilar direito do músculo diafragma e ao polo superior do rim direito (Fig. 72.2). Sua superfície inferior é referida como a base e está adjacente à face anterossuperior do polo superior do rim direito. Ela frequentemente se sobrepõe ao ápice do polo superior do rim direito, à medida que as duas projeções inferiores (ramos) se espalham sobre o tecido renal. A superfície anterior está voltada ligeiramente à lateral e possui duas facetas distintas. A faceta medial é um pouco estreita, segue verticalmente e encontra-se posterior à veia cava inferior. A faceta lateral é triangular e encontra-se em contato com a área nua do fígado. A parte mais baixa da superfície anterior pode estar coberta por peritônio, refletido sobre ela a partir da camada inferior do ligamento coronário. Neste ponto, ela pode se encontrar posterior à borda lateral da segunda parte do duodeno. Abaixo do ápice, próximo à borda anterior da glândula, o hilo encontra-se em um curto sulco a partir do qual a veia suprarrenal direita emerge para se unir à veia cava inferior. Esta veia é particularmente curta, o que torna a ressecção cirúrgica da glândula potencialmente perigosa, porque a ligadura pode ser difícil. A veia pode ser avulsada da veia cava inferior durante uma cirurgia ou ocasionalmente, devido a injúrias de desaceleração de alta energia. A superfície posterior está dividida em áreas superior e inferior por uma crista transversal curvada. A área superior, maior, é ligeiramente convexa e apoia-se sobre o músculo diafragma. A área inferior, menor, é côncava e encontra-se em contato com a face superior do polo superior do rim direito. A borda medial da glândula é delgada e encontra-se lateralmente ao gânglio celíaco direito e à artéria frênica inferior direita, à medida que a artéria segue sobre o pilar direito do músculo diafragma.

GLÂNDULA SUPRARRENAL ESQUERDA

A glândula suprarrenal esquerda encontra-se intimamente aplicada sobre o pilar esquerdo do músculo diafragma e está separada dele apenas por uma delgada camada de fáscia e de tecido conjuntivo (Fig. 72.2). A face medial é convexa, enquanto a face lateral é côncava, uma vez que ela é moldada pela face medial do polo superior do rim esquerdo. A borda superior é agudamente definida, enquanto a superfície inferior é mais arredondada. A superfície anterior tem uma grande área superior coberta por peritônio sobre a parede posterior da retrocavidade dos epíploos (pequena cavidade peritoneal), que a separa do cárdia do estômago e às vezes da face posterior do baço. A área inferior, menor, não é recoberta por peritônio e encontra-se em contato com o pâncreas e com a artéria esplênica. O hilo está voltado inferiormente a partir da face medial, e está próximo à parte inferior da superfície anterior. A veia suprarrenal esquerda

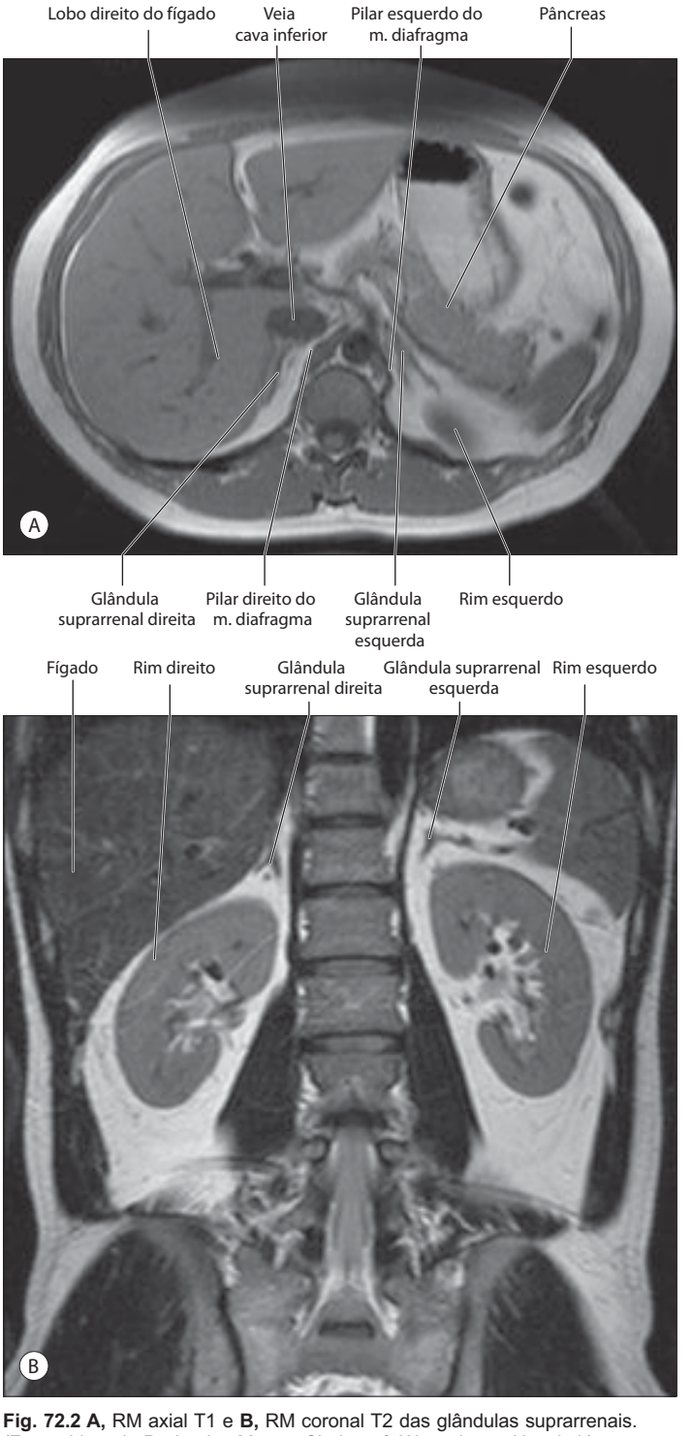


Fig. 72.2 A, RM axial T1 e **B,** RM coronal T2 das glândulas suprarrenais. (Fornecido pela Dr. Louise Moore, Chelsea & Westminster Hospital.)

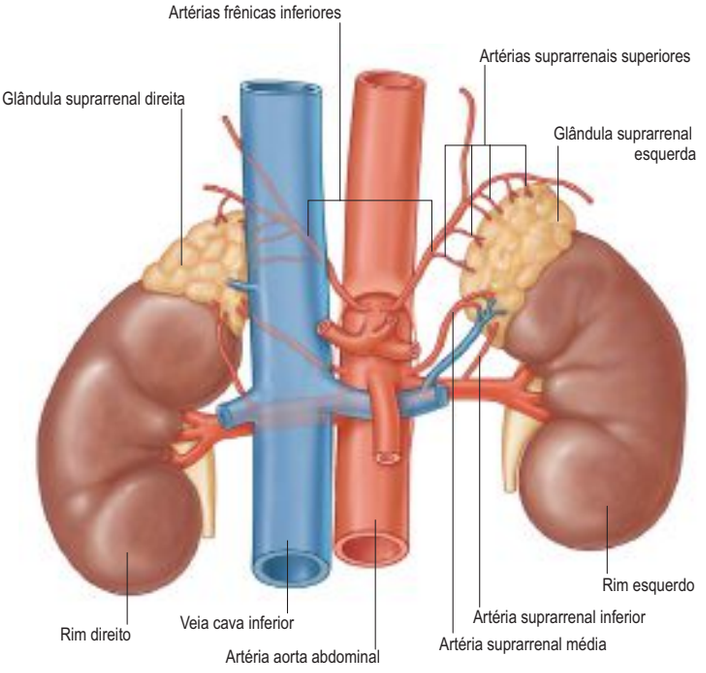


Fig. 72.3 Suprimento arterial e drenagem venosa das glândulas suprarrenais. (De Drake, Vogl e Mitchell, 2005.)

emerge do hilo e segue inferomedialmente para se unir à veia renal esquerda. A superfície posterior está dividida por uma crista em uma área lateral adjacente ao rim e uma área medial menor que se encontra em contato com o pilar esquerdo do músculo diafragma. A borda medial convexa encontra-se lateralmente ao gânglio celíaco esquerdo e às artérias frênica inferior esquerda e gástrica esquerda, as quais sobem sobre o pilar esquerdo do músculo diafragma.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

As glândulas suprarrenais apresentam um extenso suprimento vascular em relação ao seu tamanho. Cada glândula é suprida pelas artérias suprarrenais superior, média e inferior, cujos principais ramos podem ser duplicados ou até mesmo múltiplos (Fig. 72.3). Eles ramificam-se sobre a cápsula antes de entrar na glândula para formar um plexo subcapsular, do qual capilares fenestrados passam ao redor de aglomerados de células da zona glomerulosa do córtex e entre as colunas de células da zona fasciculada até um profundo plexo na zona reticulada. Vênulas derivadas deste plexo seguem entre as células cromafins da medula até as veias medulares, que penetram por entre proeminentes feixes de fibras musculares lisas. Algumas artérias relativamente grandes desviam-se desta rota indireta e seguem diretamente para a medula (Fig. 72.4). Em cirurgias, as artérias raramente estão evidentes, mas as veias merecem uma atenção especial (ver adiante).

Artérias suprarrenais superiores

As artérias suprarrenais superiores originam-se a partir da artéria frênica inferior, um ramo da aorta abdominal: elas são frequentemente pequenas e podem estar ausentes.

Artérias suprarrenais médias

As artérias suprarrenais médias originam-se da face lateral da aorta abdominal em nível da artéria mesentérica superior. Elas ascendem levemente e seguem sobre os pilares do músculo diafragma até as glândulas suprarrenais, onde se anastomosam com os ramos suprarrenais das artérias frênica inferior e renal. A artéria suprarrenal média direita passa por trás da veia cava inferior e próximo ao gânglio celíaco direito, e é frequentemente múltipla. A artéria suprarrenal média esquerda passa próximo ao gânglio celíaco esquerdo, à artéria esplênica e à margem superior do pâncreas.

Artérias suprarrenais inferiores

As artérias suprarrenais inferiores originam-se a partir das artérias renais, usualmente da artéria renal principal, mas ocasionalmente de seus ramos para o polo superior do rim.

Veias

As veias medulares emergem do hilo para formar uma veia suprarrenal, que é normalmente única. A veia direita é muito curta, seguindo direta e horizontalmente para a face posterior da veia cava inferior. Uma veia acessória está ocasionalmente presente e segue do hilo superomedialmente para se unir à veia cava inferior, acima da veia suprarrenal direita. Seu curto trajeto torna os dois vasos direitos propensos a uma injúria ou mesmo a uma avulsão da veia cava inferior durante uma cirurgia, caso uma tração indevida seja aplicada, produzindo um orifício lateral na veia cava. A veia suprarrenal esquerda desce medialmente, anterior e lateralmente ao gânglio celíaco esquerdo. Ela passa posteriormente ao corpo do pâncreas e drena para a veia renal esquerda. Uma vez que a drenagem venosa de cada glândula se dá normalmente através de uma veia única, o infarto daquela glândula é mais provável de ser causado por lesão a uma veia suprarrenal do que a uma das artérias suprarrenais.

Drenagem linfática

Pequenos canais linfáticos, tanto do córtex como da medula da glândula, drenam na direção do hilo, de onde vasos linfáticos de calibre maior

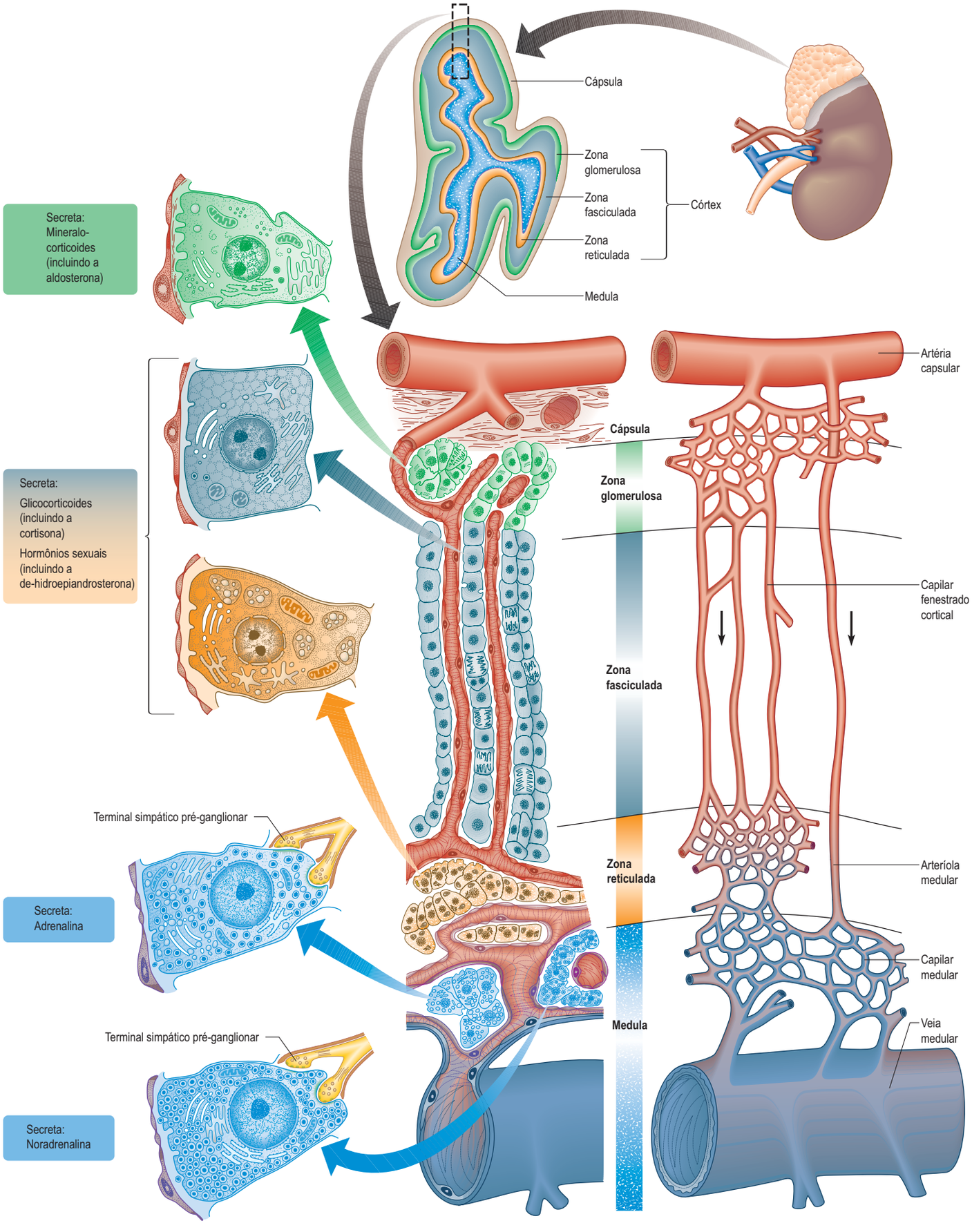


Fig. 72.4 Anatomia macroscópica seccional, estrutura microscópica, vascularização e ultraestrutura da glândula suprarrenal. Breves resumos funcionais estão incluídos.

emergem para drenar diretamente para os grupos laterais de linfonodos para-aórticos.

INERVAÇÃO: PLEXO SUPRARRENAL

A glândula suprarrenal, em relação ao seu tamanho, tem um suprimento nervoso autônomo maior do que qualquer outro órgão. A cada lado, o plexo suprarrenal encontra-se entre a face medial da glândula e os gânglios celíaco e aórtico-renal. Ele contém principalmente fibras simpáticas pré-ganglionares, que se originam nos segmentos espinais torácicos inferiores e chegam até o plexo através de ramos derivados do gânglio e do plexo celíacos, e através do nervo esplâncnico maior. Estas fibras fazem sinapses, frequentemente em invaginações profundas, sobre grandes células cromafins da medula, as quais consequentemente podem ser consideradas homólogas a neurônios simpáticos pós-ganglionares. Uma preponderância de axônios amielínicos é descrita no plexo suprarrenal humano. Tanto o córtex como a medula também contêm axônios acetilcolinesterase (AChE) positivos que presumivelmente atingem a glândula a partir do plexo celíaco: alguns fazem sinapses com células ganglionares nas zonas fasciculada e reticulada.

ESTRUTURA MICROSCÓPICA

Em corte, a glândula suprarrenal apresenta uma camada cortical externa, que tem tonalidade amarelada e constitui sua massa principal, e uma medula delgada, que constitui cerca de um décimo da glândula e tem tonalidade vermelho-escura ou acinzentada, dependendo de seu conteúdo de sangue (Figs. 72.4 e 72.5). A medula é completamente envolvida pela cortical, exceto no hilo. A glândula tem uma espessa cápsula de tecido conjuntivo denso, da qual partem trabéculas que se estendem profundamente para o córtex. A cápsula contém um rico plexo arterial que fornece ramos para a glândula.

Córtex suprarrenal

O córtex suprarrenal consiste na zona glomerulosa, na zona fasciculada e na zona reticulada (Figs. 72.4 e 72.5). A zona glomerulosa, mais externa e de localização subcapsular, consiste em uma região estreita de pequenas células poliédricas em aglomerados arredondados. As células têm núcleos intensamente corados e um citoplasma basófilo que contém algumas gotículas lipídicas. Sob o ponto de vista ultraestrutural, o citoplasma apresenta abundância em reticulo endoplasmático liso, um aspecto típico de células que sintetizam esteroides. A zona fasciculada, intermediária e mais larga, consiste em grandes células poliédricas basófilas organizadas em colunas retilíneas, de duas células de espessura, com capilares fenestrados venosos em disposição paralela entre elas. As células contêm muitas gotículas lipídicas e grandes quantidades de retículo endoplasmático liso. A parte mais interna do córtex, a zona reticulada, consiste em colunas interconectadas e ramificadas de células arredondadas, cujo citoplasma também contém retículo endoplasmático liso abundante, muitos lisossomas e agregados de pigmento acastanhado (lipofuscina) que se acumulam com a idade.

As células corticais produzem vários hormônios e as células das zonas fasciculada e reticulada também são ricas em ácido ascórbico. As células da zona glomerulosa produzem mineralocorticoides, como a aldosterona, os quais regulam o equilíbrio eletrolítico e hídrico. As células na zona fasciculada produzem hormônios que mantêm o equilíbrio de carboidratos (glicocorticoides), como o cortisol (ou hidrocortisona). As células na zona reticulada produzem hormônios sexuais (progesterona, estrógenos e andrógenos). O córtex é essencial à vida, e sua remoção completa sem uma terapia de reposição hormonal é letal. Ele exerce um controle considerável sobre os linfócitos e o tecido linfoide: uma secreção aumentada de corticosteroides pode resultar em uma marcante redução nas quantidades de linfócitos.

A parte mais profunda da zona fasciculada amplia-se na gravidez e em mulheres em idade reprodutiva no verão. A atrofia cortical em homens idosos é maior na mesma região.

Medula suprarrenal

A medula suprarrenal é composta por grupos e colunas de células cromafins (ou feocromócitos), separados por amplos capilares fenestrados venosos e sustentados por uma rede de fibras reticulares. As células cromafins, assim denominadas devido à sua reação colorida a fixadores com sais de cromo (p. ex., dicromato), formam parte do sistema neuroendócrino e são funcionalmente equivalentes a neurônios simpáticos pós-ganglionares. Elas são derivadas das cristas neurais e sintetizam, armazenam (em grânulos) e liberam as catecolaminas noradrenalina (ou norepinefrina) e adrenalina (ou epinefrina) para os capilares fenestrados venosos. A liberação está sob controle simpático pré-ganglionar, mediada pelos neurônios simpáticos que ocorrem isoladamente ou em pequenos grupos na medula.

A maioria das células cromafins sintetiza adrenalina e armazena-a em pequenos grânulos com um núcleo denso. Células secretoras de noradrenalina, menos numerosas, apresentam grânulos maiores com um núcleo excêntrico e denso. Algumas células sintetizam os dois hormônios. Proteínas conhecidas como cromograninas acondicionam as catecolaminas no interior dos grânulos, que também contêm encefalinas, proteínas semelhantes a opioides que podem ter efeitos analgésicos endógenos em algumas circunstâncias. Todas as células são grandes, com grandes núcleos e citoplasma granuloso fracamente basófilo. Elas formam fileiras únicas ao longo dos capilares fenestrados venosos. Terminais axônicos simpáticos fazem sinapses com as células cromafins nas suas superfícies que são opostas aos capilares.

Os capilares são revestidos por um endotélio fenestrado e drenam para a veia medular central e para a veia suprarrenal hilar. Sob circunstâncias normais, pouca adrenalina ou noradrenalina é liberada; a secreção é aumentada em resposta a medo, angústia ou estresse. Ao contrário do córtex, a medula suprarrenal não é essencial à vida.

EXCISÃO DA GLÂNDULA SUPRARRENAL

A remoção de uma ou das duas glândulas suprarrenais pode ser realizada através de "cirurgia aberta" ou através de uma abordagem laparoscópica. Existem essencialmente três métodos "cirúrgicos abertos" para a remoção das glândulas suprarrenais. As abordagens posterior e lateral envolvem a remoção da 11ª ou 12ª costelas. O cirurgião permanece no plano retroperitoneal e acessa a glândula através da gordura perirrenal. Esta abordagem pode ser realizada por método laparoscópico, mas é difícil: as referências anatômicas não são facilmente identificadas devido à gordura circunjacente e ao "local de trabalho" ser frequentemente pequeno. Não é surpreendente que poucos cirurgiões empreguem esta abordagem.

Durante uma cirurgia laparoscópica, a abordagem anterior transperitoneal é a mais comumente usada. O paciente é colocado em posição de decúbito lateral. Do lado esquerdo, a flexura esplênica é mobilizada infe-

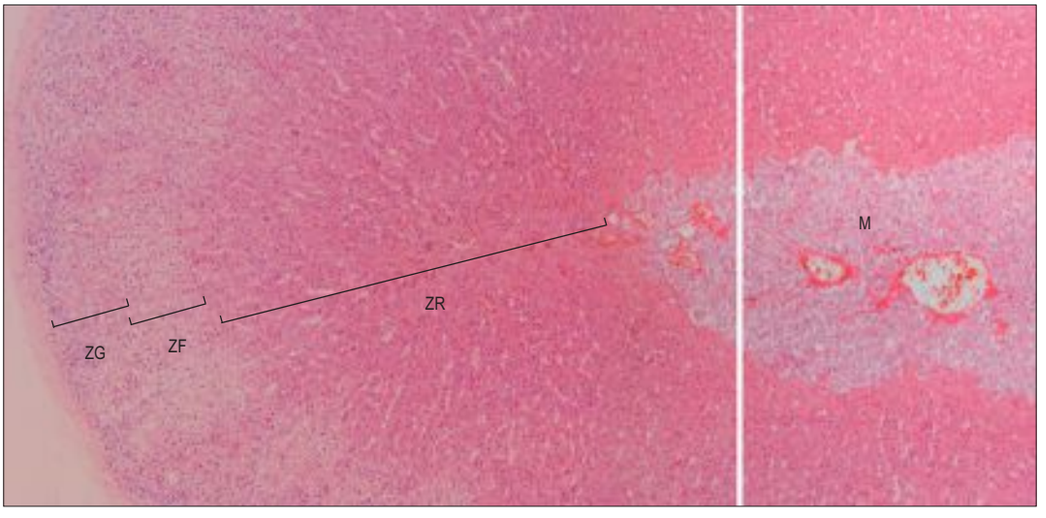


Fig. 72.5 Corte transversal através de uma glândula suprarrenal adulta mostrando a zona glomerulosa (ZG), a zona fasciculada (ZF), a zona reticulada (ZR) e a medula altamente vascularizada (M). (Cortesia do Mr. Peter Helliwell e de Dr. Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK).

riormente, revelando o rim. O ligamento frenocólico lateral é em seguida completamente seccionado, o que permite que o baço seja mobilizado medialmente, expondo o ligamento esplenorrenal. A secção do ligamento esplenorrenal (quando o paciente está em posição de decúbito lateral) permite que o baço seja "abaixado" medialmente. Isto expõe o plano entre o hilo esplênico e a borda medial do rim esquerdo, e é onde a cauda do pâncreas é identificada à medida que ela segue para o hilo do baço. A fáscia renal é cortada para expor a glândula suprarrenal disposta sobre a face superomedial do polo superior do rim. Do lado direito, o ligamento triangular direito do fígado é cortado, o que permite que o fígado seja deslocado caudalmente. Na maioria dos indivíduos, a veia cava inferior é facilmente identificada por trás do peritônio, lateralmente à segunda parte do duodeno. A reflexão peritoneal sobre a borda inferior do fígado é seccionada a partir da veia cava inferior até a borda lateral do fígado, expondo a glândula suprarrenal no ângulo entre a veia cava inferior e o fígado. A reflexão peritoneal ao longo da face lateral da veia cava inferior é seccionada e a glândula é em seguida mobilizada lateralmente, expondo a veia suprarrenal, que frequentemente emerge da face posterior da veia cava inferior. Assim que a veia suprarrenal é seccionada, as pequenas artérias suprarrenais médias, que seguem da artéria aorta para a glândula por trás da veia cava inferior, são facilmente identificadas. A glândula é em seguida normalmente mobilizada muito facilmente em uma direção lateral. Entretanto, ela pode se dispor por trás da veia cava inferior ou sob o fígado, e nestes casos a dissecção na junção do fígado com a veia cava inferior torna-se frequentemente muito difícil.

Em pacientes obesos (com síndrome de Cushing, ou "*cushingoides*"), a identificação de uma glândula suprarrenal de tamanho relativamente normal pode ser extremamente difícil e pode ocupar muito tempo. A veia suprarrenal emerge da borda medial inferior da glândula e é frequentemente uma estrutura bastante substancial. Em contraste, as artérias tendem a ser de tamanho muito menor, e artérias individuais são frequentemente difíceis de identificar durante uma cirurgia.

A abordagem aberta anterior segue o procedimento descrito acima, através de uma incisão subcostal ou da linha média.

REFERÊNCIA

Vincent JM, Morrison ID, Armstrong P, Reznek RH 1994 The size of normal adrenal glands on computed tomography. Clin Radiol 49: 453–455.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

Desenvolvimento da cavidade peritoneal, do trato gastrointestinal e de seus anexos

CAPÍTULO 73

INTESTINO ANTERIOR PÓS-FARÍNGEO

O intestino primitivo está dividido pelas pregas cefálica e caudal em três compartimentos principais. O intestino anterior se estende da membrana bucofaríngea até sua continuação na região central do intestino médio através do portal intestinal cranial. O intestino médio estende-se entre os portais intestinais, e no embrião precoce ele se encontra em ampla comunicação com o saco vitelino. O intestino posterior estende-se do portal intestinal caudal até a membrana cloacal. A extremidade cranial do intestino anterior – a faringe primitiva – está intimamente associada ao desenvolvimento da cabeça e do pescoço (Cap. 35). A porção do intestino anterior que passa dorsalmente à cavidade pericárdica dá origem ao divertículo respiratório e ao esôfago no interior do tórax (Caps. 35 e 59). Caudalmente ao diafragma em desenvolvimento, o tubo digestório entérico é convencionalmente subdividido em três porções embriológicas – o intestino anterior, o intestino médio e o intestino posterior. Não há distinções morfológicas ou citológicas fundamentais correspondentes entre as três partes (Fig. 73.1), e deste modo o intestino anterior dá origem a uma porção do duodeno, assim como o intestino médio, e o intestino médio, de forma similar, dá origem ao intestino grosso, assim como também o intestino posterior. As diferenças entre as porções do tubo digestório se desenvolvem como o resultado de interações entre as três camadas teciduais embrionárias que dão origem ao tubo digestório: o epitélio de revestimento interno de origem endodérmica, a espessa camada de mesênquima derivado da esplancnopleura e a camada externa de epitélio celomático em proliferação, derivado da esplancnopleura.

A camada epitelial da mucosa e os ductos e glândulas conectados são derivados do epitélio endodérmico. A lâmina própria e a camada muscular da mucosa, o tecido conjuntivo da submucosa, a túnica muscular externa e o tecido conjuntivo externo são todos derivados do mesênquima esplâncnico. O epitélio de cobertura externa do peritônio é derivado do epitélio celomático derivado da esplancnopleura.

Por todo o tubo digestório, vasos sanguíneos, vasos linfáticos e linfonodos se desenvolvem a partir de populações locais de mesênquima angiogênico. Os nervos, que estão distribuídos no interior dos sistemas entérico e autônomo, são derivados da crista neural. Existe um gradiente de desenvolvimento craniocaudal ao longo do tubo digestório, no qual o estômago e o intestino delgado se desenvolvem antes do intestino grosso.

A Figura 73.2 mostra o tubo digestório em um embrião no estágio 12 em relação às outras vísceras em desenvolvimento, especialmente o coração e o fígado. A Figura 73.3 mostra um desenvolvimento global do tubo digestório a partir dos estágios 13-17. Estes diagramas devem ser comparados. A Figura 73.1 mostra a relação fundamental do celoma intraembrionário com o tubo digestório em desenvolvimento.

Todas as regiões do trato gastrointestinal se desenvolvem a partir de interações entre o epitélio e o mesênquima, as quais são dependentes da expressão sequencial de uma gama de genes básicos e específicos; da regulação do relógio do desenvolvimento, visto em todas as áreas de desenvolvimento; e de mecanismos reguladores endógenos e influências ambientais locais (Lebenthal, 1989). Embora todos esses fatores pertençam a toda uma série de tecidos em desenvolvimento, diferenças locais em algum desses fatores ao longo da extensão do trato digestório em desenvolvimento promove a diferenciação, por exemplo, da mucosa gástrica e dos hepatócitos; da rotação do intestino médio; e da disposição final das porções sésseis do trato gastrointestinal completamente formado. O tubo digestório torna-se funcional antes do nascimento e capaz de interagir com o ambiente extrauterino em bebês pré-termo.

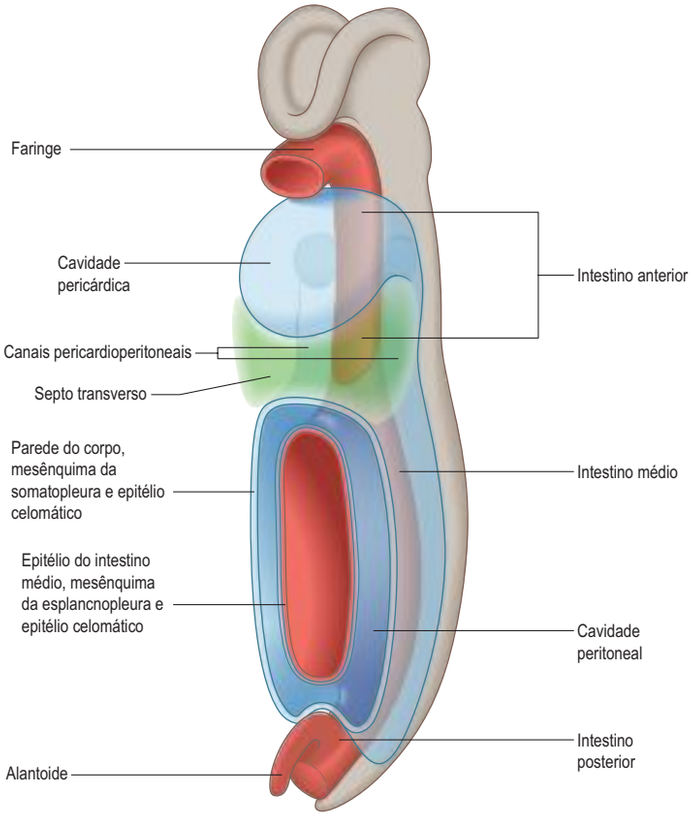


Fig. 73.1 Principais populações epiteliais dentro do embrião primitivo. O tubo digestório primitivo encontra-se próximo à notocorda e ao tubo neural dorsalmente. A camada de esplancnopleura do epitélio celomático ntraembrionário está em contato com o intestino anterior ventral e lateralmente, com o intestino médio lateralmente e o intestino posterior ventral e lateralmente.

ESÔFAGO

O esôfago pode ser distinguido do estômago no estágio 13 (embrião de 5 mm). Ele se alonga durante estágios sucessivos, e seu comprimento absoluto aumenta mais rapidamente do que o embrião como um todo. Cranialmente, ele é revestido pelo mesênquima esplâncnico posterior à traqueia em desenvolvimento, e mais caudalmente entre os pulmões em desenvolvimento e os canais pericardioperitoneais, posteriormente ao pericárdio (para detalhes de fístulas traqueoesofágicas, ver p. 1037). Caudalmente ao pericárdio, o segmento pré-gástrico e terminal do esôfago apresenta um curto e espesso mesoesôfago dorsal (derivado do mesênquima esplâncnico), enquanto ventralmente ele é envolvido pelo estrato cranial do mesênquima do septo transverso. Cada um dos mesos anteriormente mencionados é contínuo caudalmente com seus respectivos mesogastros dorsal e ventral primitivos. Deste modo, o esôfago tem apenas áreas limitadas relacionadas a um epitélio celomático primário. Entretanto, observe o subsequente desenvolvimento dos recessos pneumatoentéricos paraesofágicos direito e esquerdo (Fig. 73.7), a relação da face ventral do terço médio do esôfago com o seio oblíquo do pericárdio e a relação de suas paredes laterais na parte inferior do tórax com a pleura mediastinal. Todos os espaços anteriormente mencionados são extensões secundárias do celoma primitivo.

A mucosa esofágica consiste em duas camadas de células ao estágio 15 (5ª semana), mas a proliferação da mucosa não oclui o lúmen em nenhum momento. A mucosa se torna ciliada com 10 semanas, e um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado está presente ao final do 5º mês: áreas ocasionais de epitélio ciliado podem estar presentes ao nascimento. A musculatura circular pode ser vista no estágio 15, mas a musculatura longitudinal ainda não pode ser identificada até o estágio 21. Neuroblastos podem ser demonstrados nos estágios iniciais; o plexo mioentérico tem atividade da colinesterase por volta de 9,5 semanas e células ganglionares encontram-se diferenciadas por volta de 13 semanas. Tem sido sugerido que o esôfago seja capaz de peristalse no primeiro trimestre. A atresia

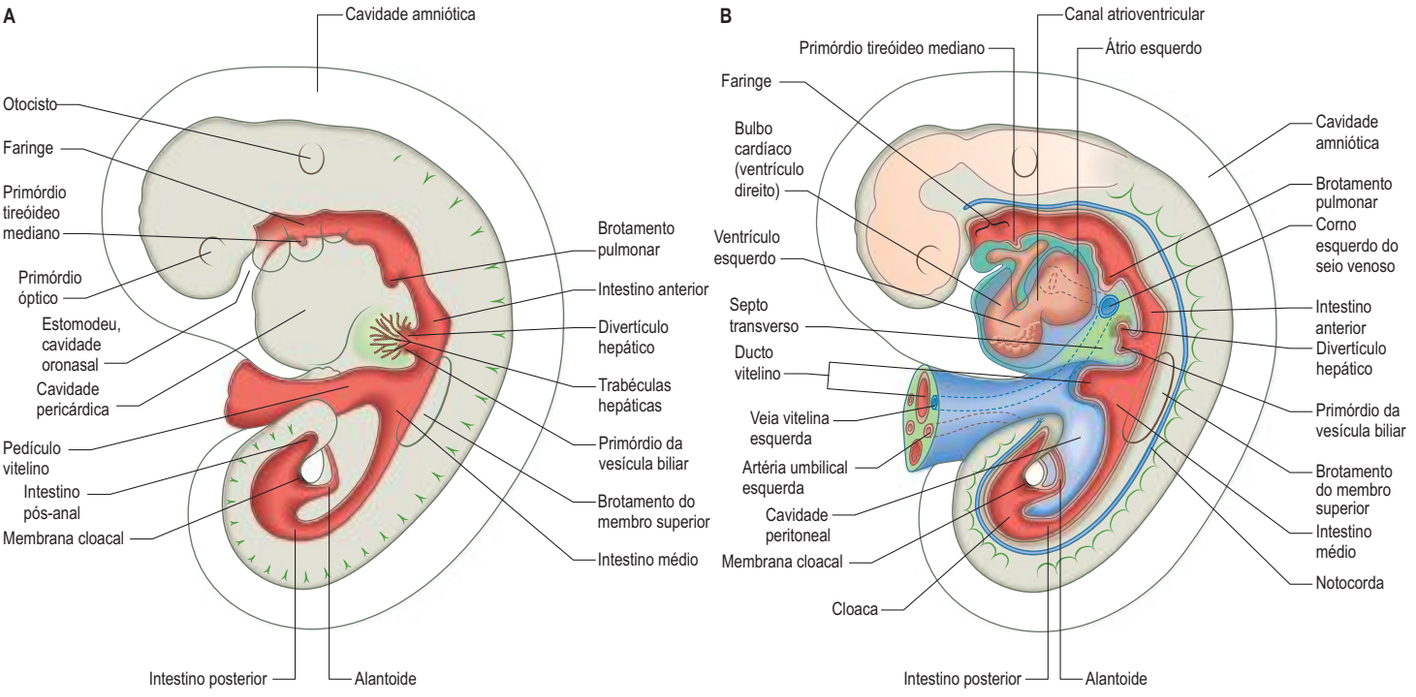


Fig. 73.2 A, O tubo digestório de um embrião humano no estágio 12, com 19 pares de somitos. Um comprimento cabeça-nádegas de 3,4 mm, e uma idade estimada de 27 dias. Observe o desenvolvimento da faringe. **B,** Reconstrução de um embrião humano ao final da quarta semana. O canal alimentar e suas evaginações estão mostrados em corte mediano. O encéfalo está mostrado de perfil, mas a medula espinal está omitida. O coração está mostrado em perspectiva, com o corno esquerdo do seio venoso cortado. Os somitos estão indicados em contorno.

esofágica é uma das condições obstrutivas mais comuns do trato alimentar: os fetos engolem o líquido amniótico, e assim a condição pode ser indicada através de um poli-hidrâmnio.

Esôfago ao nascimento

Ao nascimento, o esôfago se estende por 8-10 cm a partir da cartilagem cricoide até a junção esofagogástrica, denominada cárdia. Ele se inicia e termina em uma a duas vértebras mais altas do que no adulto e estende-se desde entre a quarta à sexta vértebras cervicais até o nível da nona vértebra torácica (Fig. 14.5). Seu diâmetro médio é de 5 mm, e ele possui as constrições vistas no adulto. A constrição mais estreita encontra-se na junção com a faringe, onde o músculo constritor inferior da faringe atua e estreita o lúmen: essa região pode ser facilmente traumatizada com instrumentos ou cateteres. No recém-nascido, a mucosa pode conter áreas espalhadas de epitélio cilíndrico ciliado, mas estas desaparecem logo após o nascimento. A peristalse ao longo do esôfago e no esfíncter esofágico inferior é imatura ao nascimento e resulta na frequente regurgitação de alimento no período perinatal. A pressão no esfíncter esofágico inferior se aproxima daquela do adulto por volta das 3-6 semanas de idade.

ESTÔMAGO

Ao final da quarta semana e início da quinta semana, o estômago pode ser reconhecido como uma dilatação fusiforme cranial à ampla abertura do intestino médio no saco vitelino (Figs. 73.2 e 73.3). Por volta da quinta semana, essa abertura se estreitou em um ducto vitelino intestinal, de formato tubular, o qual logo perde sua conexão com o tubo digestório. Neste momento, o estômago tem posição mediana e está separado cranialmente do pericárdio pelo septo transverso (Fig. 73.5A), o qual se estende caudalmente por sobre a face cranial do ducto vitelino intestinal e ventralmente à somatopleura. Dorsalmente, o estômago está relacionado à aorta e, ao refletir a presença dos canais pleuroperitoneais a cada lado, está conectado à parede do corpo por um curto mesentério dorsal, o mesogastro dorsal (Fig. 73.6). Este último é diretamente contínuo com o mesentério dorsal de quase todo o restante do intestino, exceto com seu curto segmento caudal.

Em embriões humanos de 10 mm (estágio 15-16), as características curvaturas gástricas já são reconhecíveis. O crescimento é mais ativo ao longo da borda dorsal da víscera: sua convexidade aumenta notavelmente e o fundo rudimentar torna-se evidente. Em virtude do crescimento mais rápido ao longo da borda dorsal, a extremidade pilórica do estômago volta-se ventralmente e a curvatura menor, de formato côncavo, torna-se aparente (Figs. 73.3 e 73.6). O estômago é agora deslocado para a esquerda do plano mediano e aparentemente se torna fisicamente girado, o que significa que sua superfície direita original torna-se dorsal e sua superfície esquerda ventral. Consequentemente, o nervo vago direito é distribuído principalmente para a superfície dorsal, e o nervo vago esquerdo principalmente para a superfície ventral do estômago. O mesogastro dorsal aumenta em profundidade e se torna dobrado sobre si mesmo. O mesogastro ventral torna-se mais coronal do que sagital. O recesso pancreaticoentérico (Fig. 73.7B[ii]), até então descrito normalmente como uma simples depressão do lado direito do mesogastro dorsal, torna-se dorsal ao estômago e se escava para baixo e para a esquerda entre as camadas dobradas. Ele agora pode ser denominado de recesso inferior da bolsa omental. De forma mais simples, o estômago sofreu duas "rotações". A primeira é de 90° em sentido horário, vista da extremidade cranial, e a segunda é de 90° em sentido horário, em torno de um eixo anteroposterior. O deslocamento, as alterações morfológicas e a "aparente" rotação do estômago têm sido atribuídos variavelmente às suas próprias alterações de crescimento diferencial e às alterações diferenciais circunjacentes, à extensão do recesso pancreaticoentérico com alterações em suas paredes mesenquimais e à pressão, particularmente a exercida pelo fígado em rápido crescimento.

Mucosa

O desenvolvimento da mucosa e da submucosa pode ser visto nas oitava à nona semanas. Não há formação de vilos no estômago, ao contrário de outras regiões do trato gastrointestinal; em vez disso, invaginações glandulares podem ser vistas no corpo e no fundo. Estas se desenvolvem no piloro e no cárdia por volta das 10ª e 11ª semanas, quando as células parietais podem ser demonstradas. Embora a secreção de ácido não tenha sido demonstrada no estômago fetal antes de 32 semanas de gestação, bebês prematuros a partir de 26 semanas de gestação em diante são capazes de secretar ácido logo após o nascimento. O fator intrínseco é detectado após 11 semanas. Este aumenta da 14ª a 25ª semanas, no momento em que o piloro, o qual contém mais células parietais do que no adulto, também contém uma quantidade relativamente maior de fator intrínseco. O significado da produção precoce de fator intrínseco e da produção tardia de ácido pelas células parietais não é conhecido. As células principais podem ser identificadas após 12-13 semanas, embora elas não possam ser demonstradas com pepsinogênio até o nascimento. As células mucosas do colo produzem muco ativamente a partir da 16ª semana. Células produtoras de gastrina foram demonstradas no antro entre 19 e 20 semanas, e os níveis de gastrina foram medidos no sangue do cordão umbilical e no plasma ao nascimento. O soro do cordão umbilical contém níveis de gastrina 2-3 vezes maiores que aqueles no soro materno.

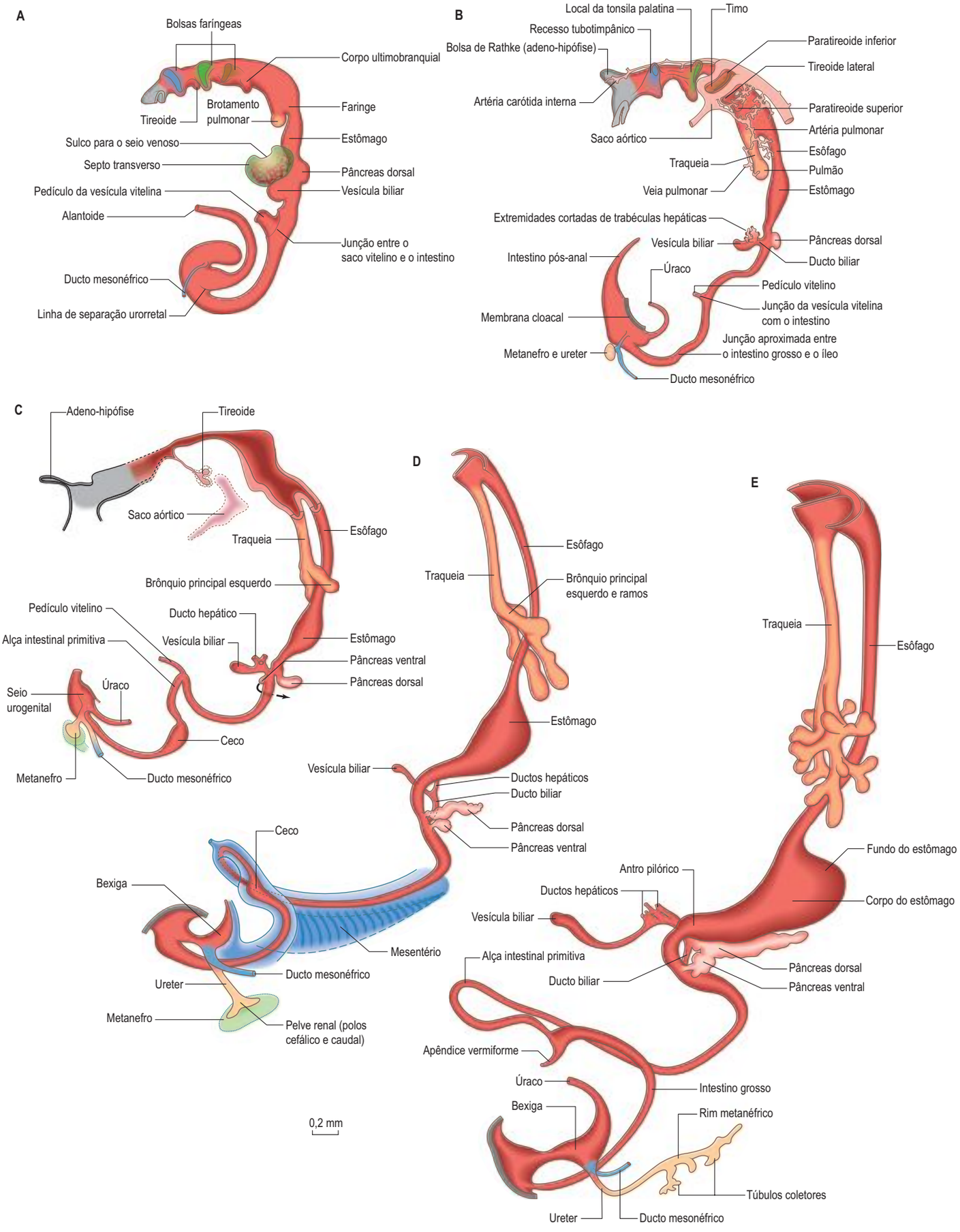


Fig. 73.3 O formato do epitélio endodérmico do tubo digestório em sucessivos estágios. A escala é constante e ilustra o enorme crescimento do tubo digestório ao longo de um período de 13 dias. **A,** Estágio 13; **B,** estágio 14; **C,** estágio 15; **D,** estágio 16; e **E,** estágio 17. Observe a separação do divertículo respiratório, o alongamento do intestino anterior e a expansão do estômago, a formação dos divertículos hepático e pancreático, o alongamento da alça do intestino médio, que se projeta para o cordão umbilical, e a separação da cloaca em porções entérica e alantoideana (Modificado a partir de O'Rahilly e Müller. Developmental Stages in Human Embryos 1987 Carnegie Institution of Washington. Pub 637.)

Túnica muscular

A túnica muscular externa do estômago desenvolve sua camada circular por volta das 8-9 semanas, quando plexos neurais se desenvolvem no corpo e no fundo. A musculatura longitudinal se desenvolve ligeiramente mais tarde. A musculatura pilórica é mais espessa que no resto do estômago: em geral, a espessura da musculatura total do estômago ao nascimento é reduzida em comparação ao adulto.

Serosa

A serosa do estômago é derivada do epitélio celomático da esplancnopleura. Nenhuma parte desta serosa sofre reabsorção. O lado esquerdo original da serosa gástrica está voltado para o saco maior, e o lado direito está voltado para o saco menor.

Estômago ao nascimento

O estômago exibe características fetais até um pouco após o nascimento, quando a iniciação da ventilação pulmonar, os reflexos de tosse e deglutição e o choro causam a ingestão de grandes quantidades de ar e de líquido. Uma vez a deglutição pós-natal tenha começado, o estômago se distende a quatro ou cinco vezes o seu estado contraído e muda sua posição em relação ao estado de expansão e contração das outras vísceras abdominais, e em relação à posição do corpo. No recém-nascido, a superfície anterior do estômago é geralmente coberta pelo lobo esquerdo do fígado, o qual se estende quase até o baço (Fig. 14.4). Apenas uma pequena porção da curvatura maior do estômago é visível anteriormente. A capacidade do estômago é de 30-35 mL no recém-nascido a termo, aumentando para 75 mL na segunda semana e para 100 mL por volta da quarta semana (a capacidade do adulto é em média de 1.000 mL). A mucosa e a submucosa são relativamente mais espessas do que no adulto; entretanto, a túnica muscular é apenas moderadamente desenvolvida, e a peristalse não é coordenada. Ao nascimento, a secreção de ácido gástrico é baixa, o que significa que o pH gástrico é alto durante as primeiras 12 horas pós-natais. Ele cai rapidamente com o início da secreção de ácido gástrico, normalmente após a primeira alimentação. A secreção de ácido usualmente permanece baixa durante os primeiros 10 dias pós-natais. O esvaziamento gástrico e os tempos de trânsito são demorados no recém-nascido.

DUODENO

O duodeno se desenvolve a partir da porção caudal do intestino anterior e da porção cranial do intestino médio. Um mesoduodeno ventral, o qual é contínuo cranialmente com o mesogastro ventral, está preso apenas à porção do intestino anterior. Posteriormente, o duodeno tem um espesso mesoduodeno dorsal que é contínuo com o mesogastro dorsal cranialmente e com o mesentério dorsal do intestino médio caudalmente. Anteriormente, a borda caudal extrema do mesentério ventral do intestino anterior se estende por sobre o curto segmento inicial do duodeno. O fígado surge como um divertículo a partir da superfície ventral do duodeno na junção entre o intestino anterior e o intestino médio, isto é, onde o intestino médio é contínuo com a parede do saco vitelino (o portal intestinal cranial). O brotamento pancreático ventral também se origina a partir deste divertículo. O brotamento pancreático dorsal se evagina posteriormente em meio ao mesoduodeno dorsal, ligeiramente mais cranialmente do que o divertículo hepático. A rotação, o crescimento diferencial e as cavitações relacionadas ao estômago e os omentos em desenvolvimento causam movimentos correspondentes no duodeno, o qual forma uma alça direcionada para a direita, com seu lado direito original agora adjacente à parede abdominal posterior (Fig. 73.6). Essa mudança é composta pela migração do ducto biliar e do ducto pancreático ventral ao redor da parede duodenal. Sua origem se modifica até que ele alcance a parede medial da segunda parte do duodeno completamente formado: o ducto biliar passa posteriormente ao duodeno e segue na borda livre da parte ventral do duodeno e no mesogastro ventral. A aderência local e a subsequente reabsorção de parte da serosa duodenal e do peritônio parietal resultam no fato de que quase todo o duodeno, com exceção de um curto segmento inicial, torna-se retroperitoneal (séssil).

A atresia duodenal é um defeito do desenvolvimento encontrado em 1 entre 5.000 nascidos vivos (Whittle, 1999). Ela pode estar associada a um pâncreas anular, o qual pode comprimir o duodeno externamente (20% das atresias duodenais), ou a anormalidades do ducto biliar. Em 40-60% dos casos, a atresia é completa e o tecido pancreático preenche o lúmen. A condição pode ser diagnosticada ao exame por ultrassom, o qual revela uma típica aparência em bolha dupla causada pelo líquido que aumenta o estômago e a parte proximal do duodeno. O polidrâmnio está invariavelmente presente e frequentemente é a indicação para o escaneamento. A atresia duodenal ocorre comumente com outros defeitos do desenvolvimento; por exemplo em anomalias cardíacas e esqueléticas e na síndrome de Down.

MESENTÉRIOS DORSAL E VENTRAL DO INTESTINO ANTERIOR

O epitélio do estômago e do duodeno não sofre rotação em relação ao seu mesênquima envolvente. A rotação inclui as paredes de epitélio celomático dos canais pericardioperitoneais, os quais estão a cada lado do estômago e do duodeno e formam sua serosa, e o mesogastro dorsal em alongamento ou o mesoduodeno dorsal, muito mais curto. Um mesogastro ventral pode ser visto quando a distância entre o estômago e o fígado aumenta. Enquanto o mesogastro dorsal tem origem a partir da parede posterior do corpo na linha média, sua conexão com a curvatura maior do estômago, a qual se alonga à medida que o estômago cresce, torna-se direcionada para a esquerda conforme o estômago sofre sua primeira rotação. Com a segunda rotação, uma porção do mesogastro dorsal agora se volta caudalmente (Fig. 73.6). O mesogastro ventral permanece como uma dupla camada de epitélio celomático, o qual envolve o mesênquima e forma o omento menor (Fig. 73.7).

O movimento do estômago está associado a um extenso alongamento do mesogastro dorsal, o qual se torna o omento maior, e que agora, a partir de sua origem posterior, inclina-se caudalmente por sobre o intestino delgado, em seguida se dobra de volta anteriormente e sobe para a curvatura maior do estômago. O omento maior é consequentemente composto por uma prega que contém, tecnicamente, quatro camadas de peritônio. O mesoduodeno dorsal, ou ligamento suspensor do duodeno, é uma estrutura muito mais espessa que fixa a posição do duodeno quando o resto do intestino médio e seu mesentério dorsal se alongam e passam para dentro do cordão umbilical. Para uma informação mais detalhada deste processo, ver a página 1216.

GLÂNDULAS ESPECIAIS DO INTESTINO ANTERIOR PÓS-FARÍNGEO

Pâncreas

O pâncreas desenvolve-se a partir de duas evaginações do intestino anterior, que se fundem para formar um único órgão. Um brotamento pancreático dorsal pode ser visto em embriões de estágio 13 como um espessamento do tubo endodérmico que prolifera em meio ao mesogastro dorsal (Figs. 73.3 e 73.4). Um brotamento pancreático ventral se evagina em íntima proximidade do primórdio do fígado, mas não pode ser claramente identificado até o estágio 14, quando ele aparece como uma evaginação do ducto biliar propriamente dito. No estágio 16 (cinco semanas), o crescimento diferencial da parede do duodeno resulta no movimento do brotamento pancreático ventral e do ducto biliar para o lado direito, e definitivamente para uma posição dorsal. Não está claro se existe uma mudança correspondente do mesênquima durante esta rotação. Entretanto, o brotamento pancreático ventral e o ducto biliar rodam de uma posição dentro do mesogastro ventral (mesoduodeno ventral) para uma posição no mesogastro dorsal (mesoduodeno dorsal), que se destina a se tornar fixado sobre a parede abdominal posterior. Por volta do estágio 17, os brotamentos pancreáticos ventral e dorsal se fundem, embora a origem do brotamento ventral a partir do ducto biliar ainda seja óbvia. A reconstrução tridimensional dos brotamentos pancreáticos ventral e dorsal confirmou que o brotamento pancreático dorsal forma a parte anterior da cabeça, o corpo e a cauda do pâncreas, e o brotamento pancreático ventral forma a parte posterior da cabeça e a parte posterior do processo uncinado. O brotamento pancreático ventral não forma todo o processo uncinado (Collins, 2002).

Os ductos pancreáticos em desenvolvimento normalmente se fundem de tal maneira que a maior parte do ducto dorsal drena para a parte proximal do ducto ventral (Figs. 73.3 e 73.4). A porção proximal do ducto dorsal usualmente persiste como um ducto acessório. A fusão dos ductos ocorre tardiamente no desenvolvimento ou no período pós-natal: 85% dos bebês têm ductos acessórios patentes quando em comparação a 40% dos adultos. A fusão pode não ocorrer em 10% dos indivíduos, em cujo caso a drenagem separada para o duodeno é mantida, o chamado divisum do pâncreas. A falha do divertículo pancreático ventral em migrar vai resultar em um pâncreas anular, o qual pode comprimir o duodeno localmente.

O pâncreas ventral nem sempre se estende anteriormente à veia mesentérica superior, mas permanece relacionado à sua superfície lateral direita. Inicialmente, o corpo do pâncreas se estende para o mesoduodeno dorsal e em seguida cranialmente para o mesogastro dorsal. À medida que o estômago sofre rotação, essa porção do mesogastro dorsal é direcionada para a esquerda e forma a parede posterior do saco menor. A camada posterior dessa porção do mesogastro dorsal se funde com a camada parietal da parede celomática (peritônio) e o pâncreas se torna primariamente retroperitoneal (Fig. 73.7C). A região de fusão do mesogastro dorsal não se estende tanto para a esquerda de modo a incluir a cauda do pâncreas, a qual segue para o ligamento lienorrenal (ou esplenorrenal). Mais tarde, a borda anterior do pâncreas fornece a principal linha de fixação para os folhetos posteriores do omento maior.

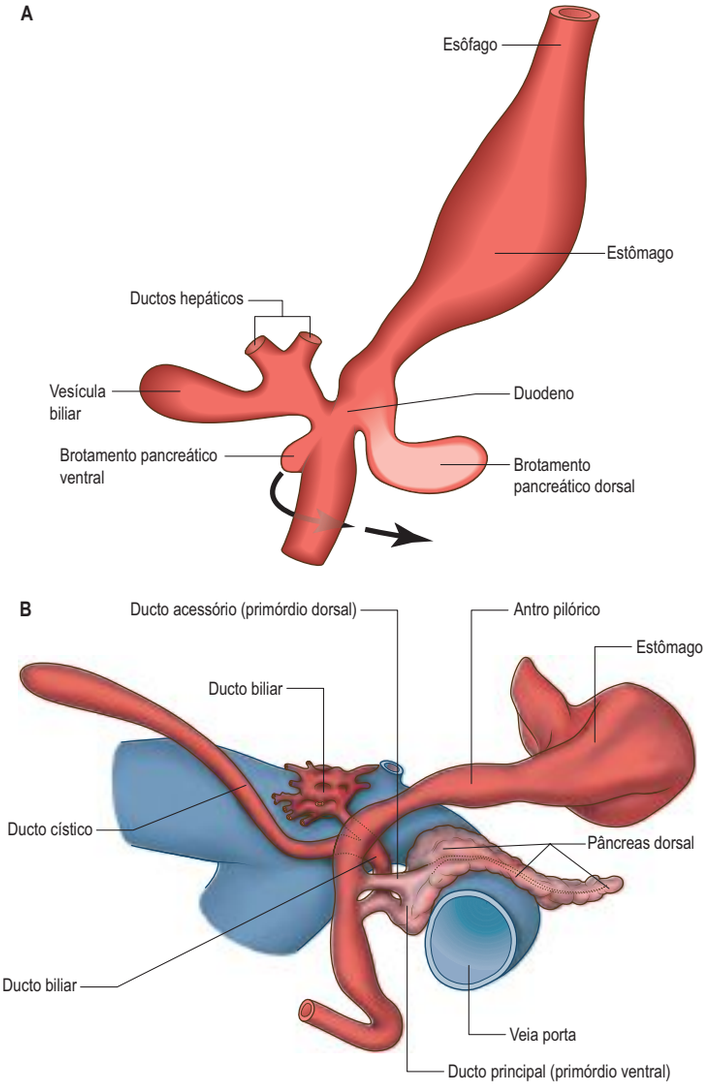


Fig. 73.4 Desenvolvimento do pâncreas em um embrião humano. **A,** Um embrião de 7,5 mm, estágio inicial; vista lateral. **B,** Um embrião de 14,5 mm, estágio mais tardio; vista ventral.

Desenvolvimento celular do pâncreas

A especificação inicial do endoderma pancreático envolve a proximidade da notocorda ao endoderma dorsal, o qual reprime localmente a expressão do fator de transcrição Shh. O endoderma caudal à região pancreática não responde aos sinais notocordais. O endoderma do brotamento pancreático ventral não parece sofrer a mesma indução. O mesênquima pancreático é derivado de duas regiões. O mesênquima que circunda o brotamento pancreático dorsal prolifera a partir do epitélio celomático da esplancnopleura das paredes mediais dos canais pericardioperitoneais, enquanto o brotamento pancreático ventral é revestido pelo mesênquima do septo transverso e por mesênquima derivado das paredes ventrais inferiores dos canais pericardioperitoneais.

O epitélio endodérmico dos ductos primitivos fornece a população de células-tronco para todas as células secretoras do pâncreas, exócrinas e endócrinas. Inicialmente, as células endócrinas estão localizadas nas paredes dos ductos ou em brotamentos que se desenvolvem delas, e mais tarde elas se acumulam em ilhotas pancreáticas. As células dos ductos primitivos restantes vão se diferenciar em células dos ductos definitivos. No feto, elas desenvolvem microvilos e cílios, mas não apresentam as interdigitações laterais vistas no adulto. Ramos do ducto principal tornam-se dúctulos interlobulares que terminam como ácinos em fundo cego, ou como elementos acinares de formato tubular.

O padrão de ramificação dos ductos e a estrutura acinosa do pâncreas são determinados pelo mesênquima pancreático. Esse mesênquima dá origem ao tecido conjuntivo entre os ductos, os quais – no feto – parecem ser importantes em estimular a proliferação das células pancreáticas e em manter as proporções relativas de células acinosas, células α e células β durante o desenvolvimento. Ele também proporciona linhagens celulares para o músculo liso no pâncreas. O mesênquima angiogênico invade a glândula em desenvolvimento para produzir vasos sanguíneos e linfáticos.

O processo de diferenciação das ilhotas é dividido em duas fases (Collins, 2002). A fase I, caracterizada pela proliferação de células polihormonais, ocorre das semanas 9 a 15. A fase II, caracterizada pela diferenciação de células mono-hormonais, é vista a partir da 16ª semana em diante. As células β, que produzem insulina e amilina, diferenciam-se primeiro, seguido por células α, as quais produzem o glucagon. As células δ, as quais produzem somatostatina, são vistas após 30 semanas. O brotamento dorsal dá origem principalmente às células α, e o brotamento ventral à maioria das células produtoras do polipeptídeo pancreático. As células β se desenvolvem a partir do epitélio ductal durante todo o desenvolvimento e no período neonatal. Mais tarde, nas 10ª-15ª semanas, alguns dos ductos primitivos se diferenciam em células acinosas, nas quais grânulos de zimogênio ou marcadores de células acinosas podem ser detectados em 12-16 semanas.

O pâncreas no recém-nascido apresenta todas as subdivisões normais do adulto. A cabeça é proporcionalmente grande no recém-nascido e existe uma continuação lisa entre o corpo e a cauda. A borda inferior da cabeça do pâncreas é encontrada ao nível da segunda vértebra lombar. O corpo e a cauda passam cranialmente e para a esquerda, e a cauda está em contato com o baço (Fig. 14.4).

Fígado

O fígado é um dos órgãos mais precoces e é o centro principal de hematopoiese no feto. Ele se desenvolve a partir de uma evaginação endodérmica do intestino anterior e do mesênquima do septo transverso, o qual é derivado do epitélio celomático em proliferação na região protocardíaca. O desenvolvimento do fígado está intimamente relacionado ao desenvolvimento do coração. As veias vitelinas, sucedidas pelas veias umbilicais que seguem para o seio venoso, são rompidas pelo septo transverso em crescimento para formar um plexo hepático, o precursor dos sinusoides hepáticos (Collins, 2002, para uma descrição detalhada do desenvolvimento hepático).

Desenvolvimento inicial do fígado

À medida que a prega cefálica e o celoma intraembrionário precoce se formam, a parede ventral da cavidade pericárdica dá origem a populações de células que formam o mesênquima pré-cardíaco ou cardíaco. O endoderma hepático é induzido a proliferar por esse mesênquima, embora todas as porções do tubo cardíaco primitivo – tronco arterioso, átrio e ventrículo, tanto no endocárdio como no miocárdio – tenham potência para indução hepática, a qual é tecido-específica, mas não espécie-específica. À medida que o coração e o intestino anterior tornam-se separados pelo acúmulo de mesênquima cardíaco, o mesênquima em si é renomeado de septo transverso. Ele é visto como uma massa ventral, caudal ao coração, a qual segue dorsalmente a cada lado do tubo digestório em desenvolvimento para se unir ao mesênquima em proliferação das paredes dos canais pericardioperitoneais. A maioria das células no septo transverso é destinada a se tornar mesênquima hepático.

No embrião de estágio 11, a localização do endoderma hepático é identificada no limite superior do portal intestinal rostral. Por volta do estágio 12, o primórdio endodérmico hepático está direcionado ventralmente e começa a proliferar como um divertículo. Existem duas partes: uma parte caudal, a qual originará o ducto cístico e a vesícula biliar, e uma parte cranial, que forma o sistema biliar hepático (Figs. 73.3 e 73.5A). As células começam a expressar marcadores moleculares específicos do fígado e a armazenar glicogênio.

Ao redor da porção cranial do divertículo hepático, a lâmina basal é progressivamente rompida e células epiteliais individuais migram para o mesênquima circunjacente derivado do septo transverso. O contorno previamente liso do divertículo se mistura a extensões colunares do endoderma, as trabéculas epiteliais, as quais estimulam as células mesenquimais hepáticas a formar ilhotas sanguíneas e endotélio. O avanço das células epiteliais endodérmicas promove a conversão de progressivamente mais mesênquima hepático em endotélio e células sanguíneas, e apenas um pouco permanece para formar o escasso tecido conjuntivo interlobular e da cápsula do fígado. Esta invasão pelo epitélio hepático é terminada no estágio 13, quando ele se aproxima da superfície caudal da cavidade pericárdica e é separado dela apenas por uma delgada lâmina de mesênquima, a qual dará origem a parte do diafragma.

Durante esta fase inicial de desenvolvimento, o fígado é, de longe, muito mais altamente vascularizado do que o resto do tubo digestório. O plexo capilar hepático está conectado bilateralmente com as veias vitelinas direita e esquerda. Dorsolateralmente, elas desembocam por múltiplos canais em canais hepatocardíacos aumentados, os quais levam aos cornos direito e esquerdo do seio venoso (Fig. 73.9); usualmente, o canal do lado direito é mais desenvolvido. Ambos os canais direito e esquerdo se projetam para os canais pericardioperitoneais e formam locais para a troca de líquido do celoma para os canais vasculares. O crescimento do tecido hepático nestas regiões é às vezes referido como os cornos direito e esquerdo do fígado.

O fígado permanece proporcionalmente grande durante seu desenvolvimento e constitui um órgão considerável dorsalmente ao coração

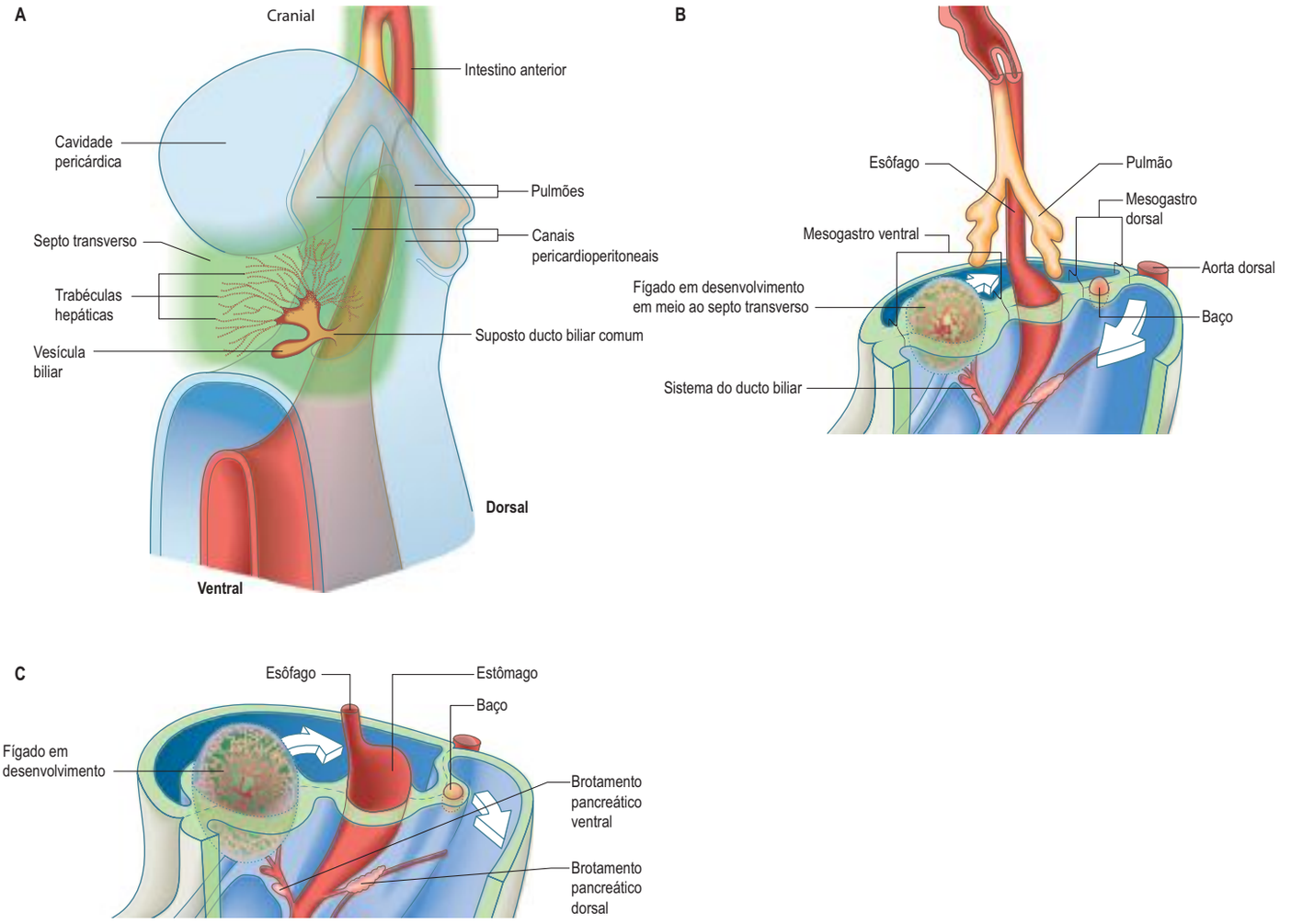


Fig. 73.5 Desenvolvimento inicial do fígado e das cavidades peritoneais supraumbilicais. **A,** O primórdio endodérmico hepático prolifera ventralmente em direção ao mesênquima do septo transverso. As células endodérmicas que formam as trabéculas hepáticas se tornarão os hepatócitos: as células mesenquimais do septo transverso se tornarão o endotélio dos sinusoides hepáticos e as células sanguíneas primitivas. Os brotamentos pulmonares em desenvolvimento podem ser vistos se expandindo para as cavidades pericardioperitoneais. **B,** O mesênquima do septo transverso e o estômago se tornam envolvidos pelos canais pericardioperitoneais direito e esquerdo (mostrados em corte transversal). A justaposição das paredes pericardioperitoneais mediais formam os mesogastros dorsal e ventral. A proximidade dos brotamentos pulmonares ao estômago em desenvolvimento pode ser vista. As cavidades pleural e peritoneal supraumbilical são transitória e bilateralmente simétricas acima do umbigo. **C,** A borda inferior do mesogastro ventral denota que a conexão entre as cavidades peritoneais supraumbilicais (canais pleuroperitoneais) pode ser identificada através da posição do brotamento pancreático ventral e do ducto biliar comum. As setas brancas indicam a direção do movimento dos mesogastros dorsal e ventral.

no estágio 14, e em seguida localizado mais caudalmente por volta do estágio 16. Por volta deste estágio, ductos hepáticos podem ser vistos separando o epitélio hepático do sistema biliar extra-hepático; porém, mesmo no estágio 17, os ductos não penetram no fígado por uma distância muito longa.

Maturação do fígado

Aos três meses de gestação, o fígado quase enche a cavidade abdominal e seu lobo esquerdo é quase tão grande quanto o direito. Quando a atividade hematopoiética do fígado é assumida pelo baço e pela medula óssea, o lobo esquerdo sofre alguma degeneração e se torna menor que o direito. O fígado permanece relativamente maior que no adulto durante todo o restante da gestação. No recém-nascido, ele constitui 4% do peso corporal, comparado a 2,5-3,5% em adultos. Ele se encontra em contato com a maior parte do diafragma e se estende abaixo da margem costal anteriormente, e em alguns casos a 1 cm da crista ilíaca posteriormente. O lobo esquerdo cobre grande parte da superfície anterior do estômago e constitui quase um terço do fígado (Fig. 14.4). Embora suas funções hematopoiéticas cessem antes do nascimento, suas funções enzimáticas e sintéticas não estão completamente maduras ao nascimento.

Desenvolvimento dos ductos biliares intra-hepáticos

O desenvolvimento dos ductos biliares intra-hepáticos segue o padrão de ramificação das radículas da veia porta (Collins, 2002). O divertículo hepático, em posição cranial, dá origem aos hepatócitos do fígado, aos grandes ductos biliares intra-hepáticos (ductos hepáticos direito e esquerdo, ductos segmentares, ductos condutores e seus primeiros ramos) e aos pequenos ductos biliares (ductos biliares septais, ductos interlobulares e dúctulos biliares). As veias porta e hepática se originam juntas a partir das veias vitelinas. Logo ao início do desenvolvimento, o acúmulo de mesênquima ao redor dessas veias é similar, enquanto mais tarde o mesênquima aumenta ao redor da veia porta. Isto é um pré-requisito para o desenvolvimento dos ductos biliares. Hepatócitos primitivos circundam os ramos da veia porta e o mesênquima associado e formam um manguito de células denominado de placa ductal. Porções da placa ductal se dividem para produzir linhagens de células epiteliais que migram próximo a um ramo da veia porta, onde elas se diferenciam em ductos biliares. À medida que os ductos biliares se desenvolvem, células mesenquimais angiogênicas formam vasos sanguíneos que se conectam à artéria hepática a partir da 10ª semana. Deste modo, as tríades portais são padronizadas pelas radículas da veia porta, as quais inicialmente induzem a formação dos ductos biliares e em seguida a formação das artérias. O desenvolvimento do sistema biliar estende-se do hilo para a periferia. Anormalidades da árvore biliar estão associadas à anormalidade do padrão de ramificação da veia porta. Os ductos biliares em desenvolvimento permanecem patentes durante todo o desenvolvimento; o estágio sólido do desenvolvimento ductal previamente promulgado foi refutado. A atresia dos ductos biliares extra-hepáticos é observada, frequentemente em associação a uma atresia extra-hepática. A causa desta condição não está clara; um processo inflamatório pode estar envolvido, embora alguns casos tenham aspectos de malformação da placa ductal (Howard, 2002).

Desenvolvimento dos ductos biliares extra-hepáticos

A parte caudal do divertículo endodérmico hepático forma o sistema biliar extra-hepático, o ducto hepático comum, a vesícula biliar, o ducto cístico e o ducto biliar comum.

O ducto biliar primitivo, que se originou da parede ventral do intestino anterior (agora duodeno), migra com o brotamento pancreático ventral primeiramente para a direita, e em seguida dorsomedialmente para o mesoduodeno dorsal. Os ductos hepáticos direito e esquerdo se originam da extremidade cranial do ducto hepático comum a partir de 12 semanas de gestação.

A atresia dos ductos biliares extra-hepáticos em recém-nascidos ocorre isoladamente ou em conjunto com uma variedade de outras anomalias, incluindo *situs inversus*, má rotação, polisplenia e defeitos cardíacos. Em tais casos, os ductos biliares intra-hepáticos apresentam um formato tubular maduro, mas também mostram aspectos de malformação das placas ductais.

No recém-nascido a vesícula biliar tem uma superfície peritoneal menor do que no adulto, e seu fundo frequentemente não se estende até a margem do fígado. Ela geralmente está embebida no fígado e em alguns casos pode estar coberta por faixas de parênquima hepático. Após o segundo ano, a vesícula biliar assume o tamanho relativo que ela tem no adulto.

INTESTINO MÉDIO

O intestino médio forma a terceira e a quarta partes do duodeno, o jejuno, o íleo e dois terços do colo transverso: seu desenvolvimento produz a maior parte do intestino delgado e uma porção do intestino grosso. Em embriões dos estágios 10 e 11, ele se estende do portal intestinal cranial ao portal intestinal caudal e se comunica diretamente com o saco vitelino ao longo de todo o seu comprimento. Embora ele tenha uma parede dorsal, nesses estágios as paredes laterais ainda não se formaram. Por volta do estágio 12, a conexão com o saco vitelino se estreita de modo que o intestino médio tenha paredes ventrais cranial e caudalmente. Essa conexão é reduzida a um pedículo vitelino que contém o ducto vitelo-intestinal durante o estágio 13, em cujo momento o saco vitelino aparece como uma esfera à frente do embrião. Posteriormente ao intestino médio, os epitélios celomáticos da esplancnopleura convergem para formar o mesentério dorsal. Ventrolateralmente, o celoma intraembrionário encontra-se em ampla comunicação com o celoma extraembrionário. No estágio 14, o intestino médio aumenta de comprimento mais do que o comprimento axial do corpo do embrião e, com o alongamento do mesentério dorsal, ele projeta-se ventralmente e desvia-se do plano mediano. Para todos esses estágios, veja a Figura 73.3.

ALÇA INTESTINAL PRIMITIVA (OU ALÇA DO INTESTINO MÉDIO)

A alça do intestino médio pode ser primeiramente vista no estágio 15, quando uma projeção, o brotamento cecal, pode ser discernido no ramo inferior da alça, caudalmente ao pedículo vitelino (que se origina do ápice da alça) (Fig. 73.3). Mais tarde, o ramo proximal original da alça se movimenta para a direita e o ramo distal para a esquerda (Fig. 73.3C). A porção mais longa do mesentério dorsal está ao nível do pedículo vitelino: existe um alongamento relativamente menor próximo à extremidade caudal do duodeno ou à metade cranial do intestino grosso. O intestino médio se estende para o celoma umbilical já tendo sofrido uma rotação através de um ângulo de 90º (em sentido anti-horário, visto pela face ventral). Esta posição relativa é aproximadamente mantida, uma vez que a protrusão persiste, durante cujo tempo o ramo proximal – que forma o intestino delgado – se alonga de forma significativa. Ela se torna enovelada e seu mesentério adjacente adota uma aparência pregueada. A origem da raiz do mesentério é inicialmente mediana e vertical, enquanto em sua fixação intestinal ele é alongado como uma borda franzida e pregueado ao longo de uma zona horizontal. A lâmina mesentérica e seus vasos contidos se espiralizam em torno de 90º. A parte distal – cólica – da alça se alonga menos rapidamente e não tem tendência a se tornar enovelada. À época em que o feto atinge um comprimento de 40 mm (10 semanas), a cavidade peritoneal aumenta e o tamanho relativo do fígado e dos mesonefros é muito menor. A reentrada do intestino ocorre rapidamente e em uma sequência particular, durante a qual ele continua o processo de rotação. A parte proximal da alça retorna primeiro, com o jejuno principalmente à esquerda e o íleo principalmente à direita da cavidade abdominal sub-hepática. À medida que eles reentram na cavidade abdominal, as alças do jejuno e do íleo deslizam para dentro por sobre a face direita do mesocolo descendente, e assim deslocam o colo descendente para a esquerda. O colo transverso segue superiormente para a origem da raiz do mesentério (Fig. 73.6). O ceco é o último a retornar e inicialmente se dispõe sobre alças do íleo à direita. O desenvolvimento mais tardio do intestino grosso leva ao seu alongamento e ao estabelecimento das flexuras hepática e esplênica. Uma escala temporal para a rotação intestinal em embriões humanos estagiados é dada por Kim e colaboradores (2003).

Anomalias da rotação do intestino médio

Se a alça do intestino médio falhar em retornar para a cavidade abdominal no tempo apropriado, uma gama de defeitos ventrais pode resultar. A falha na obliteração do ducto vitelino que conecta o intestino médio ao saco vitelino resulta no divertículo de Meckel. Este pode estar presente como um curto segmento do ducto vitelino preso à face ventral original do íleo; ele pode permanecer preso ao umbigo como uma fístula; ou pode permanecer como uma faixa ligamentosa presa ao umbigo.

Uma hérnia umbilical ocorre quando alças do tubo intestinal se projetam para um cordão umbilical alargado ao nascimento. O grau de protuberância pode aumentar quando o bebê chora, o que eleva a pressão intra-abdominal: essas hérnias usualmente se resolvem sem tratamento. O exônfalo (ou onfaloncele) é um defeito da parede ventral com herniação na linha média do conteúdo intra-abdominal dentro da base do cordão umbilical. As vísceras herniadas são cobertas pelo peritônio internamente e pelo âmnio externamente. A onfalocele assim formada varia de tamanho, desde uma grande hérnia umbilical até uma massa muito grande que contém a maioria dos órgãos viscerais. Mesmo após o exônfalo ter sido reparado, esses bebês ainda terão uma parede abdominal anterior deficiente.

A gastrosquise é um defeito paraumbilical da parede abdominal anterior associado à evisceração dos órgãos abdominais. Os órgãos não estão envolvidos em membranas; deste modo, a gastrosquise pode ser detectada pela ultrassonografia pré-natal e diferenciada do exônfalo. A gastrosquise é considerada resultante da isquemia periumbilical causada por comprometimento vascular da veia umbilical ou das artérias umbilicais. A incidência desta condição parece estar aumentando, especialmente em bebês nascidos de mulheres jovens, com menos de 20 anos de idade (Whittle, 1999).

O vólvulo congênito se forma caso a alça do intestino médio não sofra uma rotação apropriada. Vários tipos desta condição são identificados. A porção do colo situada no lado esquerdo ocorre se a alça do intestino médio não tiver sofrido absolutamente nenhuma rotação; a rotação mista resulta no ceco disposto inferiormente ao piloro; a falha na apropriada fixação do peritônio pode resultar na fixação do intestino delgado em apenas dois pontos na parede abdominal posterior. Todos esses arranjos levam a um risco de vólvulo, o que pode resultar em necrose do intestino.

A posição e a configuração da alça duodenal são de particular importância em crianças. A alça duodenal normal tem uma configuração em formato de U. O ligamento suspensor do duodeno (ligamento de Treitz) é normalmente encontrado à esquerda do corpo da primeira ou segunda vértebra lombar após a rotação normal do intestino: qualquer outra posição desse ligamento pode indicar algum grau de má rotação intestinal. Em estudos com bário, portanto, a flexura duodenojejunal deve se localizar à esquerda da coluna vertebral lombar superior, ao nível do piloro.

Se o ceco permanecer no quadrante superior direito, ele pode tornar-se fixo naquela posição por fixações peritoneais que passam para a direita, as chamadas bandas de Ladd. Estas podem comprimir o duodeno subjacente e originar uma estenose duodenal. O alto posicionamento do ceco, próximo à flexura duodenojejunal, em alguns casos na linha média, está associado ao desenvolvimento tardio de um vólvulo.

A identificação da má rotação intestinal pode ser feita por investigação com raios X. Entretanto, a ultrassonografia tem a vantagem de mostrar a posição da veia mesentérica superior e da artéria mesentérica superior. A veia deve se localizar à direita da artéria. A maioria dos casos de vólvulo ainda mostrará a inversão desta relação normal, mas a má rotação pode ocorrer com vasos de relação aparentemente normais, particularmente na má rotação com obstrução intestinal devido às bandas de Ladd, e não ao vólvulo.

CORDÃO UMBILICAL

Durante o período quando a alça do intestino médio projeta-se para o celoma umbilical, as bordas da parede ventral do corpo tornam-se relativamente mais próximas e formam uma raiz mais discreta para o cordão umbilical. O mesênquima somático, o qual formará a musculatura da parede ventral do corpo, migra para o mesênquima da somatopleura e segue ventralmente em direção à linha média. O cordão umbilical (pág. 181) forma toda a parede ventral do corpo entre a saliência pericárdica e a genitália externa em desenvolvimento. Ele envolve uma porção do celoma extraembrionário, o celoma umbilical, para o qual a alça do intestino médio se projeta. Quando a alça do intestino médio retorna abruptamente para a cavidade abdominal, forma-se um cordão umbilical mais reconhecível. O ducto vitelino e os vasos involuem. A extremidade cranial do alantoide torna-se adelgaçada e seu lúmen parcialmente obliterado, e ele forma o úraco. O eixo mesenquimal do cordão umbilical é derivado da coalescência do mesênquima da somatopleura associada ao âmnio, do mesênquima esplâncnico associado ao saco vitelino (ou ao ducto vitelino) e do mesênquima esplâncnico associado ao alantoide (do pedículo do embrião). Estas várias camadas tornam-se fundidas e são gradualmente transformadas no cordão mais maduro. As mudanças no sistema circulatório resultam em uma grande veia umbilical esquerda orientada cranialmente (a veia umbilical direita regride) e duas artérias umbilicais dispostas em sentido espiral (p. 181).

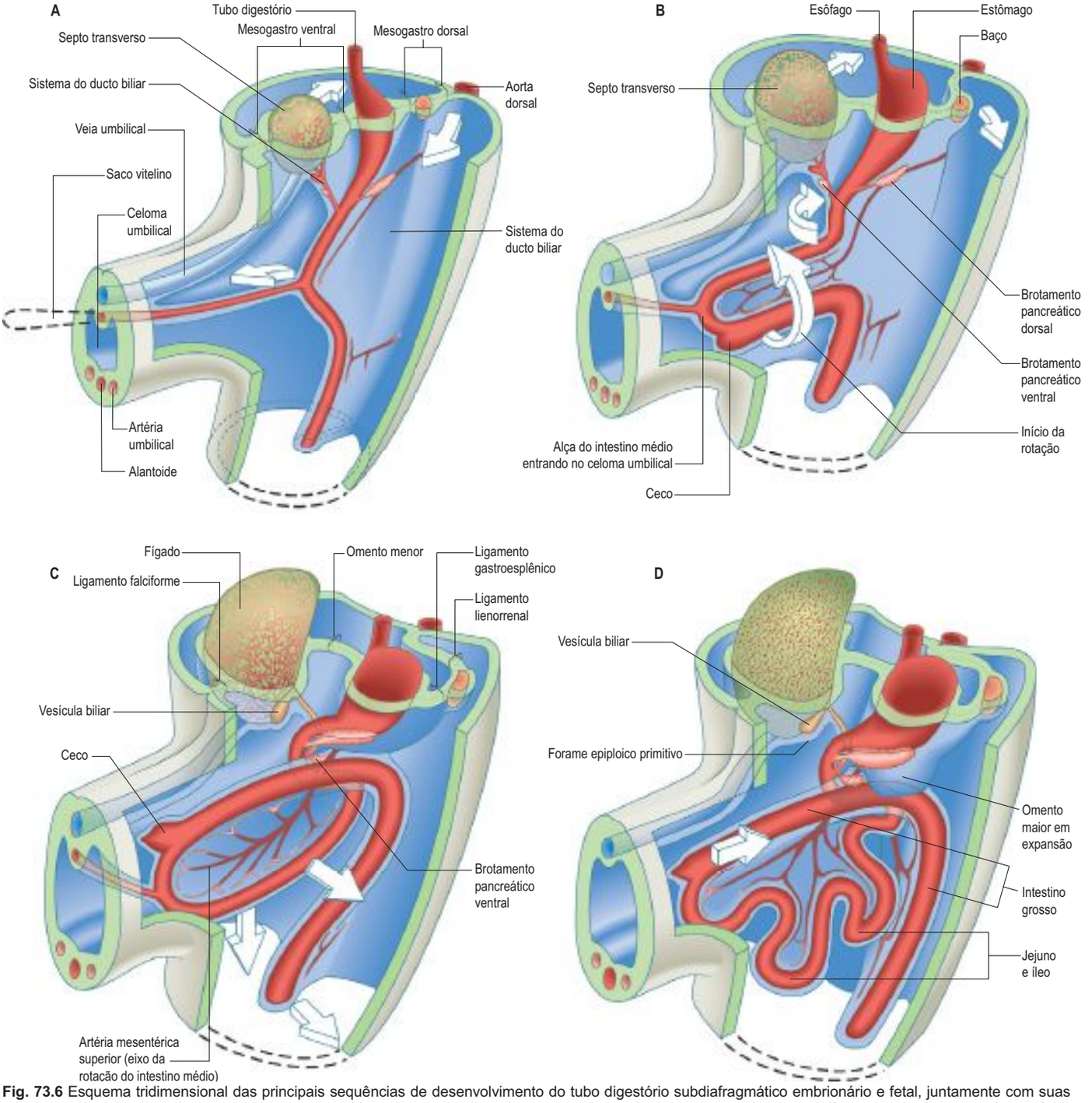


Fig. 73.6 Esquema tridimensional das principais sequências de desenvolvimento do tubo digestório subdiafragmático embrionário e fetal, juntamente com suas principais glândulas associadas, peritônio e mesentérios: visão anterolateral esquerda. A sequência de desenvolvimento **A-F** envolve de 1,5 mês até o período perinatal.

MATURAÇÃO DO INTESTINO DELGADO

Mucosa

O exato momento da morfogênese celular do trato digestório é difícil de estabelecer, especialmente à medida que ele sofre maturação em um gradiente proximodistal. As diferenças de desenvolvimento entre as partes do intestino delgado ou do intestino grosso ainda não foram correlacionadas à idade. As células endodérmicas do intestino delgado proliferam e formam uma camada de três ou quatro células de espessura, com figuras mitóticas em toda parte. A partir de sete semanas, projeções abauladas do endoderma começaram a se formar no duodeno e na parte proximal do jejuno; estas são os vilos em desenvolvimento, os quais aumentam de comprimento até que o lúmen se torne difícil de discernir no duodeno. O conceito de oclusão do lúmen e recanalização, o qual é descrito em muitos textos sobre desenvolvimento, não se associa à citodiferenciação que ocorre no epitélio intestinal. Deste modo, não se considera mais que exista uma recanalização secundária no lúmen intestinal. Por volta de nove semanas, o duodeno, o jejuno e a parte proximal do íleo apresentam vilos, e a porção distal remanescente do íleo desenvolve vilos por volta das 11 semanas. Os vilos são revestidos por um epitélio simples. Criptas primitivas, invaginações epiteliais para o mesênquima por entre os vilos, aparecem entre 10 e 12 semanas, de forma similar ao longo de uma progressão craniocaudal. As glândulas duodenais ou de Brunner estão presentes no duodeno a partir de 15 semanas, e a camada muscular da mucosa pode ser vista no intestino delgado a partir de 18 semanas.

Enquanto figuras mitóticas são inicialmente vistas por toda a camada endodérmica do intestino delgado antes da formação dos vilos, por volta de 10-12 semanas elas estão limitadas às regiões intervilosas e às criptas em desenvolvimento. Acredita-se que uma renovação "adulta" das células possa existir quando células com a parte apical abaulada podem ser observadas nas pontas dos vilos, em posição de exfoliação. Os enterócitos absortivos apresentam microvilos em suas bordas apicais antes de nove semanas. Um sistema tubular apical aparece nesta época, composto de invaginações profundas da membrana plasmática de superfície apical e por vesículas e túbulos revestidos por membrana; muitos elementos lisossomais (corpúsculos de mecônio) aparecem no citoplasma apical. Estes últimos aspectos estão mais desenvolvidos no íleo do que no jejuno, estão mais proeminentes às 16 semanas e diminuem por volta das 21 semanas. Existem depósitos

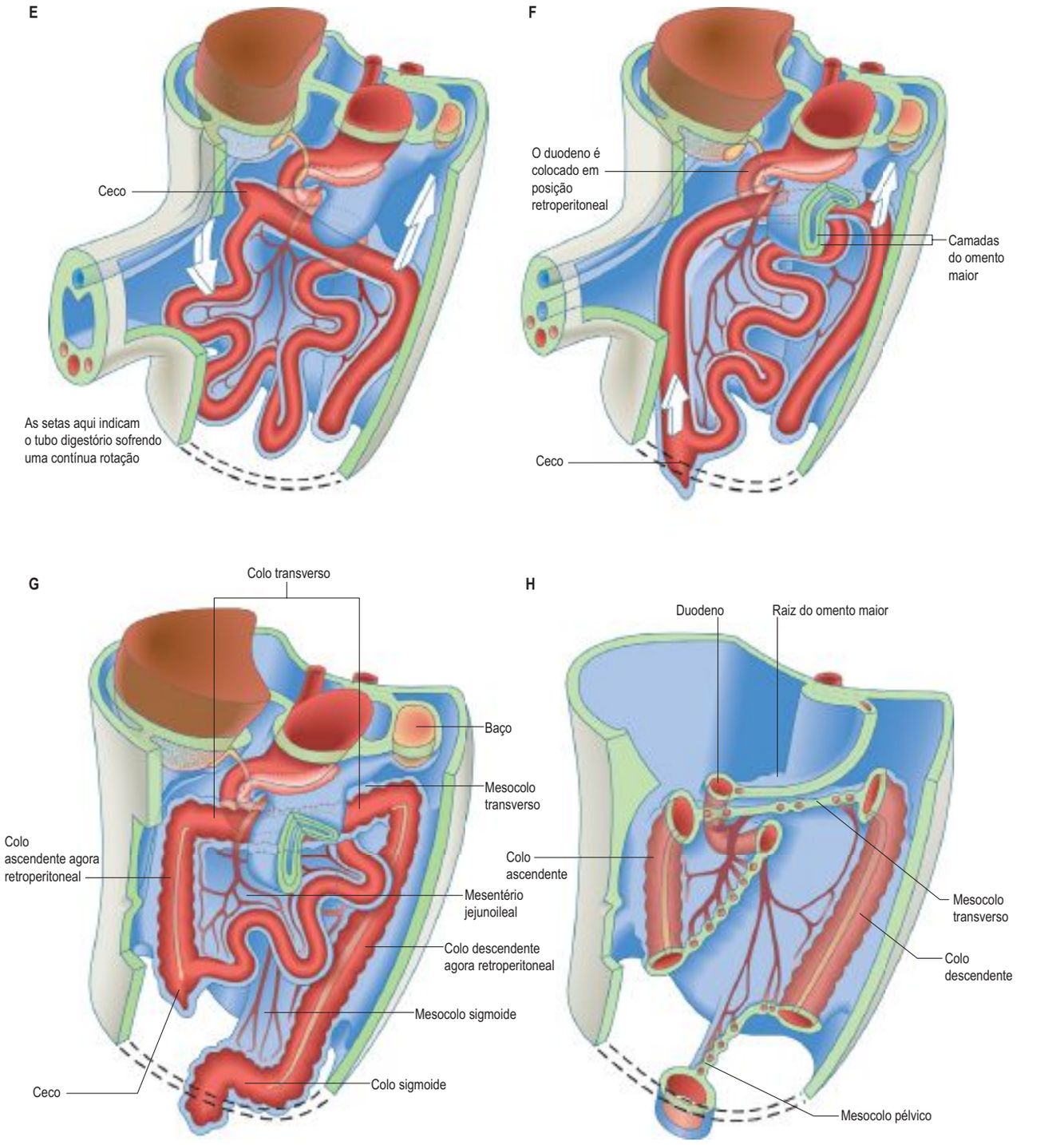


Fig. 73.6, cont. Esquema tridimensional das principais sequências de desenvolvimento do tubo digestório subdiafragmático embrionário e fetal, juntamente com suas principais glândulas associadas, peritônio e mesentérios: visão anterolateral esquerda. A sequência de desenvolvimento **A-F** envolve de 1,5 mês até o período perinatal. **H** denota a disposição geral das vísceras remanescentes e raízes de mesentérios com suas linhas de fixação e principais vasos contidos, que se aproximam do estado adulto para comparação.

de glicogênio abundantes nas células epiteliais fetais, e tem sido sugerido que, antes do aparecimento do glicogênio hepático, o epitélio intestinal serve como um principal estoque de glicogênio. Células caliciformes estão presentes em pequenos números por volta de oito semanas. As células de Paneth se diferenciam na base das criptas nas 11ª e 12ª semanas e as células enteroendócrinas aparecem entre as 9ª e 11ª semanas. As células M (células com micropregas) estão presentes a partir de 14 semanas.

O mecônio pode ser detectado no lúmen do intestino por volta da 16ª semana. Ele é derivado do líquido amniótico deglutido, o qual contém vérnix caseoso e resíduos celulares, secreções salivares, biliares, pancreáticas e intestinais e enterócitos descamados. À medida que a mistura passa ao longo do intestino, a água e os solutos são removidos e os resíduos celulares e as proteínas são concentrados. O mecônio contém enzimas do pâncreas e da parte proximal do intestino em concentrações mais altas em bebês prematuros do que em bebês a termo.

Túnica muscular

A túnica muscular é derivada do mesênquima esplâncnico como ela é em outras partes do trato gastrointestinal. A musculatura longitudinal pode ser vista a partir de 12 semanas. Em 26-30 semanas, o trato intestinal apresenta contrações sem uma periodicidade regular; a partir de 30-33 semanas, grupos repetidos de contrações regulares têm sido observados em recém-nascidos prematuros.

Serosa

O intestino delgado possui apenas um mesentério dorsal. O movimento da raiz deste mesentério dorsal, e o extenso alongamento de sua borda entérica a fim de acoplar o crescimento longitudinal do tubo intestinal, refletem a espiralização da alça do intestino médio no celoma umbilical.

As regiões específicas de adesão da serosa e do peritônio parietal do intestino delgado na cavidade peritoneal são dadas à página 1216.

Intestino delgado ao nascimento

No recém-nascido, o intestino delgado forma uma massa de formato oval com seu diâmetro maior transversalmente orientado no abdome, em vez de verticalmente como no adulto. A massa do intestino delgado inferior ao umbigo é comprimida pela bexiga urinaria, a qual se localiza anteriormente neste ponto. O intestino delgado tem 300-350 cm de comprimento ao nascimento, e sua largura quando vazio é de 1-1,5 cm. A relação entre o comprimento do intestino delgado e o do intestino grosso ao nascimento é similar à relação no adulto. A mucosa e a submucosa são bem desenvolvidas, e os vilos estão presentes por todo o intestino delgado; entretanto, a diferenciação epitelial é um tanto incompleta. A túnica muscular é bastante delgada, particularmente a camada longitudinal, e existe pouca quantidade de componentes do sistema elástico (fibras elásticas) na parede. Existem poucas pregas circulares (ou nenhuma) no intestino delgado, e o jejuno e o íleo apresentam pouca gordura em seu mesentério.

INTESTINO POSTERIOR PRIMITIVO

Assim como o intestino anterior apresenta um extenso divertículo endodérmico ventral que contribui para um sistema separado do tubo digestório, o intestino primitivo também tem um divertículo ventral, o alantoide, destinado a um sistema diferente. No entanto, ao contrário do divertículo respiratório do intestino anterior, o alantoide é formado muito precocemente no desenvolvimento, antes mesmo da formação do endoderma embrionário e da prega caudal. Com a reorganização da região caudal do embrião no estágio 10, parte do alantoide é direcionada para a cavidade do corpo. Deste modo, o intestino posterior embrionário primitivo consiste em uma região tubular dorsal, que se estende do portal intestinal caudal até a membrana cloacal, e um alantoide em fundo cego e de posição ventral, que se estende da região cloacal para dentro do pedículo do embrião. A cavidade levemente dilatada, revestida por endoderma, que recebe cranialmente o intestino posterior entérico propriamente dito e a raiz do divertículo alantoentérico é denominada de cloaca endodérmica. Ela é fechada ventralmente pela membrana cloacal (endoderma justaposto ao ectoderma do proctodeu) e também possui, transitoriamente, um pequeno recesso de endoderma na raiz da cauda, o intestino pós-anal. Como em outros locais, o intestino posterior, o alantoide e a cloaca endodérmica estão envolvidos por mesênquima esplâncnico. A proliferação do mesênquima e do endoderma no ângulo da junção do intestino posterior com o alantoide produz um septo urorretal (Fig. 78.4B). A proliferação contínua do septo urorretal e o alongamento das estruturas endodérmicas empurram o epitélio endodérmico em direção à membrana cloacal, com a qual ele se funde centralmente, separando os presumíveis reto e porção superior do canal anal (dorsalmente) da presumível bexiga urinária e seio urogenital (ventralmente) (Fig. 78.4C). A membrana cloacal é assim dividida em membranas anal (dorsal) e urogenital (ventral). O centro nodal de divisão é o local do futuro corpo perineal, o centro funcional do períneo. Detalhes do desenvolvimento do intestino posterior alantoideano são dados à página 1322.

INTESTINO POSTERIOR ENTÉRICO

O desenvolvimento do intestino grosso, se derivado do intestino médio ou do intestino posterior, parece ser similar. A extremidade proximal do intestino grosso pode ser primeiramente identificada no estágio 15, quando um aumento de uma porção localizada do tubo intestinal no ramo caudal da alça do intestino médio define o ceco em desenvolvimento. Uma evaginação da porção distal do ceco forma o apêndice vermiforme no estágio 17 (Fig. 73.3). Independentemente dos estudos embrionários de Streeter (1942), existe pouca informação sobre o desenvolvimento do intestino grosso em humanos. O revestimento endodérmico inicial do intestino grosso aparece estratificado, e mitoses ocorrem por todas as camadas. Uma série de pregas longitudinais surge inicialmente no reto e no ceco, e mais tarde nas regiões do intestino grosso entre esses dois pontos. As pregas se segmentam em vilos, com novos vilos que se formam entre estes. A mucosa em desenvolvimento se invagina para o mesênquima subjacente entre os vilos para formar glândulas, as quais aumentam de quantidade por divisão longitudinal, a partir da base para cima. Os vilos gradualmente diminuem de tamanho e estão ausentes à época do nascimento.

MATURAÇÃO DO INTESTINO GROSSO

A similaridade de desenvolvimento entre os intestinos delgado e grosso é ainda refletida em sua diferenciação citológica. O tubo intestinal fetal a partir de 11 semanas apresenta atividade dipeptidásica tanto no intestino grosso como no intestino delgado. Durante todo o desenvolvimento pré-termo, corpúsculos de mecônio são vistos no intestino grosso e no intestino delgado: acredita-se que eles sejam remanescentes fagocíticos de células adjacentes que tenham morrido como resultado de morte celular programada.

Existem poucas evidências da função do intestino grosso no feto humano e no recém-nascido. Entretanto, os resultados específicos de estudos em mamíferos estão correlacionados a estudos em humanos onde for possível. Um número de diferenças distintas e importantes entre a função do intestino grosso adulto e fetal foi relatado.

Mucosa

A absorção de glicose e de aminoácidos não ocorre através da mucosa do intestino grosso na vida adulta, mas existem evidências de absorção direta desses nutrientes durante o desenvolvimento. Ao nascimento, o ciclo normal de ácidos biliares não está maduro. No adulto, a bile é secretada pelo fígado, armazenada na vesícula biliar e em seguida secretada para o intestino, onde é absorvida pelo jejuno e pelo íleo. No feto e no recém-nascido, o transporte de ácidos biliares do íleo não ocorre por um processo ativo, e assim os sais biliares seguem para o intestino grosso. No adulto, a presença de sais biliares no intestino grosso estimula a secreção de água e de eletrólitos, o que resulta em síndrome diarreica; entretanto, o intestino grosso fetal e neonatal parece protegido deste efeito. O intestino grosso não é considerado um local de absorção significativa de nutrientes no adulto, e ainda recém-nascidos são incapazes de assimilar toda a carga de lactose de uma amamentação normal pelo intestino delgado, e uma grande proporção dela poderia ser absorvida pelo intestino grosso. Deste modo, parece que o intestino grosso preenche um papel ligeiramente diferente no período pré-termo e neonatal, ao conservar a absorção de nutrientes e minimizar a perda de líquidos até que o recém-nascido tenha se ajustado à vida extrauterina, à alimentação oral e ao estabelecimento da flora bacteriana simbiótica.

Túnica muscular

A túnica muscular está presente e funcionando por volta da oitava semana, quando ondas peristálticas são observadas. A orientação específica da camada muscular longitudinal em tênias do colo ocorre da 11ª a 12ª semanas, quando os haustros aparecem. Os nervos entéricos estão presentes nos plexos de Meissner e de Auerbach às 8ª e 12ª semanas, respectivamente: existe uma migração craniocaudal de neurônios para a parede intestinal. Uma distribuição normal de células ganglionares é observada em bebês prematuros de 24 semanas, embora haja uma região desprovida de gânglios logo acima das válvulas anais. A migração anormal de células das cristas neurais para o intestino pode dar origem à doença de Hirschsprung (ver adiante). O músculo puborretal aparece em embriões de 20-30 mm, após a abertura da membrana anal.

Serosa

O desenvolvimento da serosa do intestino é considerado com o desenvolvimento da cavidade peritoneal (veja a seguir).

Intestino grosso ao nascimento

No recém-nascido, o intestino grosso tem tipicamente 66 cm de comprimento, e em média 1 cm de largura. O ceco é relativamente menor que no adulto; ele se afila no apêndice vermiforme. O colo ascendente é mais curto no recém-nascido e reflete a região lombar mais curta. O colo transverso é relativamente longo, enquanto o colo descendente é curto, mas tem duas vezes o comprimento do colo ascendente (Fig. 14.4). O colo sigmoide pode ser tão longo quanto o colo transverso; ele frequentemente toca a parte inferior da parede anterior do corpo à esquerda e, em cerca de 50% dos recém-nascidos, parte do colo sigmoide se localiza na fossa ilíaca direita. A túnica muscular, incluindo as tênias do colo, é mal desenvolvida no intestino grosso, assim como no intestino delgado. Os apêndices epiploicos e os haustros (saculações do colo) não estão presentes, o que dá uma aparência externa lisa ao intestino grosso. Os haustros (saculações do colo) aparecem dentro dos primeiros seis meses. O reto é relativamente longo; sua junção com o canal anal forma quase um ângulo reto.

CANAL ANAL

A proliferação mesenquimal ocorre ao redor da borda da face ectodérmica da membrana anal, a qual assim vem a se colocar no fundo de uma depressão, o proctodeu (Figs. 78.4 e 78.7E). Com a reabsorção e o desaparecimento da membrana anal, a região anorretal se comunica com o exterior. A parte inferior do canal anal é formada a partir do ectoderma do proctodeu e o mesênquima subjacente, mas sua parte superior é revestida por endoderma. A linha de união corresponde às bordas das válvulas anais no

adulto. A dupla origem do canal anal é refletida em sua inervação: a porção endodérmica é inervada por nervos autônomos e o proctodeu de origem ectodérmica é inervado por nervos espinais.

Na quarta e na quinta semanas, uma pequena parte do intestino posterior, o intestino pós-anal, projeta-se caudalmente para além da membrana anal (Fig. 73.3B); ele usualmente desaparece antes do final da quinta semana.

O ânus imperfurado é um termo usado para descrever muitas malformações anorretais diferentes. A mais comum é a agenesia anal, a qual é encontrada em quase 50% de todos os casos de ânus imperfurado. A condição está normalmente associada a uma fístula, que se abre na vulva (em meninas) ou na uretra (em meninos). É mais raro para a membrana anal falhar em se tornar perfurada. A condição pode não ser diagnosticada de modo confiável no período pré-natal através de diagnóstico por ultrassom, e ela pode ser confundida com doença de Hirschsprung (ver adiante) e atresia do intestino grosso. O prognóstico é bom para lesões baixas do canal anal. A principal preocupação em todos os casos é o grau de controle do intestino, controle urinário e, em alguns casos, a função sexual, a qual é comprometida pela condição. Malformações anorretais podem ser indicadores de outras anormalidades; por exemplo, aquelas que formam a síndrome "VATER" (anormalidades **v**ertebrais, **a**nais, **t**raqueo**e**sofágicas e **r**enais).

SISTEMA NERVOSO ENTÉRICO

Os neurônios entéricos são derivados das células da crista neural do tronco ao nível dos somitos 1-7 e a partir do 28º somito em diante (Fig. 24.19 e p. 374). Após a neurulação, as células das cristas neurais começam a sua migração ventral e invadem o intestino através do mesentério dorsal (Fig. 24.11). Células gliais associadas ao intestino, chamadas de células gliais entéricas, foram identificadas com origem a partir de níveis similares. O mesênquima esplâncnico local padroniza as células da crista neural de modo que aquelas que penetram nas camadas do trato gastrointestinal adquirem um destino entérico, enquanto aquelas que permanecem fora do trato gastrointestinal tornam-se comprometidas como neurônios pós-ganglionares parassimpáticos. Os neurônios entéricos também migram para as glândulas do trato digestório; por exemplo, o pâncreas.

Doença de Hirschsprung

A doença de Hirschsprung é normalmente caracterizada por uma porção sem glânglios entéricos do trato intestinal, a qual não apresenta peristalse, e um segmento dilatado do colo proximal neste local. Histologicamente existe uma ausência ou uma redução no número de gânglios e neurônios pós-ganglionares no plexo mioentérico; a inervação pós-ganglionar das camadas musculares também é frequentemente defeituosa. Acredita-se que a condição seja causada por uma falha de células da crista neural em colonizar a parede intestinal apropriadamente. Uma abundância excessiva de componentes de lâmina basal, talvez na interface mesotélio/mesênquima, pode impedir a migração precoce de células da crista neural para a parede intestinal; sua nova posição fora do trato intestinal não as confere os estímulos ambientais para a diferenciação em neurônios entéricos, e assim um desenvolvimento não entérico ocorre em gânglios locais adjacentes ao trato intestinal (Gershon, 1987). Uma extensão variável do intestino grosso pode estar afetada: as regiões média e inferior do reto são os locais mais comuns, mas em casos severos o reto, o colo sigmoide, o colo descendente e mesmo o colo ascendente do intestino grosso podem estar aganglionares. A dilatação crônica do intestino grosso ou para a região proximal do retol ao segmento afetado dá origem ao nome comum, megacolo. Ela ocorre como uma consequência da obstrução funcional em virtude da falha de peristalse no segmento afetado, e a porção dilatada do colo é estruturalmente normal. Ocasionalmente, a aganglionose afeta apenas uma extensão muito curta do reto, próximo à junção anorretal, e o grau de obstrução funcional é mínimo: nestes casos de "doença de Hirschsprung de segmento ultracurto", anormalidades clínicas surgem mais tarde na vida. Bebês com doença de Hirschsprung apresentam retardo na passagem de mecônio, constipação, vômitos e distensão abdominal.

TECIDO LINFOIDE ASSOCIADO AO TUBO DIGESTÓRIO

Os linfócitos individuais aparecem na lâmina própria do trato digestório a partir de aproximadamente 12 semanas de desenvolvimento, e agregados linfoides, as placas de Peyer, são observados entre 15 e 20 semanas: não está claro se essas células migram de locais distantes ou se diferenciam a partir do mesênquima de revestimento externo. O epitélio endodérmico que recobre os agregados linfoides é frequentemente distorcido em um formato de cúpula. As células em meio à cúpula são uma população mista de enterócitos, células endócrinas, células caliciformes e células M. As células M são especializadas em fornecer um mecanismo para o transporte de microrganismos e macromoléculas intactas através do epitélio para o espaço intraepitelial e para a lâmina própria. Elas foram observadas no feto por volta de 17 semanas; acredita-se que sejam formadas através de uma interação epitelial/mesenquimal especializada do endoderma e o mesênquima do tipo linfoide subjacente.

Existem células epiteliais similarmente especializadas entre os enterócitos. Os leucócitos intraepiteliais tipicamente representam 15% do total das células presentes em meio ao epitélio do tubo gastrointestinal no adulto. Elas foram observadas às 11 semanas, com uma distribuição de 2-3 linfócitos intraepiteliais/100 células epiteliais intestinais. Tanto linfócitos T como linfócitos B foram descritos na parede do tubo digestório em desenvolvimento. Para uma descrição do desenvolvimento de células imunológicas do trato digestório, consulte Butzner & Befus (1989). O trato digestório neonatal torna-se colonizado por uma extensa flora bacteriana, dos quais alguns componentes existem em uma relação simbiótica com seu hospedeiro e podem ser considerados patogênicos.

MATURIDADE FUNCIONAL DO TRATO DIGESTÓRIO AO NASCIMENTO

Após o nascimento, a primeira passagem de fezes do recém-nascido é denominada de mecônio. Este é uma substância escura, pegajosa e viscosa, formada em função da passagem de líquido amniótico, células descamadas, enzimas digestivas e sais biliares ao longo do trato digestório fetal. O mecônio torna-se progressivamente sólido à medida que a gestação avança, mas normalmente ele não sai do corpo do feto enquanto *in utero*. Uma angústia fetal produzida por anoxia pode induzir a defecação prematura de mecônio no líquido amniótico, com o risco de sua inalação. Ao nascimento, o intestino grosso contém 60-200 g de mecônio. A maioria dos recém-nascidos defeca dentro das primeiras 24 horas após o nascimento. A passagem retardada de fezes além deste tempo está associada à doença de Hirschsprung (ver anteriormente) ou a um ânus imperfurado. A passagem normal de mecônio continua durante os primeiros dois ou três dias após o nascimento, e é seguida de uma transição para matérias fecais por volta do sétimo dia.

CAVIDADE PERITONEAL

O desenvolvimento inicial do celoma intraembrionário, o qual dá origem à cavidade peritoneal, está descrito nas páginas 189 e 199. A Figura 12.2 mostra um esquema do formato da cavidade peritoneal primitiva e indica as populações mesenquimais derivadas a partir de suas paredes epiteliais. Inicialmente, a cavidade peritoneal associada à extremidade inferior do intestino anterior tem componentes direito e esquerdo separados, os canais pleuroperitoneais (Fig. 73.1). Ao nível do intestino médio, os canais pleuroperitoneais se unem e formam uma cavidade confluente que circunda o trato gastrointestinal em desenvolvimento, o qual temporariamente está em comunicação com o celoma extraembrionário.

A descrição do desenvolvimento da cavidade peritoneal que se segue refere-se a alterações que ocorrem como uma consequência do crescimento diferencial do trato digestório.

PERITÔNIO

O peritônio se desenvolve a partir de uma porção específica das paredes do celoma intraembrionário (pp. 189 e 199). Inicialmente, o epitélio do celoma intraembrionário é uma camada germinativa pseudoestratificada da qual a progênie celular com diferentes destinos surge em locais específicos e a específicos tempos de desenvolvimento. A porção que dará origem ao peritônio é derivada da porção inferior dos canais pericardioperitoneais e da somatopleura e esplancnopleura associadas à porção inferior do intestino anterior, ao intestino médio e à porção superior do intestino posterior (Figs. 12.2 e 73.1).

O epitélio proliferativo da esplancnopleura produz populações celulares para a mucosa e para a túnica muscular do trato digestório, e também para o tecido conjuntivo e para o mesotélio do peritônio visceral (a serosa da parede do tubo digestório). O epitélio da somatopleura dá origem à lâmina própria e ao mesotélio do peritônio parietal. As camadas peritoneais visceral e parietal adquirem um mesotélio, o que denota sua origem a partir do mesoderma intraembrionário da parede celomática.

À medida que o tubo digestório cresce, o mesênquima esplâncnico se acumula ao redor do epitélio endodérmico e toda a unidade geralmente se move ventralmente. Existe um aumento concomitante das extremidades caudais dos canais pericardioperitoneais (ou pleuroperitoneais) em desenvolvimento e da cavidade peritoneal em desenvolvimento. As paredes mediais do celoma intraembrionário se aproximam e existe uma relativa redução no mesênquima entre elas. As regiões nas quais as porções mediais do celoma intraembrionário se unem são denominadas de mesentérios. Eles são compostos de duas camadas de peritônio com mesênquima interveniente e contêm as estruturas neurovasculares que seguem para o tubo digestório e que advêm do tubo digestório. Nas extremidades caudais dos

canais pleuroperitoneais, o tubo digestório apresenta mesentérios ventral e dorsal, enquanto caudalmente a isto existe apenas um mesentério dorsal (Figs. 73.6 e 73.7).

Os mesentérios presos ao tubo digestório se alongam para permitir grandes movimentos ou rotações do tubo digestório. Mais tarde, quando parte ou todo o mesentério se dispuser contra o peritônio parietal, suas superfícies justapostas se fundem e são reabsorvidas, isto é, elas se tornam sésseis. Apenas as vísceras desenvolvidas em justaposição direta a uma das regiões celomáticas primárias, ou a uma extensão secundária da última, retêm uma cobertura serosa visceral parcial ou quase completa. Assim, a linha original de reflexão dos mesentérios torna-se alterada, ou em alguns casos o órgão pode se tornar retroperitoneal. Esses mecanismos são significativos por todo o tubo digestório subdiafragmático, mas são predominantes nos intestinos delgado e grosso. Todas as membranas serosas podem variar sua espessura, linhas de reflexão, disposição, "espaço" envolvido e canais de comunicação, através de um processo de crescimento de área e de espessura sobre uma face, combinado à cavitação (que leva à formação de recessos embrionários em expansão) sobre a outra (Figs. 73.6 e 73.7).

Embora todo o tubo digestório e suas glândulas derivadas estejam associados a mesentérios formados conforme descrito anteriormente, a nomenclatura para algumas porções do tubo digestório e de glândulas é diferente. Deste modo, os mesentérios do estômago são chamados de omentos, e as reflexões de peritônio ao redor do fígado, as quais se desenvolvem a partir de uma confluência de porções da esplancnopleura, da somatopleura e derivadas do septo transverso, são chamadas de ligamentos.

Os movimentos das vísceras em desenvolvimento dentro da cavidade peritoneal ocorrem com movimentos associados dos mesotélios que as circundam. Desta forma, as descrições do desenvolvimento da cavidade peritoneal que se seguem descrevem uma sequência de alterações que afetam um espaço complexo e seus limites.

Mesentérios do tubo digestório em desenvolvimento

As porções cervicais e torácicas do esôfago se desenvolvem entre os canais pericardioperitoneais (Fig. 73.1). Ele encontra-se envolvido por mesênquima pré-vertebral, retrotraqueal e retrocardíaco. À medida que os canais pericardioperitoneais se expandem com os brotamentos pulmonares em desenvolvimento, e o diafragma forma-se imediatamente abaixo deles, o esôfago neste nível não tem um verdadeiro mesentério dorsal ou ventral. Nos níveis torácicos superior e intermediário, partes das faces laterais do esôfago estão intimamente relacionadas à pleura parietal, mediastinal e secundária. Na parte inferior do tórax, o esôfago se inclina ventralmente, anteriormente à aorta torácica descendente. O diafragma, que se desliza dorsocaudalmente na linha média, entre os hiatos esofágico e aórtico, pode ter uma homologia com parte de um mesoesôfago dorsal, e é usado neste contexto em descrições do desenvolvimento do diafragma (p. 1013). Uma faixa diafragmática ventral, na linha média, também pode ser considerada como um derivado de um mesoesôfago ventral; entretanto, esta região é mais usualmente considerada como septo transverso.

O canal alimentar, do diafragma até o início do reto, inicialmente possui um mesentério dorsal sagital. Sua linha de continuidade com o peritônio parietal dorsal (*i.e.*, sua "raiz" ou "linha de reflexão") inicialmente também se encontra na linha média.

O intestino anterior abdominal, do diafragma até a futura papila duodenal hepatopancreática (papila duodenal maior), também tem um mesentério ventral. Este se estende das margens ventrolaterais do esôfago abdominal e ainda como estômago primitivo e duodeno proximal – não tendo ainda sofrido a rotação – cranialmente até o futuro diafragma e anteriormente até a parede abdominal ventral (até o nível da borda cranial do umbigo). Caudalmente, entre o umbigo e o duodeno, ele apresenta uma borda livre em formato de crescente.

O intestino médio e o intestino posterior não apresentam mesentério ventral; assim, as cavidades pleural e peritoneal supraumbilical são inicialmente, e transitoriamente, simétricas bilateralmente acima do umbigo. Abaixo do umbigo, a cavidade peritoneal é livremente contínua através da linha média, ventralmente ao tubo digestório (Fig. 73.5A).

Mesentérios do intestino anterior

Os mesentérios dorsal e ventral do intestino anterior são relativamente grandes em comparação aos delicados tubos endodérmicos que eles envolvem; eles são compostos de mesênquima entremeado entre duas camadas de epitélio celomático derivado da esplancnopleura. Uma complexa série de recessos se desenvolve no mesênquima esplâncnico e se torna confluente. Como resultado da rotação do intestino anterior, do crescimento diferencial do estômago, do fígado, do pâncreas e do baço, e do término de formação do diafragma, os territórios do saco maior e do saco menor (bolsa omental) são delimitados e os complexos mesentéricos destes órgãos (omentos e "ligamentos") são definidos (Figs. 73.6 e 73.7).

Consequências da rotação do estômago

Uma variedade de processos ocorre simultaneamente, o que sob o ponto de vista conceitual pode ser visualizado como o movimento do canal pleuroperitoneal direito para uma posição posterior ao estômago, de modo que sua comunicação com o restante da cavidade peritoneal seja reduzida. Esses processos incluem o crescimento diferencial das paredes do estômago, a formação e a extensão local específica dos omentos (mesogastros dorsal e ventral), o crescimento do fígado e particularmente dos vasos e ductos que entram e saem do fígado. Estes desenvolvimentos permitem a expansão do estômago tanto anterior como posteriormente quando um alimento é ingerido e o livre movimento da peristalse. O canal pleuroperitoneal direito forma uma discreta região da cavidade peritoneal, o saco menor, e o canal pleuroperitoneal esquerdo e o restante da cavidade peritoneal formam o saco maior. A entrada para o canal pleuroperitoneal direito original (saco menor) se torna reduzida em tamanho. Ela é chamada de forame epiploico, forame de Winslow ou ádito da bolsa omental (Figs. 73.6 e 73.7).

Estágios primitivos do desenvolvimento do saco menor

O saco menor é primeiramente indicado pelo aparecimento de múltiplas fendas no mesênquima paraesofágico nos lados esquerdo e direito do esôfago. Embora elas possam se tornar confluentes, as fendas esquerdas são transitórias e logo se atrofiam. As fendas direitas se fundem para formar o recesso pneumatoentérico, que se estende da extremidade esofágica da curvatura menor do estômago até a face caudal do brotamento pulmonar direito. Em sua extremidade gástrica, ele se comunica com a cavidade peritoneal geral e se localiza ventrolateral ao tubo digestório; mais rostralmente, ele se dispõe diretamente lateral ao esôfago. Ele não é, conforme comumente afirmado, uma simples escavação progressiva do lado direito do mesogastro dorsal. O recesso pneumatoentérico direito sofre extensão, subdivisão e modificação subsequentes (Fig. 73.7 A[i] e B[i]). De sua extremidade caudal, um segundo prolongamento de fenda e formação de cavidade ocorre, o que produz o recesso hepatoentérico. Este se adelgaça e expande a esplancnopleura entre o fígado e o estômago e a parte proximal do duodeno, e atinge o diafragma (Fig. 73.7A[i] e C[i]). A lâmina mesentérica resultante, estruturalmente bilaminar, é o omento menor. Ela é derivada, cranial a caudalmente, do pequeno mesoesôfago; o mesogastro ventral – muito maior –, representando a borda livre mais caudal, é derivado do mesoduodeno ventral. À medida que o crescimento diferencial do duodeno ocorre, o ducto biliar é reposicionado e a maior parte do duodeno se torna séssil. A fixação duodenal da borda livre e uma contínua faixa adjacente do omento menor se tornam confinadas à borda superior de um curto segmento de sua parte superior. O crescimento e o posicionamento contratantes de suas vísceras aderidas fazem com que a borda livre mude gradualmente da horizontal para a vertical. Ela carreia o ducto biliar, a veia porta e artéria hepática, e sua extremidade hepática é refletida ao redor da porta do fígado. Um nome alternativo para esta parte do omento menor é o ligamento hepatoduodenal: ele forma a parede anterior do forame epiploico. O assoalho do forame é o segmento inicial da parte superior do duodeno, sua parede posterior é o peritônio que cobre a parte imediatamente sub-hepática da veia cava inferior, e seu teto é o processo caudado peritonealizado do fígado. A principal parte do omento menor derivada da curvatura gástrica menor segue em um plano aproximadamente coronal para alcançar o assoalho do sulco progressivamente profundo para o ducto venoso sobre o dorso hepático: esta parte é às vezes chamada de ligamento hepatogástrico.

Ligamentos do fígado

O fígado é precocemente grande durante o desenvolvimento por causa de seu papel inicial na hematopoiese. Desta forma, a massa do fígado projeta-se para a cavidade abdominal com um crescimento igual nos dois lados da cavidade peritoneal. Os ligamentos associados ao fígado se desenvolvem do mesogastro ventral – que segue do intestino anterior até a parede abdominal ventral, para baixo, em direção à borda cranial do portal intestinal – e das reflexões do peritônio, do fígado até o diafragma.

As porções mediais das paredes epiteliais celomáticas germinativas, que contêm mesênquima esplâncnico, mesênquima do septo transverso e o fígado em desenvolvimento, constituem o mesogastro ventral primitivo (Fig. 73.5A). O mesênquima entre essas camadas é contínuo superiormente com o mesênquima do septo transverso relacionado ao diafragma. As camadas epiteliais celomáticas do mesogastro ventral quase se tocam anterior e posteriormente ao fígado, e estão separadas por uma delicada lâmina de mesênquima. Elas formam o ligamento falciforme e o omento menor, respectivamente, e onde elas estão em contato com o fígado diretamente, formam o peritônio visceral (Fig. 73.7D).

Quando o diafragma é formado acima do fígado, cavidades locais coalescem e se abrem na cavidade celomática geral como extensões dos sacos maior e menor. Desta maneira, quase toda a face ventrossuperior, a face visceral e um pouco da face posterior do fígado tornam-se peritonea-

lizadas. O processo de extensão do saco maior continua por sobre o lobo direito e para quando as futuras camadas superior e inferior do ligamento coronário e o ligamento triangular direito são definidos. Aqueles, mais um limite medial fornecido por uma extensão do saco menor, envolvem a "área nua" do fígado, em que o tecido conjuntivo frouxo de origem do septo transverso persiste. Mais tarde no desenvolvimento, quando a função hematopoiética do fígado declina, o lobo esquerdo torna-se relativamente menor do que o direito, o que presumivelmente é responsável pelo tamanho menor do ligamento triangular esquerdo.

Onde as camadas superiores dos ligamentos coronário e triangular esquerdo se encontram, elas continuam como um mesentério ventral (bilaminar) preso à face ventrossuperior do fígado. Sua borda caudal livre, umbílico-hepática, um tanto arqueada, carreia a veia umbilical esquerda. À medida que a parede ventral do corpo se desenvolve, este ligamento

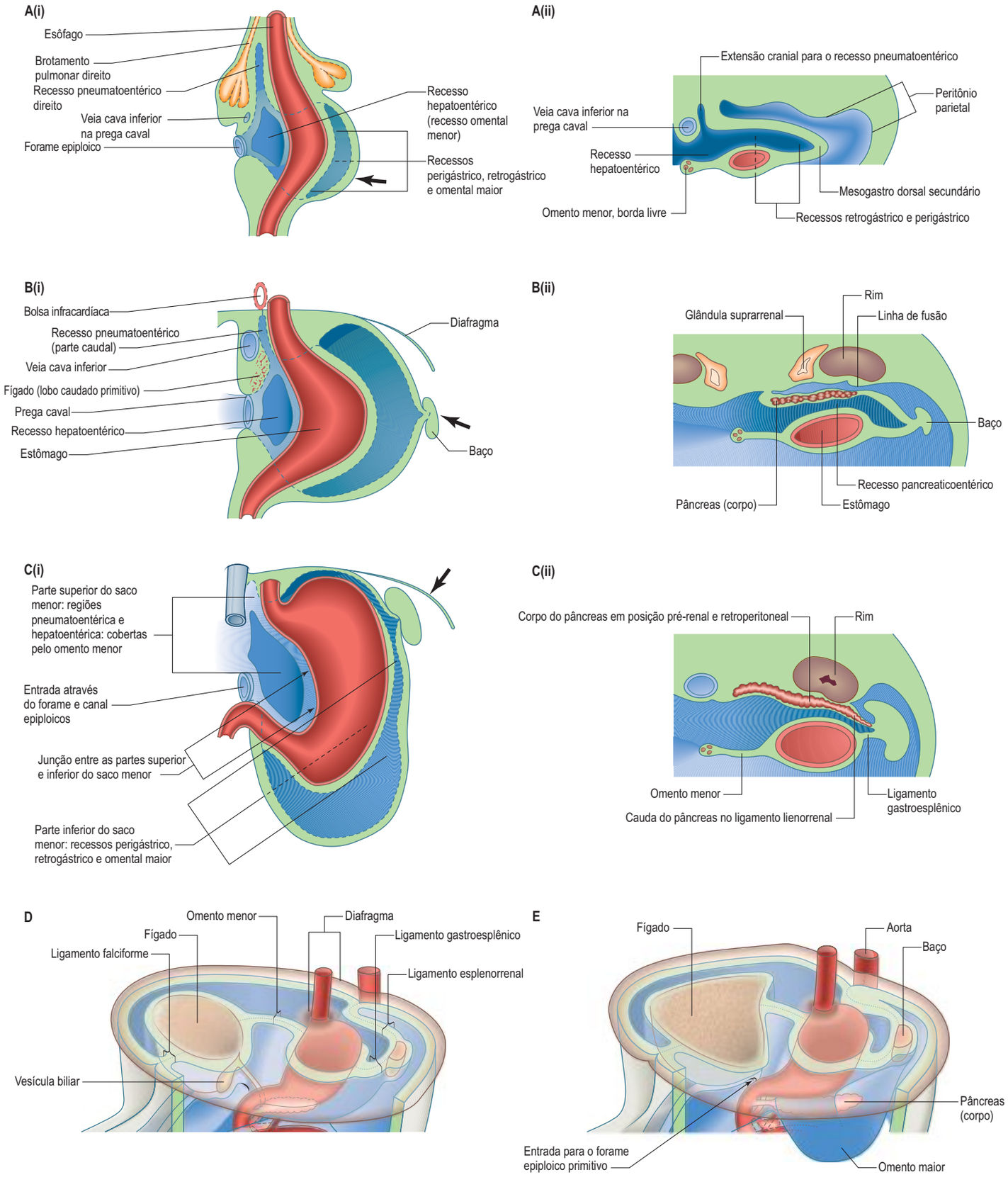


Fig. 73.7 A-C, Estágios de desenvolvimento do intestino anterior subdiafragmático e dos canais pericardioperitoneais/pleuroperitoneais direito e esquerdo, com particular referência à parte terminal do esôfago, estômago, duodeno, baço, o saco menor do peritônio e os omentos: vista em corte semicoronal (coluna esquerda) e corte transversal nos níveis indicados pelas setas (coluna direita). **D** e **E,** Esquema tridimensional do saco menor e dos mesogastros dorsal e ventral.

falciforme – o qual inicialmente se fixa ao portal intestinal cranial primitivo – é direcionado para a borda cranial em redução do umbigo. Ele pode ser considerado a parte ventral final do mesogastro ventral, embora sua borda livre tenha uma origem do mesoduodeno ventral. Sua passagem para a parede ventral do corpo torna-se progressivamente oblíqua, curva e falciforme (em formato de foice) à medida que o umbigo se torna mais definido.

No embrião primitivo, a conexão entre um canal pericardioperitoneal e o outro ocorria diretamente através da superfície ventral da parte cranial do intestino médio, imediatamente caudal ao mesogastro ventral primitivo em desenvolvimento. Por volta do estágio 14, a passagem de um lado do ligamento falciforme para o outro necessita da passagem abaixo do fígado grandemente aumentado, da borda inferior curva do ligamento falciforme ou do omento menor. A posição do ligamento falciforme é de interesse clínico no recém-nascido para o diagnóstico de pneumoperitônio, porque o ar provoca a formação de sua silhueta em raios X abdominais.

Prega caval

A prega caval é uma eminência linear, com extremidades cranial e caudal divergentes, que segue da região abdominal superior até a região torácica inferior e se projeta a partir da parede dorsal do canal pleuroperitoneal. Cranialmente ela se torna contínua, lateromedialmente, com a raiz do primórdio pulmonar e o celoma pleural, com a porção mais superior do mesênquima do septo transverso e com o mesênquima mediastinal retrocardíaco. Caudalmente, ela forma um arco com cornos dorsal e ventral. O corno dorsal se funde com o mesentério dorsal primitivo, a crista mesonéfrica, a gônada e a glândula suprarrenal associadas. O corno ventral é confluente com a superfície dorsal do mesênquima do septo transverso.

Deste modo, a prega caval é uma zona em que os mesênquimas intestinal, mesentérico, intermediário, hepático, pericárdico, pulmonar e mediastinal se encontram e se fundem. Ela fornece uma rota mesenquimal para as partes abdominal superior, transdiafragmática e transpericárdica da veia cava inferior, e também é proeminente no desenvolvimento de partes do fígado, do saco menor do peritônio e de certos mesentérios. A prega esquerda regride, enquanto a prega direita aumenta rapidamente (Fig. 73.7A).

O recesso pneumatoentérico continua a se expandir para a direita, para dentro da substância da prega caval. Ele para próximo à margem esquerda da parte hepática da veia cava inferior, a qual permanece extraperitoneal, e cruza a base da área nua do fígado, agora grosseiramente triangular, e desta nova linha expandida de reflexão. Com o fechamento dos canais pleuroperitoneais, a parte rostral do recesso pneumatoentérico é sequestrada pelo diafragma, mas frequentemente persiste como um pequeno saco seroso no ligamento pulmonar direito. O mesênquima remanescente da prega caval, à esquerda da veia cava inferior – o qual forma a parede direita da parte superior do saco menor –, torna-se completamente invadido pelo parênquima hepático embrionário e é transformado no lobo caudado do fígado. Esta massa lisa e verticalmente alongada projeta-se para a cavidade do saco menor: tanto sua superfície posterior como grande parte de sua superfície anterior tornam-se peritonealizadas como resultado da profundidade progressiva do sulco para o ducto venoso e da fixação do omento menor a seu assoalho.

Estágios tardios do desenvolvimento do saco menor

A parte inferior do saco menor pode ser primeiramente visualizada em embriões de 8-9 mm de comprimento cabeça-nádegas, quando os recessos pneumatoentérico e hepatoentérico estão bem estabelecidos. O progressivo crescimento diferencial gástrico produz um perfil elíptico ao corte transversal, com uma curvatura menor do lado direito, a qual corresponde à borda ventral original do tubo gástrico. A parte gástrica do omento menor relativa ao mesogastro ventral permanece aderida a esta borda. A curvatura maior do estômago é uma nova região em rápida expansão: seu contorno convexo projeta-se principalmente para a esquerda, mas também cranial e caudalmente (Fig. 73.7 A[i], B[i], e C[i]). A borda dorsal original do tubo gástrico atravessa agora a face dorsal do primórdio em expansão e curva-se ao longo de uma linha próxima à curvatura menor. O mesogastro dorsal primitivo é transitoriamente fixado a ela e funde-se com a espessa camada de mesênquima gástrico composto que recobre a face posterior e a grande curvatura do estômago em miniatura. Em virtude de sua espessura, o mesênquima projeta-se cranial, caudal, e particularmente para a esquerda, para além da "nova" grande curvatura do revestimento endodérmico do estômago.

O processo já descrito em relação aos mesentérios ventrais agora sobrevém. Múltiplas fendas aparecem em vários locais no mesênquima, e existem transições locais de mesênquima para epitélio. Os grupos de fendas coalescem rapidamente para formar espaços fechados temporariamente isolados, os quais logo se unem entre si e com a parte superior pré-formada do saco menor; os epitélios recém-formados se unem ao epitélio celomático. Em sequência, os locais iniciais ocorrem no mesênquima gástrico posterior composto mais próximo à curvatura menor e ao longo de sua zona de fusão com o mesogastro dorsal primitivo; no mesoduodeno dorsal; e independentemente na borda caudal, onde o mesênquima da curvatura maior e do mesogastro dorsal se fundem. À medida que estas cavidades se tornam confluentes e sua expansão "reniforme" se segue, se acopla e em seguida excede aquela da curvatura maior gástrica, existem varias sequelas principais. O mesogastro dorsal primitivo aumenta em área através de crescimento intrínseco e, conforme a cavitação progride, através da incorporação de contribuições substanciais a partir da lamela dorsal separada por clivagem do mesênquima gástrico posterior: ele é agora chamado de mesogastro dorsal secundário (Fig. 73.7A[ii]). A fixação gástrica do mesogastro dorsal secundário muda progressivamente. Ela pode ser considerada um conjunto de linhas um tanto espiraladas, dispostas longitudinalmente, que se movem com o tempo para a esquerda, de perto da curvatura menor, em direção – e finalmente atingindo – a curvatura maior definitiva. A fixação mesogástrica parietal e mesoduodenal (em clivagem) permanece na linha média dorsal por um tempo, mas ela sofre mais tarde profundas modificações. Com a confluência das cavidades que coletivamente formam a parte inferior do saco menor, sua comunicação com a parte superior (a qual corresponde à curvatura gástrica menor e às pregas gastropancreáticas direita e esquerda) torna-se mais bem definida. Ventralmente à parte inferior da cavidade, a esplancnopleura pós-clivagem cobre a superfície posteroinferior do estômago e um curto segmento proximal do duodeno. Esta parede ventral continua para além da curvatura maior e do duodeno como a faixa esplâncnica de fixação visceral do mesogastro dorsal secundário e do mesoduodeno. A largura radial da faixa é relativamente curta cranialmente (fundo gástrico) e gradualmente aumenta ao longo da parte esquerda descendente da curvatura maior. Ela é mais longa por todo o perímetro restante da curvatura maior até o duodeno: esta proeminente parte apresenta um contínuo crescimento marginal (caudoventral e lateral) com extensa cavitação interna (suas paredes constituem o grande omento em expansão; Figs. 3.6E e 73.6H). As margens da cavidade da parte inferior do saco menor estão limitadas pelas bordas refletidas dos estratos localizados ventralmente derivados do mesogastro dorsal secundário recém-descrito. Estes convergem para formar a parede dorsal esplâncnica, a qual é inicialmente "livre" em toda sua extensão, exceto em sua raiz dorsal na linha média. Em níveis gástricos grosseiramente intermediários, o primórdio pancreático cresce obliquamente, envolvido em sua parede dorsal; sua cauda finalmente atinge o limite esquerdo do saco menor ao nível da junção entre o fundo e o corpo gástricos (Fig. 73.7C[ii]).

Omento maior

O omento maior continua a crescer lateralmente, e em particular caudoventralmente. Ele recobre e está intimamente justaposto ao mesocolo transverso, ao colo transverso e a alças inframesocólicas e infracólicas do intestino delgado (Fig. 73.6D-G). Neste estágio, a natureza quadrilaminar da parte pendente do omento maior é mais facilmente apreciada. Mesentérios "simples" são bilaminares: eles possuem duas superfícies mesoteliais derivadas do epitélio celomático esplâncnico, o qual recobre um eixo de tecido conjuntivo derivado do mesênquima da esplancnopleura. No omento maior, a serosa gástrica que cobre sua superfície posteroinferior (mesotélio simples) e a serosa anterossuperior (mesotélio simples) convergem para se encontrar na curvatura maior e no segmento inicial do duodeno. O resultante mesentério bilaminar resultante continua caudoventralmente como o estrato "descendente" do omento. Este, ao atingir as margens omentais, é refletido e agora passa craniodorsalmente até sua raiz parietal como o estrato bilaminar posterior "ascendente". Os dois estratos bilaminares estão inicialmente em contato bastante íntimo caudalmente, mas separados por uma delicada extensão semelhante a uma fenda, que contém um líquido, da parte inferior do saco menor. O mesotélio posterior do estrato posterior faz um contato igualmente próximo com a superfície anterossuperior do colo transverso, que se inicia na tênia omental, e com seu mesocolo transverso.

Maturação do saco menor

Neste estágio, e subsequentemente, é conveniente designar a parte inferior do saco menor como consistindo em três sub-regiões: retrogástrica, perigástrica e omental maior (Fig. 73.7C[ii]). Os nomes são autoexplicativos, mas seus limites são modificados por vários fatores. Dois fenômenos são particularmente proeminentes: a "descida" gástrica em relação ao fígado e a fusão das camadas peritoneais com linhas alteradas de reflexão, adesão de superfícies e perda de partes das cavidades.

Após o terceiro mês, o crescimento hepático, particularmente do lobo esquerdo, diminui e todo o órgão retrocede para a parte superior do abdome. Enquanto isso, o estômago se alonga e ocorre certa descida, apesar de suas extremidades cranial e caudal serem relativamente fixas. Isto produz a flexura angular do estômago, que persiste na vida pós-natal. A concavidade da curvatura menor é agora direcionada mais precisamente para a direita, o omento menor está mais exatamente em posição coronal e sua borda livre encontra-se vertical. Ventralmente ao fígado, a borda livre do ligamento falciforme passa de forma abrupta em direção craniodorsal, do umbigo ao fígado (veja a disposição no recém-nascido nas Figs. 14.4 e 14.5). A parede dorsal mesenquimal da parte inferior do saco menor, o

qual é atravessado obliquamente pelo pâncreas em crescimento, tem até agora permanecido livre e retido sua raiz dorsal original na linha média. Áreas substanciais agora se fundem com superfícies peritonealizadas adjacentes de vísceras retroperitoneais, as paredes, ou outra lâmina ou prega mesentérica. No local em que as lâminas se fundem, existe uma variável perda de mesotélios justapostos e de alguma continuidade de seus eixos mesenquimais, mas elas permanecem separáveis sob o ponto de vista cirúrgico e não há o desenvolvimento de anastomoses vasculares através da zona intermediária. Acima do pâncreas, a parede mesogástrica dorsal secundária posterior do saco torna-se intimamente aplicada ao peritônio que recobre a parede abdominal posterior e seus órgãos sésseis, ao diafragma, a grande parte da glândula suprarrenal esquerda, à parte ventromedial do polo superior do rim esquerdo, à parte inicial da aorta abdominal, ao tronco celíaco e seus ramos e a outros vasos, nervos, e linfáticos (Fig. 14.4). Suas superfícies peritoneais se fundem. Entretanto, embora com alguma perda de tecido, um mesotélio simples permanece cobrindo essas estruturas, intercalado como uma nova parede dorsal secundária para esta parte do saco menor.

O pâncreas cresce a partir da alça duodenal e penetra na substância do mesoduodeno dorsal e do mesogastro dorsal secundário; seus mesênquimas e mesotélios inicialmente recobrem toda a sua superfície, exceto onde linhas peritoneais de reflexão existam. Seu peritônio posterior torna-se intimamente justaposto àquele que cobre todas as estruturas da parede abdominal posterior que ele atravessa (a veia cava inferior, aorta abdominal, veia esplênica, artéria mesentérica superior, veia mesentérica inferior, veia porta, vasos renais esquerdos, o polo caudal da suprarrenal esquerda, uma larga banda ventral sobre o rim esquerdo e vários músculos – Figs. 14.4 e 14.5). Os mesotélios peritoneais intervenientes se fundem e atrofiam, e os eixos mesenquimais formam bainhas fasciais e septos. O pâncreas é, agora, um órgão séssil. O peritônio que cobre a parte esquerda superior de sua cabeça, colo e a parte anterossuperior de seu corpo forma a parte central da parede dorsal do saco menor. A cauda do pâncreas permanece peritonealizada por uma parte persistente do mesogastro dorsal secundário à medida que ela se curva da face ventral do rim esquerdo em direção ao hilo do baço. As partes infracólicas do pâncreas são cobertas com o peritônio do saco maior. Na sub-região omental maior da parte inferior do saco menor, duas formas contrastantes de adesão mesentérica ocorrem. O estrato bilaminar posterior "de retorno" do omento sofre uma fusão parcial com o peritônio do colo transverso na tênia omental e com seu mesocolo. As camadas permanecem separáveis sob o ponto de vista cirúrgico; nenhuma anastomose ocorre entre os vasos omentais e cólicos.

A fixação dorsal original na linha média às paredes do mesentério dorsal do intestino anterior é profundamente alterada durante o desenvolvimento do saco menor e de suas vísceras associadas. Entretanto, apesar das extensas áreas de fusão, virtualmente a totalidade da curvatura gástrica maior (diferentemente de uma pequena área subesofágica) e sua continuação topográfica (a borda inferior dos primeiros 2-3 cm do duodeno) retêm verdadeiros derivados mesentéricos do mesogastro dorsal secundário e sua continuação, o mesoduodeno dorsal. Embora nomes regionais sejam usados para auxiliar a identificação e a descrição, deve ser enfatizado que todas elas são apenas sub-regiões de uma lâmina contínua.

A parte superior (esofagofrênica) do omento menor se arqueia através do diafragma. Conforme este mesentério bilaminar se aproxima do hiato esofágico, suas lâminas divergem e rodeiam as margens do hiato. Em seguida elas descem por uma distância limitada e com inclinação variável para envolver áreas de formato recíproco sobre o dorso do fundo gástrico e do diafragma. A área pode ser grosseiramente triangular a quadrangular; ela contém tecido conjuntivo frouxo e constitui a área nua do estômago ou, quando grande, o espaço extraperitoneal esquerdo. Seu ângulo inferior direito é a base da prega gastropancreática esquerda e seu ângulo inferior esquerdo reconstitui o mesentério bilaminar. O teto deste último se arqueia para baixo e para a esquerda, através do diafragma e da glândula suprarrenal, e fornece o ligamento gastrofrênico para o fundo gástrico. Ele continua a se arquear através da superfície ventral da parte superior do rim esquerdo e suas camadas se separam para receber a cauda do pâncreas: elas inicialmente se estendem até o hilo do baço como o ligamento lienorrenal (ou esplenorrenal) (Figs. 73.6C e 73.7D). A metade esquerda deste "ligamento" bilaminar fornece uma túnica peritoneal quase completa para o baço. Em seguida ela se une novamente a seu par na margem oposta do hilo esplênico e continua até a próxima parte da curvatura gástrica maior como o ligamento gastroesplênico. A parte remanescente (talvez dois terços) da curvatura gástrica maior e sua curta extensão duodenal fornecem uma fixação para o estrato bilaminar "descendente" e anterior do omento maior. Seu estrato bilaminar de retorno, posterior, continua com seu teto parietal (o qual se estende do limite inferior atribuído ao ligamento esplenorrenal) e se curva caudalmente e para a direita ao longo da borda anterior do corpo do pâncreas, imediatamente cranial à linha de fixação do mesocolo transverso. Ao atravessar o colo do pâncreas, a mesma curva é seguida por alguns centímetros sobre sua cabeça; o teto omental em seguida se recurva abruptamente em direção cranial e para a esquerda, para alcançar a borda inferior do duodeno. Assim, ela atinge aquela parte do saco menor formada pela clivagem do mesoduodeno a partir do saco maior. Ela entra no forame epiploico, atravessa o canal epiploico entre o processo hepático caudado e a parte proximal do duodeno, em seguida atravessa a prega gastropancreática direita, e desce por trás da parte proximal do duodeno para entrar na faixa marginal direita envolvida pelo omento maior. As origens definitivas do peritônio a partir da parede abdominal posterior estão mostradas no adulto nas Figuras 64.1, 69.4 e 64.5B.

Peritônio associado ao intestino médio e ao intestino posterior

É conveniente considerar os mesentérios dos intestinos delgado e grosso após a rotação e os principais padrões de crescimento que são alcançados, e a transformação do pâncreas em desenvolvimento em um órgão retroperitoneal.

Intestino delgado

A maior parte da alça duodenal envolve a cabeça do pâncreas e é retroperitoneal. O peritônio recobre principalmente suas faces ventral e convexa. Áreas não cobertas são um curto segmento inicial da parte superior (primeira parte), a qual é mais completamente peritonealizada porque fornece fixação para as margens direitas dos omentos maior e menor; os locais onde o colo transverso está intimamente justaposto à parte descendente (segunda parte), ou onde esta última é atravessada pela raiz do mesocolo transverso; e os locais onde o mesentério atravessa a parte transversa (terceira parte), e desce através da parte ascendente (quarta parte) a partir de sua extremidade superior na flexura duodenojejunal. Essas regiões estão ilustradas no adulto na Figura 64.1. Além disso, um ou mais dos até seis diferentes recessos duodenais podem se desenvolver. Suas variações no formato e no tamanho, suas relações intestinais, mesentéricas e vasculares, e, quando adequadamente registradas, as frequências e a disposição de seus orifícios são dadas às páginas 1108-1109.

Sob um ponto de vista mesentérico, o intestino delgado subsequente, da flexura duodenojejunal até a junção ileocecal, sofre menos modificações de sua forma embrionária do que outras regiões do tubo digestório. Seu mesentério dorsal primitivo é uma lâmina contínua e única (porém, estruturalmente bilaminar), com uma fixação parietal na linha média (linha de reflexão, ou "raiz"). A fixação da raiz torna-se uma estreita faixa oblíqua, do lado esquerdo da segunda vértebra lombar até a face cranial da articulação sacroilíaca direita (Figs. 64.1 e 73.6H).

Colo ascendente

O ceco e o apêndice vermiforme se originam como um divertículo a partir da borda antimesentérica do ramo caudal da alça do intestino médio; consequentemente, o ceco não possui um mesoceco primitivo. Essas regiões do tubo digestório sofrem longos períodos de crescimento, frequentemente assimétrico, e suas posições, dimensões e topografia geral finais apresentam uma considerável variação. O apêndice vermiforme é quase totalmente recoberto com peritônio visceral, derivado das camadas divergentes de seu mesoapêndice bastante diminuto. Este último talvez deve ser considerado um derivado direto do mesentério dorsal primitivo, e talvez um status similar para a prega vascular do ceco também deva ser considerado.

O tubo do intestino grosso retém seu mesentério dorsal primitivo, o mesocolo, até que o crescimento diferencial, a rotação e o deslocamento circumabdominal desta parte do tubo digestório se aproximem do término. Sua raiz original é ainda vertical na linha média dorsal, embora o mesocolo divirja dela amplamente como uma pirâmide incompleta e achatada, para alcançar sua borda cólica na futura tênia mesocólica. Durante o quarto e o quinto meses, áreas substanciais do mesocolo primitivo aderem ao peritônio parietal, e depois se fundem a ele. Desta maneira, alguns segmentos do intestino grosso tornam-se sésseis, enquanto outros apresentam um mesocolo mais curto, com uma linha parietal de fixação em geral profundamente alterada. O mesocolo dos segmentos transverso e sigmoide normalmente persiste, enquanto o colo ascendente, a flexura direita (hepática) e o colo descendente tornam-se sésseis: os segmentos ascendente, descendente, ou ambos, do intestino grosso também podem reter um mesocolo que varia de uma "prega" localizada a um completo mesocolo. Quando sésseis, as faces ventral, medial e lateral dos colos ascendente ou descendente são recobertos com peritônio, e a protrusão da víscera produz as goteiras paracólicas peritoneais medial e lateral e cada lado. Esta forma de aposição a estruturas adjacentes (zigose) prossegue do colo ascendente para incluir a flexura cólica direita (hepática), daí continua anteroinferiormente para a esquerda e envolve assim o segmento inicial do lado direito do colo transverso.

Colo transverso

A extremidade direita do colo transverso é séssil, e está separado por tecido conjuntivo fibroareolar da face anterior da parte descendente (segunda parte) do duodeno e da face correspondente da maior parte da cabeça do

pâncreas. O restante do colo transverso, até a flexura cólica esquerda (esplênica) e incluindo-a, é quase completamente peritonealizado pelas camadas divergentes do mesocolo transverso. A raiz deste último atinge o colo e toda a extensão da borda anterior do corpo do pâncreas. O longo eixo do pâncreas definitivo se localiza obliquamente. A flexura cólica esquerda é consideravelmente mais rostral que a flexura hepática, e consequentemente a raiz do mesocolo curva-se obliquamente para cima à medida que ela atravessa a parte superior do abdome da direita para a esquerda. Conforme ela se expande, a parede posteroinferior da parte omental maior do saco menor cobre gradualmente o mesocolo transverso e seu colo contido, torna-se intimamente aplicado a estes e finalmente projeta-se além do colo. Uma aderência craniocaudal agora ocorre entre a parede omental e as camadas pericólica e mesocólica.

Colo descendente

A flexura cólica esquerda recebe grande parte de sua cobertura peritoneal a partir da extremidade esquerda do mesocolo transverso. Ela também está frequentemente conectada ao peritônio parietal do diafragma por sobre as 10ª e 11ª costelas por um ligamento frenicocólico. Este último às vezes se funde com uma prega pré-esplênica que se irradia do ligamento gastroesplênico. O colo descendente torna-se séssil. O processo de fusão e obliteração dos mesocolos ascendente e descendente se inicia lateralmente e progride medialmente.

Colo sigmoide

O colo sigmoide é mais variável em seu comprimento e sua disposição. Ele retém seu mesocolo dorsal, mas a fixação dorsal inicial de sua raiz na linha média é consideravelmente modificada em seu estado definitivo.

Reto

O reto continua a partir da face ventral da terceira vértebra sacral até sua flexura anorretal (perineal), anteroinferiormente à ponta do cóccix: a distância se altera com a idade. Todos os lados do reto estão envolvidos por mesênquima, e a massa localizada dorsalmente no início é denominada, por algumas autoridades, mesorreto dorsal. No entanto, este último não forma um verdadeiro mesentério: com o progressivo desenvolvimento do esqueleto, ele é reduzido a uma lâmina fibroareolar entrelaçada, a qual apresenta variações padronizadas em espessura e na orientação das fibras. A lâmina encontra-se intimamente aplicada à concavidade ventral do sacro e ao cóccix, e envolve numerosos elementos fibromusculares e neurovasculares. Consequentemente, o reto torna-se séssil e o peritônio visceral está restrito às suas superfícies laterais e ventrais (Fig. 78.4).

Com o desaparecimento do intestino pós-anal ao final da quinta semana, o peritônio ventrolateral atinge a superfície superior da musculatura do assoalho pélvico: esta condição persiste até tardiamente no quarto mês. No homem, o peritônio retal ventral é refletido por sobre a superfície posterior da próstata, do trígono da bexiga e de estruturas associadas. Na mulher, o peritônio ventral inicialmente recebe uma reflexão que recobre quase toda a face posterior da vagina e é contínua por sobre o útero. Subsequentemente, as paredes intimamente justapostas destas bolsas peritoneais profundas fundem-se por sobre grande parte de sua extensão caudal, seus mesotélios são perdidos e as vísceras são separadas por um estrato fibroso bilaminar (cirurgicamente separável) interveniente. No homem, isto se torna a fáscia retovesical e a parede posterior da bainha prostática (Fig. 78.10). Na mulher, isto se torna o septo retovaginal entre a parte inferior da vagina e o reto (Fig. 78.9). O terço proximal do reto é coberto por peritônio ventrolateralmente: as extensões laterais desta túnica são triangulares e profundas proximalmente, mas se afilam em um ângulo agudo em torno do terço médio do reto. O terço médio do reto é recoberto por peritônio apenas em sua superfície ventral, onde ele forma a parede posterior da bolsa retovesical (mais rasa) ou retovagino-uterina. O restante do reto e do canal anal é extraperitoneal.

CAVIDADE PERITONEAL NEONATAL

A cavidade peritoneal completamente formada, embora complexa sob o ponto de vista topográfico, permanece como uma cavidade única com numerosas regiões, bolsas e recessos intercomunicantes (Fig. 14.5). Os únicos sacos peritoneais pequenos a se separar completamente da cavidade principal são a bolsa infracardíaca (Fig. 73.7 B[i]) e a túnica vaginal dos testículos (Fig. 78.17).

Na vida fetal, a cavidade do omento maior se estende até a face interna das bordas laterais e caudal do omento. Na vida pós-natal, uma lenta, porém progressiva, fusão das superfícies internas ocorre com a obliteração da parte mais pendente da cavidade: isto progride rostralmente e, quando madura, a cavidade normalmente não se estende apreciavelmente além do colo transverso. A fusão entre o mesocolo transverso e o omento maior se inicia precocemente, enquanto a hérnia umbilical do intestino médio ainda não regrediu. Ela começa entre a margem direita do omento maior primitivo e próximo à raiz do presumível mesocolo, e mais tarde se expande para a esquerda.

No recém-nascido, a cavidade peritoneal é ovoide (Fig. 14.4). Ela é bastante rasa da região anterior para a posterior, porque as extensões posteriores bilaterais a cada lado da coluna vertebral, as quais são proeminentes no adulto, não estão presentes. Dois fatores levam à protuberância da parede abdominal anterior no recém-nascido e no bebê. O diafragma é mais achatado no recém-nascido, o que produz um deslocamento caudal das vísceras. A cavidade pélvica é muito pequena no recém-nascido, o que significa que órgãos normalmente pélvicos no adulto, isto é, a bexiga urinária, os ovários e o útero, estendem-se superiormente para o abdome (Figs. 14.5, 78.9, e 78.10). A cavidade pélvica é unida à cavidade abdominal a menos de um ângulo agudo no recém-nascido porque não existe uma curvatura vertebral lombar e apenas uma leve curvatura sacral.

As fixações peritoneais são similares ao adulto. Entretanto, o omento maior é relativamente pequeno: suas camadas constituintes do peritônio podem não estar completamente fundidas, e ele não se estende muito abaixo do nível do umbigo (Fig. 14.5). Geralmente, a extensão do mesentério do intestino delgado e dos mesocolos transverso e sigmoide é maior que no adulto, enquanto a área de fixação dos colos ascendente e descendente é relativamente menor. Os mesentérios peritoneais e os omentos contêm pouca quantidade de gordura.

BAÇO

O baço aparece por volta da sexta semana como um espessamento localizado do epitélio celomático do mesogastro dorsal próximo à sua extremidade cranial (Figs. 73.6 e 73.7). As células em proliferação invadem o mesênquima angiogênico subjacente, o qual se torna condensado e vascularizado. O processo ocorre simultaneamente em várias áreas adjacentes, as quais logo se fundem para formar um baço lobulado de dupla origem (do epitélio celomático e do mesênquima do mesogastro dorsal). O baço em crescimento projeta-se para a esquerda, de modo que suas superfícies sejam cobertas pelo peritônio do mesogastro em sua face esquerda, a qual forma um limite do saco extrabursal (maior) geral. Quando a fusão ocorre entre a parede dorsal do saco menor e o peritônio parietal dorsal, ela não se estende para a esquerda até o baço, o qual permanece conectado à parede abdominal dorsal por um curto ligamento lienorrenal. Sua conexão original com o estômago persiste como o ligamento gastroesplênico. O aspecto lobulado mais inicial do baço desaparece, mas é indicado pela presença de incisuras em sua borda superior no adulto.

A histogênese do baço tem atraído relativamente pouca atenção. O retículo vascular é bem desenvolvido a 8-9 semanas e contém células reticulares imaturas e numerosas alças vasculares de parede delgada e pouco espaçadas. A diferenciação de células sanguíneas, macrófagos, e de artérias, veias, capilares e sinusoides ocorre por volta da décima primeira à décima segunda semanas. Inicialmente, a cápsula consiste em células cuboides que apresentam cílios e microvilos.

O baço apresenta várias anomalias do desenvolvimento, como agenesia completa, baços múltiplos ou polisplenia, pequenos esplenículos adicionais isolados e lobulação persistente. A asplenia e a polisplenia estão associadas a outras anomalias, especialmente aquelas que envolvem os sistemas cardíaco e pulmonar. Baços acessórios são muito comuns em recém-nascidos, localizados no omento maior. Ao nascimento, o baço pesa – em média – 13 g (Fig. 14.4). Ele dobra seu peso no primeiro ano pós-natal e o triplica ao final do terceiro ano.

GLÂNDULAS SUPRARRENAIS

O córtex suprarrenal é formado durante o segundo mês através de uma proliferação do epitélio celomático. As células seguem para o mesênquima subjacente entre a raiz do mesogastro dorsal e o mesonefro (Fig. 24.11). O tecido em proliferação, que se estende do nível do sexto ao 12º segmentos torácicos, é logo desorganizado dorsomedialmente pela invasão de células da crista neural a partir do nível dos somitos 18-24, as quais formam a medula, e também através do desenvolvimento de capilares fenestrados venosos. Estes últimos são formados por capilares que surgem a partir das artérias mesonéfricas adjacentes e penetram no córtex de uma maneira radial. Quando a proliferação do epitélio celomático para, o córtex é envolvido ventralmente, e mais tarde dorsalmente, por uma cápsula mesenquimal que é derivada do mesonefro. Os ninhos subcapsulares de células corticais são o primórdio da zona glomerulosa: elas proliferam e dão origem a cordões de células que seguem para baixo por entre os capilares. As células nestes cordões degeneram em uma maneira errática à medida que seguem em direção à medula e tornam-se granulares, eosinófilas e finalmente autolisadas. Esses cordões de células constituem o córtex fetal, o qual sofre uma rápida involução durante os dois primeiros anos após o nascimento. As zonas fascicular e reticulada do córtex adulto proliferam a partir da zona glomerulosa após o nascimento.

A anormalidade mais comum do desenvolvimento das glândulas suprarrenais é a hiperplasia congênita, a qual ocorre em 1:5.000-1:15.000 nascimentos. Esta condição é causada por um grupo de doenças autossômicas recessivas nas quais existem deficiências de enzimas necessárias para a síntese de cortisol. Em 90% dos casos, a causa é a deficiência da enzima 21-hidroxilase, que produz um acúmulo de 17-hidroxiprogesterona, a qual é convertida em andrógenos. Os níveis de andrógenos aumentam várias centenas de vezes e fazem com que embriões e fetos femininos sofram masculinização da genitália externa, que varia da hipertrofia do clitóris até a formação de um falo e um escroto: a masculinização do encéfalo também tem sido sugerida. Em embriões masculinos, os níveis não causam quaisquer alterações na genitália externa. Os sinais de excesso de andrógenos podem aparecer na infância com masculinização precoce e crescimento acelerado (Lewis, Yaron & Evans, 1999).

GLÂNDULAS SUPRARRENAIS NO RECÉM-NASCIDO

As glândulas suprarrenais são relativamente muito grandes ao nascimento (Figs. 14.4 e 78.8) e constituem 0,2% de todo o peso corporal, em comparação com 0,01% no adulto. A glândula esquerda é mais pesada e maior que a direita, como é no adulto. Ao nascimento, cada glândula usualmente pesa 4 g; o peso médio das duas glândulas é de 9 g (a média no adulto é de 7-12 g). As glândulas involuem rapidamente no período neonatal, quando cada glândula perde 25% de sua massa; o peso médio de ambas as glândulas é de 5 g ao final da segunda semana e de 4 g por volta dos três meses. O peso ao nascimento não é ganho novamente até a puberdade. O córtex da glândula suprarrenal é mais espesso que no adulto e a medula da glândula é pequena. Estudos prévios sobre as glândulas suprarrenais fetais descreveram uma extensa degeneração e necrose das células das zonas fetais; entretanto, acredita-se que esses estudos mostraram processos patológicos em vez da involução normal da glândula. Com a involução normal, as células das zonas fetais da glândula pós-natal tornam-se menores e elas assumem a aparência e a organização típicas da zona fasciculada.

VEIA CAVA INFERIOR, CIRCULAÇÃO PORTA E VASOS UMBILICAIS

VEIA CAVA INFERIOR

A veia cava inferior do adulto é um vaso composto por partes de diferentes vasos, o qual se desenvolve sobre a parede abdominal posterior, dorsalmente à cavidade peritoneal em desenvolvimento. Ela se forma como consequência da remodelação temporal de sucessivos complexos venosos (Fig. 13.4). O preciso modo de desenvolvimento de seu segmento pós-renal (caudal à veia renal) é ainda um tanto incerto. Sua função é inicialmente desempenhada pelas veias pós-cardinais direita e esquerda (Figs. 13.4 e 73.8), que recebem a drenagem venosa dos brotamentos dos membros inferiores e da pelve, seguem na parte dorsal das cristas mesonéfricas e recebem tributárias da parede do corpo (veias intersegmentares) e dos derivados dos mesonefros.

As veias pós-cardinais primitivas se comunicam através da linha média por uma anastomose inter e pós-cardinal. Esta permanece como uma anastomose transversa oblíqua entre as veias ilíacas e se torna a parte principal da veia ilíaca comum esquerda definitiva. Ela desvia um progressivo volume de sangue para as veias longitudinais direitas, o que é responsável pelo desaparecimento definitivo da maioria dessas veias à esquerda.

As veias supracardinais recebem a maior drenagem venosa da parede do corpo em crescimento. A veia supracardinal direita persiste e forma a maior parte do segmento pós-renal da veia cava inferior. A continuidade do vaso é mantida pela persistência da anastomose entre a veia supracardinal direita e a veia subcardinal direita no colar renal. A veia supracardinal esquerda desaparece, mas alguma parte do colar renal formada pela anastomose entre as veias supracardinal e subcardinal esquerdas persiste na veia renal esquerda. Ambas as veias supracardinais drenam cranialmente para as veias subcardinais. Do lado direito, a veia subcardinal estabelece uma íntima relação com o fígado. Uma extensão do vaso ocorre em uma direção cranial e se encontra e estabelece continuidade com uma nova formação correspondente que cresce caudalmente a partir da veia hepatocardíaca vitelina (ou hepática comum) direita. Desta maneira, do lado direito, uma rota mais direta é estabelecida para o coração e para o segmento pré-renal (cranial) da veia cava inferior. Em resumo, a veia cava inferior é formada de baixo para cima pela confluência dos seguintes vasos: as veias ilíacas comuns, um curto segmento da veia pós-cardinal direita, a anastomose pós-cardinal-supracardinal, parte da veia supracardinal direita, a anastomose supracardinal direita-subcardinal, a veia subcardinal direita, um novo canal anastomótico de dupla origem (o segmento hepático da veia cava inferior) e a terminação cardíaca da veia hepatocardíaca vitelina direita (veia hepática comum).

Apenas a parte supracardinal da veia cava inferior recebe uma drenagem venosa intersegmentar. O segmento pós-renal (caudal) da veia cava inferior encontra-se em um plano que se dispõe dorsalmente ao plano do segmento pré-renal (cranial). Assim, as artérias frênica direita, suprarrenal e renal, que representam artérias mesonéfricas persistentes, seguem por trás

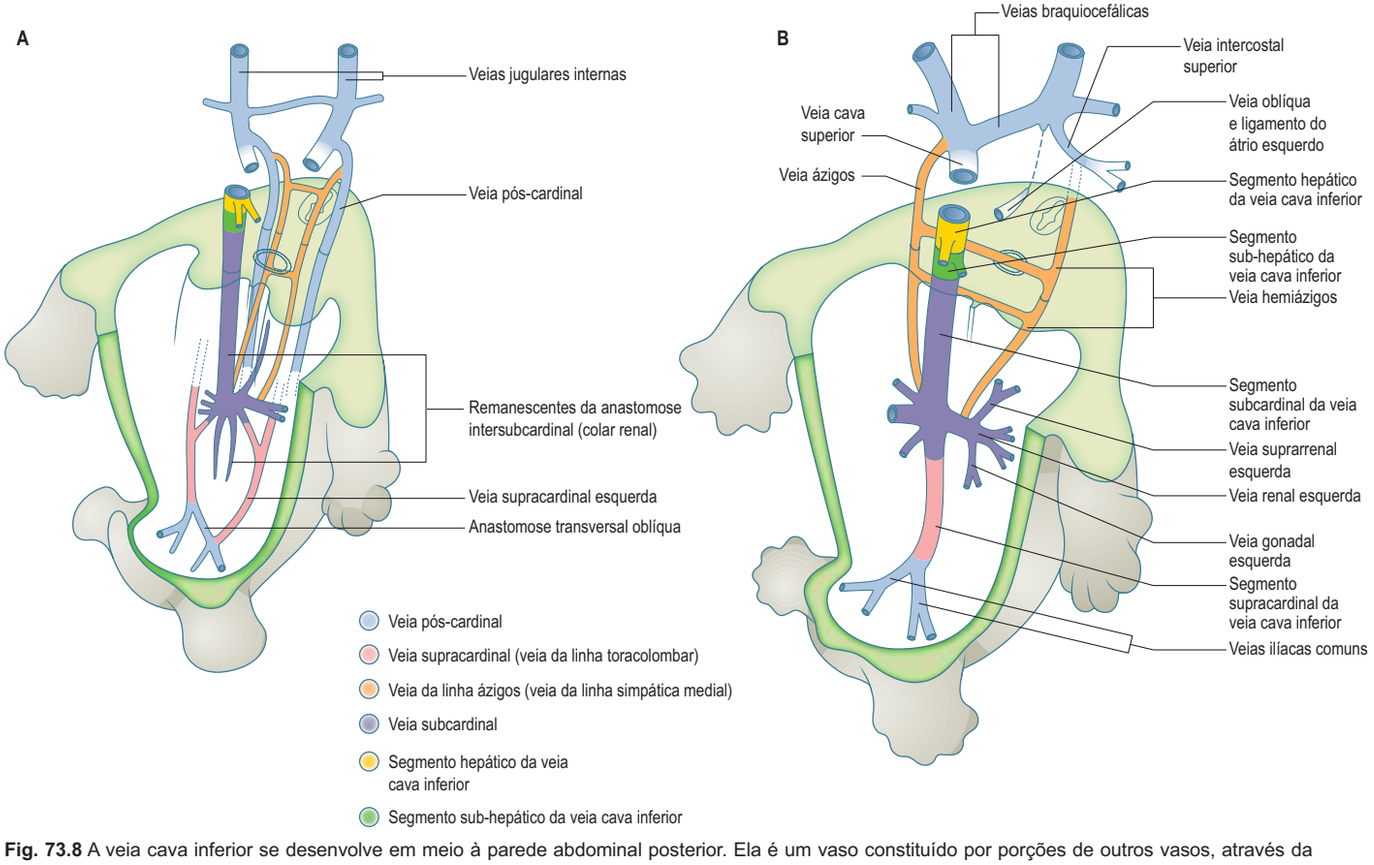


Fig. 73.8 A veia cava inferior se desenvolve em meio à parede abdominal posterior. Ela é um vaso constituído por porções de outros vasos, através da remodelação temporal de sucessivas anastomoses venosas somáticas (para o desenvolvimento venoso inicial, ver a **Fig. 13.4**).

da veia cava inferior, enquanto a artéria testicular ou ovariana, que tem uma origem similar de desenvolvimento, passa anteriormente a ela.

Em alguns animais, a veia pós-cardinal direita constitui uma grande parte do segmento pós-renal da veia cava inferior. Nestes casos, o ureter direito, ao sair do rim, passa medialmente dorsal ao vaso e em seguida curva-se ao redor de sua face medial e cruza sua face ventral. Raramente, uma condição similar é encontrada em seres humanos, e indica a persistência da veia pós-cardinal direita e a falha da veia supracardinal direita em desempenhar sua parte normal no desenvolvimento da veia cava inferior.

CIRCULAÇÃO PORTA

O coração primeiramente se diferencia da esplancnopleura que, após a formação da prega cranial, forma a parede dorsal da cavidade pericárdica primitiva (assoalho do intestino anterior rostral) e, consequentemente, pode ser considerado um derivado vascular vitelino altamente especializado. Na extremidade caudal do tubo digestório envolvido por esplancnopleura (as futuras região inferior do reto e região superior do canal anal), a drenagem venosa vitelina faz conexões com as radículas ilíacas internas do complexo pós-cardinal.

O desenvolvimento do tubo digestório ocorre simultaneamente com alterações na circulação embrionária inicialmente simétrica (Cap. 13). Um sistema segmentar simétrico de artérias somáticas permanece e supre a parede corporal do tronco. O arranjo fundamental desses vasos é apenas ligeiramente modificado pelo subsequente desenvolvimento. As principais alterações do arranjo embrionário ocorrem com o crescimento do intestino anterior, do fígado e das vísceras pares, isto é, rins e glândulas suprarrenais.

O desenvolvimento inicial das artérias esplâncnicas ventrais está descrito no Capítulo 13. Três principais troncos arteriais, o tronco celíaco, a artéria mesentérica superior e a artéria mesentérica inferior, suprem os intestinos anterior, médio e posterior, respectivamente. A partir do segmento terminal gástrico do futuro esôfago até a porção superior do reto, o epitélio endodérmico em desenvolvimento é circundado por mesênquima esplâncnico permeado por um plexo capilar que drena para uma rede anastomosada de veias. Este plexo é particularmente denso ventralmente, associado à região central do intestino médio, onde – durante algum tempo – ele recebe uma rede de pequenas veias derivadas do saco vitelino definitivo. Mais tarde, no desenvolvimento normal, esses vasos atrofiam à medida que o saco vitelino diminui. Mais rostralmente, os capilares esplâncnicos associados ao intestino anterior e às porções superiores do saco vitelino formam canais longitudinais anterolaterais ao tubo digestório, e estes se tornam progressivamente bem definidos como as veias vitelinas abdominais embrionárias. Ao entrar no septo transverso, as veias vitelinas direita e esquerda se inclinam levemente e tornam-se paralelas às faces laterais do tubo digestório. Elas estabelecem conexões com plexos capilares no mesênquima septal, em seguida continuam e finalmente se curvam para entrar na parte medial do corno do seio venoso de seu lado correspondente. As partes do tubo digestório intimamente relacionadas aos segmentos pré-sinusais das veias vitelinas são a futura extremidade subdiafragmática do esôfago, o estômago primitivo, as regiões superior (primeira parte) e descendente (segunda parte) do duodeno e o restante do tubo duodenal.

As principais veias vitelinas ascendentes que flanqueiam as laterais da parte abdominal do intestino anterior recebem vênulas de seus capilares esplâncnicos e de capilares do mesênquima septal. Em meio a estas redes venulares, anastomoses aumentadas (mas ainda plexiformes) conectam as duas veias vitelinas (Figs. 13.1C e 73.9). Uma anastomose intervitelina subdiafragmática se desenvolve na parte rostral do mesênquima do septo transverso, disposto um pouco caudalmente à câmara sinoatrial cardíaca, conectando as veias próximo a suas terminações sinusais (o canal é às vezes denominado de supra-hepático em virtude da posição do primórdio hepático; com a expansão deste último, ele se torna parcialmente intra-hepático). O duodeno presumível é atravessado por três anastomoses intervitelinas transversais ao duodeno. Sua relação com o tubo digestório se alterna, de modo que a mais cranial – a sub-hepática – é ventral, a intermediária é dorsal, e a caudal é ventral (Fig. 73.9B). Tem se tornado habitual descrever que as veias vitelinas paraduodenais e suas anastomoses associadas formam uma figura em forma de 8. Neste estágio primitivo, quando as veias embrionárias esquerda e direita ainda estão simétricas, a anastomose duodenal cranial torna-se conectada à anastomose subdiafragmática por um canal longitudinal mediano, o ducto venoso mediano primitivo, o qual é dorsal ao primórdio hepático em expansão, porém ventral ao tubo digestório. O desenvolvimento subsequente das veias e anastomoses vitelinas é, conforme indicado, intimamente interrelacionado com a rápida expansão hepática e as alterações do tubo digestório, e ainda com o envolvimento íntimo da disposição e modificação das veias umbilicais.

ALTERAÇÕES NAS VEIAS VITELINAS E UMBILICAIS

As mudanças progressivas nas veias vitelinas e umbilicais são rápidas, profundas e intimamente ligadas a modificações regionais no formato e na posição do tubo digestório, à expansão e invasão de canais venosos pelo parênquima hepático, à assimetria do coração e do retorno venoso cardíaco. Os principais eventos estão resumidos nas Figuras 73.9, 73.10 e 73.11.

A partir da porção cranial da evaginação hepática primitiva do intestino anterior, lâminas e "cordões" interconectados de células endodérmicas, os

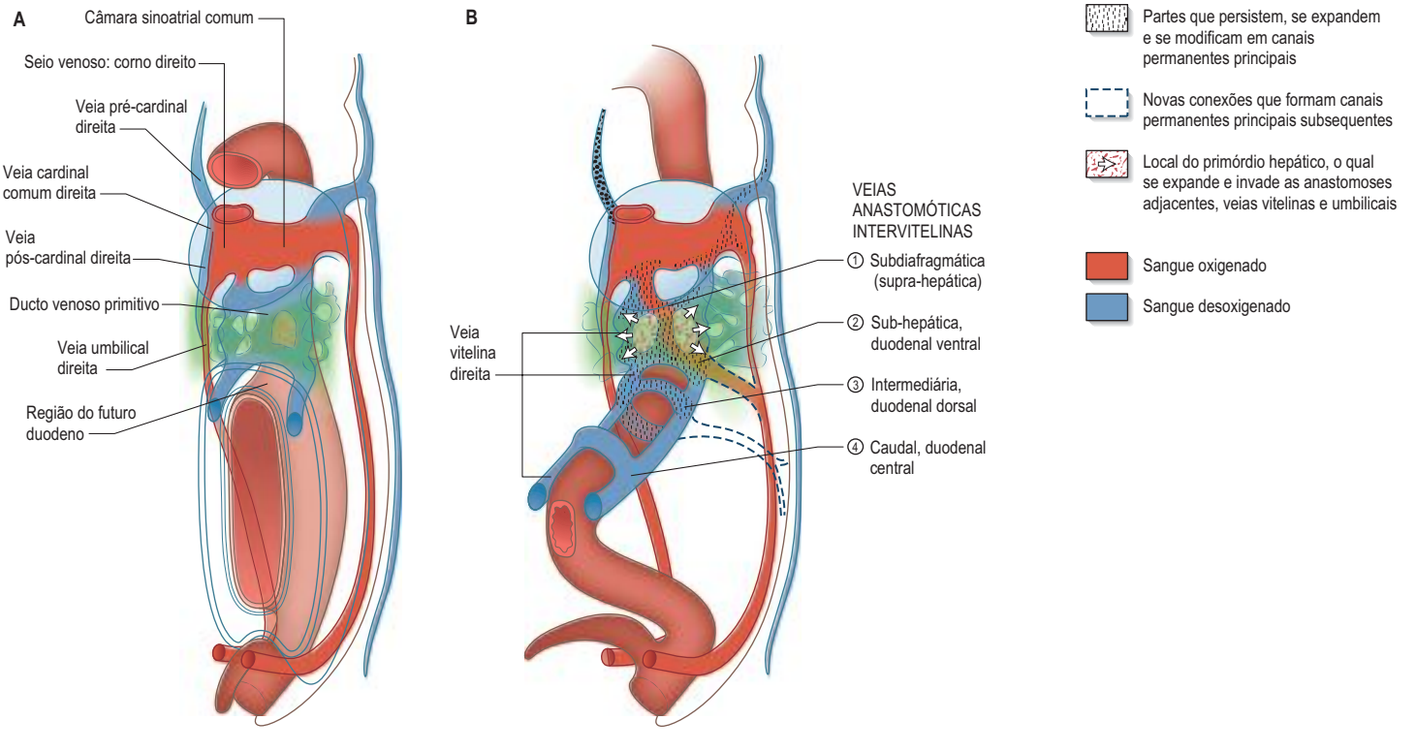


Fig. 73.9 Desenvolvimento dos complexos de veias vitelinas, umbilicais e cardinais terminais: a condição simétrica primitiva. **A,** Organização simétrica inicial das veias cardinais e umbilicais que entram no seio venoso, e o sangue derivado do saco vitelino que passa pelas veias vitelinas através de anastomoses que se formam no mesênquima do septo transverso (em verde). **B,** O duodeno em desenvolvimento está circundado por anastomoses intervitelinas duodenais transversais. As alterações no tubo digestório em desenvolvimento e nas veias umbilicais causam desvios nas rotas tomadas pelo sangue venoso que flui para o seio venoso.

presumíveis hepatócitos, penetram no mesênquima do septo transverso. O mesênquima hepático é composto de uma população mista de células com linhagens endotelial/angiogênica e de tecido conjuntivo. Plexos capilares se desenvolvem em meio a este mesênquima e, possivelmente sob influência das lâminas hepáticas endodérmicas, os plexos se tornam mais profusos por causa da adição subsequente de mesênquima septal angioblástico, o qual também forma massas de tecido hematopoiético intra-hepático perivascular. Estes processos se estendem ao longo das conexões plexiformes das veias vitelinas, e mais tarde das veias umbilicais, até que suas zonas intra-hepáticas (transeptais) em si se tornem largamente plexiformes. Inicialmente de natureza capilar, elas se transformam em uma massa de vasos sinusoidais, irregulares e bastante amplos, com um endotélio descontínuo que contém muitas células fagocitárias. As extensões das veias vitelinas envolvidas nestes processos são as partes intermediárias dos segmentos que se estendem das anastomoses intervitelinas transversas sub-hepática (duodenal cranioventral) até a supra-hepática (ou subdiafragmática), e as extensões correspondentes das veias umbilicais. Deste modo, neste estágio primitivo, os sinusoides hepáticos são perfundidos por sangue misto que os atinge através de uma série de vasos ramificados coletivamente chamados de *venae advehentes*, ou veias hepáticas aferentes: elas são desoxigenadas a partir da esplancnopleura do tubo digestório através de terminais hepáticos das veias vitelinas e oxigenadas a partir da placenta através de terminais hepáticos das veias umbilicais (Fig. 73.10). O sangue sai do fígado através de quatro veias hepáticas eferentes (*venae revehentes*); duas de cada lado atingem e se abrem em seus respectivos cornos do seio venoso do coração. Este conjunto completo de quatro veias hepatocardíacas é apenas transitório e torna-se reduzido a um canal dominante, que aumenta rapidamente. Os complexos de veias cardinais, originalmente simétricos bilateralmente, tanto rostral como caudalmente, desenvolvem anastomoses transversais e oblíquas, de modo que o retorno cardíaco venoso fique finalmente restrito ao átrio direito definitivo.

Estas modificações cardíacas e hepatoentéricas concomitantes são acompanhadas por eventos nas partes supra-hepática, intra-hepática e sub-hepática das veias vitelinas e umbilicais. Alguns vasos aumentam, persistindo como vasos definitivos para a maturidade e, em locais apropriados, eles são unidos mais tarde por outros canais que se tornam definidos nos plexos capilares já estabelecidos. Outros vasos regridem, seja desaparecendo completamente ou permanecendo como alças vestigiais e, ocasionalmente, como vasos de fino calibre. Alguns vasos de importância crucial nos padrões circulatórios da vida embrionária e fetal tornam-se obliterados na vida pós-natal e transformados em cordões fibrosos substanciais. Tanto as veias umbilicais hepatocardíacas direita e esquerda como a veia vitelina hepatocardíaca esquerda continuam, por algum tempo, a desaguar o sangue em seus cornos do seio venoso; entretanto, elas começam a regredir (Figs. 73.9 e 73.10). O canal umbilical direito se atrofia completamente. Os canais esquerdos também desaparecem, mas seus terminais cardíacos podem, ocasionalmente, ser encontrados como alças fibrosas cônicas presas à parede inferior do seio coronário. A veia hepatocardíaca vitelina direita continua a aumentar e finalmente forma o segmento terminal da veia cava inferior. Esta última recebe as veias hepáticas eferentes direitas e os novos canais que drenam os territórios das veias hepáticas eferentes esquerdas. Estas coletivamente formam os grupos superior e inferior das veias hepáticas direita e esquerda (ou secundária). O segmento caval terminal também apresenta o orifício da metade direita da anastomose subdiafragmática intervitelina e uma nova grande conexão com a veia subcardinal direita.

Os terminais hepáticos das partes duodenais esquerda e direita das veias vitelinas estão destinados a formar os ramos correspondentes da veia porta hepática, o ramo esquerdo incorpora a anastomose intervitelina ventral cranial. Com a rotação do tubo digestório e a formação da alça duodenal, segmentos das veias vitelinas originais e a anastomose transversa caudal atrofiam (indicado nas Figs. 73.10 e 73.11), enquanto novos canais venosos esplâncnicos, as veias mesentérica superior e esplênica, convergem e se unem à extremidade esquerda da anastomose intermediária dorsal. As outras radículas numerosas da veia porta e seus ramos principais, incluindo a veia mesentérica inferior, são formações mais tardias.

Por um período, o sangue retorna da placenta a partir do umbigo via veias umbilicais direita e esquerda, ambas descarregam através de veias hepáticas aferentes nos sinusoides hepáticos, onde ocorre a mistura com o sangue que advém das veias vitelinas. Com um comprimento cabeça-nádegas de aproximadamente 7 mm, a veia umbilical direita regride completamente. A veia umbilical esquerda retém alguns vasos que descarregam diretamente nos sinusoides, mas novas conexões em crescimento com a metade esquerda da anastomose intervitelina sub-hepática emergem. Esta última é o início de um canal de desvio para a maior parte do sangue placentário, que continua através do ducto venoso mediano e finalmente através da metade direita da anastomose subdiafragmática para alcançar o final da veia cava inferior (Fig. 73.11).

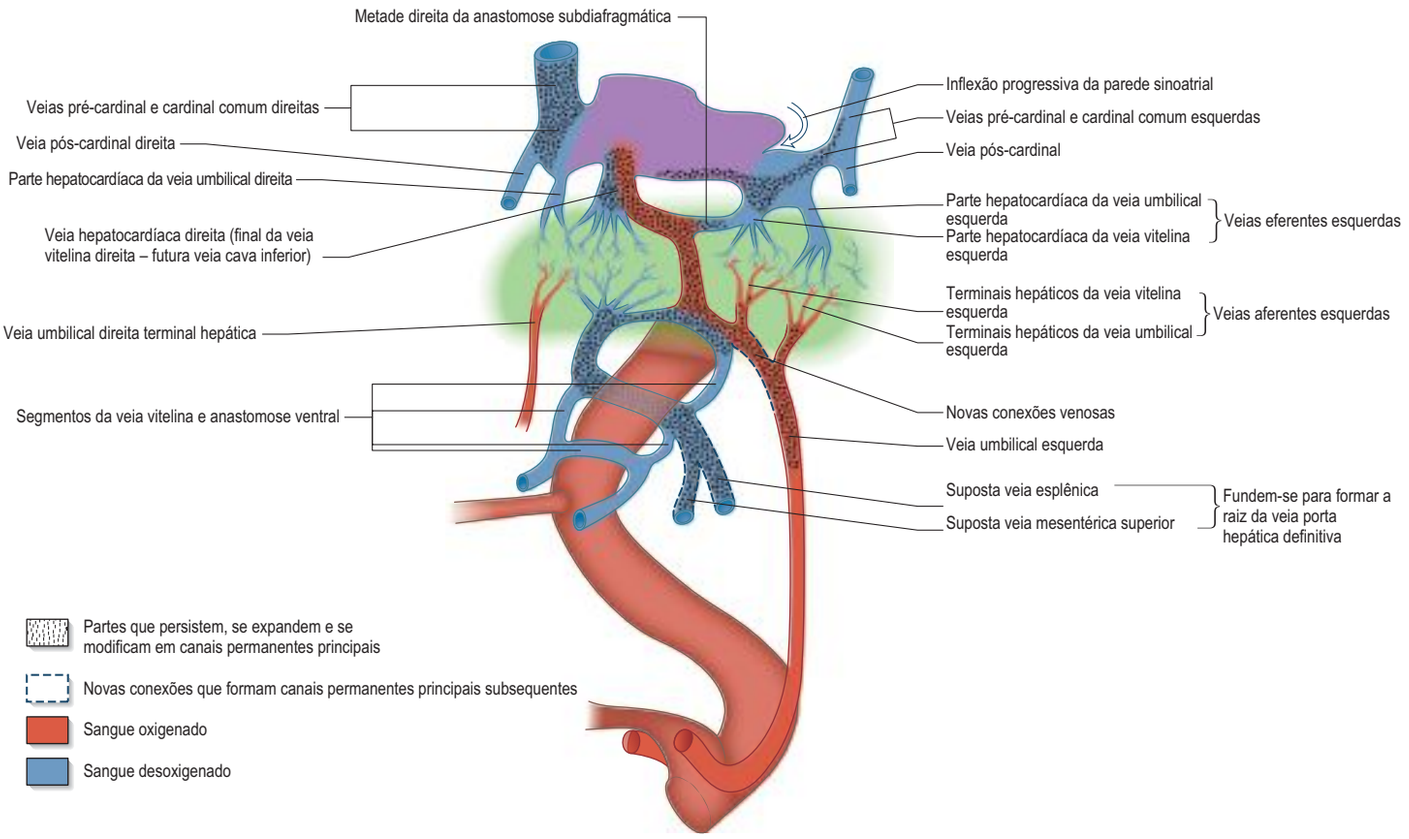


Fig. 73.10 Desenvolvimento dos complexos de veias vitelinas, umbilicais e cardinais terminais: um estágio intermediário de assimetria é alcançado entre a condição simétrica primitiva (**Fig. 73.9**) e o estado pré-natal tardio definitivo. A extensão do fígado em meio ao mesênquima do septo transverso está mostrada em verde.

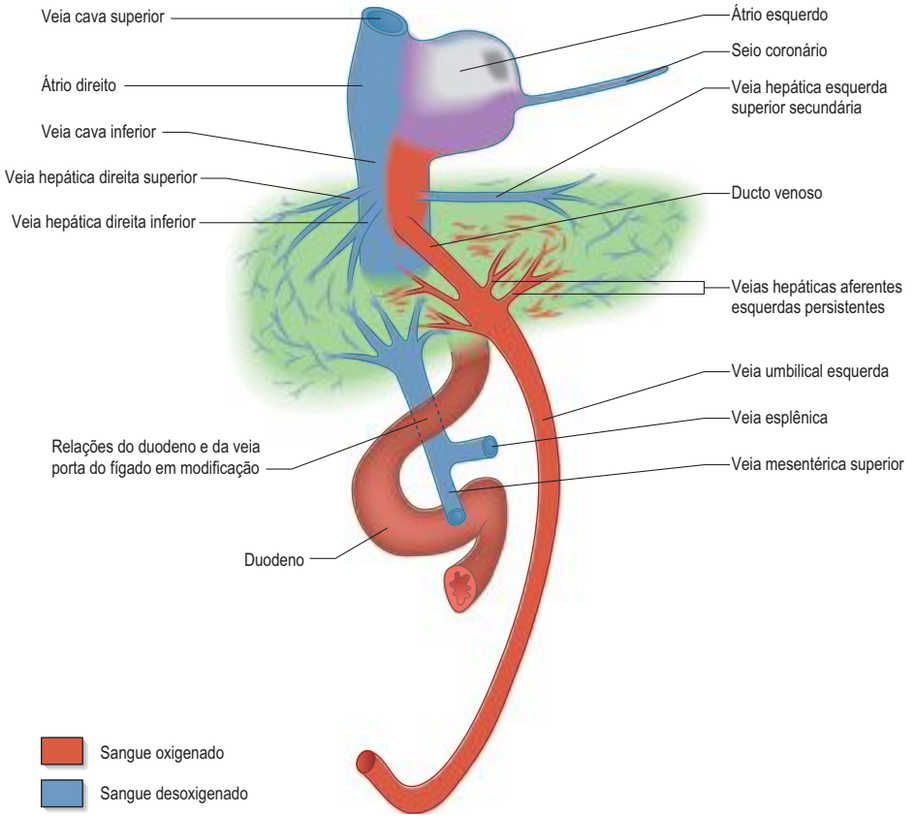


Fig. 73.11 A condição de algumas principais veias abdominais superiores e da veia terminal atrial direita intratorácica nos meses pré-natais tardios. A rotação do estômago e o movimento do duodeno produzem mudanças relativas na organização final das anastomoses intervitelinas duodenais, as quais formam a veia porta hepática.

VASOS UMBILICAIS FETAIS E NEONATAIS

Veia umbilical

A veia umbilical no recém-nascido tem 2-3 cm de comprimento e 4-5 mm de diâmetro quando distendida. Ela segue do umbigo, em meio às camadas do ligamento falciforme, superiormente e para a direita, até a porta do fígado. Aqui ela origina vários e grandes ramos intra-hepáticos para o fígado e em seguida se une ao ramo esquerdo da veia porta e ao ducto venoso. A veia umbilical tem as paredes delgadas; ela possui uma lâmina elástica interna bem definida no anel umbilical, mas não em seu trajeto intra-abdominal. A túnica média contém fibras musculares lisas, fibras colágenas e elásticas. Quando o cordão umbilical é cortado, a veia umbilical se contrai, mas não tão vigorosamente como as artérias. A rápida diminuição na pressão na veia umbilical após o cordão ter sido clampeado significa que os componentes elásticos no anel umbilical são suficientes para reter qualquer fluxo retrógrado ao longo do vaso. Antes do nascimento, existe uma proliferação de tecido conjuntivo abaixo da túnica íntima. Após o nascimento, a contração das fibras musculares lisas e a retração das fibras colágenas na túnica média, juntamente com o aumento de tecido conjuntivo na túnica íntima contribuem para a transformação do vaso no ligamento redondo. A obliteração ocorre a partir do anel umbilical em direção à extremidade hepática. Não há formação de trombos no processo de obliteração. Por até 48 horas após o nascimento, a porção intra-abdominal da veia umbilical pode ser facilmente dilatada. Na maioria dos adultos, o lúmen original da veia persiste através do ligamento redondo e pode ser dilatado até 5-6 mm de diâmetro.

Ducto venoso

O ducto venoso é uma continuação direta da veia umbilical e se origina do ramo esquerdo da veia porta, diretamente oposto ao final da veia umbilical. Ele segue por 2-3 cm dentro das camadas do omento menor, em um sulco entre o lobo esquerdo e o lobo caudado do fígado, antes de terminar na veia cava inferior ou na veia hepática esquerda imediatamente antes de ela se unir à veia cava inferior. A túnica média do ducto venoso contém fibras musculares lisas organizadas circularmente, uma abundante quantidade de fibras elásticas e algum tecido conjuntivo.

O ducto venoso já se encontra fechado em cerca de um terço dos bebês recém-nascidos. Ele se torna inativado através de um mecanismo desconhecido. A obliteração começa na extremidade da veia porta na segunda semana pós-natal e progride em direção à veia cava; o lúmen está completamente obliterado por volta do segundo ou terceiro mês após o nascimento. O remanescente fibroso do ducto venoso é o ligamento venoso.

Cateterização da veia umbilical

A veia umbilical pode ser cateterizada no recém-nascido para permitir a troca e a transfusão de sangue, para medição da pressão venosa central e, usualmente em uma emergência, para acesso vascular. O cateter é inserido na extremidade cortada da veia umbilical e é avançado ao longo da extensão da veia, através do ducto venoso e para dentro da veia cava inferior, com a ponta localizada entre o ducto venoso e o átrio direito. O posicionamento da ponta do cateter é confirmado radiologicamente e ele deve ser colocado logo acima do diafragma, em um ponto que esteja nivelado com a nona ou a décima vértebra torácica (T9/T10). Como com cateteres da artéria umbilical, o cálculo da extensão necessária para o cateter pode ser determinado a partir de gráficos padronizados.

Artérias umbilicais

As artérias umbilicais estão em continuação direta com as artérias ilíacas internas. Seu lúmen tem 2-3 mm de diâmetro em sua origem, quando distendido. Este se estreita à medida que elas se aproximam do umbigo, onde existe um espessamento recíproco da túnica média, como um resultado, em particular, de um aumento no número de fibras musculares lisas longitudinais e de fibras elásticas. Antes do nascimento, existe uma proliferação de tecido conjuntivo em meio à parede vascular. Os vasos umbilicais se estreitam em resposta à manipulação, à distensão, ao resfriamento e às tensões alteradas de oxigênio e dióxido de carbono. Os vasos umbilicais são musculares, mas desprovidos de um suprimento nervoso em seu trajeto extra-abdominal. Após o cordão umbilical ter sido cortado, as artérias umbilicais se contraem e previnem uma perda significativa de sangue; trombos frequentemente se formam nas extremidades distais das artérias. As artérias se obliteram a partir de suas extremidades distais, até – por volta do final do segundo ou terceiro mês pós-natal – que a involução tenha ocorrido ao nível das artérias vesicais superiores. As partes proximais dos vasos obliterados permanecem como os ligamentos umbilicais mediais.

Cateterização da artéria umbilical

A inserção de um cateter umbilical é empreendida para fornecer um acesso direto à circulação arterial. O sangue arterial pode ser retirado repetidamente para medição das pressões parciais de oxigênio e de dióxido de carbono, pH, excesso de bases e muitos outros parâmetros da bioquímica do sangue e da hematologia. O cateter interno também permite a medição contínua da pressão sanguínea arterial.

O cateter é inserido diretamente na extremidade cortada ou na lateral de uma das duas artérias umbilicais no coto de cordão umbilical que permanece preso ao bebê após a transecção do cordão umbilical no momento do parto. A ponta do cateter é em seguida avançada ao longo da extensão da artéria umbilical, através da artéria ilíaca interna, para o interior da artéria ilíaca comum e daí para a aorta. A fim de manter o cateter patente, um pequeno volume de líquido é continuamente infundido através dele. É importante que a ponta do cateter deva estar localizada bem distante das artérias que se ramificam da aorta, para evitar uma perfusão potencial-

mente perigosa dessas artérias com o líquido do cateter. Assim, as pontas de cateteres de artéria umbilical são colocadas na aorta descendente, seja em uma posição "alta", acima da artéria celíaca, mas bem abaixo do ducto arterioso, ou em uma posição "baixa", abaixo das artérias renal e mesentérica inferior, mas acima do ponto em que a aorta se bifurca nas duas artérias ilíacas comuns. A extensão do cateter a ser inserido pode ser calculada a partir de gráficos que relacionam a extensão necessária do cateter para medições corporais externas ou a partir do peso ao nascimento. O posicionamento do cateter é avaliado por meio de radiografias do abdome ou do tórax: uma ponta "alta" de cateter deve estar localizada na aorta descendente, mais ou menos entre os níveis da sexta e nona vértebras torácicas (T6-T9), enquanto uma ponta "baixa" de cateter deve estar ao nível entre a terceira e a quarta vértebras lombares (L3-L4). Os pontos de referências anatômicas importantes são dados na Tabela 73.1.

Tabela 73.1 Pontos de referência anatômica importantes para a cateterização da artéria umbilical

Estrutura	Nível Vertebral
Ducto arterioso	T4–5
Artéria celíaca	T12
Artéria mesentérica superior	T12–L1
Artéria renal	L1
Artéria mesentérica inferior	L3
Bifurcação da aorta	L4–5

REFERÊNCIAS

Butzner JD, Befus AD 1989 Interactions among intraepithelial leucocytes and other epithelial cells in intestinal development and function. In: Lebenthal E (ed) Human Gastrointestinal Development, Chapter 37. New York: Raven Press.

Collins P 2002 Embryology of the pancreas. In: Howard ER, Stringer MD, Colombani PM (eds) Surgery of the Liver, Bile Ducts and Pancreas in Children, Part 8. London: Arnold, pp. 479–92.
Cobre a morfogênese pancreática, o calendário de atuação do desenvolvimento, a origem das linhas celulares pancreáticas e os fatores que regulam o desenvolvimento pancreático.

Collins P 2002 Embryology of the liver and bile ducts. In: Howard ER, Stringer MD, Colombani PM (eds) Surgery of the Liver, Bile Ducts and Pancreas in Children, Part 3. London: Arnold, pp. 91–102.
Cobre a morfogênese do fígado e circulação hepática inicial, a origem das linhas celulares hepáticas e o desenvolvimento de sistemas biliares extra e intra-hepáticos.

Gershon MD 1987 Phenotypic expression by neural crest-derived precursors of enteric neurons and glia. In: Madreson PFA (ed) Developmental and Evolutionary Aspects of the Neural Crest. New York: John Wiley.
Descreve um modelo murino de doença de Hirschsprung.

Howard ER 2002 Biliary atresia: aetiology, management and complications. In: Howard ER, Stringer MD, Colombani PM (eds) Surgery of the Liver, Bile Ducts and Pancreas in Children, Part 3. London: Arnold, pp. 103–32.
Revisa a etiologia e apresentação clínica da atresia biliar, como os fatores congênitos, infecciosos e anatômicos que estão relacionados com a condição.

Lebenthal E 1989 Concepts in gastrointestinal development. In: Lebenthal E (ed) Human Gastrointestinal Development, Chapter 1. New York: Raven Press.
Este capítulo é o primeiro em um volume dedicado ao desenvolvimento da estrutura e funcionamento do intestino, fígado e pâncreas. Inclui o desenvolvimento dos mecanismos de vigilância imunológica e flora gastrointestinal.

Lewis P, Yaron Y, Evans MI 1999 Fetal endocrine disorders. In: Rodeck CH, Whittle MJ (eds) Fetal Medicine: Basic Sciences and Clinical Practice, Chapter 62. Edinburgh: Churchill Livingstone, pp. 829–34.
Revisa o diagnóstico e tratamento de distúrbios endócrinos fetais comuns, particularmente das glândulas suprarrenal e tireoide.

Streeter GL 1942 Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age group XI, 13 to 20 somites, and age group XII, 21 to 29 somites. Contrib Embryol Carnegie Inst Washington 30: 211–45.

Whittle MJ 1999 Gastrointestinal abnormalities. In: Rodeck CH, Whittle MJ (eds) Fetal Medicine: Basic Sciences and Clinical Practice, Chapter 54. Edinburgh: Churchill Livingstone, pp. 703–714.
Revisa o diagnóstico e tratamento de anormalidades do trato gastrointestinal.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 74

Rim e ureter

RIM

Os rins excretam os produtos finais do metabolismo e o excesso de água. Estas ações são essenciais para o controle de concentrações de várias substâncias no corpo e mantêm o balanço eletrolítico e de água aproximadamente constante nos fluidos teciduais. Os rins também têm funções endócrinas, produzem e liberam eritropoietina, a qual afeta a formação de células vermelhas do sangue; renina, que influencia a pressão sanguínea; 1,25-di-hidroxicolecalciferol (a forma metabolicamente ativa da vitamina D), a qual está envolvida no controle da absorção de cálcio e no metabolismo mineral; e vários outros fatores solúveis com ações metabólicas.

No estado fresco, os rins são marrom-avermelhados. Eles estão situados posteriormente, atrás do peritônio parietal posterior, a cada lado da coluna vertebral, e estão circundados por tecido adiposo. Superiormente, eles estão nivelados com a margem superior da 12ª vértebra torácica e, inferiormente, com a terceira vértebra lombar. O rim direito é normalmente um pouco mais baixo que o rim esquerdo, o que reflete sua relação com o fígado. O rim esquerdo é um pouco maior e mais estreito que o rim direito e se encontra mais próximo do plano mediano (Fig. 74.1). O longo eixo de cada rim é direcionado inferolateralmente e o eixo transverso posteromedialmente, o que significa que as faces anterior e posterior normalmente descritas são de fato anterolateral e posteromedial. Um entendimento desta orientação é importante na cirurgia percutânea e endo-urológica renal.

Cada rim possui tipicamente 11 cm de comprimento, 6 cm de largura e 3 cm de dimensão anteroposterior (espessura). O rim esquerdo pode ser 1,5 cm maior que o rim direito; é raro o rim direito ser mais que 1 cm maior que o rim esquerdo. O peso médio é de 150 g em homens e 135 g em mulheres. Em indivíduos magros com a parede abdominal relaxada, o polo inferior do rim direito pode apenas ser sentido na inspiração profunda por examinação lombar bimanual, mas isto não é comum.

Nos fetos e em recém-nascidos, o rim tem normalmente 12 lóbulos. Estes estão fusionados no adulto para apresentar uma superfície lisa, embora traços da lobulação possam permanecer.

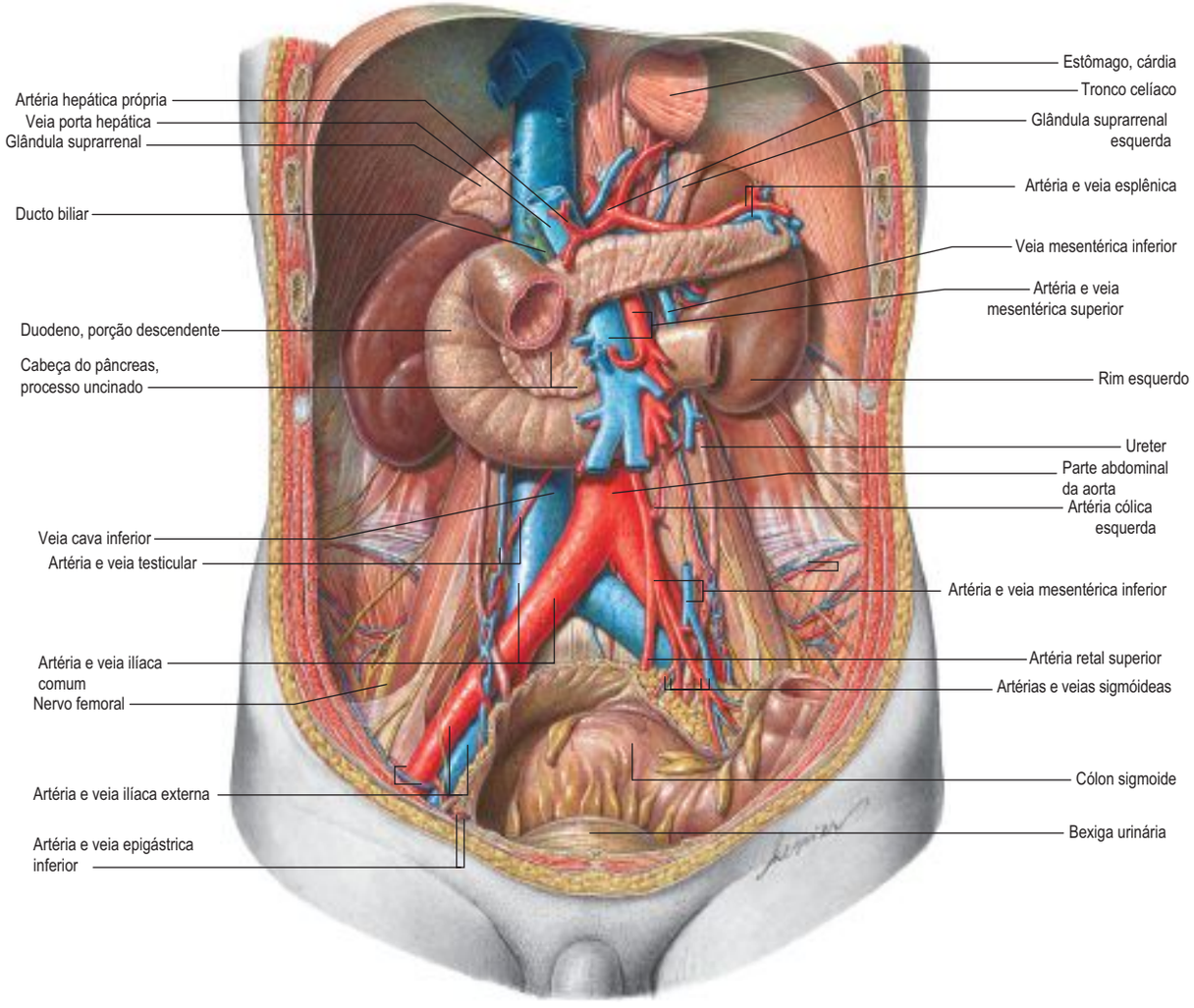


Fig. 74.1 Relações dos rins e ureteres no retroperitônio masculino. (De Sobotta 2006.)

Rins ausentes e ectópicos Um único rim ausente é visto em 1 a cada 1.200 indivíduos e resulta da falha do blastema metanéfrico em se unir com um broto uretérico no lado afetado. Não há nenhuma sequela clínica, mas pode frequentemente estar associado com a ausência do ducto deferente e/ou epidídimo, e a outras anomalias congênitas, incluindo ânus não perfurado, anomalias cardíacas valvulares e atresia esofágica. Um único rim frequentemente mostra hipertrofia compensatória. A expectativa de vida de indivíduos com um único rim é a mesma daqueles com dois rins.

Falha na ascensão do rim para a fossa renal *in utero* resulta na ectopia renal. Mais comumente o rim é encontrado na pelve; isto ocorre em 1 a cada 2.500 nascimentos. Rins assim localizados frequentemente têm anormalidades de má rotação associadas, e podem ter lobulação fetal acentuada. Rins pélvicos frequentemente tornam-se hidronefróticos como resultado de um ureter localizado anteriormente e de um suprimento sanguíneo anormal. Uma obstrução na junção pelve-uretérica associada está frequentemente presente.

Muito raramente, e apesar da localização normal dos óstios dos ureteres na bexiga, as duas massas renais podem estar no mesmo lado. Isto é chamado ectopia renal cruzada, e usualmente as duas massas renais estão fundidas em tais circunstâncias. Uma ectopia renal cruzada solitária pode estar associada a anomalias esqueléticas e outras anomalias genitourinárias. Um número de diferentes padrões anatômicos anormais pode resultar, todos muito raros (Fig. 74.2).

Rim em ferradura Rins em ferradura são encontrados em 1 a cada 400 indivíduos. Uma ponte transversa de tecido renal, o istmo, o qual usualmente, mas não invariavelmente, contém substância renal funcionando, conecta as duas massas renais. O istmo se localiza entre os polos inferiores, mais comumente anteriores aos grandes vasos. Os ureteres curvam-se anteriormente ao istmo e em geral têm uma inserção alta na pelve renal (Fig. 74.3A, B).

O suprimento sanguíneo para os rins em ferradura é variável. Um vaso para cada metade é visto em 30% dos rins em ferradura, mas vasos anômalos múltiplos são comuns; o istmo pode ser suprido por um vaso direto da aorta ou de ramos da artéria mesentérica inferior, da artéria ilíaca comum ou da artéria ilíaca externa. Em vista desta anatomia arterial variável, angiografia ou imagem por TC com reconstrução vascular é muito útil quando se planeja uma cirurgia renal em rins em ferradura. Rins em ferradura podem ter uma obstrução na junção pelveuretérica associada em mais de 30% dos casos. Vasos anômalos que cruzam o ureter e o curso anormal do ureter quando passa sobre a substância renal podem também causar obstrução. Rins em ferradura têm um aumento na incidência de cálculos renais, provavelmente como uma consequência de áreas de drenagem insuficiente.

FÁSCIA RENAL

A fáscia renal é um denso envoltório de tecido conjuntivo elástico que envolve cada rim e a glândula suprarrenal a ele associada, juntos com uma camada de gordura pararrenal circundante (Figs. 62.1, 74.4A, B). O rim e seus vasos estão embebidos em uma gordura pararrenal, a qual é mais espessa nas margens renais e se estende para o seio renal no hilo.

A fáscia renal foi originalmente descrita como feita de duas entidades separadas, a fáscia posterior de Zuckerkandl (folheto retrorrenal) e a fáscia anterior de Gerota (folheto pré-renal), as quais se fundem lateralmente

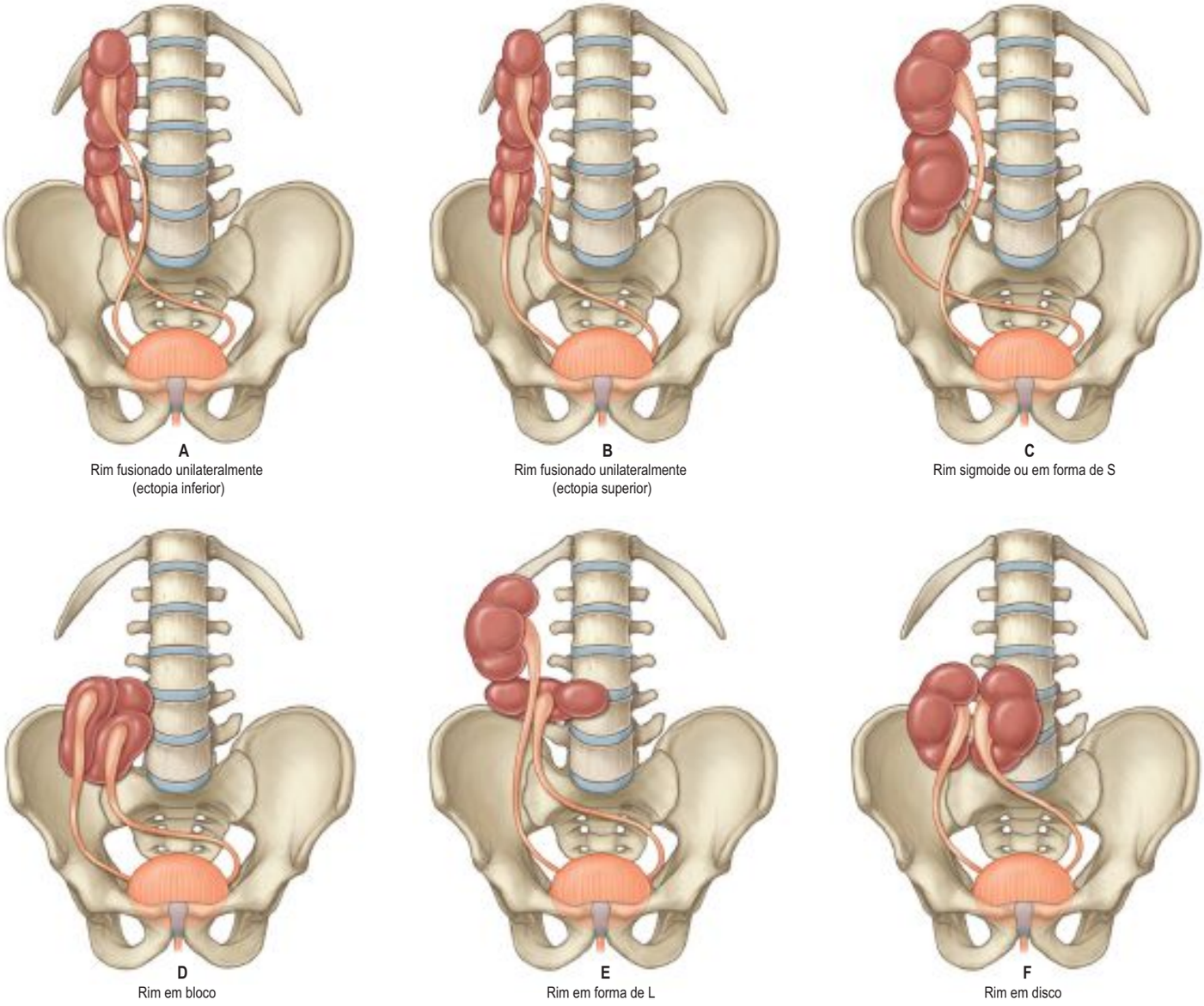


Fig. 74.2 Ectopia renal cruzada: diagrama mostra os possíveis arranjos dos rins ectópicos cruzados.

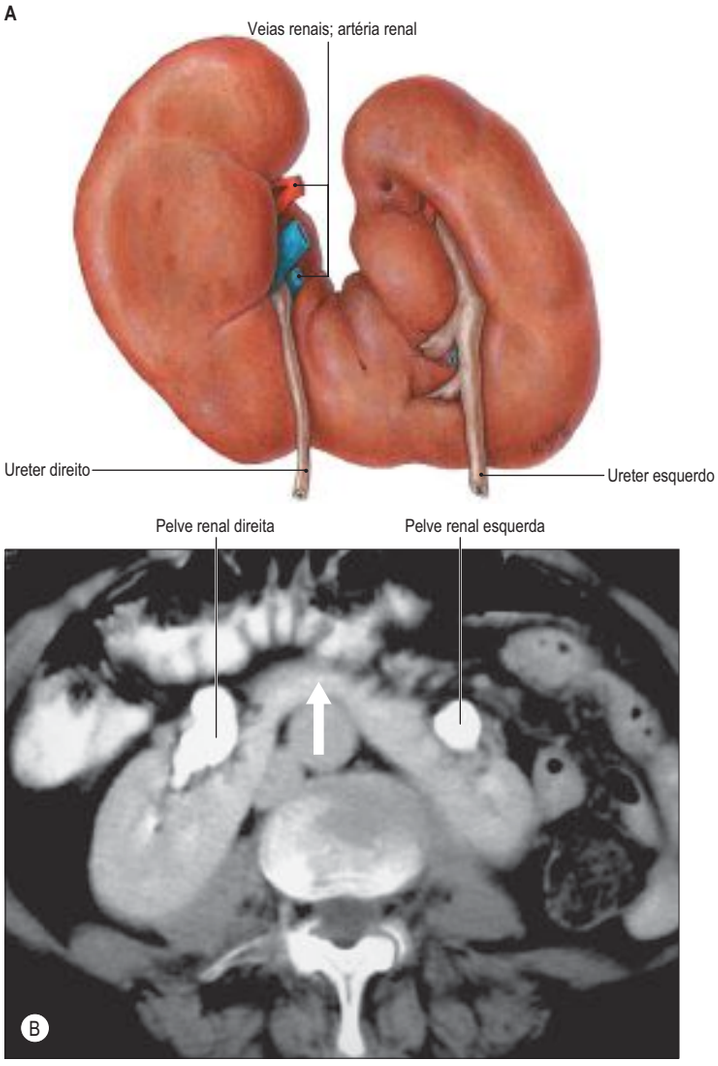


Fig. 74.3 A, Rim em ferradura. Observe os ureteres que passam anteriormente ao istmo. Observe também a inserção relativamente alta dos ureteres na pelve renal. **B**, TC axial após contraste de fase tardia mostra um rim em ferradura. Ambos os polos inferiores estão direcionados medialmente e fusionados por um istmo (seta). Observe que as pelves renais (vista aqui preenchidas com contraste) estão direcionadas anteriormente. (De Sobotta 2006.)

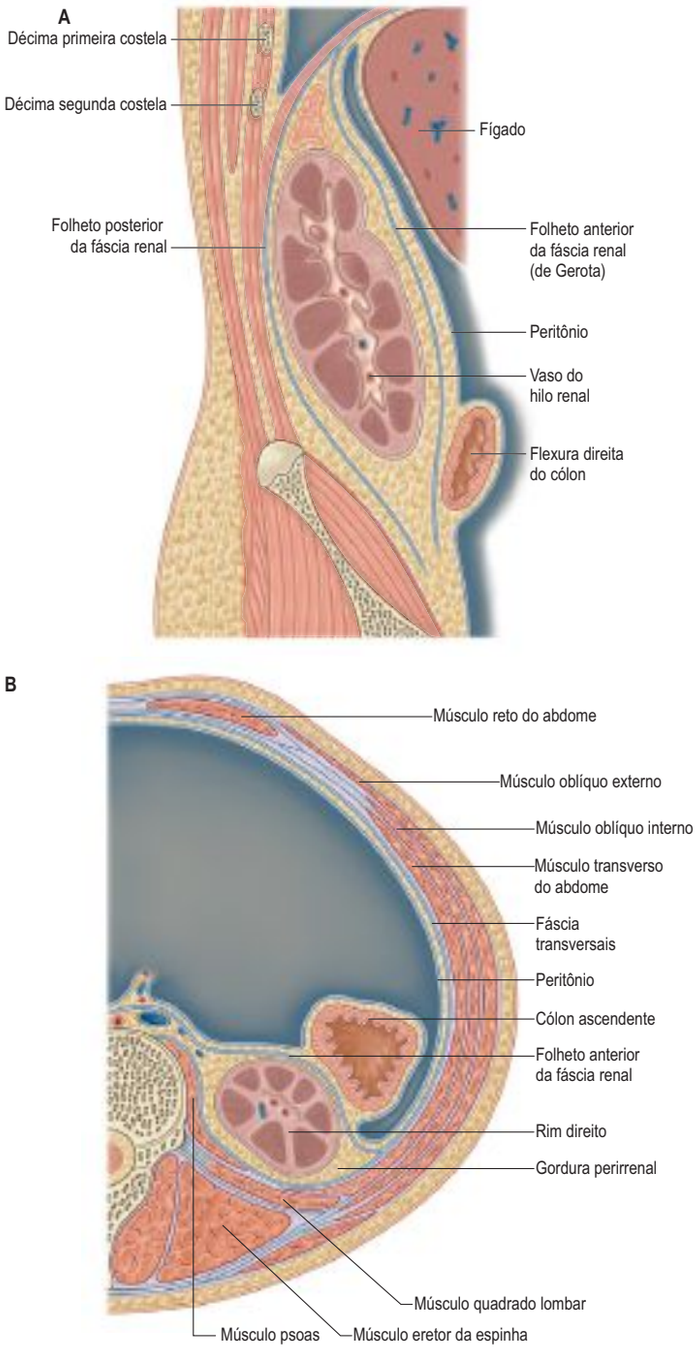


Fig. 74.4 A, Corte sagital através da parede abdominal posterior mostra as relações da fáscia renal do rim direito. **B**, Corte transversal que mostra as relações da fáscia renal.

para formar a fáscia lateroconal. De acordo com esta visão, a fáscia lateroconal continua anteriormente, atrás do colo, para se misturar com o peritônio parietal. Porém, um trabalho de Mitchell (1950) mostrou que a fáscia renal não é feita de duas fáscias distintas fundidas, mas é de fato uma única estrutura multilaminada na qual está fundida posteromedialmente com a fáscia muscular dos músculos psoas maior e quadrado lombar. Então, estende-se anterolateralmente atrás dos rins como uma folha bilaminada, que em um ponto variável se divide em uma lâmina anterior delgada, que passa em torno da face anterior do rim como a fáscia perirrenal anterior, e uma espessa lâmina posterior que continua anterolateralmente como a fáscia lateroconal e funde-se com o peritônio parietal.

Classicamente, a fáscia perirrenal anterior é descrita como que se misturando com a massa densa de tecido conjuntivo que circunda os grandes vasos na raiz do mesentério atrás do duodeno e pâncreas e desta maneira bloqueia a comunicação entre os espaços perirenais pela linha mediana. Porém, inspeção de imagens de TC ou de secções anatômicas de cadáveres, seguindo injeção de contraste ou látex colorido respectivamente, no espaço perirrenal, revelou que o fluido pode se estender pela linha mediana do terceiro ao quinto níveis lombares através de um estreito canal que mede de 2-10 mm em dimensão AP. Na linha mediana superiormente, as fáscias perirrenal anterior e posterior se fundem e estão inseridas nos pilares de seus respectivos hemidiafragmas. Inferiormente, a fáscia se separa por uma distância craniocaudal variável. A fáscia perirrenal posterior se funde com a fáscia muscular do músculo psoas maior, enquanto a fáscia perirrenal anterior se estende pela linha mediana em frente dos grandes vasos e, então, comunicação entre os dois lados é permitida, embora muito raramente de significado clínico. Abaixo deste nível, as duas fáscias mais uma vez se fundem e estão inseridas nos grandes vasos ou vasos ilíacos. A retenção de fluido para um lado do espaço perirrenal, que é observado em mais de dois terços de casos clínicos, é atribuída à presença de um septo fibroso.

Acima das glândulas suprarrenais, as fáscias perirrenais anterior e posterior parecem se fundir uma a outra e com a fáscia diafragmática. Esta descrição de um cone superior fechado não é universalmente aceita. Experimentos com cadáveres têm mostrado que o limite superior do espaço perirenal pode estar aberto e em continuidade com a área nua do fígado à direita, e com o espaço extraperitoneal subfrênico à esquerda. A camada fascial posterior se mistura bilateralmente com a fáscia do músculo psoas maior e do músculo quadrado lombar, bem como com a fáscia frênica inferior. A camada fascial anterior, à direita, mistura-se com o ligamento coronário inferior direito ao nível do polo superior do rim e da área nua do fígado. À esquerda, a camada anterior se funde com o ligamento gastroesplênico ao nível da glândula suprarrenal.

Há alguma discordância a respeito da fusão inferior da fáscia perirrenal. Muitos investigadores acreditam que inferiormente os folhetos anterior e posterior da fáscia perirrenal se fundem para produzir um cone invertido que está aberto para a pelve em seu ápice. Lateralmente, os folhetos anterior e posterior se fundem com a fáscia ilíaca, e medialmente

com o tecido conjuntivo periuretérico. O ápice inferior do cone está aberto anatomicamente para a fossa ilíaca, mas rapidamente pode se fechar na presença de um processo inflamatório. Outra descrição está baseada na dissecção de cadáveres com pós-morte recente, após injeções de látex colorido no espaço perirrenal: estes têm mostrado que a fáscia perirrenal anterior e posterior se misturam para formar uma única fáscia multilaminar que contém o ureter na fossa ilíaca. Anteriormente, esta fáscia comum é frouxamente conectada ao peritônio parietal, e não permite comunicação livre entre o espaço perirrenal e a pelve, e também entre os espaços perirrenal e pararrenal.

Uma nefrectomia simples em doença benigna remove o rim de dentro da fáscia renal; uma nefrectomia radical (para um câncer) remove o conteúdo inteiro do espaço perirrenal, incluindo a fáscia renal, para aumentar a área de segurança em torno do tumor.

RELAÇÕES

Os polos superiores de ambos os rins são espessos e arredondados, e cada um está relacionado com sua glândula suprarrenal (Fig. 74.5A, B). Os polos inferiores são mais delgados e se encontram a aproximadamente 2,5 cm cristas ilíacas. As margens laterais são convexas. As margens mediais são convexas próximas aos polos, côncavas entre eles e se curvam inferolateralmente. Em cada uma, uma fissura vertical profunda se abre anteromedialmente como o hilo, o qual é limitado por lábios anterior e posterior e contém os vasos e nervos renais e a pelve renal. As posições relativas das principais estruturas do hilo são a veia renal (anterior), a artéria renal (média) e a pelve renal (posterior). Geralmente, um ramo da artéria renal principal corre sobre a margem superior da pelve renal para entrar no hilo posteriormente à pelve, e uma tributária da veia renal frequentemente deixa o hilo no mesmo plano. Acima do hilo, a margem medial é relacionada com a glândula suprarrenal e, abaixo, com a origem do ureter.

A face anterior convexa do rim de fato está voltada anterolateralmente, e suas relações diferem à direita e à esquerda. Igualmente, a face posterior dos rins, na realidade, está voltada posteromedialmente. Suas relações são similares em ambos os lados do corpo (Fig. 74.6A-D).

Uma pequena área do polo superior está em contato com a glândula suprarrenal direita, a qual pode se sobrepor na parte superior da margem medial do polo superior. Uma grande área abaixo desta está imediatamente relacionada ao lobo direito do fígado separada por uma camada de peritônio. Uma estreita área medial está diretamente relacionada à parte descendente retroperitoneal do duodeno. Inferiormente, a face anterior está diretamente em contato, lateralmente, com a flexura direita retroperitoneal do intestino grosso, e medialmente com a parte do intestino delgado intraperitoneal.

Uma pequena área medial do polo superior está relacionada com a glândula suprarrenal esquerda. A metade lateral da face anterior está relacionada com o baço da qual está separada por uma camada de peritônio. Uma área quadrilátera central se encontra em contato direto com o pâncreas retroperitoneal e os vasos esplênicos. Acima desta, uma pequena região triangular variável, entre as áreas suprarrenal e esplênica, está em contato com o estômago separada por uma camada de peritônio. Abaixo das áreas pancreática e esplênica, uma estreita faixa lateral a qual se estende para a margem lateral do rim, está diretamente relacionada com a flexura esquerda retroperitoneal do intestino grosso e com o início do cólon descendente. Uma extensa área medial está relacionada com as alças intraperitoneais do jejuno. A área gástrica está coberta com o peritônio do omento menor (bolsa omental) e as áreas esplênicas e jejunais estão cobertas pelo peritônio do omento maior. Atrás, o peritônio está cobrindo a área jejunal, ramos dos vasos cólicos esquerdos estão relacionados com o rim (Fig. 74.7A, B).

A face posteromedial dos rins está embebida em gordura e é destituída de peritônio. Os rins direito e esquerdo estão relacionados com estruturas similares. Superiormente, estão o músculo diagrama e os ligamentos arqueados medial e lateral. Mais inferiormente, movendo-se em uma direção medial e lateral, estão os músculos psoas maior, quadrado lombar, o tendão aponeurótico do músculo transverso do abdome, os vasos subcostais e os nervos subcostal, ilio-hipogástrico e ilioinguinal. O polo superior do rim direito está nivelado com a 12ª costela, e o do rim esquerdo com a 11ª e 12ª costelas. O músculo diafragma separa o rim da pleura, a qual desce para formar o recesso costodiafragmático: o músculo diagrama é às vezes defeituoso ou ausente no trígono imediatamente acima do ligamento arqueado lateral, e este permite ao tecido adiposo pararrenal contatar a pleura diafragmática.

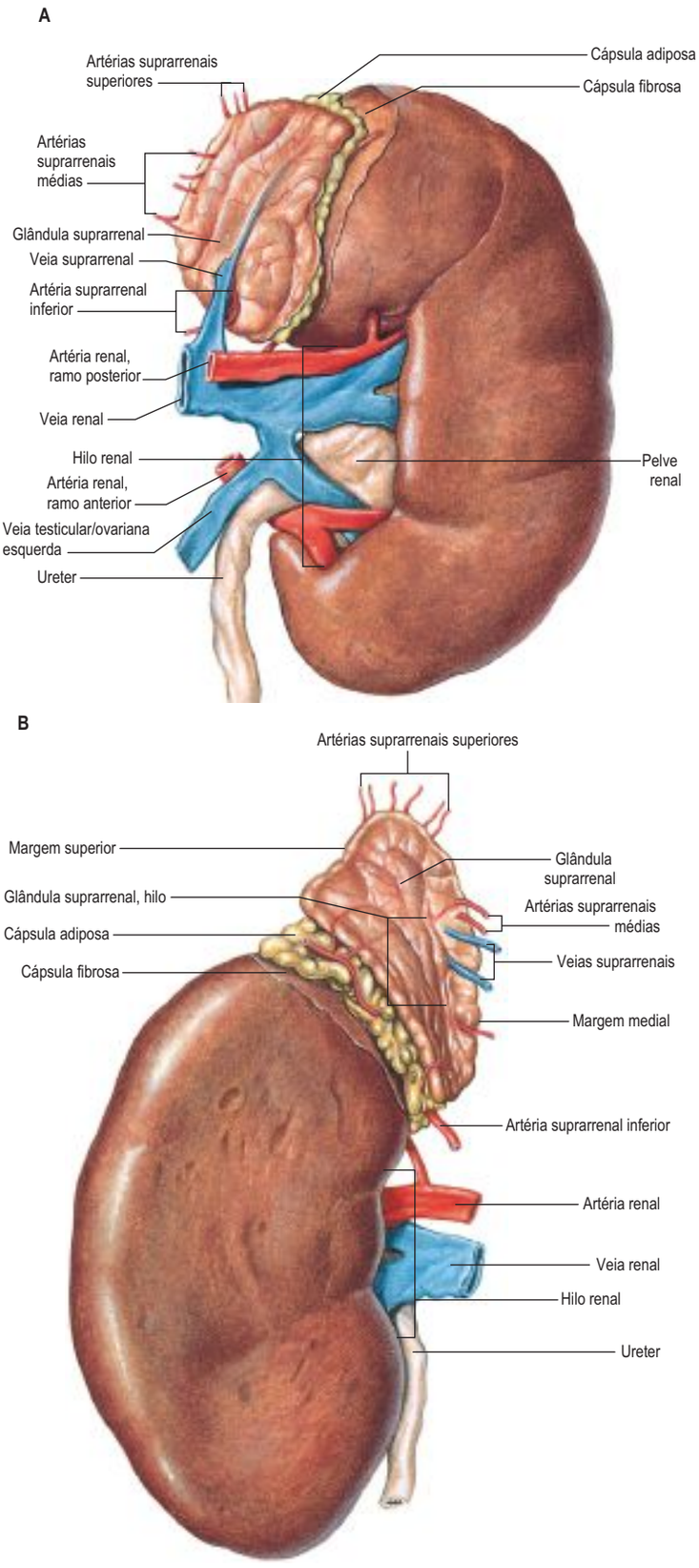


Fig. 74.5 Face anterior do rim esquerdo e glândula suprarrenal (**A**), e do rim direito e glândula suprarrenal (**B**). Observe que a veia suprarrenal esquerda drena para a veia renal esquerda. Esta é uma importante relação para se identificar quando da realização de uma nefrectomia esquerda. (De Sobotta 2006.)

MACROESTRUTURA INTERNA

O rim após o nascimento apresenta uma delgada cápsula fibrosa composta de tecido rico em colágeno com algumas fibras elásticas e musculares lisas. Na presença de doença renal a cápsula pode se tornar aderente (Fig. 74.8A, B).

O rim pode ser dividido em uma medula interna e um córtex externo. A medula renal consiste em pirâmides renais pálidas, estriadas e cônicas, com suas bases voltadas para periferia e seus ápices convergindo para o seio renal. No seio renal, eles se projetam para os cálices renais como papilas.

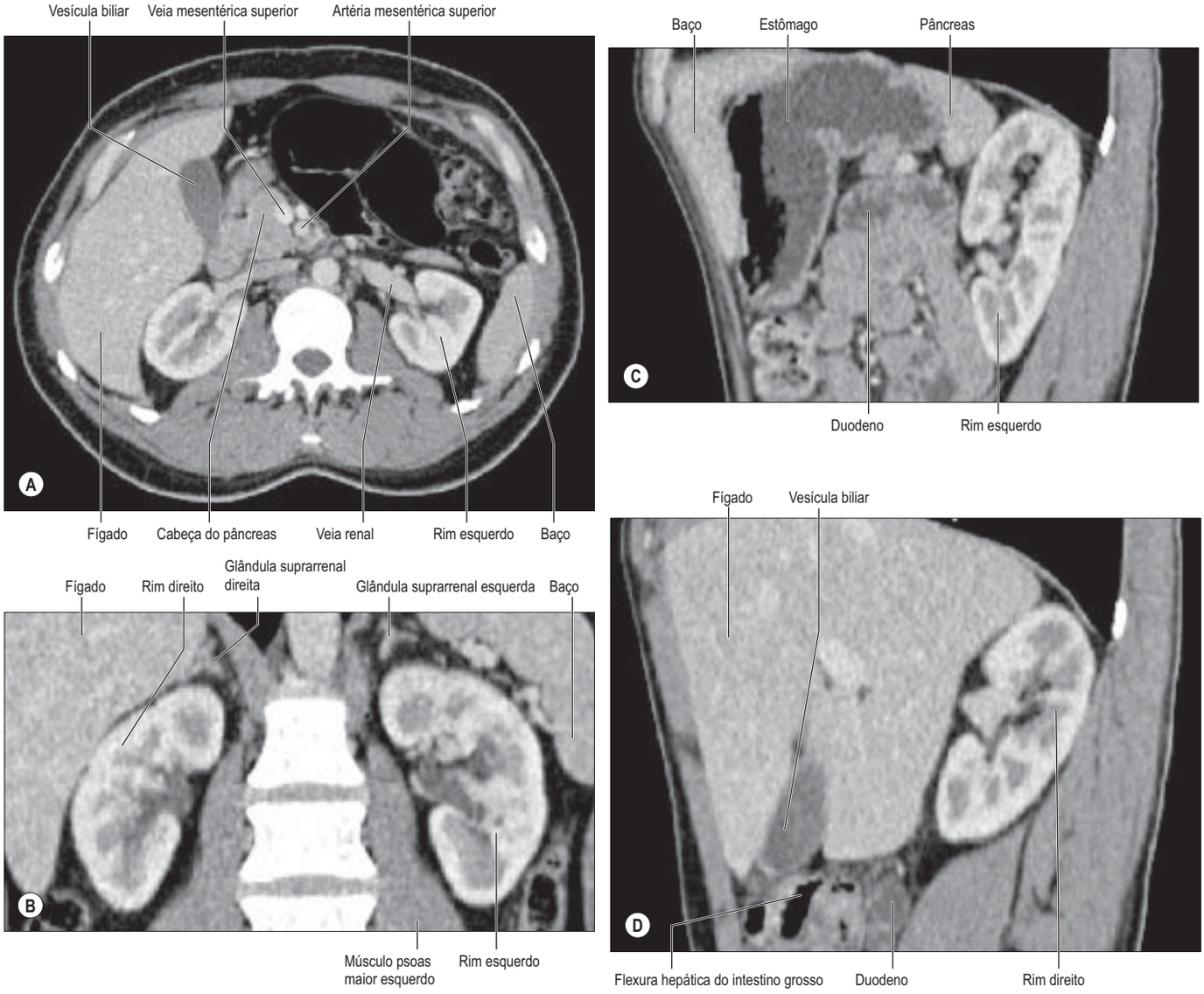


Fig. 74.6 Vários cortes de TC dos rins. **A**, TC axial dos rins mostra as relações anatômicas no hilo renal. **B**, TC coronal mostra os rins e as glândulas suprarrenais. **C**, TC sagital do rim esquerdo localizado posteriormente ao estômago, baço e pâncreas. **D**, TC sagital do rim direito localizado posteriormente ao lobo direito do fígado, flexura hepática do intestino grosso e duodeno.

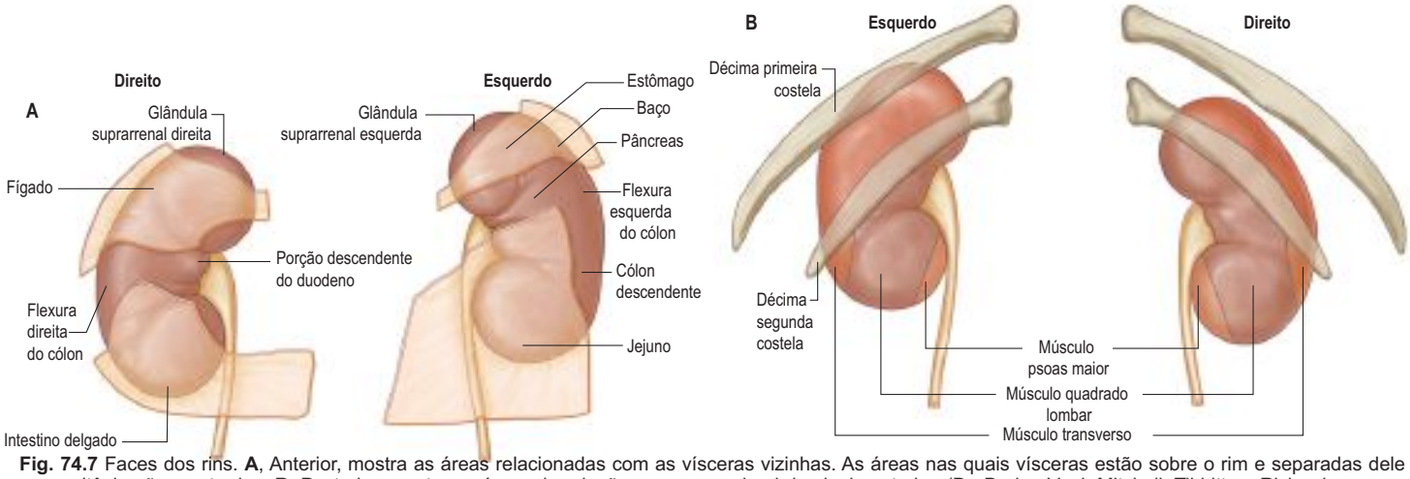


Fig. 74.7 Faces dos rins. **A**, Anterior, mostra as áreas relacionadas com as vísceras vizinhas. As áreas nas quais vísceras estão sobre o rim e separadas dele por peritônio são mostradas. **B**, Posterior, mostra as áreas de relação para a parede abdominal posterior. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

O córtex renal é subcapsular, arqueando-se sobre as bases das pirâmides e se estendendo entre elas para o seio renal como colunas renais. Suas regiões periféricas são chamadas de arcos corticais e são atravessadas radialmente por raios medulares claros, separados por tecido escuro, a parte contorcida dos néfrons. Os raios se afunilam na direção da cápsula renal e são como prolongamentos periféricos das bases das pirâmides renais. O córtex é histologicamente dividido em zonas interna e externa. A zona interna é demarcada da medula por vasos sanguíneos tangenciais (artérias e veias arqueadas), que se encontram na junção das duas, porém uma camada delgada de tecido cortical (subcórtex) aparece no lado

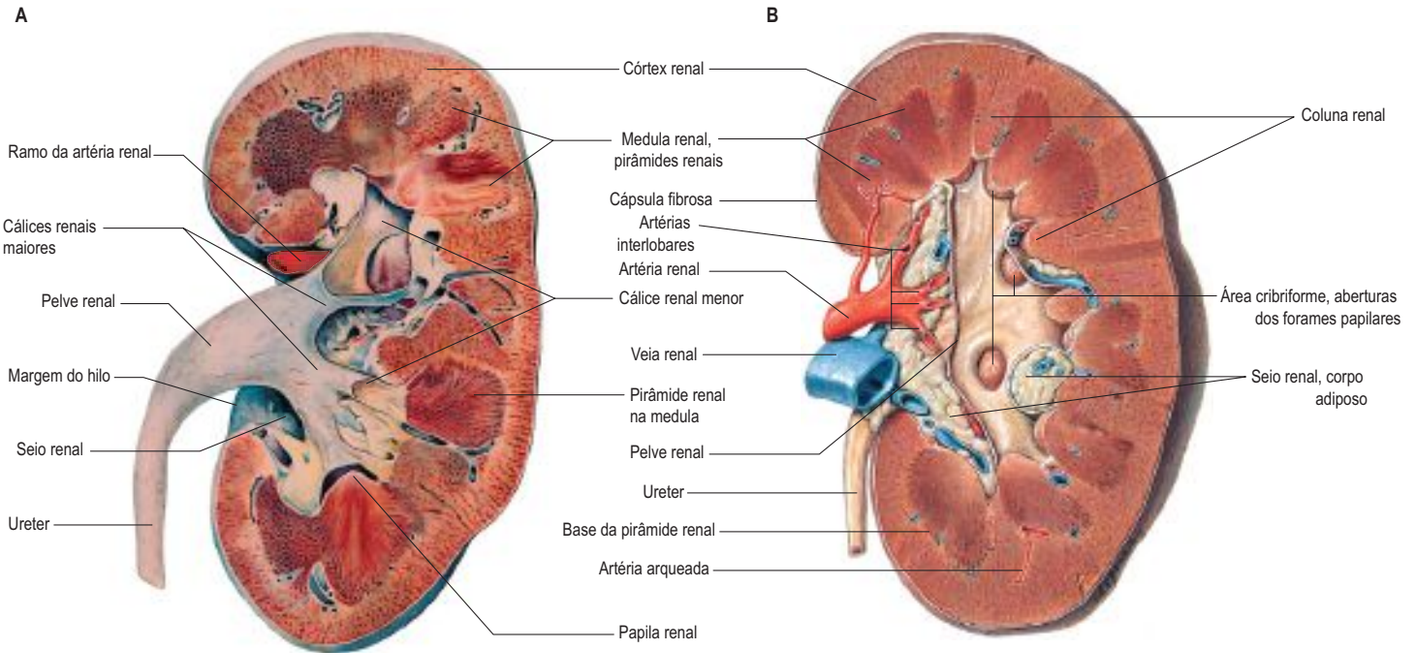


Fig. 74.8 Rim esquerdo, hemissecção vertical oblíqua: aparência macroscópica normal da córtex renal e medula renal e as estruturas principais no hilo renal. Em **A**, o corpo adiposo do seio renal e a maior parte dos vasos principais no hilo foram removidos, e a pelve renal não foi aberta. Em **B**, a pelve renal foi aberta para revelar as artérias interlobares. (**B** de Sobotta 2006.)

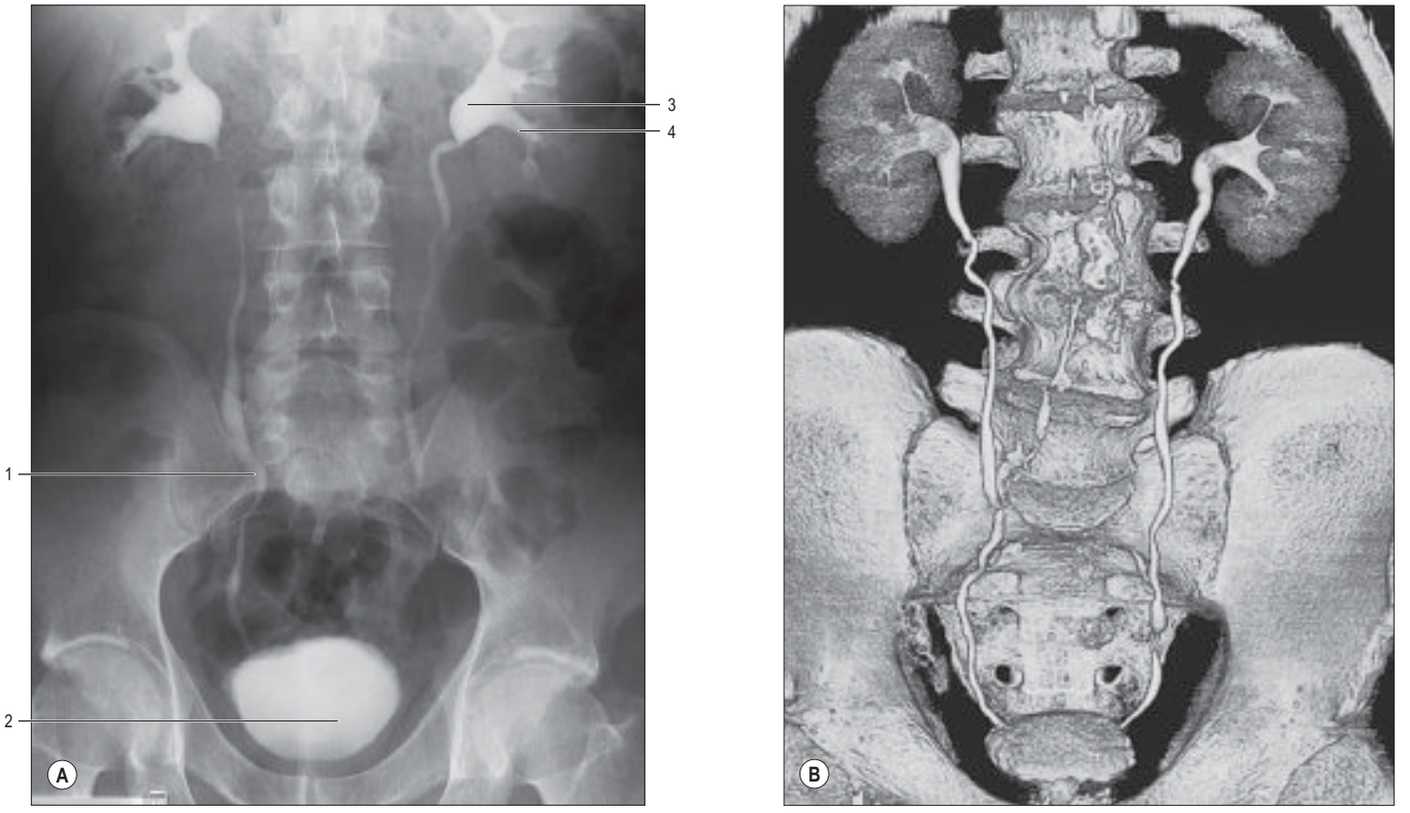


Fig. 74.9 A, Urograma intravenoso convencional mostra os cálices renais, pelve e ambos os ureteres. **1**. Ureter. **2**. Bexiga urinária. **3**. Pelve renal. **4**. Cálices renais. **B**, Urograma obtido por TC multislice. Visualização 3D por superfície sombreada reformatada mostra os rins, os ureteres, a bexiga urinária e a anatomia óssea em volta.

medular desta zona. O córtex próximo à medula é às vezes chamado de córtex justamedular.

Pelve renal e cálices

O hilo renal conduz a um seio renal central, recoberto pela cápsula renal e quase todo preenchido pela pelve e vasos renais, o espaço remanescente está preenchido por gordura. A dissecção no interior deste plano é desafiadora, mas importante em cirurgias na pelve renal, particularmente naquelas para remoção de cálculos nos rins. Dentro do seio renal, os túbulos coletores dos néfrons dos rins se abrem nos ápices das papilas renais para drenar para os cálices renais menores, os quais são expansões em forma de funil do trato urinário superior. A cápsula renal cobre a face externa do rim e se continua através do hilo para delinear o seio e se fundir com a adventícia que reveste os cálices renais menores. Cada cálice renal menor circunda uma única papila ou, mais raramente, grupos de duas ou

três papilas. Os cálices renais menores se unem com seus vizinhos para formar duas, ou possíveis três grandes câmaras, os cálices renais maiores. Existe muita variação no arranjo dos cálices. Como a face posterior do rim roda lateralmente ao longo de seu processo de ascensão *in utero*, os cálices que estão laterais se tornam posicionados anteriormente, e os cálices mediais se posicionam mais posteriormente. Os cálices maiores drenam para o infundíbulo. A pelve renal é normalmente formada da junção de dois infundíbulos, um do cálice polar superior e um do cálice polar inferior, mas pode haver um terceiro, o qual drena os cálices na porção média do rim. Os cálices são geralmente agrupados em três pares que drenam para o infundíbulo polar superior e quatro pares para o infundíbulo polar inferior. Se existir um infundíbulo médio, a distribuição é normalmente três pares no polo superior, dois no médio, e dois no polo inferior. Existe considerável variação no arranjo do infundíbulo e na constituição intrarrenal ou extrarrenal da pelve. A pelve renal em forma de funil afila-se quando passa inferomedialmente e atravessa o hilo renal para se tornar contínua com o ureter (Figs. 74.8A, B; 74.9). Raramente é possível determinar precisamente onde a pelve renal termina e o ureter começa: esta região é geralmente extra-hilar e normalmente se encontra adjacente à parte inferior da margem medial do rim. Raramente, a pelve renal inteira tem sido encontrada dentro do seio do rim de forma que a transição pelveuretérica ocorre mais na proximidade do hilo renal ou completamente dentro do seio renal.

Os cálices, a pelve renal e o ureter são bem demonstrados radiologicamente através de uma injeção intravenosa de contraste rádio-opaco que é excretado na urina (urografia intravenosa – UIV) (Fig. 74.9A, B); ou após a introdução de contraste rádio-opaco no ureter por cateterização através de cistoscopia (pielografia ascendente ou retrógada). A drenagem normal dos cálices menores ao se projetarem nas papilas renais pode ser obliterada por condições que causam hidronefroses, distensão crônica do ureter e da pelve renal por causa da obstrução do trato urinário superior e inferior, resultando em elevação da pressão intrapélvica. Uma avaliação da rotação dos rins, que posiciona os cálices posteriores mais medialmente e os cálices anteriores mais lateralmente, é essencial para se interpretar corretamente uma imagem contrastada do sistema coletor dos rins.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias renais

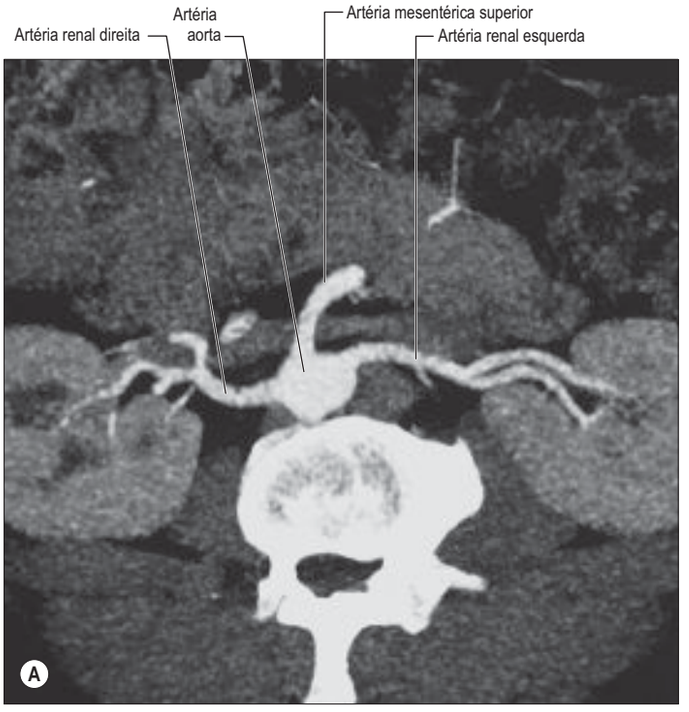
O par de artérias renais utiliza 20% do volume de ejeção cardíaca para suprir órgãos que representam menos que um centésimo do total do peso corpóreo. Elas se originam lateralmente da aorta logo abaixo da origem da artéria mesentárica superior (Figs. 62.8; 74.10A). Ambas cruzam o correspondente pilar do músculo diagrama em ângulos retos com a aorta. A artéria renal direita é mais longa e frequentemente mais alta, e passa posteriormente à veia cava inferior, à veia renal direita, à cabeça do pâncreas e à porção descendente do duodeno. A artéria renal esquerda é mais curta e mais baixa, e passa atrás da veia renal esquerda, do corpo do pânccreas e da veia esplênica. Pode ser cruzada anteriormente pela veia mesentérica inferior.

Uma única artéria renal para cada rim está presente em aproximadamente 70% dos indivíduos (Fig. 74.11). As artérias variam em seu nível de origem e em seu calibre, obliquidade e relações precisas (Fig. 74.10B). Em seu curso extrarrenal, cada artéria renal dá uma ou mais artérias suprarrenais, um ramo para o ureter, e ramos que suprem tecidos perinefréticos, a cápsula renal, e a pelve. Próximo do hilo renal, cada artéria se divide em uma divisão anterior e uma divisão posterior, e estas se dividem em artérias segmentares que suprem os segmentos vasculares renais. Artérias renais acessórias são comuns (30% dos indivíduos), e geralmente surgem da aorta acima ou abaixo (mais comumente abaixo) da artéria renal principal e a segue para o hilo renal. Elas são consideradas artérias esplâncnicas laterais embrionárias persistentes. Vasos acessórios para o polo inferior cruzam anteriormente ao ureter e podem obstruir o ureter por compressão mecânica e causar hidronefroses. Mais raramente, artérias renais acessórias podem surgir do tronco celíaco ou da artéria mesentérica superior, próximo da bifurcação aórtica, ou das artérias ilíacas comuns.

As subdivisões das artérias renais são descritas sequencialmente como artérias segmentar, lobar, interlobar, arqueada e interlobular, e arteríolas glomerulares aferentes e eferentes (Fig. 74.14).

Artérias segmentares

A segmentação vascular renal foi originalmente reconhecida por John Hunter em 1794, mas a primeira contagem detalhada do padrão primário foi produzida na década de 1950 a partir de moldes e radiografias de rins injetados. Cinco segmentos arteriais têm sido identificados (Fig. 74.12). O segmento apical ocupa a região anteromedial do polo superior. O segmento superior (anterior) inclui o resto do polo superior e a região anterossuperior. O segmento inferior cerca todo o polo inferior. O segmento médio (anterior) se encontra entre os segmentos anterior e inferior. O



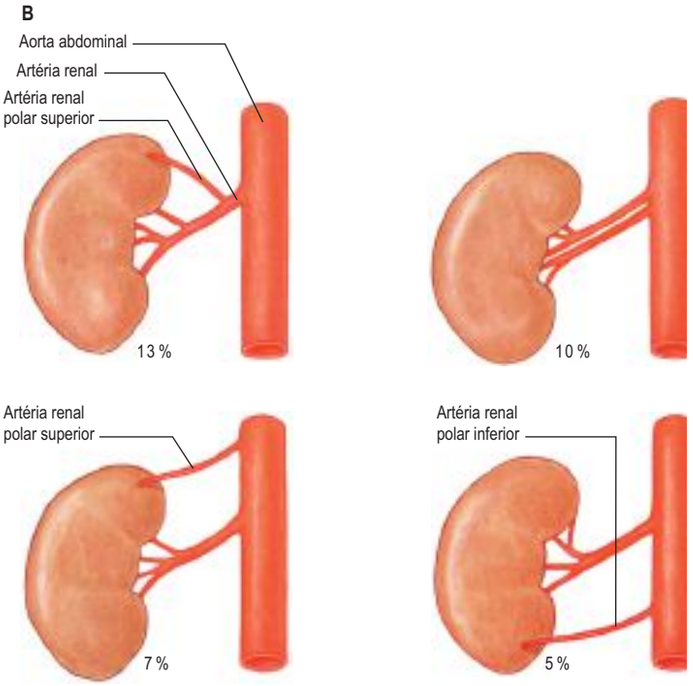


Fig. 74.10 A, Angiograma renal obtido por TC axial multislice. **B**, Variações no número e padrões de ramificações da artéria renal (porcentagens são aproximadas). (**B** de Sobotta 2006.)

segmento posterior inclui toda a região posterior entre os segmentos apical e inferior. Este é o padrão mais comumente observado, e embora considerável variação possa existir, é um padrão que os médicos frequentemente encontram quando da execução de nefrectomias parciais. Em qualquer padrão que esteja presente, deve ser enfatizado que segmentos vasculares são supridos por artérias virtualmente terminais. Em contraste, grandes veias intrarrenais não têm nenhuma organização segmentar e se anastomosam livremente.

Brödel (1911) descreveu uma zona longitudinal avascular relativa (*the 'bloodless' line of Brödel*) ao longo da margem renal convexa, que foi proposta como o mais satisfatório local para incisão cirúrgica. Porém, muitos vasos cruzam esta zona, que está então longe de ser totalmente avascular: planejamento de incisões radiais ou intersegmentares são preferíveis. O conhecimento da anatomia vascular do rim é importante quando da realização de nefrectomia parcial para cânceres celulares renais. Nesta cirurgia, os ramos da artéria renal são definidos de forma que o cirurgião pode efetivamente excisar a substância renal que contém

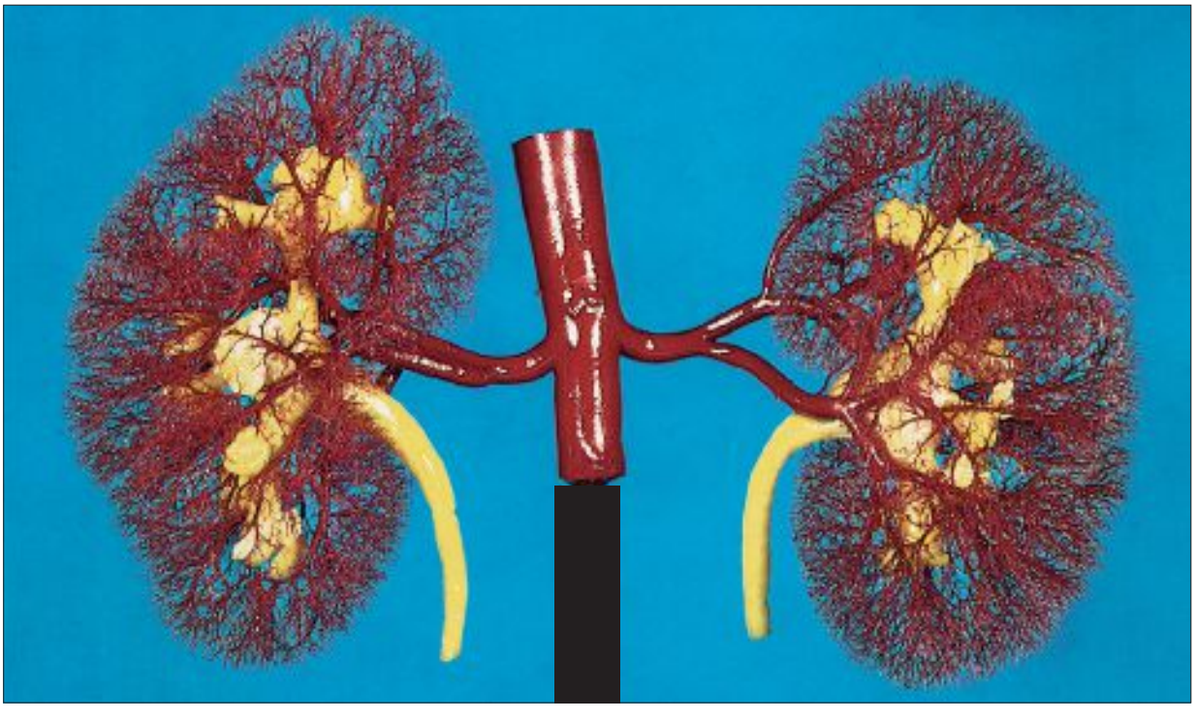


Fig. 74.11 Moldes de resina após corrosão de rins humanos. Ureteres, pelve e cálices renais estão em amarelo; aorta, artérias renais e seus ramos estão em vermelho. (Preparado por DH Tompsett do Royal College of Surgeons of England. Por permissão do Museums of The Royal College of Surgeons.)

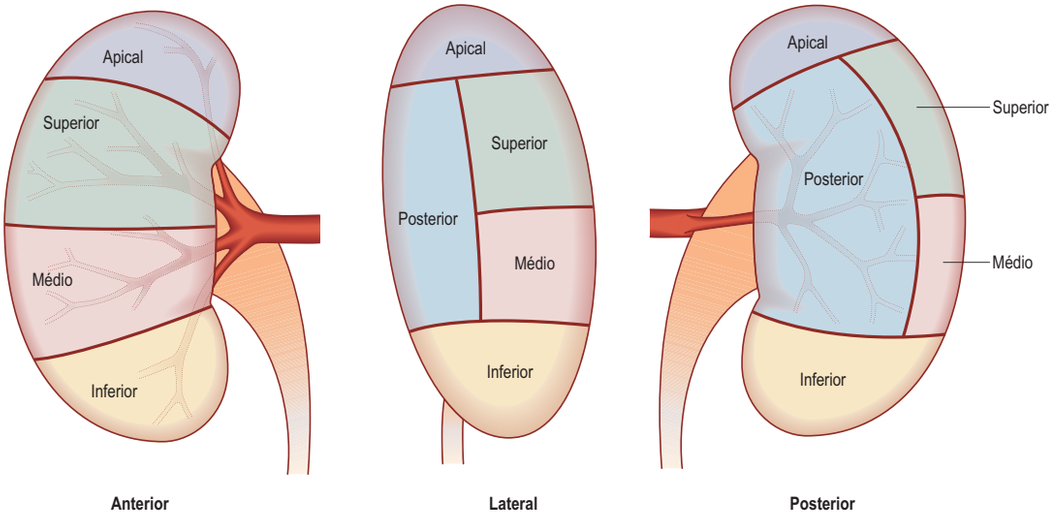


Fig. 74.12 Anatomia arterial segmentar do rim direito: os ramos da divisão posterior próximos ao hilo antes da divisão anterior se dividem em outras artérias segmentares.

o tumor sem comprometimento do suprimento vascular para o tecido renal remanescente.

Artérias lobar, interlobar, arqueada e interlobular

Os ramos iniciais das artérias segmentares são as lobares, geralmente uma para cada pirâmide renal. Antes de alcançar a pirâmide eles se subdividem em duas ou três artérias interlobares e se estendem para o córtex em torno de cada pirâmide. Na junção do córtex e da medula, artérias interlobares dicotomizam em artérias arqueadas, que divergem em ângulos retos. Quando elas arqueiam entre o córtex e a medula, cada uma se divide mais adiante, finalmente suprindo as artérias interlobulares que divergem radialmente no córtex. As terminações das artérias arqueadas adjacentes não se anastomosam, mas terminam no córtex como artérias interlobulares adicionais. Embora a maioria das artérias interlobulares venha dos ramos arqueados, algumas surgem diretamente das artérias arqueadas ou ainda das artérias interlobares terminais (Fig. 74.14). As artérias interlobulares ascendem para o córtex superficial ou podem ocasionalmente se ramificar durante seu trajeto. Algumas são mais tortuosas e se curvam para a medula pelo menos uma vez antes de prosseguir para a superfície renal. Outras atravessam a superfície como artérias perfurantes para se anastomosar com o plexo capsular (que também é suprido pelas artérias suprarrenal inferior, renal e gonadal).

Arteríolas glomerulares aferentes e eferentes

As arteríolas glomerulares aferentes são principalmente os ramos laterais das artérias interlobulares. Uns poucos surgem das artérias arqueadas e interlobares quando elas variam suas direções e ângulos de origem: as profundas se inclinam obliquamente para trás em direção à medula, as intermediárias passam horizontalmente, e a maioria superficial se aproxima da superfície obliquamente antes de terminar nos glomérulos (Fig. 74.14). As arteríolas eferentes da maior parte dos glomérulos (exceto nos níveis justamedular e, algumas vezes, nos níveis corticais intermediários) logo se dividem para formar um denso plexo capilar peritubular em torno dos túbulos contorcidos proximal e distal: existem, assim, dois grupos de capilares, glomerular e peritubular, em série na circulação cortical renal principal, unidos por arteríolas glomerulares eferentes. O suprimento vascular da medula renal é maior a partir de arteríolas eferentes do glomérulo justamedular, suplementado por algumas dos glomérulos mais superficiais, e arteríolas 'aglomerulares' (provavelmente de glomérulos degenerados). As arteríolas glomerulares eferentes que passam para a medula são relativamente longas, com diâmetro maior, e contribuem com ramos colaterais para plexos capilares vizinhos antes de entrar na medula, onde cada uma se divide em 12-25 arteríolas retas descendentes. Como seu nome

sugere, estas correm diretamente para profundidades variadas na medula renal, contribuindo com ramos colaterais para um plexo capilar alongado radialmente (Fig. 74.14) aplicado aos ramos descendentes e ascendentes das alças renais e aos ductos coletores. As terminações venosas dos capilares convergem para os vasos retos ascendentes, que drenam para as veias arqueadas ou interlobulares. Uma característica essencial dos vasos retos (particularmente na medula externa) é que ambos os vasos ascendentes e descendentes estão agrupados em feixes vasculares, dentro dos quais os aspectos externos de ambos os tipos estão intimamente justapostos, trazendo-os próximos aos ramos das alças renais e ductos coletores. Como esses feixes convergem centralmente para a medula renal, eles contêm poucos vasos: alguns terminam em sucessivos níveis nos plexos capilares vizinhos. Esta proximidade entre vasos descendentes e ascendentes e ductos adjacentes fornece as bases estruturais para as trocas de contracorrente e atua como um fenômeno multiplicador (ver mecanismo contracorrente de troca mais adiante no capítulo [Fig. 74.17]). Esses complexos padrões vasculares renais mostram especializações regionais intimamente adaptadas à organização espacial e às funções dos corpúsculos, túbulos e ductos renais (ver adiante).

Veias renais

Finas radículas das terminações venosas dos plexos peritubulares convergem para se unir às veias interlobulares, cada uma com sua arteríola interlobular. Muitas veias interlobulares iniciam abaixo da cápsula renal fibrosa pela convergência de muitas veias satélites, que drenam as zonas mais superficiais do córtex renal e assim são nomeadas a partir de seu aparecimento na superfície. Veias interlobulares passam para a junção corticomedular e também recebem alguns vasos retos ascendentes antes de terminar nas veias arqueadas (que acompanham as artérias arqueadas), e se anastomosam com veias vizinhas. As veias arqueadas drenam para as veias interlobares, que se anastomosam e formam a veia renal.

As grandes veias renais se localizam anteriormente às artérias e drenam na veia cava inferior quase em ângulo reto. A veia renal esquerda é três vezes maior que a veia renal direita (7,5 cm e 2,5 cm, respectivamente) e por esta razão, o rim esquerdo é o lado preferencial de nefrectomia de doador vivo. A veia renal esquerda corre de sua origem no hilo renal, posteriomente à veia esplênica e ao corpo do pâncreas, e então cruza a aorta anteriormente, imediatamente abaixo da origem da artéria mesentérica superior. A veia gonadal esquerda drena em sua borda inferior e a veia suprarrenal esquerda, que geralmente recebe uma das veias frênicas inferiores esquerdas, drena em sua borda superior próximo à linha mediana. A veia renal esquerda drena na veia cava inferior um pouco mais superiormente que a direita. A veia renal direita está atrás da porção descendente do duodeno, e algumas vezes da parte lateral da cabeça do pâncreas. Pode ser extremamente curta (<1 cm), de tal modo que uma nefrectomia segura pode requerer excisão de uma porção da veia cava inferior (Fig. 74.13).

A veia renal esquerda pode ser dupla, uma veia passando posteriormente, a outra anteriormente, à aorta antes de se unirem à veia cava inferior. Isto é algumas vezes referido como uma persistência do "colar renal". A veia anterior pode estar ausente, e então haverá somente uma única veia renal esquerda retroaórtica. A veia renal esquerda pode ser ligada durante cirurgia para aneurisma aórtico, em função de sua íntima relação com a aorta: este procedimento raramente resulta em algum dano para o rim, desde que a ligadura seja colocada à direita da drenagem das veias gonadal e suprarrenal, uma vez que estas geralmente podem propiciar drenagem venosa colateral adequada. A veia renal direita não tem drenagem colateral significante e não pode ser ligada sem comprometimento.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos renais começam em três plexos, em torno dos túbulos renais, sobre a cápsula renal, e no corpo adiposo pararrenal (os dois últimos se conectam livremente). Vasos coletores do plexo intrarrenal formam quatro ou cinco troncos que seguem a veia renal para terminar nos linfonodos aórticos laterais; os vasos coletores subcapsulares se unem a eles quando deixam o hilo. O plexo perirrenal drena diretamente para os mesmos linfonodos.

INERVAÇÃO

Ramos do plexo e gânglios celíacos, gânglios aorticorrenais, nervo esplâncnico torácico inferior, primeiro nervo esplâncnico lombar e plexo aórtico formam um denso plexo de nervos autonômicos em torno da artéria renal.

Pequenos gânglios ocorrem no plexo renal, o maior geralmente atrás da origem da artéria renal. O plexo continua no rim em torno dos ramos arteriais e supre os vasos e glomérulos renais, e especialmente os túbulos corticais. Axônios dos plexos em torno das artérias arqueadas inervam arteríolas eferentes justamedulares e arteríolas retas, que controlam o fluxo sanguíneo entre o córtex e a medula sem afetar a circulação glomerular. Axônios do plexo renal contribuem para os plexos uretérico e gonadal.

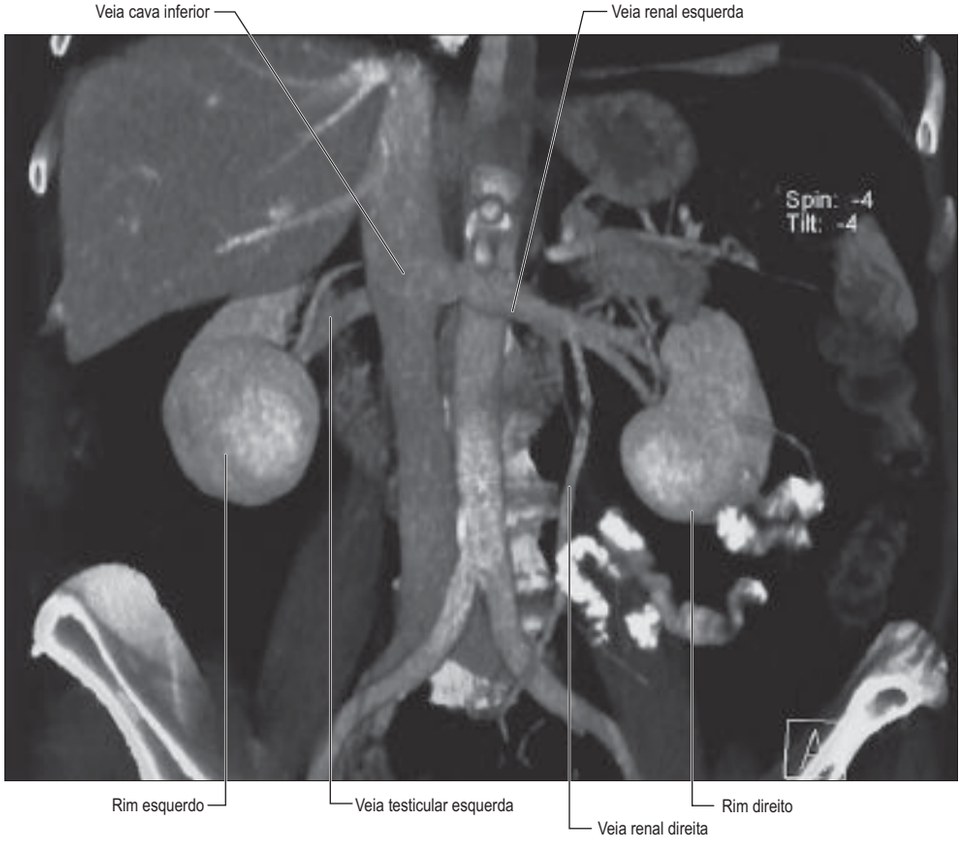


Fig. 74.13 Venograma renal obtido por TC. Adquirido por TC multislice e reconstruído como superfície 3D sombreada reformatada.

MICROESTRUTURA

O rim é composto de muitos túbulos uriníferos tortuosos e bem empacotados, ligados por um delicado tecido conjuntivo no qual correm vasos sanguíneos, linfáticos e nervos. Cada túbulo consiste em duas partes embriologicamente distintas, o néfron, que produz a urina, e o ducto coletor, que completa a concentração de urina e através do qual a urina passa para os cálices dos rins, para a pelve renal, para o ureter e para a bexiga urinária (pág. 1305).

Néfron

O néfron consite em um corpúsculo renal, relacionado com a filtração do plasma, e um túbulo renal, relacionado com a reabsorção seletiva do filtrado para formar a urina (Fig. 74.14). Ductos coletores carregam fluido de muitos túbulos renais para um ducto papilar terminal e se abrem para o cálice renal menor no ápice da papila renal. As superfícies papilares mostram numerosos orifícios diminutos desses ductos e pressão em um rim fresco expele urina deles.

Corpúsculo renal

Corpúsculos renais são pequenas estruturas arredondadas com média de 0,2 mm de diâmetro, visíveis desde o córtex renal profundo até a uma estreita zona cortical periférica (Fig. 74.15A, B). Cada um tem um glomérulo central de vasos e uma cápsula glomerular (de Bowman), do qual o túbulo renal se origina.

Existem aproximadamente um milhão de corpúsculos renais em cada rim, e seu número (que pode ser determinado em parte por fatores intrauterinos) diminui com a idade; este processo é acelerado pelo aumento da pressão sanguínea. Após o nascimento, novos néfrons não podem ser desenvolvidos – uma perda de néfrons pode nunca ser recuperada. A diminuição em úmero corpuscular com a idade é refletida em uma correspondente redução na taxa de filtração glomerular da quarta década de vida em diante.

Glomérulo

Um glomérulo é uma coleção de vasos sanguíneos capilares contorcidos, unidos por uma delicada matriz mesangial e suprido por uma arteríola que entra na cápsula oposta ao polo urinário, onde o filtrado entra no túbulo. (O termo glomérulo é usado mais frequentemente para descrever todo o corpúsculo renal.) Uma arteríola eferente emerge do mesmo ponto, o polo vascular do corpúsculo. Os glomérulos são simples na forma até os períodos finais da vida pré-natal; alguns permanecem assim aproximadamente seis meses após o nascimento, a maioria amadurecendo aos seis anos e todos aos 12 anos (pág. 1305).

Cápsula de Bowman

A cápsula de Bowman é uma expansão final cega de um túbulo renal, e é profundamente invaginada pelos glomérulos. É revestida por um epitélio escamoso simples em sua parede externa (parietal); sua parede glomerular, justacapilar (visceral) é composta de podócitos epiteliais especializados. Entre as duas paredes da cápsula está um espaço urinário achatado (de Bowman), contínuo com o túbulo contorcido proximal (Figs. 74.15B; 74.17).

Podócitos são células estreladas. Seu maior processo em forma de pé (primário) curva-se em torno das alças dos capilares e ramifica-se para formar os processos secundários que estão posicionados próximos à lâmina basal; processos secundários ou terciários dão origem a pedicelos

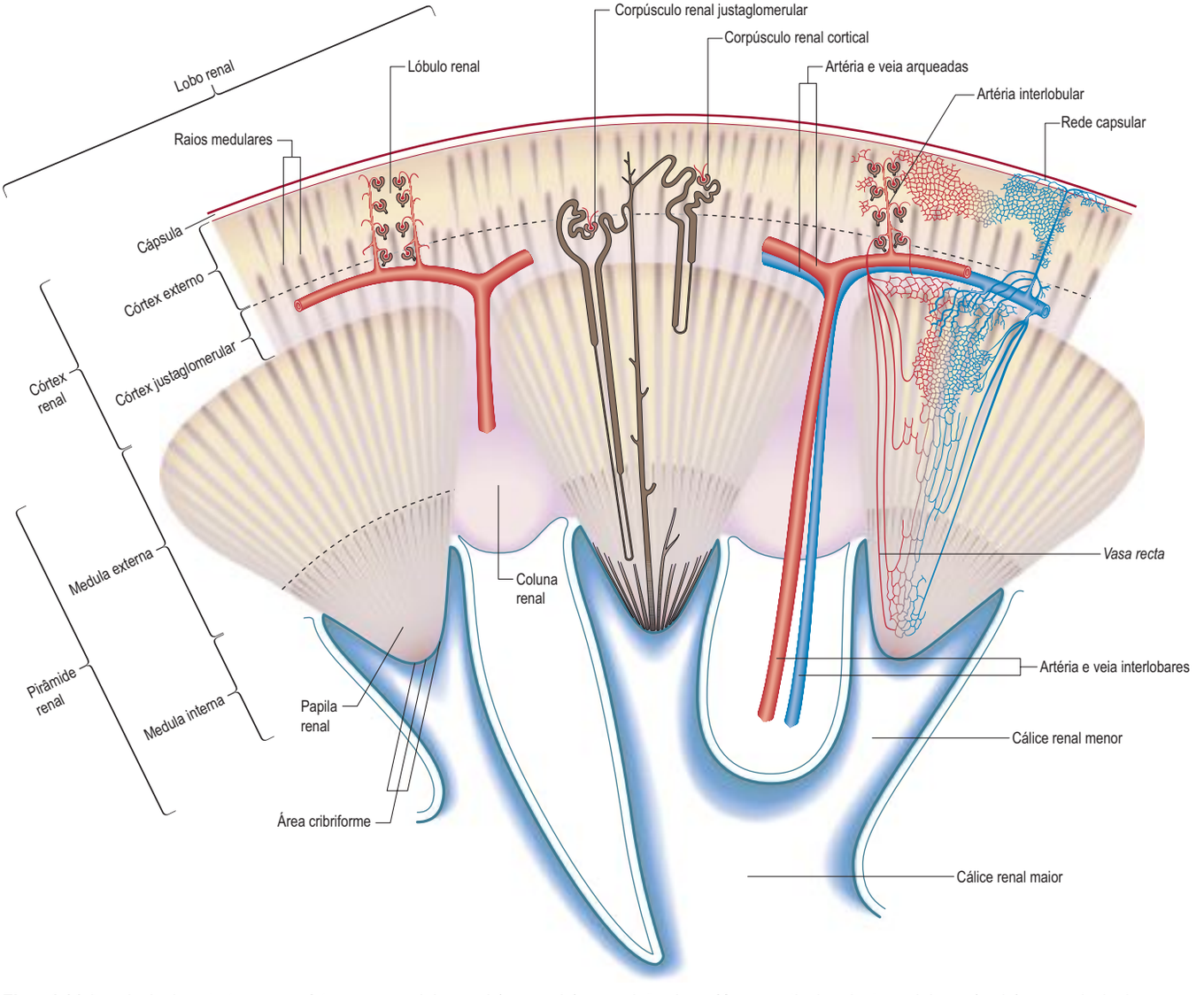
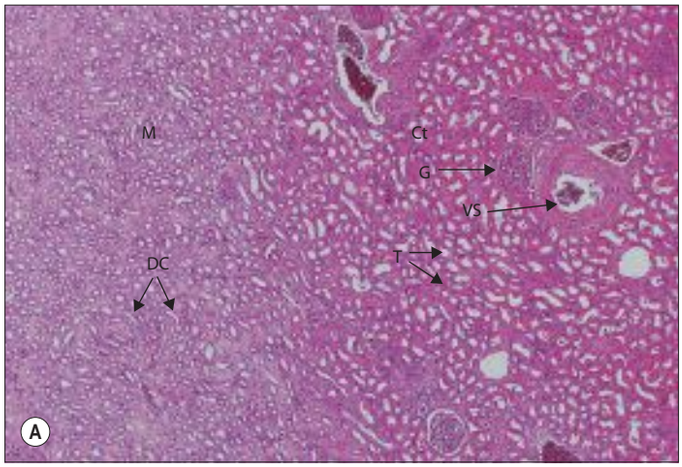


Fig. 74.14 As principais estruturas no córtex e na medula renal (esquerda), a posição dos néfrons corticais e justamedulares (meio) e os principais vasos sanguíneos (direita).



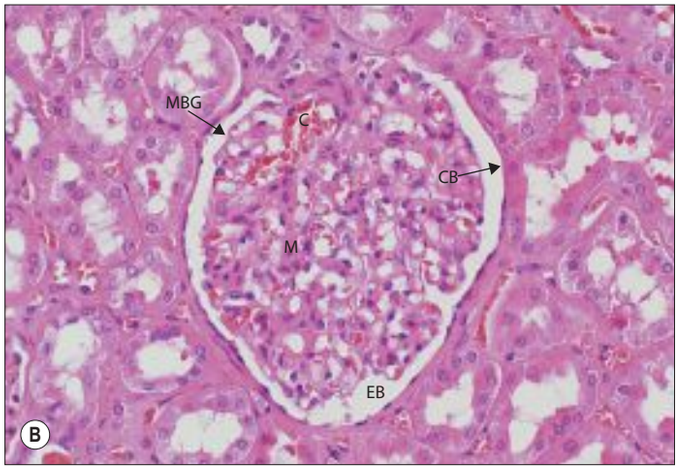
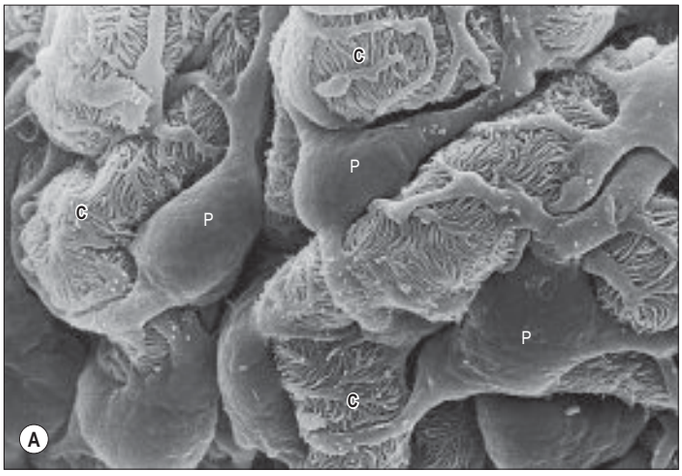


Fig. 74.15 A, Fotomicrografia de baixa ampliação de corte histológico do rim mostra o córtex renal (Ct) incluindo glomérulo (G), túbulos contorcidos proximal e distal (T) e vasos sanguíneos (VS). A medula (M) contém alças de Henle e ductos coletores (DC) (20x, coloração com HE). **B**, Um glomérulo com uma rede de capilares (C) dentro de uma pequena quantidade de tecido conjuntivo, o mesângio (M). A membrana basal glomerular (MBG) dos capilares é contínua com a cápsula de Bowman (CB) dos glomérulos, e é separada dele pelo espaço de Bowman (EB) (200 x, coloração por HE).



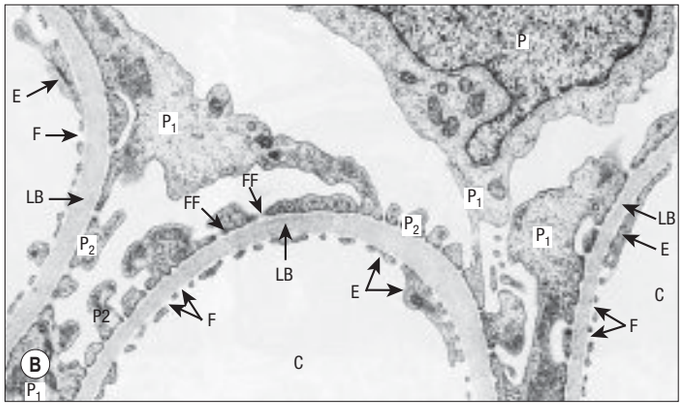


Fig. 74.16 A, Podócitos formando a camada visceral da cápsula de Bowman no corpúsculo renal. Seus corpos celulares (P) enviam processos primários que se ramificam várias vezes e terminam em finos pedicelos que se prendem firmemente em torno dos capilares glomerulares (C), e se interdigitam com pedicelos similares de um podócito vizinho. (Por permissão de Igaku-Shoin, Tokyo, de Fujita T, Tanaka K, Tokunaga J 1981 SEM Atlas of Cells and Tissues). **B**, O aparelho de filtração glomerular é formado por células endoteliais de capilares fenestrados, as fendas de filtração entre os pedicelos dos podócitos e suas delgadas lâminas basais compartilhadas. LB, lâmina basal; C, alças capilares; E, citoplasma celular endotelial; F, fenestrações; FF, fenda de filtração; P, podócitos, P_1 e P_2, processos em forma de pé primários e secundários apoiados na lâmina basal glomerular. (Por permissão de Young B, Heath JW 2000 Wheater's Functional Histology. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

terminais (Fig. 74.16A). Pedicelos de uma célula alternam com aqueles de uma célula adjacente e se interdigitam firmemente uns com os outros, separados por aberturas estreitas (25 nm), denominadas fendas de filtração (Fig. 74.16B), que são cobertas por uma densa fenda membranosa diafragmática através da qual o filtrado deve passar para entrar no espaço urinário. A diferenciação do fenótipo do podócito adulto está associada à presença de muitas proteínas específicas, como nefrina, podocina, sinatopodina e GLEPP-1. Mutações nessas proteínas podem causar problemas funcionais importantes; por exemplo, a clássica forma de Finnish de síndrome nefrítica congênita é causada por uma mutação do códon NHPS1 para nefrina. A membrana luminal e a fenda diafragmática são cobertas por uma densa membrana de superfície rica em sialoglicoproteínas, que dão a esta superfície uma carga altamente negativa e é uma das características-chave da barreira de permeabilidade seletiva. Podócitos diferenciados podem não se replicar.

O endotélio glomerular é finamente fenestrado. A principal barreira para a passagem de fluido da luz capilar para o espaço urinário é a lâmina basal glomerular, o endotélio fusionado e a lâmina basal do podócito. Esta tem geralmente 0,33 μm de espessura no homem, e age como um filtro seletivo que permite a passagem de sangue, sob pressão, de água e de várias moléculas e íons na circulação. A hemoglobina pode cruzar o filtro, mas grandes moléculas e aquelas de tamanho similar com uma carga negativa são largamente retidas. A maioria das proteínas que entram no filtrado é seletivamente reabsorvida e degradada pelas células do túbulo contorcido proximal.

A membrana basal glomerular (MBG) serve como um esqueleto do tufo glomerular. Seu aspecto externo é completamente coberto pelos podócitos, e o interior é preenchido por capilares e uma delicada matriz mesangial (mesângio). Os principais componentes da MBG são a laminina e o colágeno tipo IV (ambos expressos como isoformas únicas) e proteoglicano heparan sulfato.

Células mesangiais irregulares, com propriedades fagocíticas e contráteis, localizam-se dentro e secretam o mesângio glomerular, um tecido conjuntivo especializado que suporta as alças dos capilares glomerulares e preenche espaços entre as superfícies endoteliais que não são revestidas por podócitos (Figs. 74.15B; 74.17). As células mesangiais são relacionadas aos pericitos vasculares e estão envolvidas com o *turnover* da membrana basal glomerular. Elas limpam o filtrado glomerular de complexos imunes e debris celulares, e suas propriedades contráteis ajudam a regular o fluxo sanguíneo. Células similares a estas, as células mesangiais extraglomerulares (lacis), localizam-se fora do glomérulo no polo vascular e formam parte do aparato justaglomerular.

Túbulo renal

Um túbulo renal ou urinífero consiste em uma cápsula glomerular que leva a um túbulo contorcido proximal conectado à cápsula por um curto colo e continua para uma parte contorcida sinuosa ou em espiral (Fig. 74.17). Esta se torna reta quando se aproxima da medula, torna-se o ramo espesso descendente da alça de Henle e então o ramo ascendente por um abrupto giro em U. Os ramos da alça de Henle são mais estreitos e de paredes delgadas dentro dos tecidos medulares mais profundos, onde eles se tornam os segmentos delgados descendentes e ascendentes. O ramo espesso ascendente continua-se para o túbulo distal. A parede tubular mostra um espessamento focal, a mácula densa, onde esta passa intimamente ao polo vascular de seu glomérulo de origem no começo da parte contorcida do túbulo distal. O néfron finalmente torna-se reto mais uma vez como túbulo de conexão (ducto coletor arqueado), que termina por se unir a um ducto coletor (ducto coletor reto).

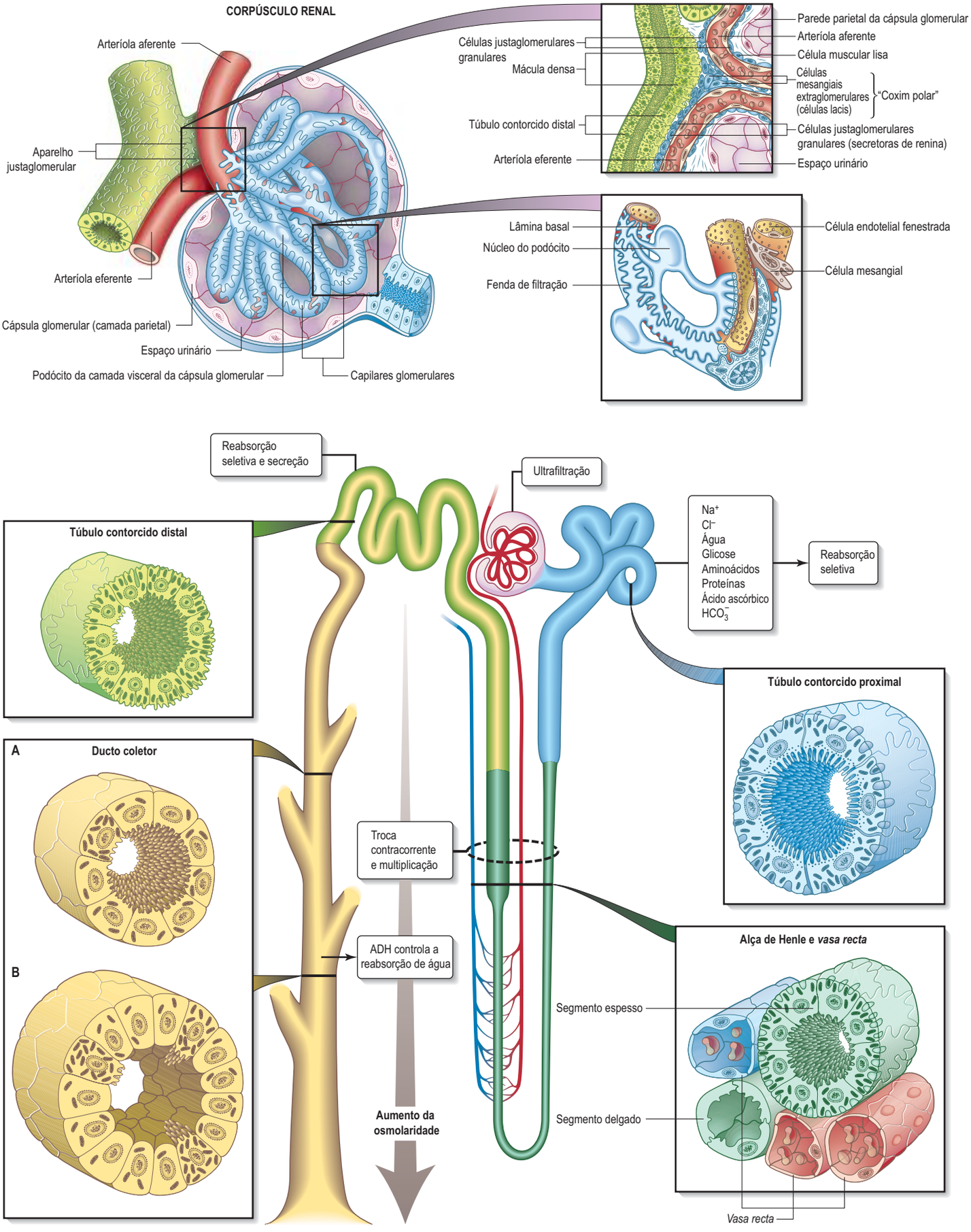


Fig. 74.17 Microestrutura regional e atividades principais de um néfron renal e seu ducto coletor. Para clareza, um néfron do tipo alça longa (justamedular) é mostrado.

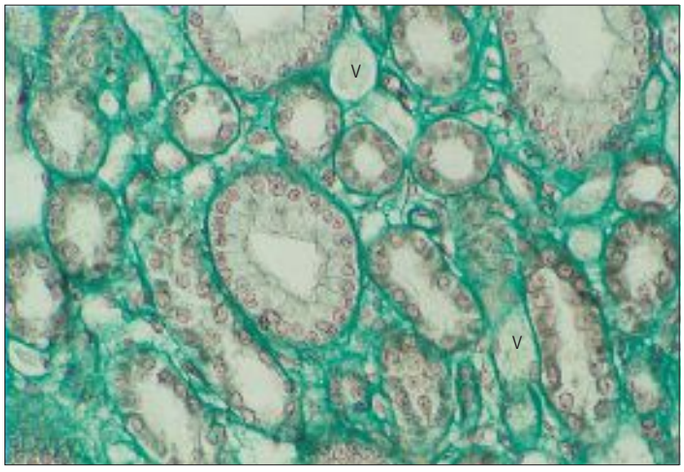


Fig. 74.18 Secção transversal de parte da medula renal. Observe ductos coletores grandes e pequenos segmentos delgados da alça de Henle, entremeados com *vasa recta* (V) (coloração por tricrômico).

Ductos coletores se originam nos raios medulares corticais e unem a outros. Eles finalmente se abrem nos largos ductos papilares que se abrem em uma papila, seus numerosos orifícios formam uma área perfurada crivosa na superfície no ápice da pirâmide renal (Fig. 74.14).

Os túbulos renais são revestidos por uma única camada de epitélio (Figs. 74.17, 74.18). O tipo de célula epitelial varia de acordo com os papéis funcionais das diferentes regiões, por exemplo: transporte ativo e difusão passiva de vários íons e água para dentro e para fora dos túbulos; reabsorção de componentes orgânicos tais como glicose e aminoácidos; captação de algumas proteínas que passam pelo filtrado glomerular.

O túbulo contorcido proximal é revestido por um epitélio cuboidal ou colunar baixo e tem uma borda em forma de escova de microvilos altos em sua face luminal. A forma das células depende da pressão do fluido tubular, que no indivíduo vivo distende o lúmen e deixa as células planas (elas se tornam mais altas quando a pressão sanguínea glomerular cai *post morten* ou na biópsia). O citoplasma das células tubulares proximais é fortemente eosinófilo e os núcleos são eucromáticos e centrais. O citoplasma basal é rico em mitocôndrias, orientadas perpendicularmente, e a membrana plasmática basal é altamente pregueada. As faces laterais das células epiteliais adjacentes se interdigitam e aumentam a complexidade da membrana plasmática basolateral. Os microvilos nas faces luminais aumentam significativamente a área da membrana plasmática em contato com o fluido tubular e o espaço extratubular, o que facilita o transporte de íons e pequenas moléculas contra um gradiente de concentração. As abundantes mitocôndrias suprem a energia, com o ATP, necessário para este processo. Adenosina trifosfatase sódio/potássio (Na/K ATPase) é encontrada nas membranas apical e basal, e o citoplasma contém numerosas outras enzimas relacionadas com o transporte de íons. Água e outros solutos passam entre as células (transporte paracelular) passivamente ao longo de gradientes osmóticos e eletroquímicos, provavelmente pelas junções apicais mal vedadas. Vesículas pinocíticas são encontradas próximas da superfície apical e representam o modo pelas quais pequenas proteínas e peptídeos do filtrado são internalizados e degradados por lisossomos associados. Abundantes peroxissomos e gotículas de lipídios estão presentes no citoplasma.

A alça de Henle consiste em um segmento delgado (30 μm de diâmetro), revestido por células escamosas a cuboidais baixas, e em um segmento espesso (60 μm de diâmetro) constituído por células cuboidais como aquelas no túbulo contorcido distal. O segmento delgado forma a maior parte da alça nos néfrons justamedulares que alcançam a profundidade dentro da medula. Poucas organelas aparecem nas células enfileiradas do segmento delgado, o que indica que essas células exercem mais um papel passivo, do que ativo, no transporte iônico. O segmento espesso é composto de epitélio cuboidal com muitas mitocôndrias, profundas pregas basolaterais e curtos microvilos apicais, o que indica um papel metabólico mais ativo. O ramo espesso da alça de Henle é a fonte de proteína Tamm-Horsfall na urina normal.

Células do túbulo distal são cuboidais e se assemelham àquelas do túbulo proximal. Elas têm poucos microvilos, e então a luz tubular tem um contorno mais distinto. As pregas basolaterais que contêm mitocôndrias são profundas, quase alcançando a luz (Fig. 74.17). As enzimas relacionadas com o transporte ativo de sódio, potássio e outros íons são abundantes. Na junção de regiões retas e contorcidas, o túbulo distal chega bem próximo do polo vascular de seu corpúsculo renal de origem. Aqui, células tubulares formam a mácula densa, uma estrutura sensorial que está relacionada com a regulação do fluxo sanguíneo e, assim, com a taxa de filtração. As células na parte terminal do túbulo contorcido distal têm poucas pregas basais e mitocôndrias e constituem um túbulo de conexão formado do mesênquima metanéfrico durante a embriogênese. Os ductos coletores são revestidos por epitélio cuboidal simples ou colunar. Este aumenta em altura a partir do córtex, onde os ductos recebem os conteúdos dos túbulos distais, para os largos ductos papilares que desembocam na área crivosa. As células principais, palidamente coradas, têm relativamente poucas organelas ou interdigitações laterais e somente microvilos ocasionais. Outras células, as células intercaladas ou escuras (também presentes em pequenos números no túbulo contorcido distal), têm grandes microvilos e mais mitocôndrias, e secretam H^+ para dentro do filtrado; elas atuam na manutenção da homeostase ácido-básica.

Vasos renais

As artérias renal, interlobar e arqueada são típicas artérias musculares de grande calibre, e os vasos interlobulares se assemelham a artérias musculares de pequeno calibre. Vasos glomerulares aferentes têm uma típica estrutura arteriolar com uma camada muscular de duas ou três células espessas: essa camada e o tecido conjuntivo componente da parede diminuem próximo ao glomérulo, até um ponto de 30-50 μm próximo a ele, onde as células arteriolares começam a mostrar modificações típicas do aparelho justaglomerular. As arteríolas eferentes da maior parte do glomérulo cortical têm paredes mais espessas e um calibre mais estreito que suas correspondentes aferentes. Embora a arteríola aferente seja geralmente considerada a única responsável no *feedback* tubuloglomerular, os capilares peritubulares e medulares possuem uma lâmina basal bem definida e suas células endoteliais têm citoplasma tipicamente fenestrado, como nos vasos retos ascendentes, ao passo que os vasos retos descendentes têm um espesso e contínuo endotélio.

Outras células renais

Outras células essenciais para a estrutura e função renal se localizam entre os túbulos renais e os vasos sanguíneos. O tecido conjuntivo é imperceptível no córtex, mas proeminente na medula, particularmente na papila. Células intersticiais medulares, que podem ser fibroblastos modificados, formam pilhas verticais de células orientadas tangencialmente entre os ductos coletores mais distais, como os degraus de uma escada. Essas células secretam prostaglandinas e podem contribuir com as células tubulares corticais para a fonte renal de eritropoietina.

Cálices e pelves

A parede da parte proximal do trato urinário é composta de três camadas, uma adventícia de tecido conjuntivo externa, uma camada intermediária de músculo liso e uma mucosa interna. O revestimento mucoso dos cálices e pelve é idêntico em estrutura ao do ureter (ver adiante). A adventícia consiste em tecido conjuntivo fibroelástico frouxo que se funde com o tecido areolar retroperitoneal. Proximalmente, a camada se funde com a cápsula fibrosa do rim que reveste o seio renal.

O músculo liso dos cálices renais e pelve é composto de dois tipos distintos de células musculares lisas. Um tipo de célula muscular é idêntica à descrita para o ureter e pode ser localizada proximalmente desde a região pelveuretérica e pelve renal até os cálices menores. O outro tipo de células forma a camada muscular de cada cálice menor e se continua nos cálices maiores e na pelve, onde estas formam uma distinta camada interna. Essas células também formam uma delgada lâmina de músculo, que recobre cada cálice menor e se estende pelo parênquima renal por entre as conexões de cálices renais menores próximos e, desta maneira, ligam cada cálice renal menor a seus vizinhos. Esta discreta camada interna de músculo liso atípico acaba na região pelveuretérica de forma que o ureter proximal é desprovido de uma camada interna. As células que atuam como marca-passo e que iniciam a peristalse da pelve renal e uretérica estão localizadas nos cálices. Estas permitem peristalses coordenadas do ureter seis vezes por minuto.

PRODUÇÃO DE URINA

Filtração glomerular

A filtração glomerular (Figs. 74.14 e 74.17) é a passagem de água que contém pequenas moléculas dissolvidas do plasma sanguíneo para o espaço urinário na cápsula glomerular. Grandes moléculas, por exemplo, proteínas plasmáticas acima de 70 quilodaltons e aquelas com uma carga negativa, polissacarídios, lipídios e células, são largamente retidas no sangue por uma permeabilidade seletiva da lâmina basal glomerular.

A filtração ocorre contra um gradiente de pressão entre os grandes capilares glomerulares e o espaço urinário, e a lâmina basal glomerular é a principal estrutura que separa os dois espaços (Fig. 74.16B). Esse gra-

diente excede a pressão osmótica coloidal do sangue que se opõe ao fluxo externo do filtrado. No córtex renal periférico, o gradiente de pressão arteriolar está aumentado, pois as arteríolas glomerulares aferentes são maiores que as arteríolas glomerulares eferentes. Em todos os glomérulos, a taxa de filtração pode ser alterada por mudanças nas arteríolas glomerulares. Quando inicialmente formado, o filtrado é isotônico com o sangue glomerular e tem uma concentração idêntica de íons e pequenas moléculas.

A avaliação da filtração glomerular é fundamental para o diagnóstico da patologia glomerular renal e na administração de terapêutica medicamentosa onde a liberação depende da filtração glomerular, e na doença renal crônica para facilitar a tomada de decisões. Medidas da taxa de filtração glomerular (TFG) são baseadas na liberação renal de um marcador do plasma, expressada como o volume do marcador do plasma completamente filtrado por unidade de tempo. Os marcadores usados para medir TFG podem ser substâncias endógenas (creatinina, ureia) ou exógenas (inulina, iotalamato). O marcador ideal é endógeno, livremente filtrado pelo glomérulo, nem reabsorvido nem secretado pelo túbulo renal, e eliminado somente pelo rim.

Reabsorção seletiva

Reabsorção seletiva do filtrado é um processo ativo e ocorre principalmente nos túbulos contorcidos proximais, que absorvem glicose, aminoácidos, fosfato, cloreto, sódio, cálcio e bicarbonato; eles também liberam pequenas proteínas (p. ex., albumina) por endocitose. As células dos túbulos proximais são permeáveis à água, que passa para fora dos túbulos passivamente, tanto que o filtrado permanece localmente isotônico com o sangue. O restante do túbulo reabsorve a maior parte de água (por uma extensão variável até 95%), de forma que quando alcança os cálices, a urina é geralmente muito reduzida em volume e hipertônica em relação ao sangue. O processo depende do estabelecimento de alta osmolaridade no interstício medular, para exercer suficiente pressão osmótica em regiões permeáveis à água do túbulo, e é alcançado por um mecanismo múltiplo contracorrente (Figs. 74.14 e 74.17).

Mecanismo múltiplo contracorrente

O mecanismo múltiplo contracorrente é responsável por produzir uma alta osmolaridade no tecido intersticial extratubular da medula renal. A água passa livremente da luz tubular para o interstício medular ao longo do ramo descendente da alça de Henle. Esta parte do túbulo é menos permeável a solutos. No segmento espesso do ramo superior do túbulo, íons sódio e cloreto são ativamente transportados da luz tubular para os espaços intersticiais, enquanto o epitélio tubular permanece impermeável à água. É neste segmento do túbulo que a furosemida e a bumetamida agem como diuréticos. O aumento da osmolaridade intersticial provoca a retirada de água da parte descendente da alça e assim concentra o filtrado. O fluido tubular segue em uma contracorrente em sua descendente para dentro e sua ascendente para fora da medula: é aumentada pelo novo fluido isotônico que entra na alça e é depletado pelo fluido hipotônico que deixa a alça, quando solutos são ativamente absorvidos.

Neste modo, o gradiente osmótico dentro do interstício é multiplicado do limite corticomedular para as pirâmides renais, onde alcança um equilíbrio de quatro a cinco vezes a osmolaridade do plasma. Embora a tonicidade do fluido tubular mude durante sua passagem contra um gradiente osmótico dentro da medula, o gradiente osmótico entre os ramos ascendente e descendente em cada nível nunca excede 200 mOsm/kg, uma força que pode ser sustentada por células da parede tubular.

Mecanismo de troca contracorrente

A rápida remoção de íons da medula renal pela circulação de sangue é minimizada por outro sistema contracorrente. Este é o mecanismo de troca contracorrente, na qual arteríolas que entram na medula passam por longas distâncias paralelamente às vênulas e as deixam antes de terminar em leitos capilares em torno dos túbulos. Esta íntima justaposição diante do fluxo sanguíneo permite a difusão direta de íons de fora para dentro do fluxo sanguíneo, de forma que a arteríola reta (Fig. 74.14) conserva a alta pressão osmótica na medula.

Concentração de urina

Como o sódio e o cloreto são seletivamente absorvidos pelas células dos ramos ascendentes e túbulos distais, sob controle da aldosterona, o filtrado na extremidade distal dos túbulos contorcidos é hipotônico. Quando alcança os ductos coletores, o fluido desce novamente pela medula e, assim, volta para a região de alta pressão osmótica. As células enfileiradas nos ductos coletores são variavelmente permeáveis à água, sob a influência do ADH neuro-hipofisal. A água segue um gradiente osmótico nos espaços extratubulares adjacentes, de forma que a tonicidade do filtrado gradualmente aumenta ao longo dos ductos coletores, até que no ápice das pirâmides renais ela está acima daquela do sangue. Este complexo sistema é altamente flexível e o balanço entre a taxa de filtração e a absorção pode variar a fim de encontrar demanda fisiológica adequada.

O controle da concentração iônica de hidrogênio e amônia é essencial para a regulação de ácidos e bases no sangue. A secreção de vários íons ocorre em vários locais. Mais de 91% do potássio ingerido é excretado na urina, a maior parte pela secreção por células do túbulo contorcido distal e do ducto coletor. (Para maiores detalhes da fisiologia renal, consulte Madias & Adroque, 2005; Tannen & Hallows, 2005.)

Aparelho justaglomerular

O aparelho justaglomerular fornece um sistema de *feedback* tubuloglomerular que mantém a pressão sanguínea arterial sistêmica durante uma redução no volume vascular e diminui a taxa de filtração. Os elementos do aparelho justaglomerular são as células justaglomerulares e lacis, e a mácula densa.

As arteríolas aferentes e eferentes no polo vascular de um glomérulo e a mácula densa do túbulo distal do mesmo néfron se localizam em íntima proximidade, incluindo um pequeno cone de tecido povoado por células mesangiais (lacis) extraglomerulares (Fig. 74.17). As células da túnica média das arteríolas aferentes, e em uma menor extensão, eferentes, diferem das células musculares lisas típicas. Essas células justaglomerulares são células mioepitelioides grandes, arredondadas, seu citoplasma contém muitas mitocôndrias e densas vesículas com 10-40 nm de diâmetro que contêm renina.

Cada mácula densa do túbulo distal é um grupo de 40 células firmemente empacotadas na parede tubular; as células têm núcleo grande, oval e mitocôndrias concentradas apicalmente. Elas são osmorreceptoras, sensíveis ao conteúdo de NaCl do filtrado após sua passagem pela alça de Henle.

Quando as concentrações de NaCl no filtrado mudam, mecanismos de *feedback* tubuloglomerular operam para manter a relação inversa entre a concentração de sal e a taxa de filtração glomerular. As células justaglomerulares liberam renina, uma enzima que age no angiotensinogênio circulante para ativar a cascata através da qual a angiotensina II aumenta a pressão sanguínea (e, desta maneira, a taxa de filtração), estimula a liberação de aldosterona e ADH e aumenta a reabsorção de íon sódio e água, primariamente do túbulo distal, para aumentar o volume plasmático. As células da mácula densa estão preparadas para responder à alta concentração de sal no túbulo distal liberando óxido nítrico, que inibe o *feedback* tubuloglomerular e reduz a taxa de filtração. O papel das células da mácula densa na estimulação da liberação de renina para aumentar a taxa de filtração é bem pouco conhecido.

O terceiro elemento do aparelho justaglomerular é uma população de células mesangiais extraglomerulares que formam uma rede (ou lace, em consequência ao seu nome alternativo de células lacis) de células satélites que conectam as cálulas sensoriais da mácula densa às células efetoras justaglomerulares. É provável que as células mesangiais extraglomerulares trasmitam o sinal sensorial possivelmente através de junções *gap*. Elas podem também sinalizar para as células mesangiais glomerulares contráteis e efetuar a vasoconstrição diretamente dentro dos glomérulos. As fibras nervosas adrenérgicas ocorrem em pequenos números entre essas células.

URETER

Os ureteres são dois tubos musculares nos quais contrações peristálticas carregam a urina dos rins para a bexiga urinária (Fig. 74.9). Cada um mede 25-30 cm de comprimento, de paredes espessas e estreitos, são contínuos superiormente com a pelve renal em forma de funil. Cada um desce de leve medialmente, anteriormente ao músculo psoas maior, e entra na cavidade pélvica onde se curva de início lateralmente, então medialmente, para se abrir na base da bexiga urinária. O diâmetro do ureter é normalmente de 3 mm, mas é discretamente menor em sua junção com a pelve renal, na borda da pelve menor próximo à margem medial do músculo psoas maior e onde corre dentro da parede da bexiga urinária, que é sua parte mais estreita. Estes são os locais mais comuns para a impactação de cálculos renais.

RELAÇÕES

No abdome o ureter desce posteriormente ao peritônio na porção medial do músculo psoas maior, que o separa das extremidades dos processos tranversos lombares. Durante uma cirurgia nas estruturas intraperitoneais, o ureter pode se elevar quando o peritônio é tracionado anteriormente, resultando em injúria uretérica inadvertida. Anteriormente ao músculo psoas maior cruza em frente do nervo genitofemural e é obliquamente cruzado pelos vasos gonadais (Fig. 74.19). Entra na pelve menor anterior-

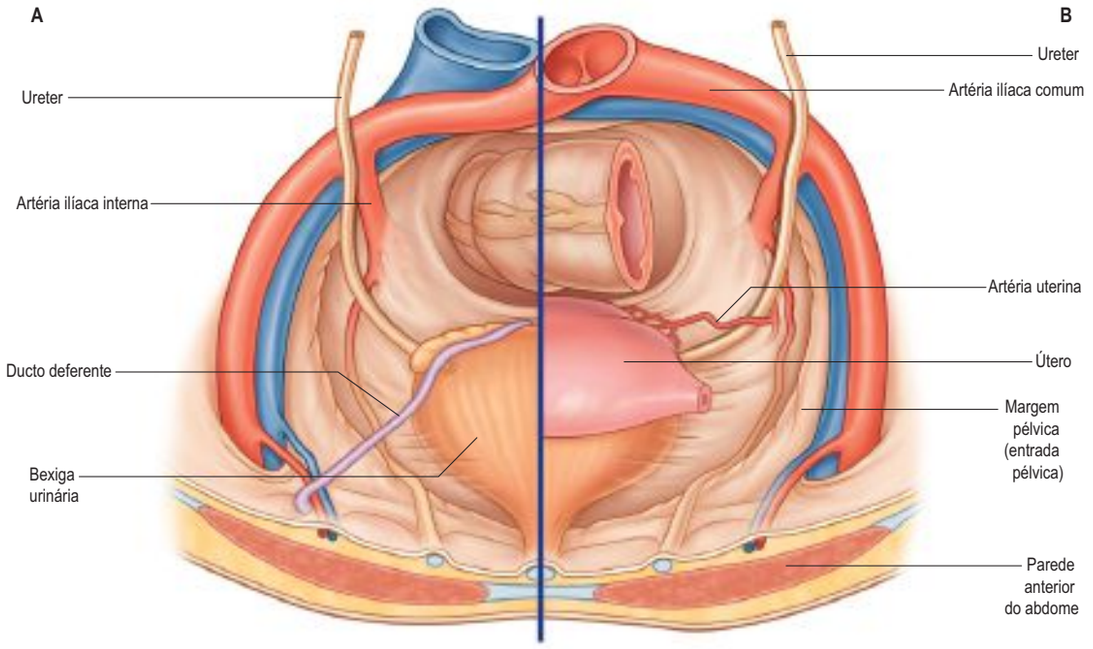


Fig. 74.19 Relações do segmento inferior do ureter. **A**, Pelve masculina. **B**, Pelve feminina. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

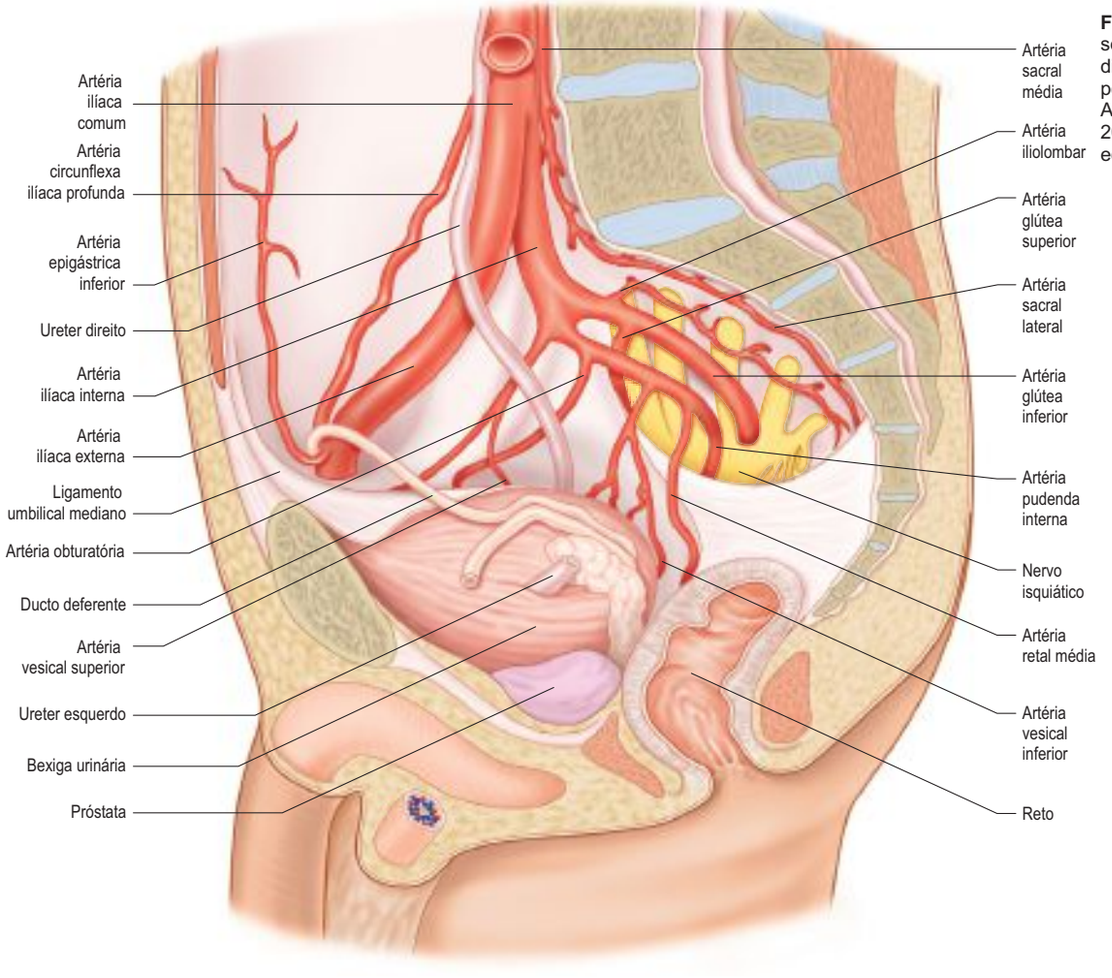


Fig. 74.20 Relações do segmento inferior do ureter direito masculino. (Por permissão de Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED et al (eds) 2002 Campbell's Urology, 8th edn. Philadelphia: Saunders.)

mente ao término dos vasos ilíacos comuns ou à origem dos vasos ilíacos externos (Fig. 74.20).

A veia cava inferior é medial ao ureter direito enquanto o ureter esquerdo é lateral à aorta. A veia mesentérica inferior tem um grande trajeto retroperitoneal e se localiza próximo ao aspecto medial do ureter esquerdo.

Em sua origem, o ureter direito é geralmente sobreposto pela parte descendente do duodeno. Desce lateralmente à veia cava inferior, e está cruzado anteriormente pelos vasos cólicos e iliocólicos. Próximo à abertura da pelve menor, passa atrás da parte inferior do mesentério e do ílio terminal. O ureter esquerdo é cruzado pelos vasos gonadal e cólico esquerdo (Fig. 74.24). Passa posteriormente às alças do jejuno e colo sigmoide e seu mesocólon na parede posterior do recesso intersigmóideo.

Na pelve o ureter se localiza no tecido areolar extraperitoneal (Fig. 75.3). Primeiro, ele desce posterolateralmente na parede lateral da pelve menor ao longo da margem anterior da incisura isquiática maior. Em frente à espinha isquiática gira anteromedialmente no tecido adiposo fibroso acima do músculo levantador do ânus para alcançar a base da bexiga. Na parede lateral da pelve é anterior à artéria ilíaca interna e do

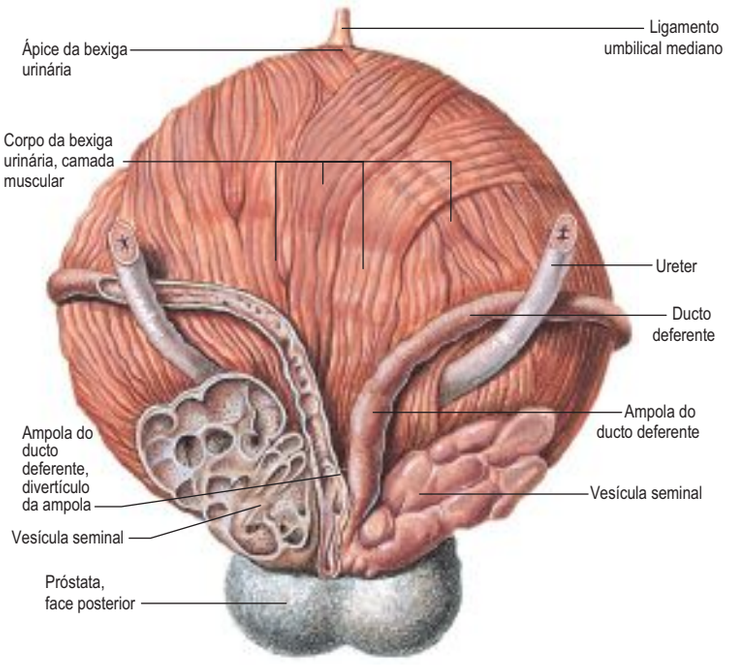


Fig. 74.21 Vista posterior dos órgãos urogenitais masculinos mostra a relação do segmento inferior do ureter com o ducto deferente e as vesículas seminais. (De Sobotta 2006.)

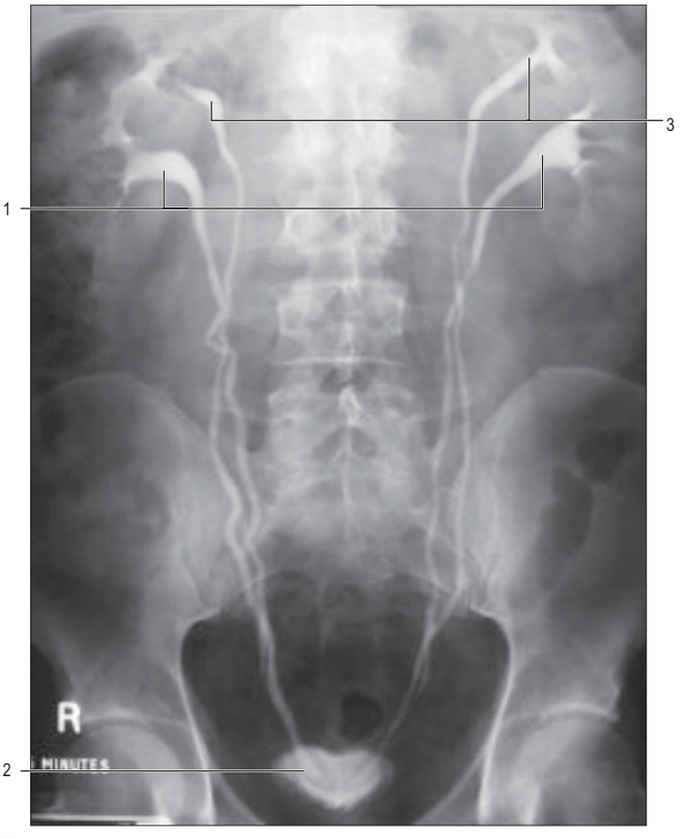


Fig. 74.22 Urograma intravenoso mostra ureteres duplos bilaterais e ureteroceles bilaterais. Observe que os ureteres se cruzam durante seu trajeto. A ureterocele direita pode ser claramente vista produzindo um halo aparente dentro da bexiga que envolve o segmento inferior do ureter. **1**. Contraste dentro da metade inferior do sistema coletor. **2**. Halo em forma de "cabeça de cobra" em torno do segmento inferior do ureter mostra uma ureterocele. **3**. Contraste dentro da metade superior do sistema coletor.

começo de seu tronco anterior; posteriormente, estão a veia ilíaca interna, o nervo lombossacral e a articulação sacroilíaca. Lateralmente, apoia-se na fáscia do músculo obturador interno. Em seguida dobra-se para se tornar medial às artérias umbilical, vesical inferior e retal média.

Em homens, o ureter pélvico passa por debaixo do ducto deferente (Fig. 74.21) e em seguida acima do polo superior da vesícula seminal para atravessar a parede da bexiga antes de se abrir no ângulo trigonal ipsilateral. Sua parte terminal é circundada por tributárias das veias vesicais. Em mulheres, a parte pélvica inicialmente tem as mesmas relações como nos homens, mas anteriormente à artéria ilíaca interna está imediatamente atrás do ovário, formando o limite posterior da fossa ovárica (Cap. 77). Na parte anteromedial de seu trajeto para a bexiga está relacionado com a artéria uterina, o colo do útero e o fórnice da vagina. Está no tecido conjuntivo extraperitoneal na parte inferomedial do ligamento largo do útero onde pode ser lesado durante uma cirurgia de histerectomia. No ligamento largo, a artéria uterina é anterossuperior ao ureter por 2,5 cm e então cruza para seu lado medial para subir ao lado do útero. O ureter gira levemente para a frente acima do fórnice da vagina e está em geral 2 cm lateralmente em relação à parte supravaginal do colo do útero neste ponto. Então, inclina-se medialmente para alcançar a bexiga, com uma variável relação para o aspecto anterior da vagina. Como o útero é comumente desviado para um lado, um ureter, geralmente o esquerdo, pode ser mais extensivamente justaposto à vagina, e pode cruzar a linha mediana.

Cada ureter é circundado 1 ou 2 cm distalmente por um colar incompleto de músculo não estriado, que forma uma bainha (de Waldeyer). Os ureteres perfuram a face posterior da bexiga e correm obliquamente através de sua parede por uma distância de 1,5-2,0 cm antes de terminar nos óstios dos ureteres (Fig. 75.5 B). Acredita-se que este arranjo previne o refluxo de urina para o ureter, uma vez que os segmentos intramurais ficam fechados durante o aumento na pressão da bexiga na micção. Não existe evidência de um mecanismo esfinctérico ureteral clássico no homem. Os feixes musculares orientados longitudinalmente do ureter terminal continuam-se com o músculo trigonal. Na bexiga distendida, em ambos os sexos, as aberturas uretéricas estão geralmente separadas em 5 cm, e por 2,5 cm quando a bexiga está vazia.

Ureteres duplos Um em cada 125 indivíduos possui dois ureteres que drenam a pelve renal em um lado; isto é chamado de um sistema duplo (Fig. 74.22). Ureteres duplos bilaterais ocorrem em aproximadamente um para cada 800 casos. Os ureteres duplos derivam de dois brotos uretéricos que surgem do ducto mesonéfrico. Eles estão contidos em um único envoltório fascial e podem se fundir em algum ponto ao longo de seu curso, ou podem estar separados até que se insiram nos óstios uretéricos separados na bexiga. Cuidado deve ser tomado para não comprometer o suprimento sanguíneo do segundo ureter ao excisar ou reimplantar um único ureter de um duplo.

O ureter que se origina próximo ao polo superior do rim (o ureter maior) se insere mais medial e caudamente na bexiga que o ureter que se origina próximo ao polo inferior (o ureter menor). Isto reflete no desenvolvimento embriológico do ureter: o broto uretérico que é inicialmente mais proximal no ducto mesonéfrico tem um tempo menor para ser tracionado cranialmente na bexiga e então se insere mais distalmente na bexiga madura. O ureter do polo inferior tem um trajeto intramural menor que o ureter maior e está propenso a refluxo.

Ureteres ectópicos Ureteres únicos, e mais comumente o maior ureter de um sistema duplo, podem se inserir mais caudal e medialmente que o normal em alguns indivíduos. Nos homens, o ureter pode se inserir no colo da bexiga ou posteriormente à uretra, ou raramente na vesícula seminal, mas sempre se insere cranialmente ao esfíncter externo da uretra. Nas mulheres, a inserção ectópica pode estar distalmente ao esfíncter externo da uretra, na uretra ou na vagina, o que resulta em incontinência persistente na infância.

Ureteroceles Uma ureterocele é uma dilatação cística da extremidade inferior do ureter: o óstio do ureter é coberto por uma membrana que se expande quando ela está cheia de urina e, então, diminui quando ela está vazia. Ureteroceles podem variar em tamanho, e embora geralmente elas não tenham influência na drenagem uretérica, podem ser uma causa de obstrução no ureter e no sistema pelvicaliceal mais proximalmente. Elas geralmente não causam obstrução do fluxo para fora da bexiga, exceto pelo raro ureterocele prolapsante. Ureteroceles prolapsantes, embora pequenas, prolapsam de sua posição em torno da junção uterovesical na uretra e causa obstrução intermitente do fluxo para fora da bexiga. Elas são identificadas durante o período pré-natal com ultrassom. Em adultos, as ureteroceles tendem ser bilaterais e pequenas e frequentemente encontradas acidentalmente quando o trato urinário é visualizado na investigação de uma patologia coincidente. Radiologicamente elas resultam em um halo como uma "cabeça de cobra" em torno do óstio do ureter após administração de contraste na urografia intravenosa (Fig. 74.22).

Ureter retrocaval Uma persistência da veia cardinal posterior, associada à alta confluência das veias comuns direita e esquerda ou uma dupla

Fig. 74.23 Urograma intravenoso mostra um ureter retrocávico clássico (ou circuncávico). Uma obstrução produz acentuada dilatação do segmento superior do ureter. O ureter passa cranial, medial e então caudalmente, e pode ser seguido na pelve. **1**. Contraste no interior do sistema coletor dilatado do rim direito e segmento superior do ureter. **2**. Contraste no interior do ureter que se curva por trás da veia cava inferior. **3**. Contraste no interior do ureter de calibre normal visto abaixo da obstrução. **4**. Contraste no interior do sistema coletor normal do rim esquerdo e do segmento superior do ureter.

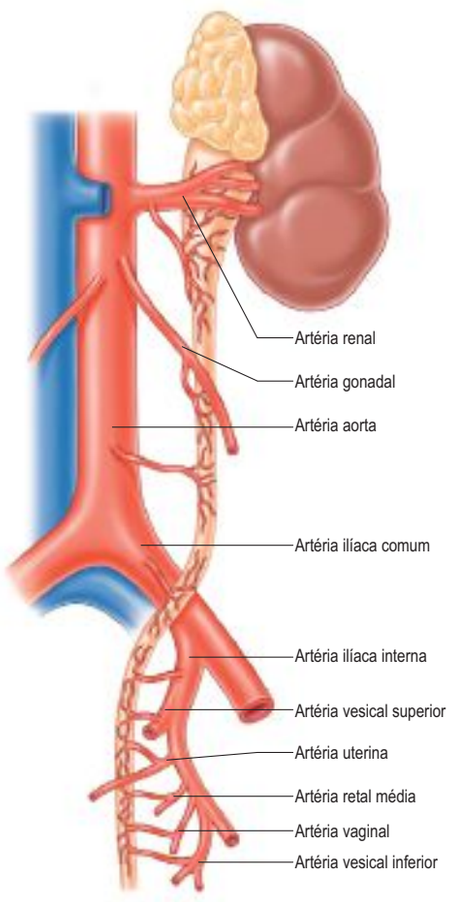


Fig. 74.24 Suprimento arterial do ureter esquerdo. O segmento proximal recebe seu suprimento sanguíneo do lado de sua borda medial, enquanto o segmento distal é suprido pelo lado de sua borda lateral. (Por permissão de Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED et al. (eds) 2002 Campbell's Urology, 8th edn. Philadelphia: Saunders.)

veia cava inferior, pode resultar em um ureter retrocaval (ou circuncaval) que passa atrás da veia cava inferior, geralmente no nível da borda inferior da terceira parte do duodeno, antes que o ureter emirja em frente a ele para passar de medial para lateral. Ureter retrocaval ocorre em um para cada 1.500 indivíduos. Normalmente ele não apresenta sequela clínica, embora possa resultar em obstrução uretérica superior (Fig. 74.23).

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

O ureter é suprido por ramos das artérias renal, gonadal, ilíaca comum, ilíaca interna, vesical e uterina, e pela parte abdominal da aorta (Fig. 74.24). O padrão de distribuição está sujeito a muita variação. A parte abdominal do ureter é suprida de vasos que se originam medialmente ao ureter, enquanto a parte pélvica do ureter é suprida de vasos laterais ao ureter. Existem boas anastomoses longitudinais entre esses ramos na parede do ureter, o que significa que o ureter pode ser seguramente transeccionado em algum nível durante uma cirurgia, e uma ureteroureterostomia pode ser executada, sem comprometer sua viabilidade. Os ramos da artéria vesical inferior são constantes em sua ocorrência e suprem a parte inferior do ureter tão bem quanto uma grande parte do trígono da bexiga. O ramo da artéria renal é também constante e deve ser preservado, quando possível, no transplante renal para assegurar boa vascularização do ureter.

Veias

A drenagem venosa dos ureteres geralmente segue o padrão inverso do suprimento arterial.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos drenam o ureter começando nos plexos submucoso, intramuscular e adventício; todos se comunicam entre si. Os vasos coletores da parte superior do segmento abdominal do ureter podem se unir aos vasos coletores renais ou passar diretamente para os linfonodos aórticos laterais próximos à origem da artéria gonadal; aqueles da parte inferior do segmento abdominal do ureter drenam para os linfonodos ilíacos comuns, os do segmento pélvico do ureter drenam para os linfonodos ilíacos comum, externos ou internos.

INERVAÇÃO

O ureter é inervado a partir dos três segmentos inferiores torácicos, do primeiro segmento lombar e do segundo ao quarto segmentos sacrais da medula espinal; por ramos dos plexos renal e aórtico; e pelos plexos hipogástricos superior e inferior. Os nervos uretéricos consistem em feixes relativamente grandes de axônios que formam um plexo irregular na adventícia do ureter. O plexo recebe ramos dos plexos renal e aórtico (em sua parte superior), e do nervo hipogástrico e plexo hipogástrico inferior (em sua parte inferior). Numerosos pequenos ramos penetram a camada muscular uretérica: alguns dos nervos da adventícia acompanham os vasos sanguíneos e seus ramos quando eles se estendem para a camada muscular, outros não são relacionados ao suprimento vascular e se encontram livres no tecido conjuntivo da adventícia em torno da circunferência do ureter.

A densidade de inervação aumenta gradualmente da pelve renal e parte superior do ureter (onde nervos autônomos são escassos) para uma máxima densidade no segmento justavesical. Ao menos três tipos de neurotransmissores diferentes - colinérgico, noradrenérgico e peptidérgico (substância P) - são bem conhecidos e outros têm sido reportados. A significância funcional desses diferentes tipos de fibras nervosas autonômicas em relação à atividade muscular lisa uretérica não é totalmente entendida: embora se acredite que elas influenciem a motilidade inerente do ureter, não são essenciais para a iniciação e propagação das ondas de contrações uretéricas. Um plexo que se ramifica em finos axônios colinérgicos, noradrenérgicos e peptidérgicos ocorre pela lâmina própria e se estende da face interna da camada muscular para a base do urotélio. Alguns desses axônios formam plexos perivasculares, outros se isolam do suprimento vascular e podem desempenhar funções sensoriais.

Peristalse uretérica

Sob condições normais, ondas de contrações se originam na parte proximal do trato urinário superior e são propagadas em uma direção anterógrada para a bexiga. Células musculares lisas atípicas na parede dos cálices renais menores agem individualmente ou coletivamente como locais de um marca-passo. Uma onda peristáltica se inicia em um (ou possivelmente mais) desses locais. Uma vez iniciada, a contração é propagada pela parede do cálice renal maior adjacente e ativa o músculo da pelve renal. Ondas de contração são propagadas para longe do rim, e elevações de pressão tão indesejáveis não são dirigidas contra o parênquima renal. Uma vez que existem muitos locais potenciais de marca-passos, a iniciação das ondas de contração não é prejudicada por uma nefrectomia parcial: os cálices renais menores poupados pela resecção permanecem *in situ* para continuar sua função de marca-passo. Pressões dentro do ureter durante a peristalse alcançam 20-80 cm H_2O.

Evidências experimentais indicam que nervos autonômicos não possuem uma participação importante na propagação da peristalse. Parece mais provável que eles possuam um papel modulador nos eventos contráteis que ocorrem na musculatura do trato urinário superior. O mecanismo mais provável para responder pela propagação do impulso é a condução miogênica mediada pelo acoplamento eletrotônico de uma célula muscular com suas vizinhas imediatas através de junções *"gap"* intercelulares: existem numerosas regiões de íntima proximidade entre células musculares lisas uretéricas e também entre ambos os tipos de células musculares na pelve renal e nos cálices.

Dor referida Distensão excessiva do ureter ou espasmo de seu músculo pode ser causada por uma pedra (cálculos) e provoca dor severa (cólica ureteral, que é comum, mas, erradamente, chamada cólica renal). A dor é espasmódica e agonizante, especialmente se a obstrução é gradualmente forçada para baixo no ureter pelo espasmo muscular. É referida para áreas cutâneas inervadas por segmentos espinais que inervam o ureter, principalmente T11-T12, e desloca-se para baixo e para a frente a partir da região lombar para a virilha e bolsa escrotal ou lábio maior do pudendo; pode se estender para a face anterior da coxa por projeção do nervo genitofemoral (L1, 2). O músculo cremaster, que tem a mesma inervação, pode reflexamente tracionar o testículo.

CÁLCULO RENAL E URETÉRICO

Um entendimento da anatomia intrarrenal e uretérica é essencial no tratamento de pacientes com cálculos, particularmente agora que técnicas menos invasivas são amplamentes usadas para o tratamento desta patologia comum.

Cálculos renais menores são tratados com litotripsia extracorpórea. As pedras no polo inferior do rim são menos evidentes se o ângulo entre o infundíbulo do cálice que contém a pedra e o ureter for agudo, ou se existe um infundíbulo particularmente longo e estreito. A extração percutânea de cálculos é mais frequentemente alcançada pela punção de um cálice posterior com uma agulha.

Cálculos uretéricos tendem a ficar bloqueados em sua descida ou na região pelviuretérica, no ponto em que o ureter passa sobre a borda pélvica quando cruza a artéria ilíaca comum ou na junção vésico-uretérica, pois essas são as três áreas nas quais o ureter é mais estreito. A junção vesicouretérica é a mais estreita dessas áreas e pode ser responsável por obstruir a passagem de cálculos menores que 2-3 mm.

O rim e a parte superior do ureter movem-se durante a respiração no interior da fáscia perirrenal, e isto pode afetar a visualização e localização de um cálculo durante a litotripsia extracorpórea e na endoscopia retrógada.

Fig. 74.25 Secção transversal do ureter. As paredes são musculares e revestidas por um urotélio especializado. (Por permissão de Stevens A, Lowe JS 1996 Human Histology, 2nd edn. London: Mosby.)

MICROESTRUTURA

Como os cálices e a pelve renal, a parede do ureter é composta de uma adventícia externa, uma camada de músculo liso e uma camada mucosa interna (Fig. 74.25). A camada mucosa consiste em um urotélio e uma lâmina própria de tecido conjuntivo abaixo deste.

Os vasos sanguíneos na adventícia uretérica e as fibras de tecido conjuntivo são orientados paralelamente ao longo do eixo do ureter. Ao longo de seu comprimento, a camada muscular do ureter é razoavelmente uniforme na espessura e mede na secção transversa 750-800 μm em largura. Os feixes musculares que constituem esta camada são frequentemente separados uns dos outros por quantidades relativamente grandes de tecido conjuntivo. Porém, ramos que interconectam feixes musculares são comuns e existe intercâmbio frequente de fibras musculares entre feixes adjacentes. Como uma consequência desta extensiva ramificação, feixes musculares individuais não espiralizam em torno do ureter, mas formam uma complexa malha de feixes entrelaçados. Além disso, diferentemente do intestino (Cap. 66), os feixes musculares estão arranjados de um modo que morfologicamente distintas camadas longitudinais e circulares não podem ser claramente distinguidas. Na parte superior do ureter, os feixes musculares internos tendem a se localizar longitudinalmente, enquanto os externos têm uma orientação circular ou oblíqua. Nas partes média e inferior, existem fibras externas adicionais orientadas longitudinalmente, e quando a junção ureterovesical é alcançada, a camada muscular consiste predominantemente em feixes musculares orientados longitudinalmente.

A mucosa do ureter consiste em um epitélio, o urotélio, que repousa sobre uma lâmina própria de tecido conjuntivo fibroelástico subepitelial, que varia em espessura de 350 a 700 μm e é uma via para vasos sanguíneos pequenos e feixes de fibras nervosas não mielínicas. Linfócitos ocasionais podem estar presentes na lâmina própria, mas sua agregação em linfonodos definitivos é rara. O urotélio é geralmente extensivamente pregueado, o que dá à luz uretérica um contorno estelar.

REFERÊNCIAS

Brodel M 1911 The intrinsic blood-vessels of the kidney and their significance in nephrotomy. John Hopkins Hosp Bull 12: 10–13.
Descrição original de uma zona longitudinal relativamente avascularizada no interior do rim, proposta como local de incisão cirúrgica.

Burkhill GJC, Healy JC 2000 Anatomy of the retroperitoneum. Imaging 12: 10–20.
Revisão da literatura sobre imagens que descreve a anatomia controvertida da fáscia perirrenal.

Davies A, Blakeley AGH, Kidd C 2001 The renal system. In: Human Physiology, Chapter 8. Edinburgh: Churchill Livingstone: 713–97.

Davies JM 1991 The role of the efferent arteriole in tubuloglomerular feedback. Kidney Int (Suppl) 32: S71–3.

Gosling JA, Dixon JS 1974 Species variation in the location of upper urinary tract pacemaker cells. Invest Urol 11: 418.
Trabalho inicial que descreve a identificação das células marcapasso em várias espécies.

Merklin RJ, Michels NA 1958 The variant renal and suprarenal blood supply with data on the inferior phrenic, ureteral, and gonadal arteries: a statistical analysis based on 185 dissections and a review of the literature. J Int Coll Surg; 29: 41–76.
Uma revisão da anatomia vascular renal em quase 11.000 rins.

Mitchell GAG 1950 The renal fascia. Br J Surg 37: 257–66.
Demonstração de que a fáscia perirrenal é uma estrutura multilaminada e não uma fáscia fundida única.

Novick AC 1998 Anatomic approaches in nephron-sparing surgery for renal cell carcinoma. Atlas Urol Clin North Am 6: 39.

Madias NE, Adrogué HJ 2005 Hypo-hypernatraemia: disorders of water balance. In: Davison AM, Cameron JS, Grunfeld J-P et al (eds) Oxford Textbook of Clinical Nephrology, Chapter 2.1; Volume 1. Oxford University Press.

Tannen RL, Hallows KR 2005 Hypo-hyperkalaemia. In: Davison AM, Cameron JS, Grunfeld J-P et al (eds) Oxford Textbook of Clinical Nephrology, Chapter 2.2; Volume 1. Oxford University Press.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 75

Bexiga, próstata e uretra

BEXIGA URINÁRIA

A bexiga urinária é um reservatório cujo tamanho, posição e relações variam de acordo com seu conteúdo e o estado das vísceras vizinhas. Quando a bexiga está vazia, localiza-se inteiramente na pelve menor, mas quando se distende, expande-se anterossuperiormente na cavidade abdominal. A bexiga vazia tem formato tetraédrico e apresenta um fundo, um colo, um ápice, uma face superior e duas faces inferolaterais.

RELAÇÕES

O fundo da bexiga é triangular e localizado posteroinferiormente. Nas mulheres, está intimamente relacionado com a parede anterior da vagina (Figs. 75.1, 77.25B); nos homens, está relacionado com o reto, embora sua parte superior esteja separada dele pela escavação retovesical e sua parte inferior pela vesícula seminal e pelo ducto deferente de cada lado da fáscia própria dos órgãos pélvicos (de Denonvillier) (Fig. 75.2A, B). O colo, localizado mais inferiormente, é mais fixo e está 3-4 cm atrás da parte inferior da sínfise púbica, e logo acima do plano da abertura inferior da pelve menor. O colo da bexiga é essencialmente o óstio interno da uretra, que se encontra em uma posição constante, independentemente da variação de posição da bexiga e do reto. Nos homens, o colo repousa sobre sua parede e está em continuidade direta com a base da próstata; nas mulheres, está relacionado com a fáscia pélvica, que circunda a parte superior da uretra. Em ambos os sexos, o ápice da bexiga está voltado para a parte superior da sínfise púbica. O ligamento umbilical mediano (úraco) sobe atrás da parede anterior do abdome, desde o ápice da bexiga até o umbigo, e é coberto pelo peritônio para formar a prega umbilical mediana (veja adiante).

A face anterior da bexiga é separada da fáscia transversal por tecido adiposo presente no espaço retropúbico (de Retzius). Esta fáscia é mais aderida à bexiga que a face anterior da próstata; esta característica ajuda na identificação segura da região do colo da bexiga em um procedimento cirúrgico. Nos homens, cada face inferolateral está relacionada anteriormente com o púbis e ligamento puboprostático. Nas mulheres, as relações são similares; porém, o ligamento pubovesical substitui o ligamento puboprostático. As faces inferolaterais não são revestidas por peritônio. A face superior, triangular, está delimitada pelas margens laterais, do ápice até as entradas dos ureteres, e por uma margem posterior que as une. Nos homens, a face superior é completamente coberta pelo peritônio, que se estende ligeiramente sobre a base e se continua posteriormente na escavação retovesical e anteriormente na prega umbilical mediana: está em contato com o colo sigmoide e com as alças terminais do íleo (Figs. 75.1, 75.2 e 75.3; pág. 1105). Nas mulheres, a face superior é amplamente coberta pelo peritônio, que se reflete posteriormente sobre o útero no nível do óstio interno do útero (a junção do corpo e colo do útero) para formar a escavação vesicouterina. A parte posterior da face superior, destituída de peritônio, está separada da porção supravaginal do colo por tecido fibroareolar.

Estas relações são importantes no tratamento de traumas de bexiga. Lesões extraperitoneais podem frequentemente ser tratadas de forma conservadora, pois a urina é contida; injúrias peritoneais geralmetne requerem reparação cirúrgica.

À medida que a bexiga se enche, torna-se ovoide. Anteriormente, desloca o peritônio parietal da região suprapúbica da parede do abdome. As faces inferolaterais tornam-se anteriores e repousam contra a parede

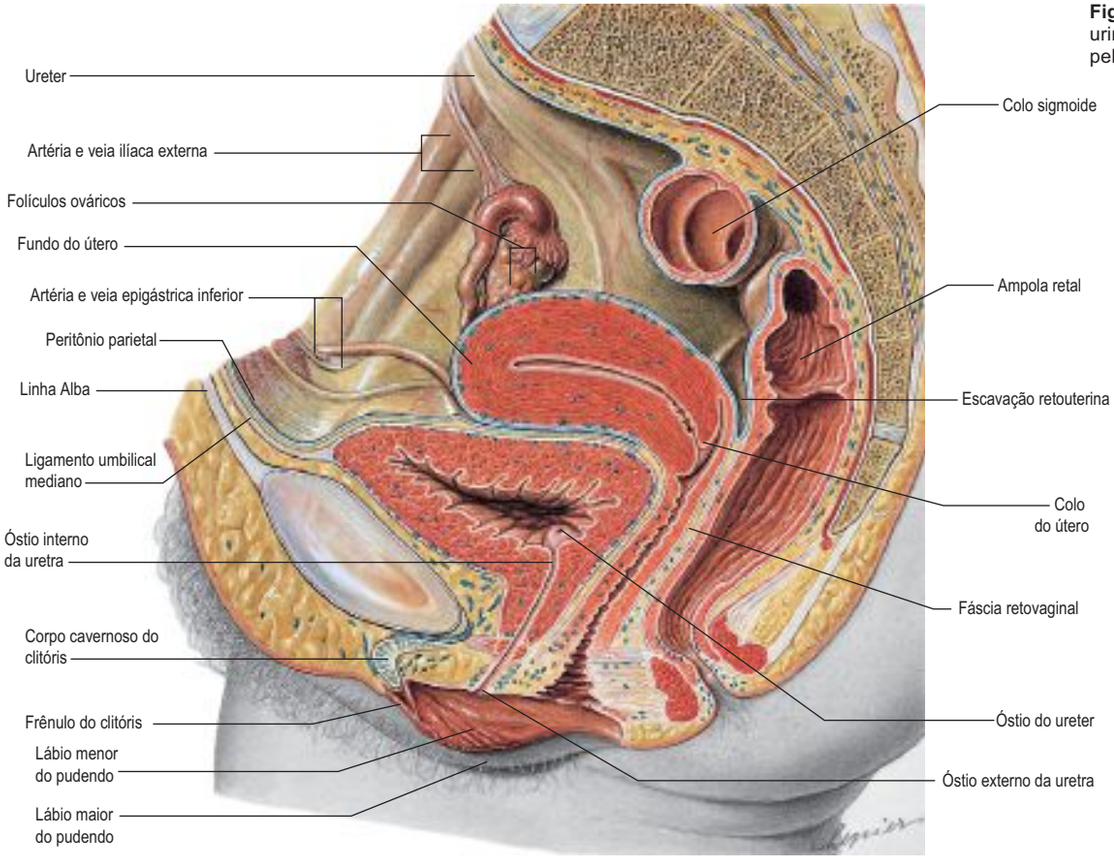


Fig. 75.1 Relações da bexiga urinária feminina, corte sagital da pelve. (De Sobotta 2006.)

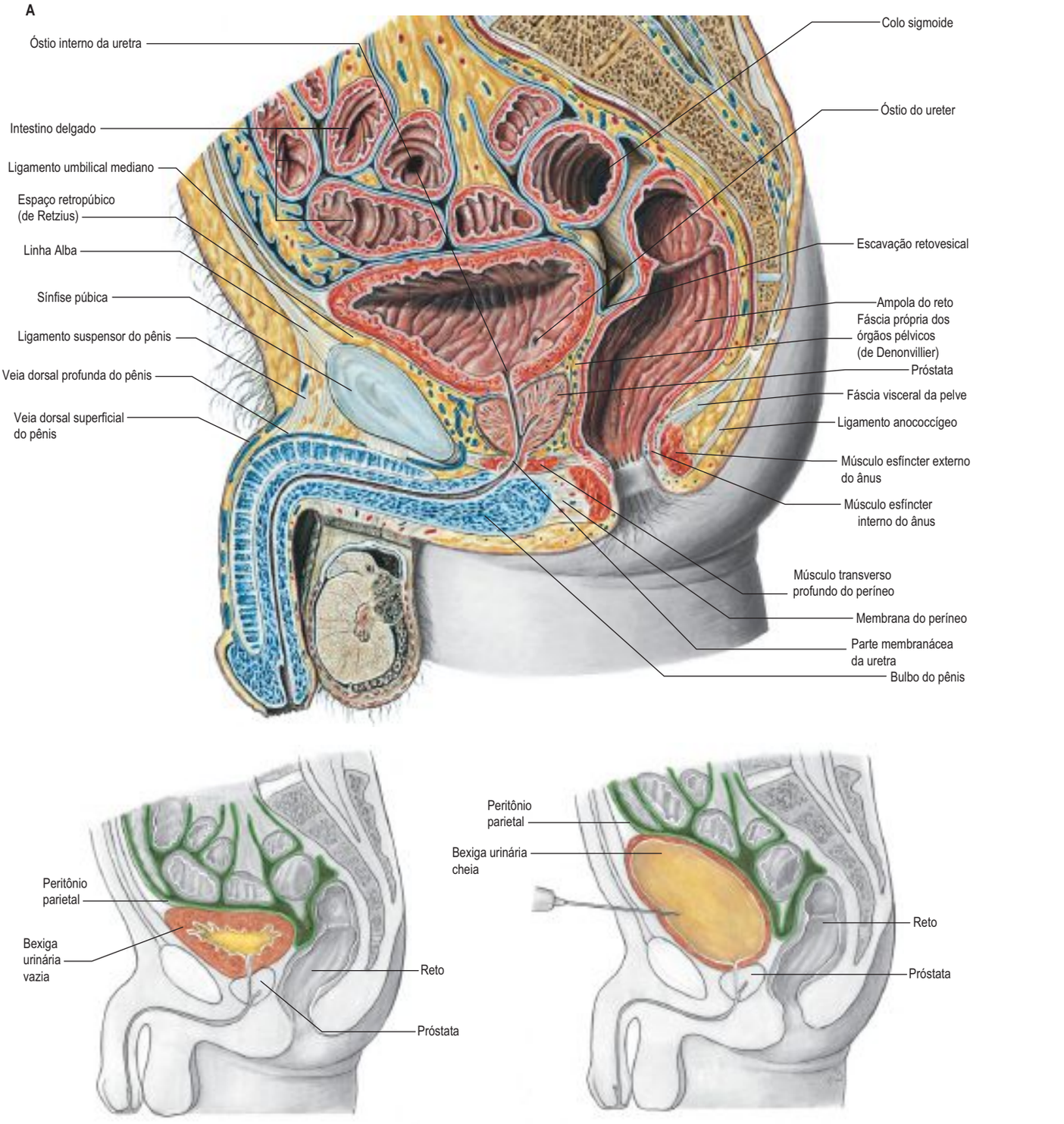


Fig. 75.2 A, As relações da bexiga urinária e da próstata, corte sagital, pelve masculina. A relação da bexiga urinária com o peritônio e a parede anterior do abdome no enchimento permite a cistostomia suprapúbica sem vazamento urinário intraperitoneal. (**A**, De Sobotta 2006.)

do abdome sem a intervenção do peritônio por certa distância acima da sínfise púbica, que varia com o grau de distensão, mas comumente é de 5-7 cm. A bexiga distendida pode ser puncionada logo acima da sínfise púbica sem atravessar o peritônio (cistostomia suprapúbica): o acesso cirúrgico à bexiga através da parede anterior do abdome é geralmente por esta rota. O ápice da bexiga cheia aponta para cima e para a frente, acima da inserção do ligamento umbilical mediano, de modo que o peritônio forma um recesso supravesical de profundidade variável entre o ápice e a parede anterior do abdome: este recesso frequentemente contém alças do intestino delgado. Ao nascimento, a bexiga é relativamente mais alta do que no adulto, pois a pelve verdadeira é rasa e o óstio interno da uretra está nivelado com a margem superior da sínfise púbica. A bexiga é, então, mais abdominal do que pélvica e se estende aproximadamente dois terços em direção ao umbigo. Amostras de urina podem, desta maneira, ser obtidas de crianças através de uma punção suprapúbica. A bexiga desce progressivamente com o crescimento e alcança a posição adulta logo após a puberdade. Anormalidades congênitas da bexiga são descritas na pág. 1312 (Fig. 78.11).

LIGAMENTOS DA BEXIGA

A bexiga é ancorada inferiormente por condensações da fáscia pélvica que se inserem no púbis, nas paredes laterais da pelve e no reto.

Em ambos os sexos, feixes resistentes de tecido fibromuscular, os ligamentos pubovesicais, estendem-se do colo da bexiga para a face inferior dos ossos púbicos. Esses ligamentos são derivados do músculo detrusor da bexiga, parte do avental do músculo detrusor (Fig. 75.4A, B). Na mulher, constituem as extensões superiores dos ligamentos pubouretrais. Nos homens, o avental do músculo detrusor é descrito como uma extensão do músculo detrusor da bexiga que se estende sobre a face anterior

da próstata e se condensa distal e anteriormente para formar o ligamento puboprostático.

Os ligamentos pubovesicais se localizam um de cada lado do plano mediano e deixam um hiato na linha mediana através do qual passam numerosas pequenas veias. Diversas outras estruturas assim chamadas de ligamentos têm sido descritas em relação à base da bexiga urinária, denominados ligamentos vesicais lateral e posterior, no homem; e ligamentos transverso do colo e ureterosacral, na mulher. As reflexões do peritônio da bexiga em direção às paredes laterais da pelve formam os ligamentos laterais pubovesicais, e as pregas sacrogenitais constituem os ligamentos posteriores. Todas são condensações de tecido conjuntivo ao redor de estruturas neurovasculares maiores e não são consideradas ligamentos "anatômicos" verdadeiros; não obstante, elas são descritas como ligamentos na rotina clínica.

O ápice da bexiga é unido ao umbigo pelo remanescente do úraco, que forma o ligamento umbilical mediano (Fig. 75.3). É composto por fibras musculares longitudinais derivadas do músculo detrusor da bexiga e torna-se mais fibroso em direção ao umbigo. Geralmente mantém um lúmen, revestido com epitélio, que persiste na vida adulta, raramente pode ser acometido por um cisto, seio, fístula ou adenocarcinoma de úraco. A partir da face superior da bexiga, o peritônio é formado por uma série de pregas, os ligamentos "'falsos" da bexiga. Anteriormente, existem três pregas: a prega umbilical mediana sobre o ligamento umbilical mediano (úraco) e duas pregas umbilicais mediais sobre as artérias umbilicais obliteradas. Os vasos epigástricos inferiores são laterais a essas pregas na parede anterior do abdome.

Fig. 75.2, cont. B, Imagem sagital de RM T2 da pelve masculina mostra a bexiga urinária, a próstata e suas relações.

INTERIOR DA BEXIGA

Túnica mucosa vesical

Quase toda a túnica mucosa da bexiga (Fig. 75.5A-C) é presa frouxamente ao músculo subjacente: é pregueada quando a bexiga está vazia e torna-se mais lisa quando a bexiga está cheia. Sobre o trígono da bexiga, imediatamente acima e atrás do óstio interno da uretra, ela é aderida à camada muscular subjacente e é sempre lisa. O ângulo anteroinferior do trígono é formado pelo óstio interno da uretra, e seus ângulos posterolaterais, pelos óstios dos ureteres. O limite superior do trígono é a crista interuretérica ligeiramente curvada, que une os dois óstios dos ureteres e é produzida pela continuação, na parede da bexiga, do músculo longitudinal interno do ureter. Lateralmente, essa crista se estende além dos óstios dos ureteres como pregas uretéricas, produzidas pelas porções terminais dos ureteres que correm obliquamente através da parede da bexiga. Na cistoscopia, a crista interuretérica aparece como uma faixa pálida e é um guia para os óstios dos ureteres na cateterização.

Trígono

O músculo liso do trígono consiste em duas camadas distintas, algumas vezes denominadas de músculos superficial e profundo do trígono da bexiga. O último é composto de células musculares, indistinguíveis daqueles do músculo detrusor da bexiga, e é simplesmente a porção

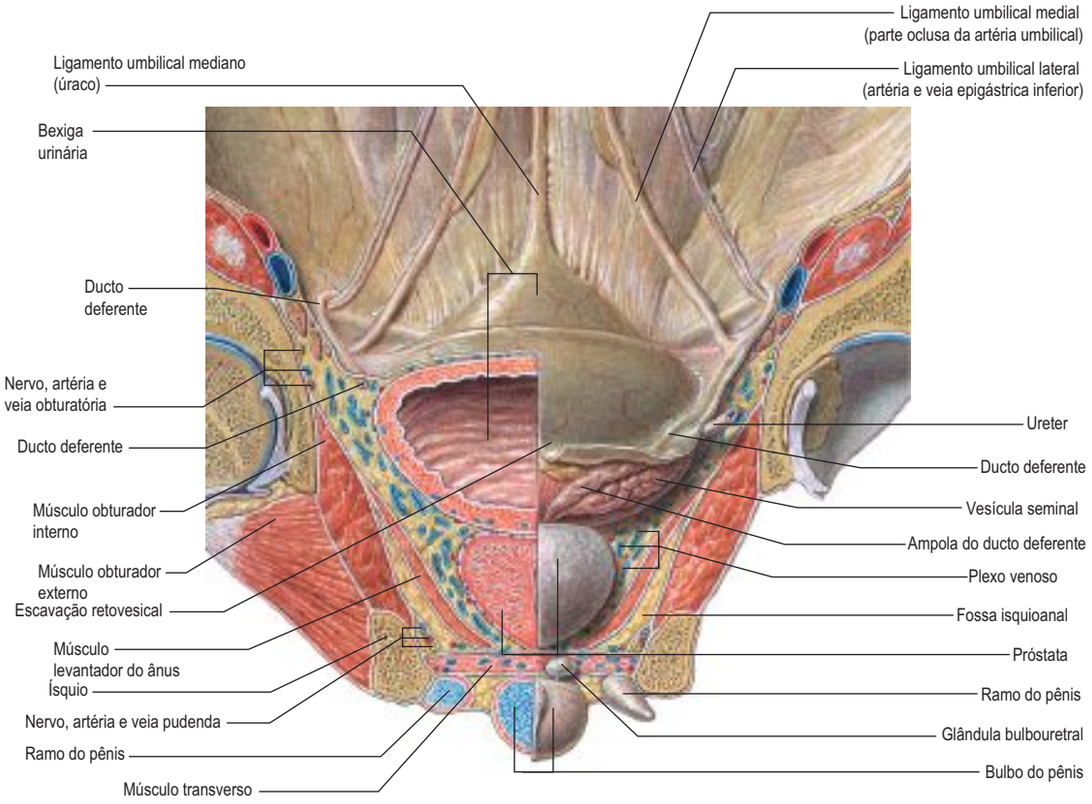


Fig. 75.3 Face interna da parede anterior do abdome e vísceras pélvicas anteriores masculina. (De Sobotta 2006.)

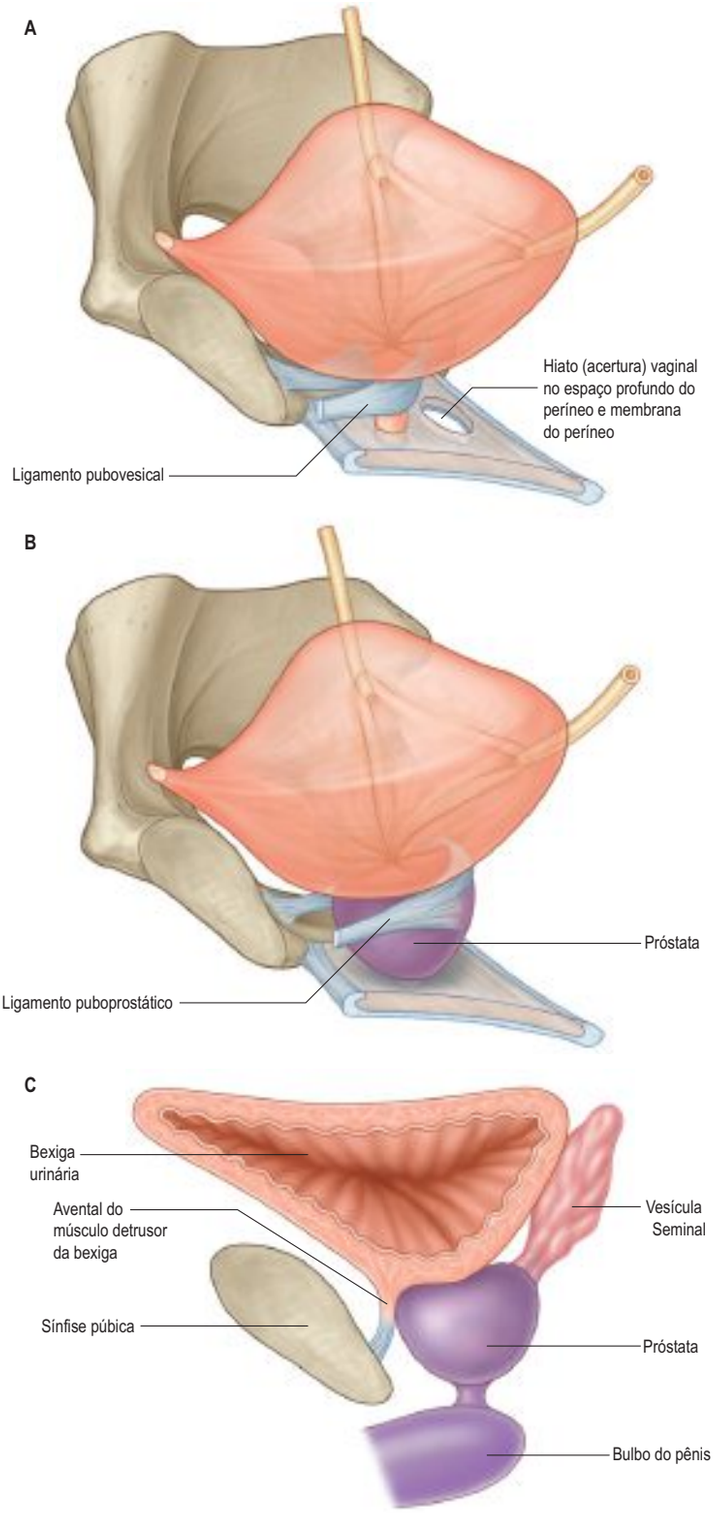


Fig. 75.4 Ligamentos que fixam o colo da bexiga e porção pélvica da uretra no osso do quadril. **A**, Na mulher. **B**, No homem. Nos homens, o músculo detrusor da bexiga se estende sobre a face anterossuperior da próstata e se insere no púbis. Condensa-se para formar os ligamentos pubovesical/puboprostático (**B**, **C**). (**A, B** De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

posteroinferior do próprio músculo detrusor. O músculo superficial do trígono da bexiga representa um componente morfologicamente distinto do trígono, que ao contrário do músculo detrusor, é composto de feixes musculares de diâmetro relativamente pequeno, contínuos com os feixes da parte intramural dos ureteres. O músculo superficial do trígono da bexiga é relativamente delgado, mas é geralmente descrito por tornar-se espesso ao longo de sua margem superior para formar a crista interureterica. Espessamentos similares ocorrem ao longo das margens laterais do músculo superficial trígono. Em ambos os sexos, o músculo superficial do trígono da bexiga torna-se contínuo com o músculo liso da parte proximal da uretra e se estende no homem, ao longo da crista uretral até as aberturas dos ductos ejaculatórios.

Óstios dos ureteres

Semelhante a fendas, os óstios dos ureteres estão localizados nos ângulos posterolaterais do trígono (Fig. 75.5A). Na bexiga vazia, estão aproximadamente separados por 2,5 cm, e separados do óstio interno da uretra por 2,5 cm; na distensão, estas medidas podem dobrar.

Óstio interno da uretra

O óstio interno da uretra está localizado no ápice do trígono, a parte mais inferior da bexiga, e é um tanto crescentiforme em corte. Existe com frequência uma elevação imediatamente atrás do óstio em homens adultos (particularmente na meia-idade), causada pelo lobo médio da próstata.

COLO DA BEXIGA

O músculo liso do colo da bexiga é histológica, histoquímica e farmacologicamente distinto músculo detrusor da bexiga propriamente dito; assim, o colo da bexiga pode ser considerado uma unidade funcional separada. O arranjo do músculo liso nesta região é totalmente diferente nos homens e nas mulheres e, desta maneira, serão descritos separadamente.

Mulher

O colo da bexiga feminina (Fig. 75.5C) consiste em músculo liso morfologicamente distinto. Os fascículos de grande diâmetro, característicos do músculo detrusor da bexiga são substituídos, na região do colo da bexiga, por fascículos de pequeno diâmetro que se estendem oblíqua ou longitudinalmente na parede da uretra. Na mulher normal, o colo da bexiga localiza-se superiormente ao assoalho pélvico e é suportado predominantemente pelos ligamentos pubovesicais (Fig. 75.4A), fáscia endopélvica do assoalho pélvico e músculo levantador do ânus. Essas estruturas dão suporte à uretra em repouso; com o aumento da pressão intra-abdominal, os músculos levantadores do ânus se contraem e aumentam a pressão de fechamento da uretra para manter a continência urinária. Este arranjo anatômico geralmente se altera após o parto ou com a idade, tanto que o colo da bexiga pode se localizar abaixo do assoalho pélvico, especialmente quando a pressão intra-abdominal se eleva, isto significa que o mecanismo descrito anteriomente falhou em manter a continência; e a mulher pode apresentar incontinência urinária causada por estresse, resultado da hipermobilidade uretral.

Homem

No homem (Fig, 75.4B), o colo da bexiga é completamente circundado por um colar de músculo liso, com inervação adrenérgica própria distinta, que se estende distalmente para circundar a parte prostática da uretra. Diferente do feixe de músculo liso que segue em continuidade do colo da bexiga para a parte prostática da uretra, e do músculo liso dentro da próstata, esses feixes de músculo liso circundam o colo da bexiga e a uretra pré-prostática. Os feixes que formam este "esfíncter pré-prostático" são pequenos em tamanho comparados com os feixes musculares do músculo detrusor, e estão separados por um componente de tecido conjuntivo relativamente grande, rico em fibras elásticas.

O colo da bexiga é algumas vezes denominado mecanismo esfincterico urinário proximal, para distingui-lo do mecanismo esfinctérico urinário distal. Entretanto, não é considerado um esfíncter urinário e não é responsável pela continência urinária. É um esfíncter genital que permite ejaculação anterógrada do sêmen. Diferentemente do músculo detrusor da bexiga e do resto da musculatura lisa da uretra (comum em ambos os sexos), o esfíncter pré-prostático é ricamente inervado por nervos noradrenérgicos simpáticos, e é quase totalmente destituído de nervos colinérgicos parassimpáticos. A contração do esfíncter interno da uretra previne o fluxo retrógrado da ejaculação da uretra proximal para a bexiga. O esfíncter interno da uretra é geralmente seccionado na grande maioria de homens submetidos à cirurgia de colo da bexiga (p. ex., ressecção transuretral da próstata), o que resulta em ejaculação retrógrada.

Não se sabe se este esfíncter pré-prostático substitui o padrão muscular do colo da bexiga visto na mulher ou é adicional; provavelmente é adicional.

Obstrução do fluxo de saída da bexiga

Na obstrução crônica progressiva para a micção (p. ex., como resultado de iperplasia prostática ou estreitamento uretral) o músculo da bexiga se hipertrofia. A túnica muscular aumenta em tamanho, e como ela se interlaça em todas as direções é formada uma "bexiga trabeculada" de paredes espessas. A mucosa entre os feixes musculares forma um "divertículo". Quando o fluxo de saída é obstruído, o esvaziamento não é completo: alguma urina permanece no interior da bexiga e pode tornar-se

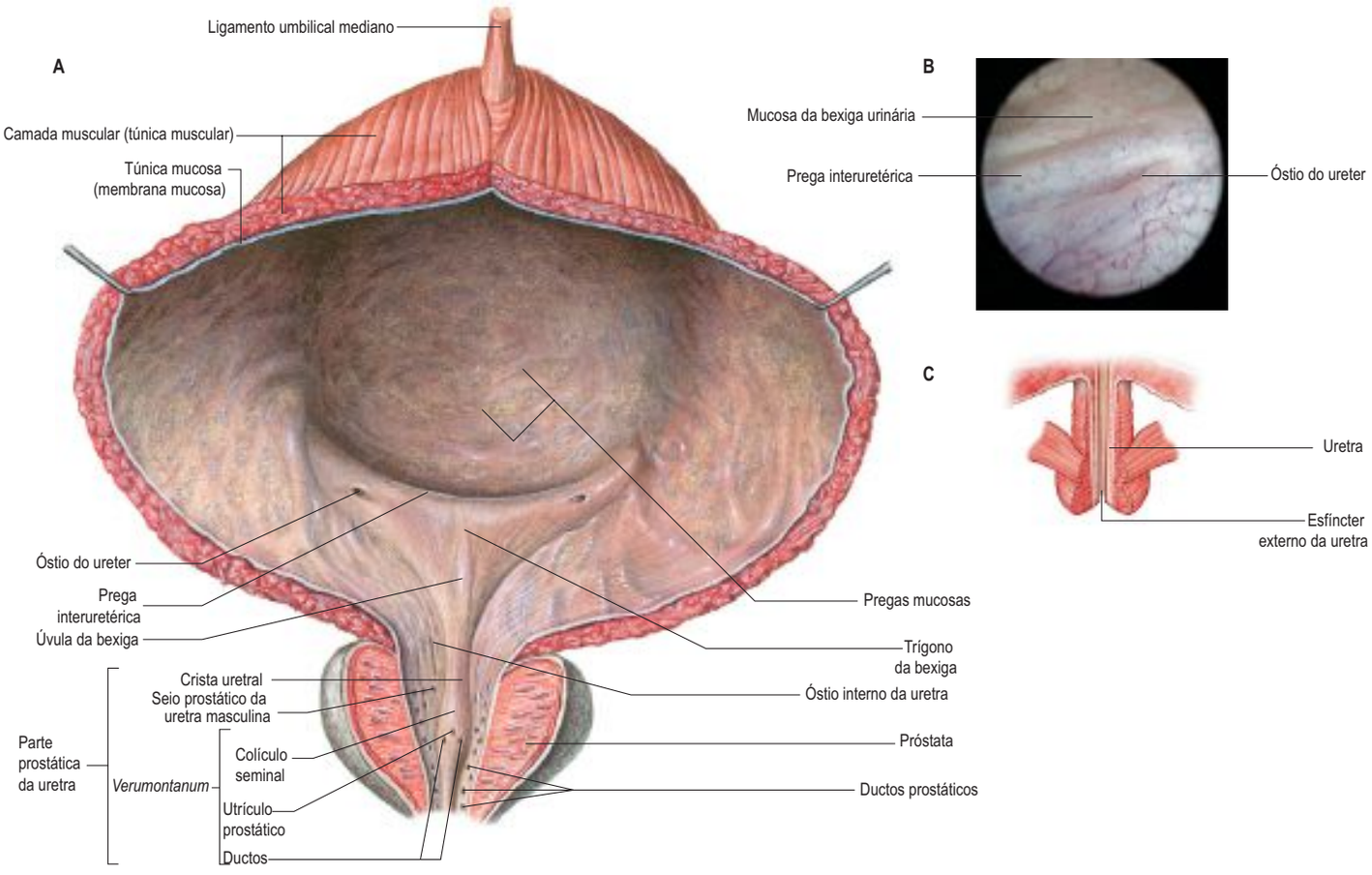


Fig. 75.5 A, Secção coronal da bexiga urinária masculina. As pregas mucosas dependem do estado de enchimento da bexiga. **B**, Óstios uretéricos vistos na endoscopia. **C**, Colo da bexiga urinária feminina. (**A** de Sobotta 2006.)

infectada. A pressão posterior de uma bexiga distendida cronicamente pode gradualmente dilatar os ureteres e a pelve renal, e até mesmo os ductos coletores, podendo resultar em um dano renal progressivo.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

A bexiga é suprida principalmente pelas artérias vesicais superior e inferior (Fig. 77.3A, B), derivadas do tronco anterior da artéria ilíaca interna, suplementadas pelas artérias obturatória e glútea inferior. Na mulher, ramos adicionais são derivados das artérias uterina e vaginal.

Artéria vesical superior

A artéria vesical superior supre muitos ramos para o fundo da bexiga. A artéria para o ducto deferente frequentemente se origina de um desses ramos e acompanha o ducto deferente até o testículo, onde se anastomosa com a artéria testicular. Outros ramos suprem o ureter. O início da artéria vesical superior é a parte proximal permeável da artéria umbilical do feto.

Artéria vesical inferior

A artéria vesical inferior frequentemente origina-se com a artéria retal média, ramo da artéria ilíaca interna. Ela supre o fundo da bexiga, a próstata, as vesículas seminais e parte inferior do ureter. Ramos prostáticos se comunicam através da linha mediana. A artéria vesical inferior pode, algumas vezes, dar origem à artéria para o ducto deferente.

Veias

As veias que drenam a bexiga (Fig. 77.3A, B) formam um complicado plexo venoso nas faces inferolaterais, que passa para atrás, nos ligamentos laterais pubovesicais, para terminar nas veias ilíacas internas.

Linfáticos

Vasos linfáticos que drenam a bexiga (Fig. 77.3A, B) começam nos plexos mucosos, intermuscular e extramuscular. Existem três grupos de vasos coletores, a maioria terminando nos linfonodos ilíacos externos. Vasos provenientes do trígono emergem no exterior da bexiga para correr superolateralmente. Vasos provenientes da face superior da bexiga convergem para o ângulo posterolateral e passam superolateralmente para os linfonodos ilíacos externos (alguns podem ir para o grupo ilíaco interno ou comum). Vasos provenientes da face inferolateral da bexiga sobem para se unir àqueles provenientes da face superior ou correr para os linfonodos na fossa obturatória. Linfonodos diminutos podem ocorrer ao longo dos vasos linfáticos vesicais.

INERVAÇÃO

Os nervos da bexiga se originam do plexo pélvico, uma rede de nervos e gânglios autonômicos na face lateral do reto, dos órgãos genitais internos e do fundo da bexiga. Eles se consistem em componentes simpático e parassimpático, cada um com fibras eferentes e aferentes. A inervação da bexiga foi revisada com algum detalhe por Mundy (1999).

Fibras eferentes

As fibras parassimpáticas originam-se do segundo ao quarto segmentos sacrais da medula espinal e chegam ao plexo pélvico nas faces posterolaterais do reto como nervos esplânicos pélvicos. As fibras simpáticas originam-se de corpos celulares neuronais dos três segmentos torácicos inferiores e dos dois segmentos lombares superiores da medula espinal, e dos plexos celíaco e mesentérico ao redor dos grandes vasos no abdome, dos quais o plexo hipogástrico desce para a pelve como feixes de nervos razoavelmente discretos dentro do tecido conjuntivo extraperitoneal, posteriormente aos ureteres de cada lado. A parte anterior do plexo pélvico é conhecida como plexo vesical. Pequenos grupos de neurônios autônomos são observados no plexo e por todas as regiões da parede da bexiga. Esses neurônios intramurais multipolares são ricos em acetilcolinesterase (AChE) e ocorrem nos gânglios, que consistem em até 20 corpos celulares. A maioria das terminações nervosas pré-ganglionares corresponde morfologicamente a fibras colinérgicas presumíveis. As terminações noradrenérgicas também retransmitem impulsos para corpos celulares no plexo pélvico; entretanto, não é conhecido se nervos similares formam sinapses nos gânglios intramurais da bexiga.

A bexiga urinária (incluindo o músculo detrusor do trígono da bexiga) é profusamente inervada por nervos que formam um denso plexo entre as células musculares do músculo detrusor. A maioria desses nervos contém acetilcolinesterase (AChE) e ocorrem em abundância ao longo da túnica muscular da bexiga. Varicosidades axonais adjacentes às células musculares lisas do músculo detrusor possuem características que são consideradas para tipificar terminações nervosas colinérgicas, e contêm grupamentos de pequenas vesículas agranulares (50 nm de diâmetro), algumas vesículas grandes (80-160 nm de diâmetro) ocasionais e pequenas mitocôndrias. Regiões terminais se aproximam a pelo menos 20 nm da superfície das células musculares e podem ser parcialmente circundadas por citoplasmas de células de Shwann, ou mais frequentemente são totalmente destituídas deste. O músculo detrusor humano possui uma escassa inervação de nervos noradrenérgicos simpáticos, que geralmente acompanham o suprimento vascular e só raramente se estendem entre os miócitos. Nervos não adrenérgicos e não colinérgicos têm sido identificados, e diversos outros neurotransmissores ou neuromoduladores têm sido detectados nos gânglios intramurais, incluindo o peptídeo somatostatina. O músculo superficial do trígono da bexiga está mais relacionado com fibras noradrenérgicas (simpáticas) do que com fibras colinérgicas (parassimpáticas), diferença que apoia a teoria de que o músculo superficial do trígono da bexiga pode ser considerado de origem "uretérica" no lugar de "vesical". Porém, deve ser enfatizado que o músculo superficial do trígono da bexiga forma uma parte muito menor da massa muscular total do colo da bexiga e da parte proximal da uretra em ambos os sexos, e é provavelmente de pequena importância nos mecanismos fisiológicos que controlam essas regiões.

O músculo liso do colo da bexiga masculina é predominantemente orientado oblíqua ou circularmente. É escassamente inervado por nervos colinérgicos (parassimpáticos), mas possui uma rica inervação noradrenérgica (simpática). Uma distribuição semelhante de nervos autônomos também ocorre no músculo liso da próstata, nas vesículas seminais e no ducto deferente. A estimulação dos nervos simpáticos causa contração do músculo liso na parede do trato genital, o que resultando em emissão seminal. A estimulação simpática concomitante do músculo liso da parte proximal da uretra causa o fechamento do esfíncter interno da uretra, prevenindo, desta maneira, o refluxo do sêmem para dentro da bexiga. Embora esta função genital do colo da bexiga masculina seja bem estabelecida, não se sabe se o músculo liso desta região tem um papel ativo na manutenção da continência urinária. Em contraste, o músculo liso do colo da bexiga feminina recebe relativamente poucos nervos noradrenérgicos, mas é ricamente inervado com fibras colinérgicas presumíveis. O escasso suprimento de nervos simpáticos presumivelmente está relacionado com a ausência de uma porção "genital" funcionante incorporada dentro da parede da uretra feminina.

A lâmina própria do fundo e paredes inferolaterais da bexiga é virtualmente destituída de fibras nervosas autonômicas, não considerando alguns nervos noradrenérgicos e nervos perivasculares colinérgicos presumíveis ocasionais. Porém, a densidade de nervos não relacionados com vasos sanguíneos aumenta próximo ao óstio da uretra. No nível do colo e trígono da bexiga, um plexo nervoso de axônios colinesterase-positivo estende-se ao longo da lâmina própria não associado a vasos sanguíneos. Alguns axônios de maior diâmetro são mielinizados, e outros se localizam adjacentes às células basilares do urotélio. Na ausência de alguns locais-alvo efetores óbvios, os plexos nervosos subepiteliais da bexiga e ureter são considerados auxiliares de uma função sensitiva.

Fibras aferentes

Nervos vesicais também estão envolvidos com a dor e consciência da distensão e são estimulados na distensão ou espasmo devido a um cálculo, inflamação ou doença maligna: esses nervos seguem pelos nervos simpáticos e parassimpáticos, mas predominantemente nos últimos. Secção das vias simpáticas (p. ex., "simpatotectomia pré-sacral") ou do plexo hipogástrico superior, portanto, não alivia a dor vesical, embora considerável alívio é conseguido após cordotomia anterolateral bilateral. Visto que fibras nervosas responsáveis pela consciência da distensão seguem pelas colunas posteriores (fascículo grácil), o paciente ainda retém o estado de consciência da necessidade de micção após a cordotomia anterolateral. As terminações nervosas que detectam estímulos nocivos são provavelmente de mais de um tipo: foi descrito um plexo subepitelial de fibras com vesículas densas, provavelmente terminações aferentes.

MICROESTRUTURA

A bexiga consiste em quatro túnicas: um revestimento epitelial (urotélio), lâmina própria, própria muscular e serosa.

Revestimento epitelial ou urotélio

O urotélio (epitélio de transição) é um espessamento de 4-7 células, que pode diminuir para uma espessura de 2-3 células quando a bexiga está totalmente distendida. Contém três camadas celulares distintas, uma camada basal, uma camada intermediária e uma camada superficial (célula "guarda-chuva") (Fig. 75.8). A camada basal consiste em pequenas células cuboidais que dão origem às camadas superiores. As células da camada intermediária são poligonais que possuem a capacidade de se estirar e achatar. A camada superficial forma uma face protetora, quase impermeável, para a túnica mucosa da bexiga e consiste em grandes, e algumas vezes multinucleadas, células que exibem alterações degenerativas em seu citoplasma; essas células são finalmente esfoliadas na urina. A face apical da camada de célula guarda-chuva é coberta por partículas de proteínas de 16 nm, organizadas hexagonalmente para formar cristais bidimensionais de membranas de unidades assimétricas (*assymetric unit membranes* AUMs), que contribuem na função de barreira de permeabilidade da bexiga urinária, que previne a reabsorção de urina e cruza o urotélio para a circulação sanguínea. Ilhas ou ninhos de urotélio podem se separar da superfície durante o desenvolvimento e são encontrados embebidos debaixo da lâmina própria. Estes são denominados de ninhos de Brunn e podem sofrer degeneração central, formando cistos (cistite cística).

Lâmina própria

A lâmina própria forma uma base de tecido conjuntivo que suporta o urotélio, do qual está separada pela membrana basal. É rica em capilares, vasos linfáticos e terminações nervosas. Contém fibras elásticas e uma delgada e pobremente definida camada de fibras musculares lisas, a mucosa muscular, que é distribuída de forma variada na bexiga. Essa camada geralmente é muito superficial e se encontra logo abaixo do urotélio; no entanto, pode ser mais profunda na lâmina própria, onde pode estar bem desenvolvida, e deve ser diferenciada da túnica muscular própria.

Túnica muscular própria

A túnica muscular própria é o músculo detrusor da bexiga. Consiste em três camadas mal definidas, uma camada longitudinal interna e outra externa, e uma camada intermediária circular. Em contraste com a mucosa muscular, que consiste em pequenas fibras delgadas, a túnica muscular própria é composta de feixes largos e pobremente definidos de músculo liso que formam as camadas circular interna e longitudinal externa bem definidas no colo da bexiga.

Túnica serosa

A túnica serosa cobre parcialmente a bexiga. É recoberta externamente por mesotélio; subjacente a este, há uma quantidade variável de tecido adiposo vascularizado que frequentemente se estende na túnica muscular própria e, ocasionalmente, na lâmina própria.

URETRA MASCULINA

A uretra masculina (Fig. 75.6A, B) é longa, com 18-20 cm, e se estende do óstio interno da uretra na bexiga urinária, até o óstio externo da uretra, na extremidade do pênis. Pode ser dividida em duas partes. A parte anterior da uretra possui aproximadamente 16 cm, e se encontra no períneo (proximalmente) e pênis (distalmente), envolta pelo corpo esponjoso. A parte posterior da uretra possui 4 cm e se encontra na pelve, próxima ao corpo esponjoso, onde é atendido por mecanismos esfinctéricos urogenitais. Funcionalmente, ambas as partes agem como um conduto.

A parte anterior da uretra está subdividida em um componente proximal, a parte bulbar da uretra envolta pelo músculo bulboesponjoso e está inteiramente no períneo; e um componente pendular ou peniano, que se continua até a extremidade do pênis. A parte posterior da uretra é dividida em segmentos pré-prostático, prostático e membranáceo. No pênis flácido, a uretra possui curvatura dupla. O canal da uretra é uma mera fenda, exceto durante a passagem de fluido: em uma secção transversal do pênis, é arqueada transversalmente na parte prostática; estelada nas partes pré-prostática e membranácea; transversa nas partes bulbar e peniana; e sagital no óstio externo.

Parte posterior

Parte pré-prostática da uretra

A parte pré-prostática da uretra (Fig. 75.6B; vista endoscópica do colo da bexiga e crista uretral) tem aproximadamente 1 cm de comprimento e se estende do colo da bexiga até a próstata. Pequenas glândulas periuretrais neste local podem contribuir para a hiperplasia prostática benigna (BPH) e para sintomas de obstrução do fluxo de saída no homem idoso.

Parte prostática da uretra

A parte prostática da uretra (Figs. 75.7, 75.14) tem 3-4 cm de comprimento e passa através da substância da próstata mais próximo da face anterior do que da face posterior da glândula. É contínua, acima, com a parte pré-prostática e emerge da próstata ligeiramente anterior ao seu ápice (o ponto mais inferior da próstata). Ao longo da maior parte de

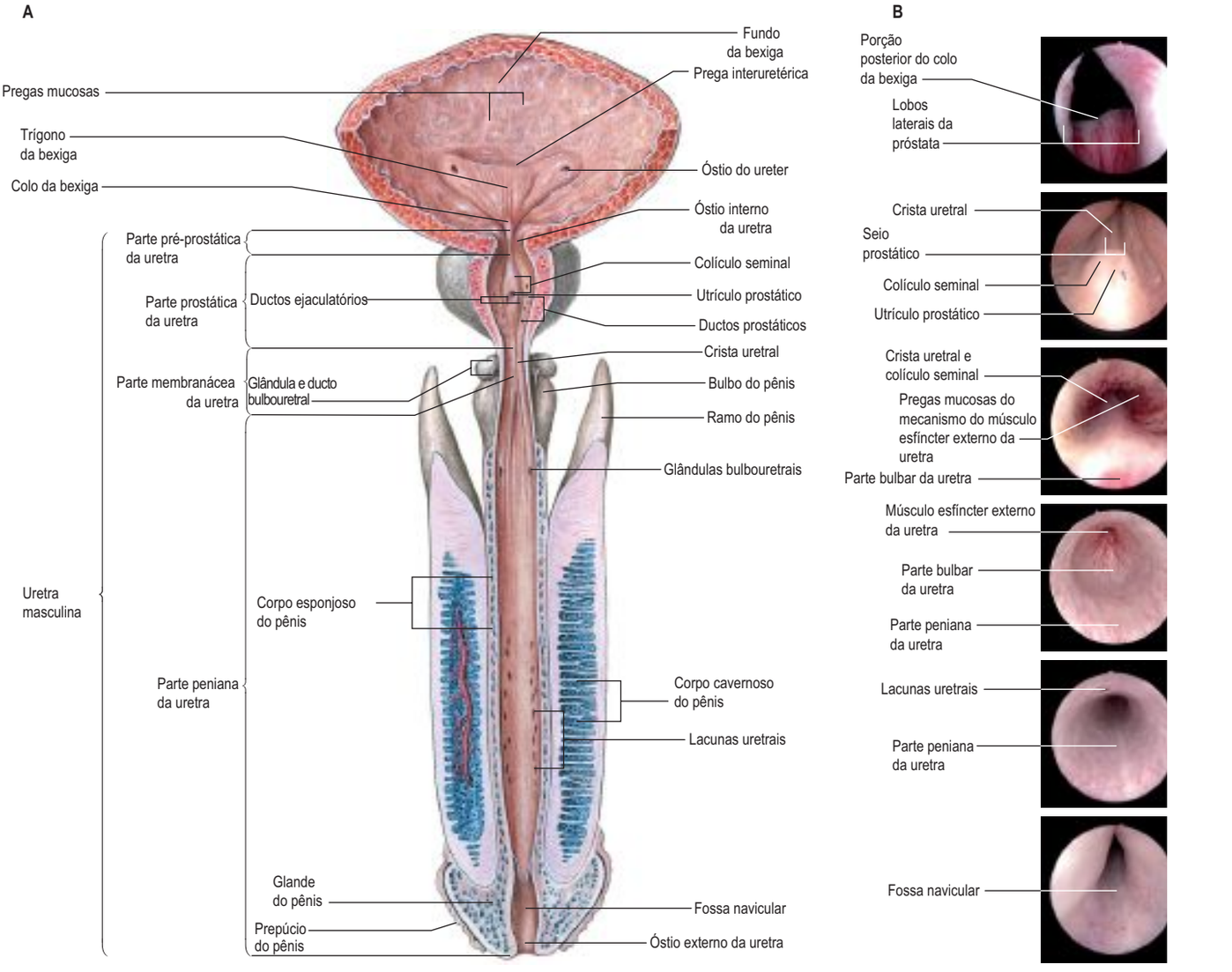


Fig. 75.6 A, Uretra masculina. **B**, Vista endoscópica (de cima para baixo): colo da bexiga, crista uretral, parte membranácea da uretra, parte bulbar da uretra, parte peniana da uretra, fossa navicular. (**A** de Sobotta 2006.)

seu comprimento, na parede posterior, há uma crista mediana, a crista uretral, que se projeta no lúmen como uma formação cerscentiforme em secção transversal. De cada lado da crista existe uma depressão rasa, o seio prostático, cujo assoalho é perfurado pelos orifícios de 15-20 ductos prostáticos. Uma elevação, o colículo seminal, é observada aproximadamente na metade do comprimento da crista uretral: esta estrutura é usada como marco cirúrgico do esfíncter da uretra durante ressecção transuretral em casos de hipertrofia benigna da próstata. Neste ponto, a uretra curva-se anteriormente em 35° e pode ser observado o orifício em forma de fenda do utrículo prostático. Em ambos os lados deste orifício, ou exatamente dentro deste, estão as duas pequenas aberturas dos ductos ejaculatórios. O utrículo prostático é um fundo-de-saco de 6 mm de comprimento, que corre para cima e para trás, na substância da próstata, atrás do lobo médio. Suas paredes são compostas de tecido fibroso, fibras musculares e membrana mucosa, a última apresenta as aberturas de numerosas pequenas glândulas. O utrículo prostático se desenvolve dos ductos paramesonéfricos ou do seio urogenital e é considerado homólogo com a vagina da mulher (pág. 1338). É algumas vezes chamado a "vagina masculina"; no entanto, a teoria mais comum é que seja um homólogo do útero, daí o termo "utrículo". A porção mais inferior da parte prostática da uretra é fixada pelos ligamentos puboprostáticos e é, desta maneira, imóvel.

Parte membranácea da uretra

A parte membranácea da uretra é a mais curta (2-2,5 cm), a menos dilatável e, com exceção do óstio externo, a parte mais estreita da uretra. Desce com uma discreta concavidade ventral, da próstata ao bulbo do pênis e passa através da membrana do períneo, 2,5 cm posteroinferiormente da sínfise púbica. A parede da parte membranácea da uretra consiste em uma túnica muscular que está separada do revestimento epitelial por uma camada estreita de tecido conjuntivo fibroelástico. Essa túnica muscular é constituída por uma camada relativamente delgada de feixes de músculo liso, contínuos proximalmente com aqueles da parte prostática da uretra e com uma proeminente camada externa de fibras musculares estriadas orientadas circularmente, que juntas formam o esfíncter externo da uretra.

A continência urinária no nível da parte membranácea da uretra é mediada por pregas radiais na mucosa uretral, no tecido conjuntivo submucoso, na musculatura lisa intrínseca da uretra, nas fibras musculares estriadas e no músculo poborretal, parte do músculo levantador do ânus. A túnica muscular da uretra e o músculo puborretal circundam a parte membranácea da uretra, e estão inseridos na face interna do ramo isquiopúbico; fibras também chegam até a parte mais inferior do colo da bexiga e se encontra na superfície da próstata. O esfíncter externo da uretra possui uma falha fibrosa posterior e está inserido ao longo de seu comprimento no corpo perineal. Está relacionado com o plexo venoso dorsal anteriormente, o músculo levantador do ânus lateralmente e o corpo perineal e músculo retouretral posteriormente; é suspenso no púbis por tecido fibroso que se estende de sua parte anterior e lateral até os ligamentos puboprostáticos, posteriormente, e para o ligamento suspensor do pênis, anteriormente. As glândulas bulbouretrais são envolvidas por fibras do músculo esfíncter da uretra e se abrem na parte membranácea da uretra durante o excitamento sexual.

Parte anterior da uretra

A parte anterior ou esponjosa da uretra se localiza dentro do corpo esponjoso do pênis (pág. 1271). No pênis flácido, tem aproximadamente 15 cm de comprimento e se estende da extremidade da parte membranácea da uretra até o óstio externo da uretra na glande do pênis. Começa abaixo da membrana do períneo, em um ponto anterior ao nível inferior da sínfise púbica como a parte bulbar da uretra, porção mais larga da uretra, envolvida pelo músculo bulboesponjoso. As glândulas bulboure-

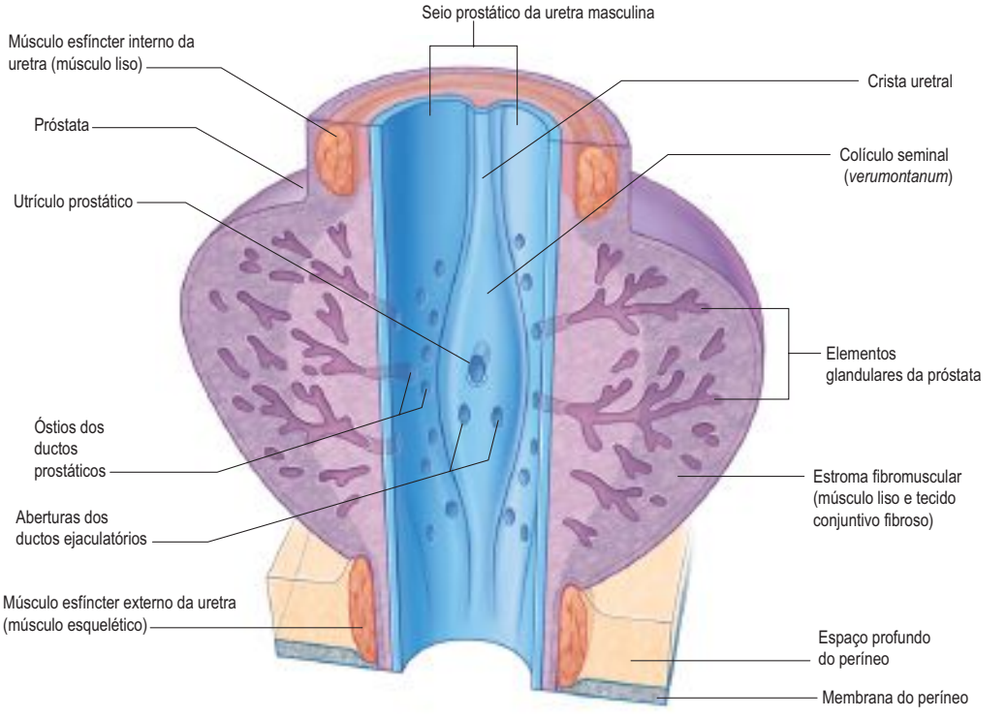


Fig. 75.7 Parte prostática da uretra masculina. A parte mais elevada da crista uretral é o colículo seminal, conhecido clinicamente como *verumontanum*. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

trais se abrem na parte bulbar da uretra aproximadamente 2,5 cm abaixo da membrana do períneo. A próxima parte da uretra curva-se para baixo como a parte peniana da uretra. É uma fenda estreita e transversal quando vazia, e tem um diâmetro de aproximadamente 6 mm quando passa a urina. É dilatada em sua porção terminal na glande do pênis onde é conhecida como a fossa navicular. O óstio externo da uretra é a parte mais estreita da uretra, é uma fenda sagital, com aproximadamente 6 mm de comprimento, limitada a cada lado por um pequeno lábio.

O epitélio da uretra, particularmente nos segmentos bulbar e distal do pênis, apresenta os orifícios de numerosas pequenas glândulas mucosas uretrais que se localizam na submucosa. Também contém diversos pequenos recessos semelhantes a escavações, ou lacunas, de tamanhos variados, cujos orifícios estão direcionados para a frente. A lacuna magna é maior que as demais e se localiza no assoalho da fossa navicular.

Injúria traumática na uretra masculina

A uretra pode ser rompida em quedas a cavaleiro (escarranchada) na parte bulbar da uretra no períneo, ou por lesão relacionada com fratura pélvica. Essas lesões geralmente acometem a junção da parte membranácea com a bulbar, que cruza a membrana do períneo. Uma das complicações associadas a tais lesões é o extravazamento de urina. Após uma injúria na parte bulbar da uretra, a urina geralmente extravaza entre a membrana do períneo e a camada membranácea da tela subcutânea do períneo (clinicamente conhecida como fáscia de Colles). Como ambas estão inseridas firmemente no ramo isquiopúbico do osso do quadril, o fluido extravazado não pode passar posteriormente, pois as duas camadas são contínuas ao redor dos músculos transversos superficiais do períneo. Lateralmente, o extravazamento da urina é bloqueado pelos ramos do púbis e do ísquio. A urina não pode penetrar na pelve menor através da membrana do períneo se esta permanecer intacta; assim, caminha anteriormente pelo tecido conjuntivo frouxo do escroto e do pênis e dali para a parede anterior do abdome. Se a parte posterior da uretra é lesionada, a urina é extravasada no tecido extraperitoneal pélvico; se a membrana do períneo é também rasgada, a urina pode ser extravazada no períneo.

Anomalias congênitas da uretra masculina

Hipospádia, ocorre em um a cada 300 garotos, mais frequentemente caracterizada pela abertura da uretra na parte distal do pênis, na face ventral do pênis ou dorsalmente no na porção mais proximal do períneo. Existe também uma anormalidade associada ao prepúcio, maior dorsalmente e ausente ventralmente, e frequentemente associada ao *chordee* (pênis curvo congênito), que causa uma curvatura ventral do pênis. É importante que esta anomalia seja identificada o quanto antes para circuncisão, pois o prepúcio anormal é geralmente utilizado para correção cirúrgica desta deformidade.

As valvas de uretra posterior ocorrem em um a cada 5.000 a 8.000 homens e são a causa mais frequente de obstrução urinária em crianças masculinas. Acredita-se que o tipo mais comum (tipo I) ocorre quando os ductos de Wolffian abrem-se muito anteriormente na parte prostática da uretra primitiva; esta migração anormal dos ductos deixa para trás espesso tecido vestigial que forma uma cúspide valvar rígida que se estende inferiormente do colículo seminal.

Muito raramente, ocorre a duplicação uretral: as duas uretras quase invariavelmente se localizam uma sobre a outra, em vez de se localizarem lado a lado. Geralmente a uretra dorsal pode ter fundo cego.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artéria uretral

A artéria uretral origina-se da artéria pudenda interna ou da artéria comum do pênis, logo abaixo da membrana do períneo e segue pelo corpo esponjoso, para alcançar a glande do pênis. Supre a uretra e o tecido erétil ao redor dela. Em adição, a uretra é irrigada pela artéria dorsal do pênis, via ramos circunflexos de cada lado; pode ser irrigada também de forma retrógrada, através dos ramos terminais da glande. O suprimento sanguíneo através do corpo esponjoso é tão abundante que a uretra pode ser seccionada sem comprometer seu suprimento vascular.

Veias

A drenagem venosa da parte anterior da uretra corre para as veias dorsais do pênis e veias pudendas internas, que drenam para o plexo venoso prostático. A parte posterior da uretra drena para os plexos venosos prostático e vesical, que drenam, por sua vez, para as veias ilíacas internas.

Drenagem linfática

Vasos da parte posterior da uretra correm principalmente para os linfonodos ilíacos internos (Fig. 77.3A, B); alguns vasos podem terminar nos linfonodos ilíacos externos. Vasos da parte membranácea da uretra acompanham a artéria pudenda interna. Vasos da parte anterior da uretra acompanham àqueles da glande do pênis e terminam nos linfonodos inguinais profundos. Alguns podem terminar nos linfonodos superficiais, outros podem atravessar o canal inguinal para terminar nos linfonodos ilíacos externos.

INERVAÇÃO

O plexo prostático inerva a musculatura lisa da próstata e a parte prostática da uretra. O plexo prostático é derivado dos plexos hipogástricos inferiores em cada lado, e se localiza na face posterolateral da vesícula seminal e próstata. Nervos cavernosos menores perfuram o bulbo do corpo esponjoso proximalmente para inervar a parte peniana da uretra. Os nervos cavernosos maiores fazem a inervação simpática responável pela contração do esfíncter pré-prostático durante a ejaculação e previnem seu refluxo para a bexiga urinária. As fibras parassimpáticas préganglionares são axônios de neurônios localizados no segundo ao quarto segmentos da medula espinal. O suprimento nervoso do esfíncter externo da uretra é controverso. Acredita-se que seja suprido por neurônios no núcleo de Onuf e por ramos perineais do nervo pudendo, localizado na

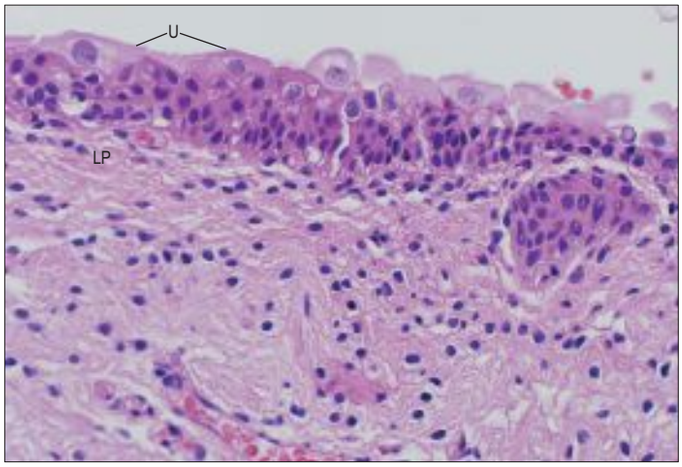


Fig. 75.8 A bexiga urinária é revestida pelo urotélio por uma superfície de camada de célula em "guarda-chuva" (U) e uma camada de células intermediárias (3-5 células de espessura). A lâmina própria (LP) consiste em estroma com vasos sanguíneos e ninhos de von Brunn.

face perineal do assoalho pélvico; em ambas as situações, os axônios saem de neurônios em S2, S3 e S4. Fibras do núcleo de Onuf (somáticas) correm juntamente com o plexo hipogástrico inferior em cada lado até se ramificarem e correrem na face pélvica do assoalho pélvico para penetrar na parte membranácea da uretra.

MICROESTRUTURA

O revestimento epitelial da parte pré-prostática e da porção proximal da parte prostática é urotélio típico (Fig. 75.8). É contínuo com o revestimento da bexiga urinária e com o revestimento epitelial dos ductos da próstata e glândulas bulbouretrais, vesículas seminais, ducto deferente e ductos ejaculatórios. Estas relações são importantes no alastramento de infecções do trato urinário.

O epitélio muda logo abaixo das aberturas dos ductos ejaculatórios para o tipo pseudoestratificado ou colunar estratificado, que reveste a parte membranácea da uretra e a maior porção da parte anterior da uretra. Células secretoras de muco são comuns neste epitélio e frequentemente são observadas em pequenos grupos na parte anterior da uretra. Ramificações dos ductos das glândulas parauretrais tubulares secretam muco protetor no revestimento epitelial da uretra e são especialmente numerosas em sua face dorsal. Em homens mais velhos, muitos dos recessos profundos da mucosa da uretra contêm concreções similares àquelas encontradas dentro das glândulas prostáticas (Fig. 75.15A). Na extremidade distal da parte peniana da uretra, o epitélio muda novamente e se torna escamoso estratificado com papilas de tecido conjuntivo bem definidas. Esse epitélio também reveste a fossa navicular e torna-se queratinizado no óstio externo. As células epiteliais que revestem a fossa navicular são ricas em glicogênio, o que pode prover um substrato para lactobacilos comensais que, como na vagina feminina, fornecem uma defesa contra microrganismos patogênicos.

URETRA FEMININA

A uretra feminina tem aproximadamente 4 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro. Inicia-se no óstio interno da uretra na bexiga urinária, aproximadamente oposta ao meio da sínfise púbica, e corre anteroinferiormente atrás da sínfise púbica, incorporada na parede anterior da vagina. Está suspensa atrás do púbis por ligamentos pubovesicais, e anteriormente pelo ligamento suspensor do clitóris. Atravessa a membrana do períneo e normalmente termina no óstio externo da uretra, no vestíbulo da vagina, como uma fenda anteroposterior com margens bastantes proeminentes, diretamente anterior à abertura do óstio vaginal e 2,5 cm atrás da glande do clitóris. Algumas vezes abre-se na parede anterior da vagina. Exceto durante a passagem da urina, as paredes anterior e posterior da uretra estão justapostas e o epitélio é elevado em pregas longitudinais, uma das quais, na parede posterior do canal, é denominada de crista uretral. Muitas pequenas glândulas uretrais mucosas e pequenas depressões semelhantes a recessos ou lacunas abrem-se na uretra e podem dar origem a um divertículo uretral. De cada lado, próximo da extremidade inferior da uretra, diversas dessas glândulas (glândulas de Skene) estão agrupadas e se abrem no ducto parauretral: cada ducto corre para baixo, no tecido mucoso, e termina em uma pequena abertura na margem lateral do óstio externo da uretra.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artéria uretral

A uretra é suprida principalmente pela artéria vaginal, mas também recebe suprimento da artéria vesical inferior.

Veias

O plexo venoso ao redor da uretra drena para o plexo venoso vesical em torno do colo da bexiga urinária, e para as veias pudendas internas. Um plexo venoso se encontra ao longo do comprimento da uretra e é contínuo com o tecido erétil do bulbo do vestíbulo.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos uretrais drenam para os linfonodos ilíacos internos e externos.

INERVAÇÃO

Fibras parassimpáticas pré-ganglionares se originam de neurônios localizados do segundo ao quarto segmentos sacrais da medula espinal e seguem pelos nervos esplânicos pélvicos; eles fazem sinapses no plexo vesical na parede da bexiga, ou próximo a ela. Fibras pós-ganglionares são distribuídas no músculo liso da parede uretral. Fibras somáticas para a musculatura estriada são também originárias de S2 a S4 e seguem pelos nervos esplânicos pélvicos, mas não fazem sinapses no plexo vesical. Fibras sensitivas nos nervos esplânicos pélvicos seguem para o segundo ao quarto segmentos sacrais da medula espinal. Fibras simpáticas pós-ganglionares se originam do plexo ao redor das artérias vaginais.

MICROESTRUTURA

A membrana mucosa de revestimento da uretra feminina consiste em epitélio estratificado e uma lâmina própria de suporte de tecido conjuntivo fibroelástico frouxo. A última é volumosa e bem vascularizada e contém numerosas veias de paredes delgadas. Suas fibras elásticas abundantes são orientadas longitudinal e circularmente em torno da uretra. A lâmina própria contém um fino plexo nervoso; acredita-se que essas fibras sejam ramos sensitivos dos nervos pudendos. A parte proximal da uretra é revestida por urotélio, idêntico em aparência àquele do colo da bexiga. Distalmente, o epitélio muda para o tipo escamoso estratificado não queratinizado que reveste a maior parte da uretra feminina. Esse epitélio é queratinizado no óstio externo da uretra onde se torna contínuo com a pele do vestíbulo da vagina.

A parede da uretra feminina é composta de uma túnica muscular externa e uma membrana mucosa interna, que reveste o lúmen e é contínua com aquela da bexiga. A túnica muscular consiste em um manguito externo de músculo estriado, junto com uma túnica interna de fibras musculares lisas. O esfíncter externo da uretra feminina é anatomicamente separado do músculo estriado periuretral adjacente da porção anterior do assoalho da pelve. As células musculares que formam o esfíncter externo da uretra são fibras de contração lenta e de pequeno diâmetro.

A túnica muscular lisa se estende por todo o comprimento da uretra e é constituída de feixes musculares delgados, cuja maioria está orientada oblíqua ou longitudinalmente. Umas poucas fibras musculares dispostas circularmente ocorrem na face externa da túnica muscular lisa e se misturam com fibras de músculo esquelético que formam a parte interna do esfíncter externo da uretra. Proximalmente, o músculo liso da uretra se estende até o colo da bexiga, onde é substituído por fascículos do músculo detrusor da bexiga urinária. Esta região na mulher é destituída de um componente de músculo liso circular, bem definido, comparável com o esfíncter da parte prostática masculina. Distalmente, feixes de músculo liso da uretra terminam no tecido adiposo subcutâneo que envolve o óstio externo da uretra.

O músculo liso da uretra feminina recebe extenso suprimento nervoso parassimpático colinérgico presumível, mas contém relativamente pouca inervação noradrenérgica. Na ausência de um esfíncter anatômico no colo da bexiga, parece improvável que a competência do colo da bexiga e de parte proximal da uretra feminina seja somente resultado da atividade do músculo liso; esta competência está mais provavelmente relacionada com o suporte fornecido por estruturas ligamentosas que circundam essas estruturas. A inervação e a orientação da maioria das fibras musculares sugerem que o músculo liso da uretra na mulher é ativo durante a micção e serve para encurtar e alargar o lúmen da uretra.

MICÇÃO E CONTINÊNCIA URINÁRIA

A integração central do controle nervoso da bexiga e da uretra é essencial para a micção normal (Fig. 75.9).

A micção consiste nas fases de armazenamento e esvaziamento. Durante a fase de armazenamento, a bexiga acomoda um crescente volume de urina sem alterações na pressão intravesical, parcialmente devido às propriedades viscoelásticas de suas paredes e a um mecanismo de propagação mediado pela medula espinal, que de forma reflexa, inibe a atividade parassimpática pré-ganglionar. O mecanismo de propagação nos gânglios pélvicos previne a ativação dos neurônios parassimpáticos pós-ganglionares até a atividade pré-ganglionar alcançar seu limiar.

A capacidade média da bexiga masculina adulta varia em torno de 400 ml, mas a micção ocorre comumente em pequenos volumes. Controle voluntário é feito pelo giro frontal inferior do córtex cerebral. O enchimento de 500 ml pode ser tolerado; além deste nível, a dor causada pela distensão na parede da bexiga conduz a um desejo urgente de urinar. A dor é referida às áreas cutâneas supridas pelos segmentos espinais de T10-L2 e S2-4, incluindo a parte anterior da parede do abdome, períneo e pênis. Ao atingir o limiar de ativação, um estímulo aferente ativa o centro da micção na parte rostral da ponte (centro M) (Fig. 75.9), que estimula neurônios parassimpáticos pré-ganglionares localizados na substância cinzenta intermédia lateral dos segundo, terceiro e quarto segmentos sacrais da medula espinal via nervos espinais descendentes. Os axônios desses neurônios correm até o plexo hipogástrico inferior pelos nervos esplâcnicos pélvicos: eles fazem sinapses com neurônios pós-ganglionares nos gânglios localizados nos plexos vesicais e nas paredes da bexiga. Axônios pós-ganglionares se ramificam através da espessa túnica muscular, formada pelo músculo detrusor da bexiga. Quando estimulados, liberam acetilcolina, que ativa receptores muscarínicos na túnica muscular da bexiga e promovem a contração da bexiga requerida para a micção. O esfíncter externo da uretra mantém a uretra fechada.

Continência urinária no homem

Continência urinária no nível da parte membranácea da uretra é mediada pelas pregas radiais da mucosa da uretra, tecido conjuntivo submucoso, músculo liso intrínseco da uretra, esfíncter estriado externo da uretra e porção pubouretral do músculo levantador do ânus. O esfíncter externo da uretra representa o ponto de maior pressão intrauretral no estado contraído normal. O componente muscular estriado do esfíncter externo da uretra é destituído de fusos musculares. As fibras musculares estriadas são extraordinariamente pequenas em secção transversal (15-20 μm de diâmetro) e são fisiologicamente do tipo de contração lenta, diferentemente da musculatura do assoalho pélvico, que é uma mistura heterogênea de fibras de contração lenta e de contração rápida de grande diâmetro. As fibras de contração lenta do esfíncter externo da uretra são capazes de manter a contração por longos períodos de tempo e ativamente contribuem para o tônus que fecha a uretra e mantém a continência urinária. Elas são inervadas por neurônios que se encontram no núcleo de Onuf na coluna anterior do segundo ao quarto segmento sacral da medula espinal. Sua estimulação é controlada centralmente por um centro armazenador dentro da parte rostral da ponte (o centro L) (Fig. 75.9). Bem antes do começo do esvaziamento da bexiga, o esfíncter externo da uretra é relaxado pela inibição central do núcleo de Onuf. Acredita-se que o relaxamento da uretra é feito em função da liberação de óxido nítrico pelos nervos parassimpáticos no colo da bexiga e uretra.

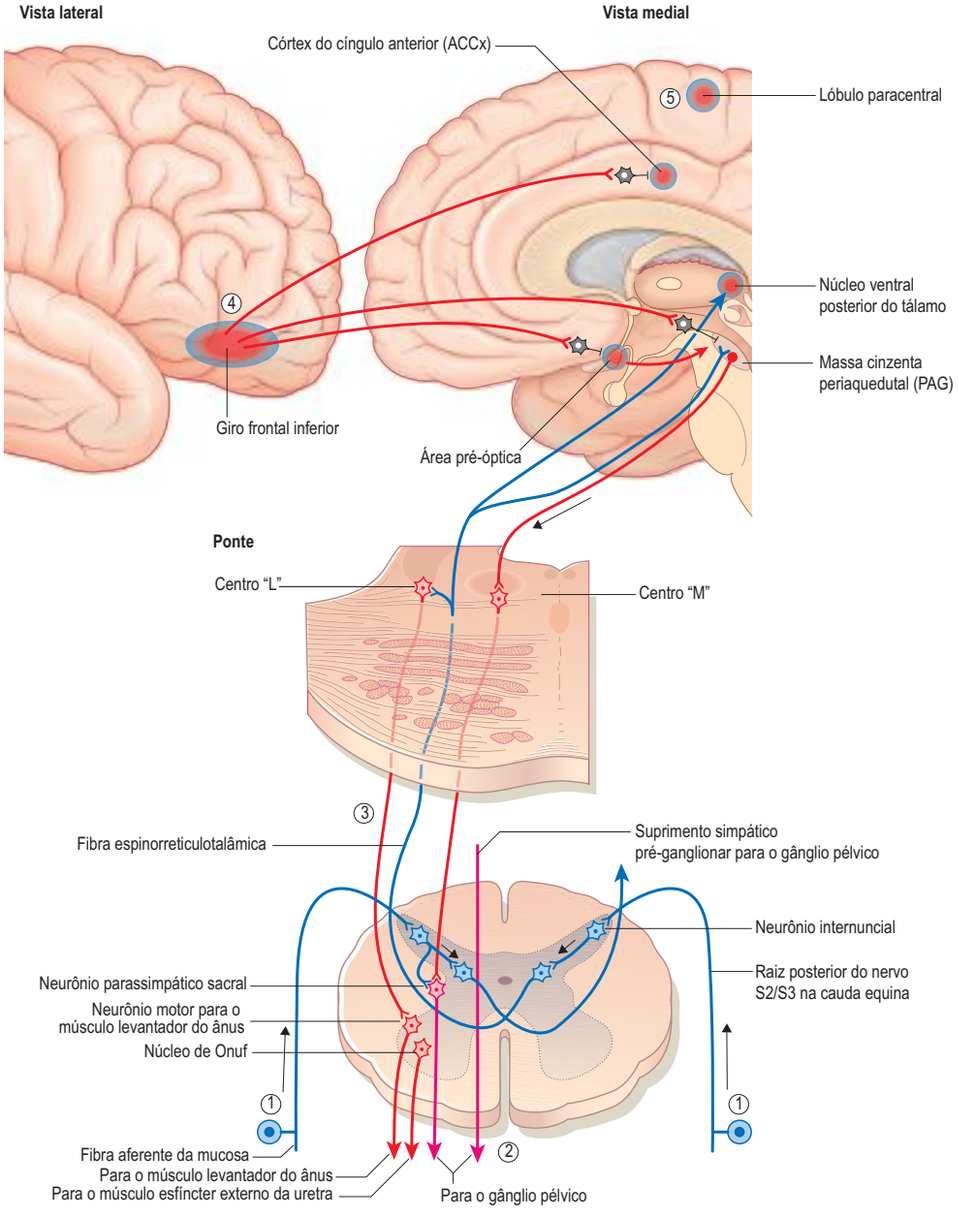


Fig. 75.9 O centro do controle da micção está localizado na formação reticular pontina paramediana em cada lado. Consiste em um centro da micção localizado medialmente, "M", e um centro de armazenamento localizado lateralmente, "L". Neurônios se projetam do centro "M" e centro de armazenamento "L" para neurônios parassimpáticos localizados nos 2º-4º segmentos sacrais da medula espinal, e para o núcleo de Onuf, localizado nos mesmos segmentos, e inerva o músculo esfíncter externo da uretra. Nos níveis mais altos, neurônios no córtex pré-frontal direito e cíngulo anterior, núcleo pré-óptico direito e massa cinzenta periaquedutal estão envolvidos no controle da micção. Estímulos aferentes vesicais dos receptores de estiramento no músculo detrusor da bexiga e mucosa do trígono retransmitem a extensão do enchimento da bexiga para o tronco encefálico e tálamo via fibras espinorreticulotalâmicas (1). A atividade no sistema simpático se mantém aumentada na complascência da bexiga (via recptores β_2 nas fibras do músculo detrusor), enquanto a atividade parassimpática é inibida (2). Fibras espinorreticulares fazem sinpase no núcleo "L" na ponte e ativam o núcleo de Onuf para aumentar o tônus do músculo esfíncter externo da uretra (3). Se a micção é adiada, fibras que se projetam do giro frontal inferior inibem o giro do cíngulo anterior, área pré-óptica e massa cinzenta periaquedutal (4). A contração voluntária da musculatura do assoalho pélvico, controlada pelo córtex pré-frontal, e que comanda a "área" do períneo no córtex motor (5) não pode ser sustendada por muito tempo uma vez que a bexiga está completamente cheia. (Por permissão de FitzGerald MJT, Folan-Curren J 2001 Clinical Neuroanatomy, 4th edn. London: Saunders.)

Continência urinária na mulher

O mecanismo do esfíncter da uretra consiste em musculatura intrínseca estriada e lisa da uretra, do tecido conjuntivo da mucosa e submucosa e do componente pubouretral do músculo levantador do ânus (que circunda a uretra no ponto de máxima concentração deste músculo). O componente muscular estriado no mecanismo do esfíncter da uretra feminina envolve os terços médio e inferior da uretra. Proximalmente, este componente muscular forma um anel completo ao redor da uretra, e distalmente, recobre as faces anterior e lateral da uretra; une-se superiormente com a musculatura lisa do colo da bexiga e inferiormente com a musculatura lisa da parte inferior da uretra e da vagina. A contração desta parte do esfíncter comprime a uretra contra a relativamente fixa parede anterior da vagina. No ponto mais distal, o esfíncter estriado circunda a uretra e a vagina como o músculo esfíncter uretrovaginal. As túnicas mucosa e submucosa são dependentes do estrogênio e se atrofiam após a menopausa e podem resultar em incontinência urinária.

PRÓSTATA

A próstata é uma glândula em formato piramidal, fibromuscular, que envolve a parte prostática da uretra e se estende do fundo da bexiga até a parte membranácea da uretra. Não possui cápsula fibrosa verdadeira, mas está incluída na fáscia visceral e contém tecido neurovascular (Fig. 75.10A, B). Esta fáscia está firmemente aderida à glândula e é contínua com um septo mediano e com numerosos septos fibromusculares que dividem o tecido fibromuscular da próstata em diversos lóbulos.

O tecido muscular da próstata é principalmente músculo liso. Anteriormente à uretra, uma camada de tecido muscular liso se une com a massa principal do músculo nos septos fibromusculares e se funde superiormente com a musculatura lisa da bexiga urinária. Anteriormente a esta camada de músculo liso, uma massa crescentiforme transversalmente de músculo esquelético é contínua, inferiormente, com o músculo esfíncter da uretra no espaço profundo do períneo. Suas fibras passam transversalmente internas à cápsula, presas a ela por feixes colágenos difusos; outros feixes colágenos passam posterolateralmente e se misturam com o septo fibromuscular prostático e o septo da crista uretral. Este músculo, inervado pelo nervo pudendo, provavelmente comprime a uretra, mas pode também tracionar a crista uretral para trás e o seio prostático para a frente, dilatando a uretra. Conteúdos glandulares podem ser secretados simultaneamente na uretra durante esta dilatação, de forma que ela contém 3-5 ml de fluido seminal antes da ejaculação.

A próstata se localiza no nível inferior da pelve menor, posteriormente à margem inferior da sínfise púbica e do arco do púbis (Figs 75.2A, 75.11) e anteriormente ao músculo retouretral e à ampola do reto, através do qual pode ser palpada. Por ser um tanto piramidal, apresenta uma base ou uma face vesical superiormente; um ápice inferiormente; e uma face posterior, uma anterior e duas inferolaterais. A base da próstata mede aproximadamente 4 cm transversalmente. A glândula mede 2 cm no diâmetro anteroposterior e 3 cm no diâmetro vertical, e pesa aproximadamente 8 g no adolescente, mas quase invariavelmente seu peso aumenta com o desenvolvimento de uma hipertrofia benigna da próstata: geralmente pesa 40 g, mas chega algumas vezes a 150 g ou mais nas primeiras cinco décadas de vida. A próstata sem a hipertrofia benigna é descrita como em formato de "croissant" (comissura anterior curta, incisura apical proeminente e lábio posterior de tecido prostático); e a glândula hipertrofiada tem formato de rosquinha. Esses formatos da próstata afetam a relação do ápice da próstata com o esfíncter externo da uretra. Essa relação é importante quando a próstata é removida na prostatectomia radical para tratamento de câncer e anastomosa a bexiga urinária à uretra para manter a integridade do esfíncter. O esfíncter externo da uretra é bem evidente na glândula hipertrofiada, tipo rosquinha; desta maneira, uma incisão perpendicular separará a próstata e o esfíncter externo da uretra de forma precisa. Em uma próstata pequena, não hipertrofiada, o esfíncter externo da uretra está localizado na depressão na face anterior da próstata; desta maneira, uma incisão perpendicular na altura do lábio posterior da próstata, excisará grande parte do esfíncter externo da uretra e deixará o paciente com incontinência urinária.

Superiormente, a base é amplamente contínua com o colo da bexiga. O ápice está localizado inferiormente, circundando a junção das partes prostática e membranácea da parte posterior da uretra. A relação apical posterior da próstata e do esfíncter externo da uretra é o músculo retouretral, um músculo em formato de Y que se origina da túnica muscular longitudinal externa do reto. Os braços superiores do Y se estendem da parede lateral do reto até a linha mediana, onde o músculo retouretral se insere no corpo do períneo na junção anorretal.

A face anterior se localiza no arco do púbis, separado dele pelo plexo venoso dorsal (plexo de Santorini) e por tecido adiposo frouxo. É transversalmente estreita e convexa e se estende do ápice até a base. Próximo de seu limite superior está unida aos ossos púbicos pelos ligamentos puboprostáticos. A uretra emerge desta face anterossuperior para o ápice da glândula. A face anterior da póstata possui relativamente pouco tecido glandular e é largamente composta de tecido fibromuscular. As faces anterior e lateral da próstata são recobertas por uma camada de fáscia

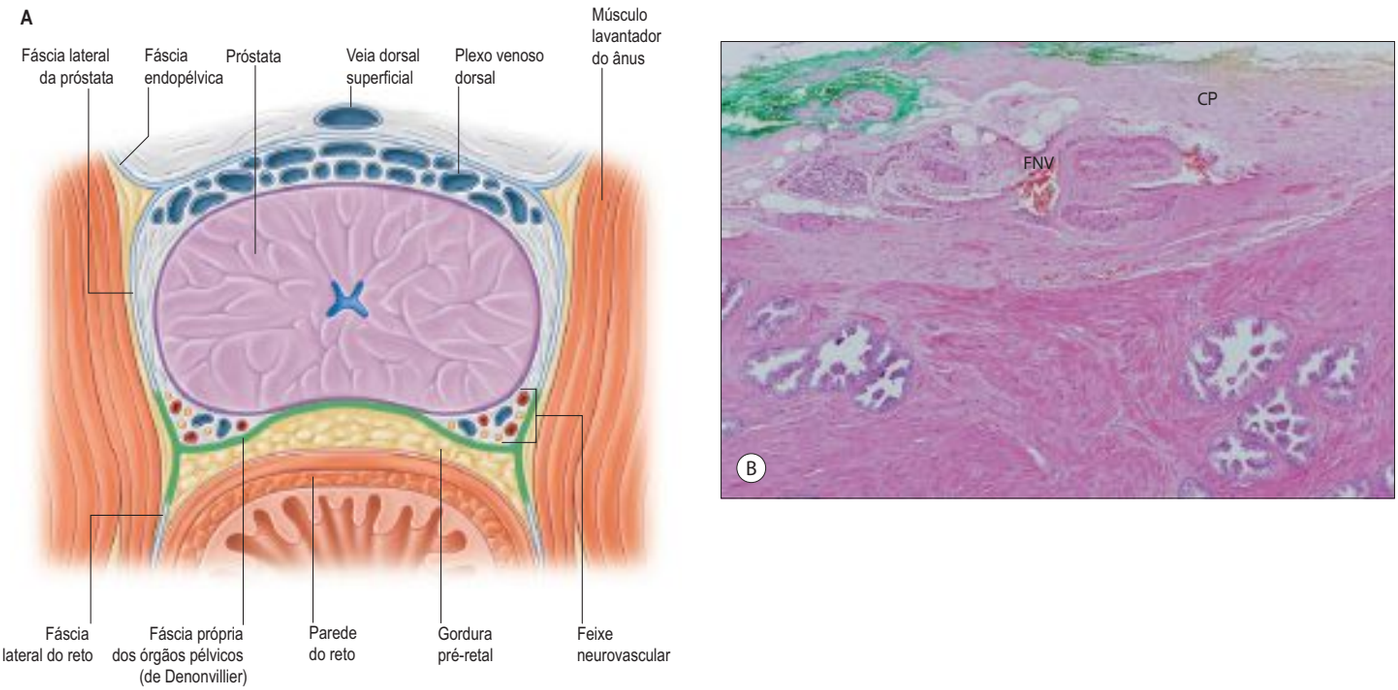


Fig. 75.10 A, A fáscia endopélvica. A fáscia cobre as vísceras pélvicas e continua posteriormente sobre a face lateral da próstata, como a fáscia lateral da próstata, e na face lateral do reto, como a fáscia lateral do reto. Sua relação com a fáscia própria dos órgãos pélvicos (de Denonvilliers) pode ser visualizada como um "H". A veia dorsal profunda e os ramos laterais correm profundamente à fáscia endopélvica e à fáscia lateral da próstata, embora se comuniquem com os perfuradores da parede lateral da pelve. A fáscia própria dos órgãos pélvicos é fixada à próstata na linha mediana posterior, mas, como a fáscia lateral da próstata, está separada do tecido prostático por estruturas neurovasculares e tecido adiposo de outros lugares. Entre a fáscia própria dos órgãos pélvicos e o reto encontra-se um plano adiposo potencial, o espaço pré-retal. **B**, A cápsula prostática (CP) é uma condensação de tecido conjuntivo na superfície da glândula (verde) e inclui o feixe neurovascular (FNV). O estroma fibromuscular prostático e as glândulas se encontram atrás da cápsula.

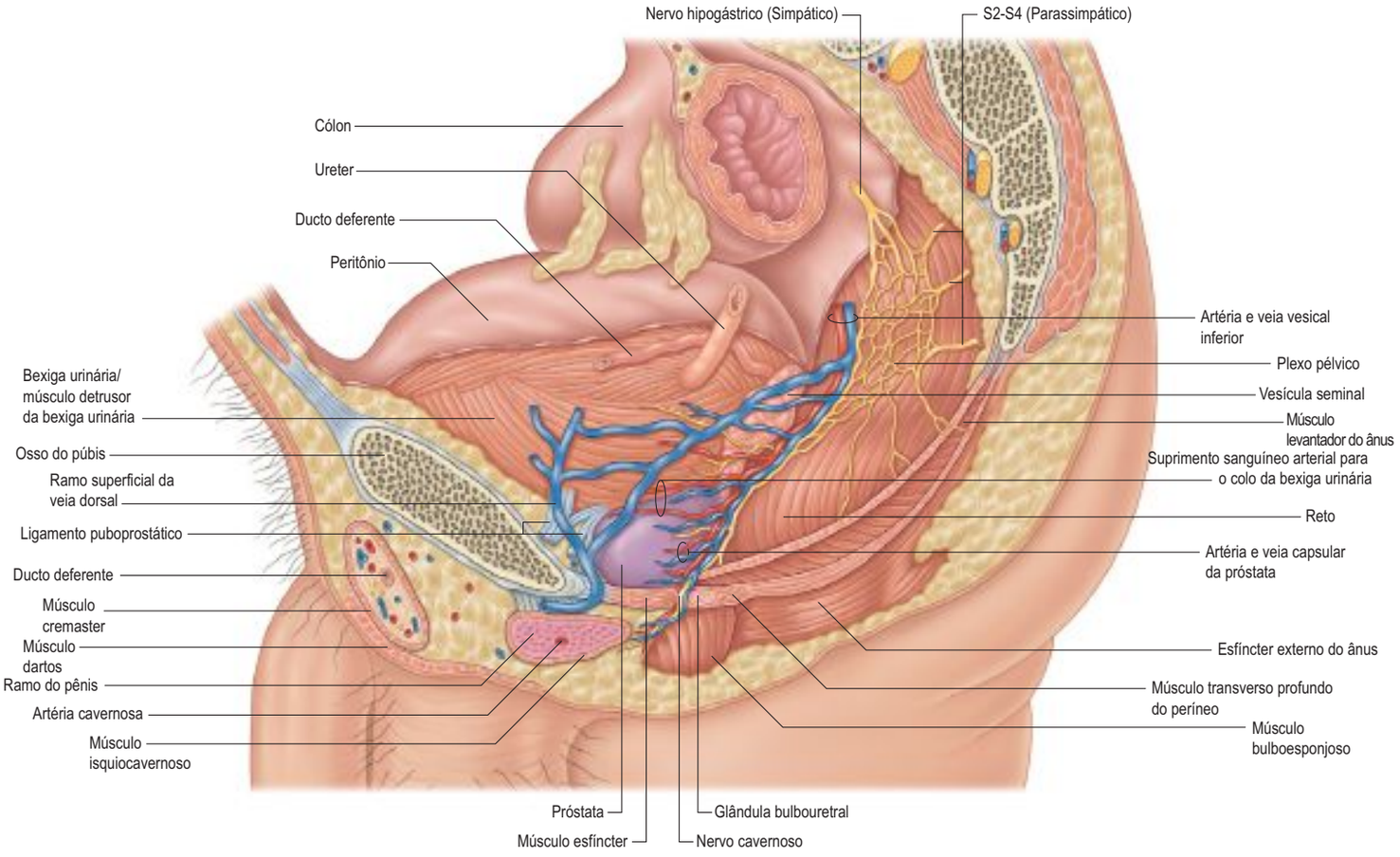


Fig. 75.11 Corte sagital, pelve masculina. O plexo pélvico tem seu ponto médio na altura das extremidades superiores das vesículas seminais. O plexo manda ramos para a próstata, bexiga urinária, vesículas seminais, reto e corpo cavernoso via nervos cavernosos. Os nervos cavernosos são a continuação dos feixes neurovasculares e se encontram posterolateralmente à próstata. Esses feixes podem ser lesionados na prostatectomia radical resultando em disfunção erétil.

derivada da fáscia endopélvica em cada lado, denominada de fáscia lateral da próstata. Essa fáscia é fixada medialmente à próstata e se continua posteriormente sobre sua face lateral, feixes neurovasculares e reto (fáscia lateral do reto); ela passa distalmente sobre a uretra (Fig. 75.10A). O plexo venoso prostático (Fig. 75.11) se localiza entre esta extensão de fáscia endopélvica e a próstata. Anteroinferiormente, a fáscia parietal e visceral da próstata se aprofunda e se une aos ligamentos puboprostáticos. A face anterior da próstata e o plexo vascular associado são recobertos pelo avental do músculo detrusor.

As faces inferolaterais estão relacionadas aos músculos das paredes laterais da pelve: fibras anteriores do músculo levantador do ânus envolvem a próstata através de suas extensões fibromusculares. Esses músculos estão separados da próstata por uma camada delgada de tecido conjuntivo.

A face posterior da próstata é transversalmente plana e verticalmente convexa. Próximo de sua margem superior (justavesical) está uma depressão por onde penetram os dois ductos ejaculatórios. Abaixo desta depressão, está um sulco mediano raso, geralmente considerado para marcar a separação parcial em lobos laterais direito e esquerdo. Está separada da gordura pré-retal no espaço pré-retal (Figs. 75.2A, 75.10A) e do reto pela fáscia própria dos órgãos pélvicos (de Denonvillier), uma condensação da fáscia pélvica que se desenvolve da obliteração da escavação retovesical, e pelo tecido areolar frouxo de gordura amarela. A escavação retovesical é obliterada de baixo para cima com o desenvolvimento da vida fetal, formando a fáscia própria dos órgãos pélvicos; ao nascimento, essa fáscia separa a próstata, as vesículas seminais e a ampola do ducto deferente do reto. O limite superior dessa fáscia é o peritônio da escavação retovesical. Lateralmente, essa fáscia se funde com a fáscia pélvica lateral; anteriormente à fáscia própria dos órgãos pélvicos, a fáscia é denominada de fáscia prostática lateral e, posteriormente, de fáscia retal lateral.

A próstata é atravessada pela uretra e pelos ductos ejaculatórios e contém o utrículo prostático. A uretra penetra na próstata próximo à sua margem anterior e usualmente passa entre seus terços anterior e médio. Os ductos ejaculatórios passam anteroinferiormente através de sua região posterior para se abrir na parte prostática da uretra (pág. 1250).

ANATOMIA REGIONAL DA PRÓSTATA

Inicialmente, acreditava-se que a próstata fosse dividida em cinco lobos anatômicos; no entanto, agora sabe-se que estes cinco lobos podem ser identificados somente na próstata do feto, até as 20 primeiras semanas de gestação. Após esse período e o começo da hipertrofia benigna da próstata, somente três lobos são identificados: dois lobos laterais e um mediano. Médicos se referem aos "lobos" esquerdo e direito na descrição do que pode ser sentido através da palpação retal, ou na descrição de anormalidades endoscopicamente visíveis do estado doente da próstata, quando distorcida pela hipertrofia benigna da próstata.

De uma perspectiva anatômica, particularmente observada *post mortem*, o tecido glandular pode ser subdividido em três zonas distintas (Figs. 75.12-75.14): periférica (70% de volume), central (25% de volume) e transional (5% de volume). Tecido não glandular (estroma fibromuscular) preenche o espaço entre as zonas periféricas, anteriormente à parte prostática da uretra. A zona central circunda os ductos ejaculatórios, posteriormente à parte pré-prostática da uretra, e com formato cônico, com seu ápice nocolículo seminal. A zona transicional se localiza circundando a porção distal da parte pré-prostática da uretra, bem próximo do ápice da zona central e dos ductos ejaculatórios. Seus ductos entram na parte prostática da uretra, logo abaixo do esfíncter pré-prostático e acima dos ductos da zona periférica. A zona periférica é em formato de xícara e inclui a zona transicional central e a parte pré-prostática da uretra, exceto anteriormente, onde o espaço é preenchido pelo estroma fibromuscular. Glândulas secretoras mucosas simples se localizam no tecido ao redor da parte pré-prostática da uretra, acima da zona transicional e envolta pelo esfíncter pré-prostático. Essas glândulas são similares àquelas na uretra feminina e diferentes das glândulas da próstata.

A anatomia regional da próstata é clinicamente importante, pois muitos carcinomas surgem na zona periférica, apesar da hipertrofia benigna da próstata afetar a zona transicional, que pode crescer para formar o volume da próstata. A hipertrofia benigna da próstata se inicia como micronódulos na zona transicional que crescem e coalescem para formar macronódulos ao redor da margem inferior da parte pré-prostá-

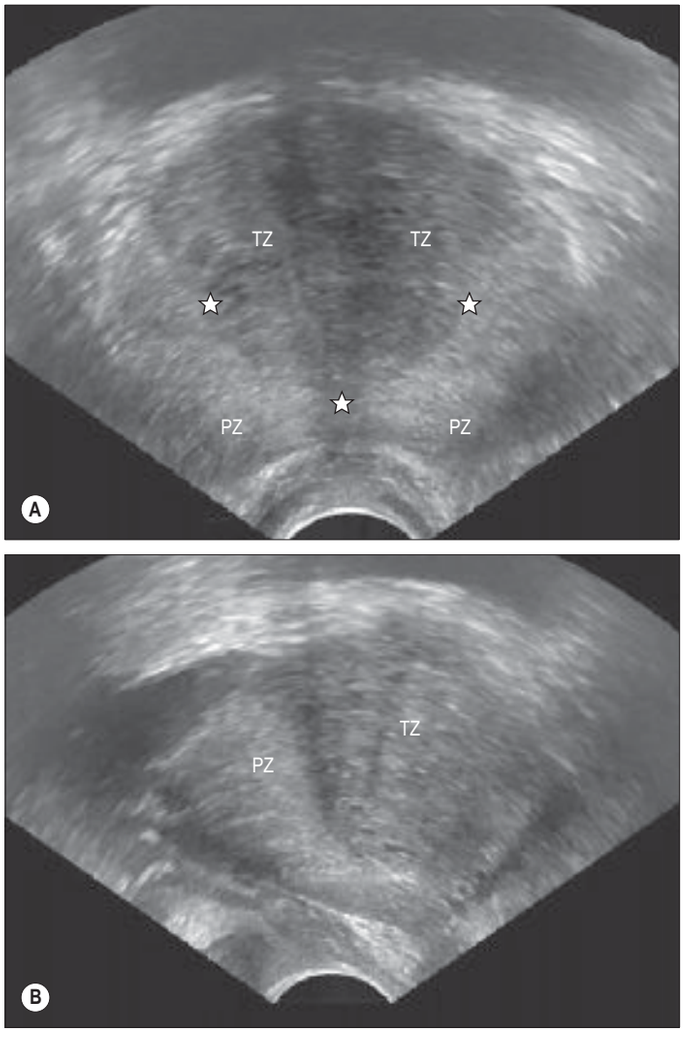


Fig. 75.12 Ultrassonografia da próstata. **A**, Vista axial mostra a zona de transição, (TZ) hipoecoica, e a zona periférica (PZ) mais ecogênica. Sua interface é a cápsula cirúrgica (☆). **B**, Vista sagital mostra a zona de transição (TZ), hipoecoica, e a zona periférica (PZ), mais ecogênica.

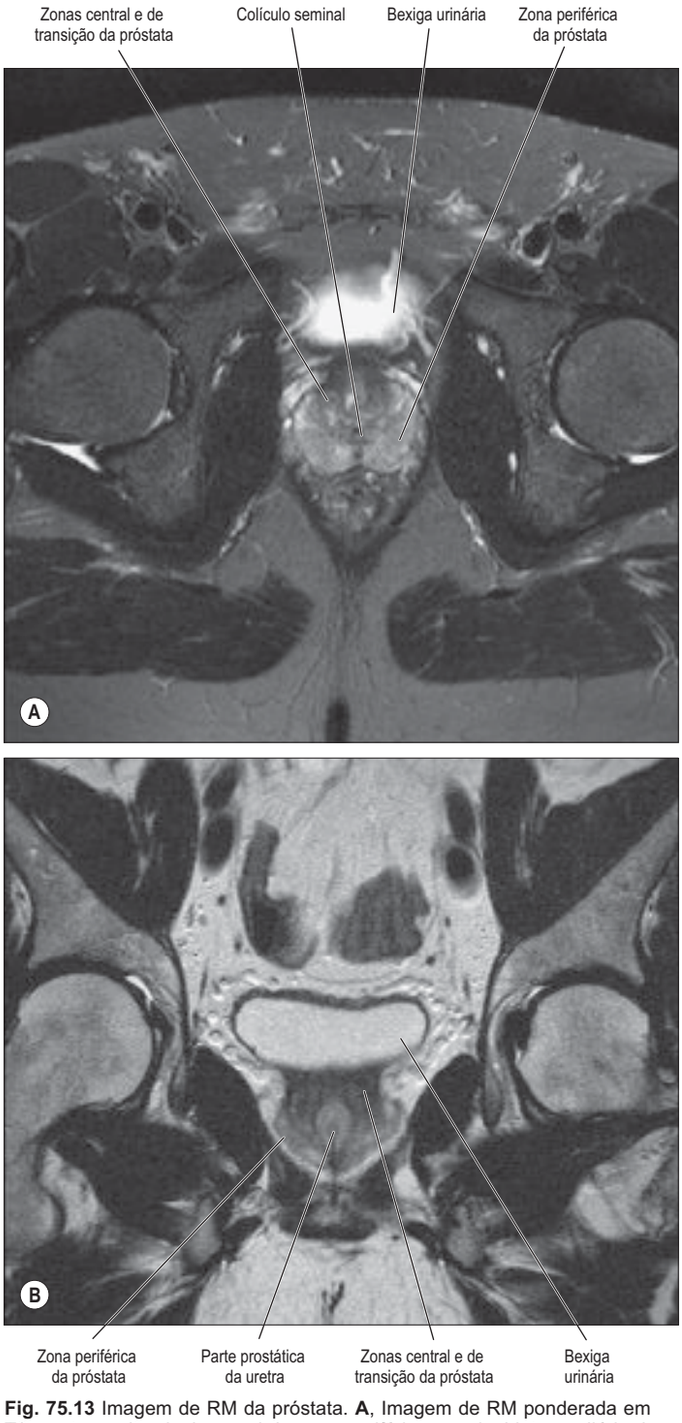


Fig. 75.13 Imagem de RM da próstata. **A**, Imagem de RM ponderada em T2 mostra o alto sinal normal da zona periférica e o sinal intermediário das zonas central e de transição e o colículo seminal na glândula central. **B**, Imagem de RM coronal ponderada em T2 da próstata mostra a anatomia regional.

tica da uretra, logo acima do colículo seminal. Os macronódulos, por sua vez, comprimem o tecido normal circundante da zona periférica, posteroinferiormente, e criam uma "falsa cápsula" ao redor do tecido hiperplástico, que coincidentemente fornece um plano de clivagem para a sua enucleação cirúrgica. À medida que a zona transicional cresce, produz a aparência de "lobos" em ambos os lados da uretra. Oportunamente, esses lobos podem comprimir ou distorcer as partes pré-prostática e prostática da uretra e produzir sintomas clínicos. A zona central que circunda os ductos ejaculatórios é raramente envolvida em qualquer doença. Essa zona apresenta certas características histoquímicas que a diferenciam do resto da próstata: acredita-se ter origem no sistema de ductos de Wolffian (assim como o epidídimo, o ducto deferente e as vesículas seminais), enquanto o restante da próstata tenha origem no seio urogenital (pág. 1323).

Em imagens de ressonância magnética (RM) a próstata tem uma anatomia regional em imagens ponderadas em T2 (Fig. 75.13). A zona periférica normal tem alta intensidade de sinal, assim como o fluido dentro das vesículas seminais. As zonas central e transicional têm relativamente baixo sinal e são frequentemente referidas como "glândula central". O colículo seminal pode ser visto como uma elevação dentro da glândula central.

A relação de zonas da glândula normalmente muda com a idade. A zona central atrofia e a zona transicional aumenta secundariamente em virtude da hipertrofia benigna da próstata. Isto frequentemente produz uma faixa baixa de sinal na margem da zona transicional hipertrofiada e da zona periférica comprimida, a pseudocápsula cirúrgica, que é facilmente observada nas imagens de RM ponderadas em T2.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias

A próstata é suprida por ramos das artérias vesical inferior, pudenda interna e retal média (Fig. 75.11). Elas perfuram a glândula ao longo de uma linha posterolateral, da junção da próstata com o colo da bexiga urinária até o ápice da glândula.

A artéria vesical inferior frequentemente se origina da artéria ilíaca interna, junto com a artéria retal média. Dá origem a dois grupos de ramos, uretral e capsular. Os ramos uretrais penetram posteriormente na junção da próstata com o colo da bexiga, principalmente nas posições de cinco e sete horas; podem também penetrar anteriormente, na posição de uma e 11 horas. Esta anatomia arterial do colo da bexiga urinária é sempre observada na ressecção transuretral da próstata e na remoção aberta de adenomas de hipertrofia benigna da próstata. As artérias cap-

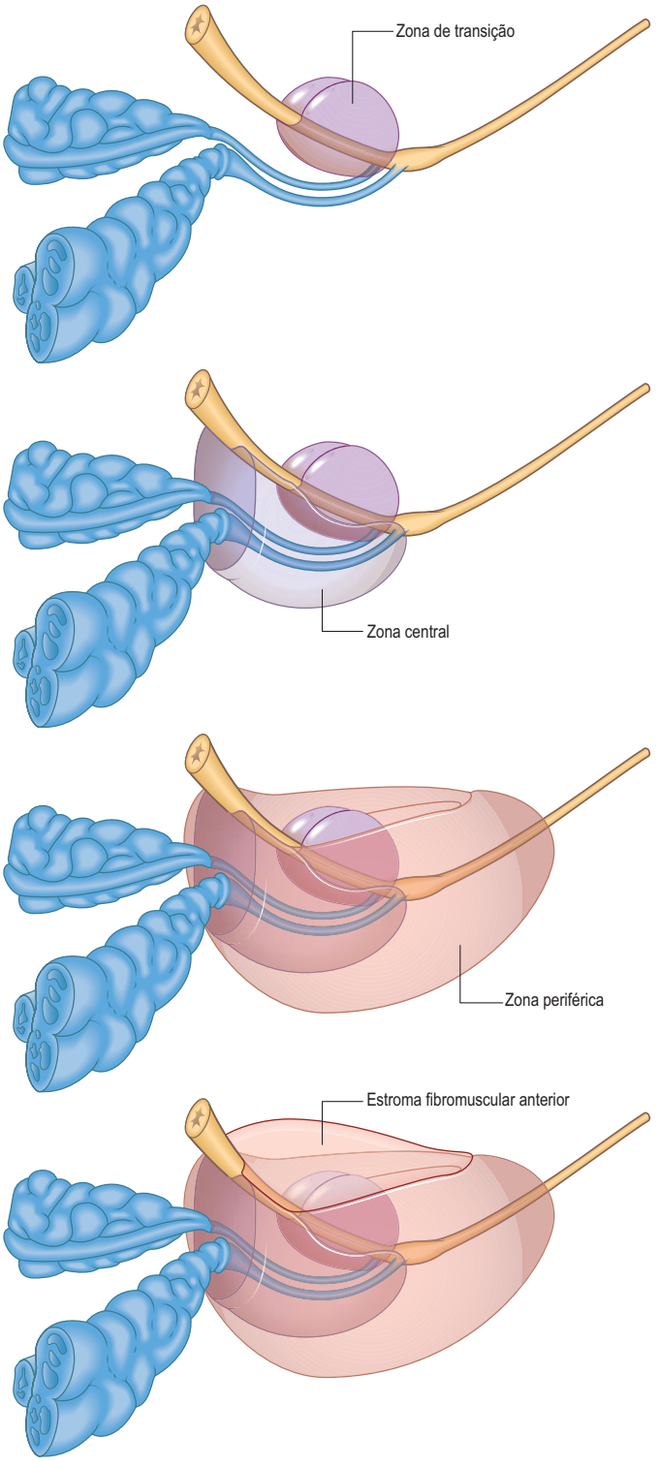


Fig. 75.14 Anatomia regional da próstata. (Por permissão de Walsh PC. Retik AB, Vaughan ED et al. (eds) 2002 Campbell's Urology, 8th edition. Philadelphia: Saunders.)

sulares correm posterolateral e inferiormente junto aos feixes neurovasculares, provendo vasos perfurantes perpendiculares para a próstata. O vaso mais constante em posição e proeminência é o perfurante apical, na junção da próstata com a uretra, um importante marco anatômico para o feixe neurovascular na prostatectomia.

Veias

As veias correm em um plexo ao redor das faces anterolaterais da próstata, posteriormente ao ligamento púbico e a porção mais inferior da sínfise púbica, anteriormente à bexiga urinária e à próstata (Fig. 76.22). Sua principal tributária é a veia dorsal profunda do pênis. O plexo também recebe o ramo anterior vesical e prostático (que se une ao plexo vesical e à veia pudenda interna) e drena para as veias vesical e ilíaca interna.

Drenagem linfática

Vasos coletores do ducto deferente drenam para os linfonodos ilíacos externos, enquanto aqueles da vesícula seminal drenam para os linfonodos ilíacos interno e externo. Vasos prostáticos terminam principalmente nos linfonodos ilíacos internos, sacrais e obturadores. Um vaso da face posterior acompanha os vasos vesicais para os linfonodos ilíacos externos e outro da face anterior alcança o grupo ilíaco interno por se unir a vasos que drenam a parte membranácea da uretra.

INERVAÇÃO

A próstata recebe um abundante suprimento nervoso do plexo hipogástrico inferior (Figs 75.10A, 75.11). A cápsula da próstata é recoberta posterolateralmente por numerosas fibras nervosas e gânglios, que formam um plexo prostático crescentiforme. A maior densidade de nervos é encontrada no esfíncter interno da uretra; poucas fibras são encontradas no estroma fibromuscular anterior; a zona periférica é a menos densamente inervada. Nervos que contêm neuropeptídeo Y e o polipeptídeo vaso intestinal (VIP) estão localizados no tecido conjuntivo subepitelial, nas camadas musculares lisas da glândula e nas paredes de seus vasos sanguíneos. Feixes neurovasculares que contêm nervos autônomos que suprem a próstata, vesículas seminais, parte prostática da uretra, ductos ejaculatórios, corpo cavernoso, corpo esponjoso, partes membranácea e esponjosa da uretra e glândulas bulbouretrais estão localizados próximos, mas separados, das margens posterolaterais da próstata. Eles estão intimamente relacionados com a fáscia prostática. Esses nervos podem ser lesionados durante uma cirurgia radical de remoção de câncer de próstata, produzindo disfunção erétil (pág. 1277); ou podem ser sacrificados como parte da ampla margem de excisão da próstata.

O nervo pudendo (pág. 1092) inerva o esfíncter externo da uretra. Os ramos penetram na próstata nas posições de cinco e sete horas e devem ser evitados ao colocar suturas anastomóticas para trazer a bexiga e a uretra juntas durante uma prostatectomia radical. Ramos sensitivos passam através do hilo do pênis juntamente com o plexo venososo dorsal e a veia dorsal do pênis. Eles podem ser lesionados durante a ligação da veia dorsal na prostatectomia radical, que resulta em um pênis anestético.

MICROESTRUTURA

O tecido glandular consite em numerosos folículos com frequentes papilas internas. Os folículos se abrem em canais alongados que se unem para formar 12-20 ductos excretores. Os folículos estão separados por tecido conjuntivo frouxo, suportados por extensões da cápsula fibrosa e do estroma muscular e envolvidos em um delicado plexo capilar. O epitélio folicular é variável, mas predominante colunar, e também simples ou pseudoestratificado.

Ductos prostáticos se abrem principalmente no seio prostático no assoalho da parte prostática da uretra. Eles possuem epitélio bilaminado, a camada luminal é colunar e a basilar possui pequenas células cuboidais. Pequenas massas de material coloide e amiloide (corpos amiloides) são frequentes nos folículos (Fig. 75.15A, B). Secreções da próstata e das vesículas seminais formam o volume principal do líquido seminal. Secreções prostáticas são discretamente ácidas e contêm fosfatase ácida, amilase, antígeno prostático específico, fibrinolisina e zinco. Numerosas células neuroendócrinas que contêm enolase específica do neurônio, cromogranina e serotonina estão presentes no epitélio glandular: seus números diminuem após a meia-idade e sua função ainda é desconhecida.

Secções histológicas logo abaixo do nível do colículo seminal revelam duas zonas de tecido glandular concêntricas, parcialmente circum-uretrais. A zona exterior, maior, é a zona periférica e possui extensas glândulas ramificadas, cujos ductos se abrem principalmente no seio

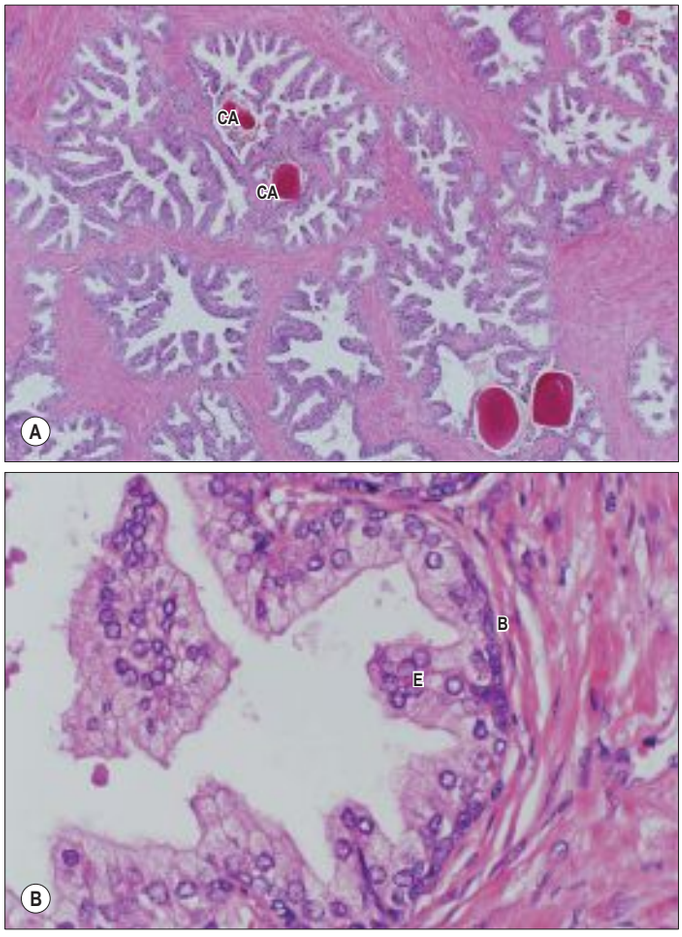


Fig. 75.15 A, Os ácinos prostáticos apresentam pregas papilares na base da glândula (zona central). Eles são irregularmente separados pelo estroma fibromuscular. Alguns ácinos contêm secreções eosinofílicas (rosa) chamadas corpos amiloides (CA) (×10, coloração por HE). **B**, Os ácinos prostáticos consistem em uma camada dupla de células epiteliais (E) que revestem o lúmen, e células basais (B), que dão suporte às células epiteliais.

prostático. A zona interna é a zona transicional e consiste em glândulas cujos ductos se abrem no assoalho do seio prostático e colículos seminais, e um grupo de glândulas mucosas simples que circundam a parte pré-prostática da uretra. Anteriormente, no istmo da próstata, a zona periférica e glândulas submucosas estão ausentes.

MUDANÇAS ETÁRIAS DA PRÓSTATA

Ao nascimento, a próstata tem um sistema de ductos incluídos num estroma que forma uma grande parte da glândula. Os folículos são representados por pequenos botões terminais nos ductos. Antes do nascimento, o epitélio dos ductos, o colículo seminal e o utrículo prostático apresentam hiperplasia e metaplasia escamosa, possivelmente devido aos estrógenos maternos na circulação fetal. Essas modificalções diminuem após o nascimento, seguido por um período de quiescência que dura cerca 12-14 anos.

Na puberdade, entre aproximadamente 14 e 18 anos de idade, a glândula prostática entra na fase de maturação, e mais do que dobra de tamanho. O crescimento é quase totalmente devido ao desenvolvimento folicular, parcialmente dos botões terminais nos ductos, parcialmente das modificações dos ramos dos ductos. A morfogênese e a diferenciação das células epiteliais se iniciam na porção intermediária dos cordões epiteliais e continuam para a uretra e as partes subcapsulares da glândula; estas últimas são alcançadas com 17-18 anos de idade. O epitélio glandular é inicialmente escamoso estratificado ou cuboidal, e se transforma em um epitélio pseudoestratificado que consiste em células basais, secretórias exócrinas (incluindo mucosas) e neuroendócrinas. As células mucosas são temporárias e perdidas à medida que a glândula matura. As células secretórias exócrinas remanescentes produzem diversos produtos incluindo fosfatase ácida, antígeno prostático específico e β-microseminoproteína. O crescimento deste componente secretório está associado à condensação do estroma, que diminui relativamente em relação ao tecido glandular. Essas alterações são provavelmente uma resposta à secreção de testosterona pelos testículos.

Durante a terceira década o epitélio glandular cresce pela multiplicação irregular das pregas epiteliais no lúmen dos folículos. Após a terceira década, o tamanho da próstata permanece inalterado até os 45-50 anos, quando as pregas epiteliais tendem a desaparecer, os contornos foliculares tornam-se mais regulares e os corpos amiloides aumentam em número: todos são sinais de involução da próstata. Após 45-50 anos a próstata pode sofrer hipertrofia benigna: uma condição relacionada com a idade. Se um homen vive o bastante, a hipertrofia benigna é inevitável, embora nem sempre sintomática.

REFERÊNCIAS

Brooks JD, Eggener SE, Chao W-E 2002 Anatomy of the rectourethralis muscle. Eur Urol 41: 94–100.

Chancellor MB, Yoshimura N 2002 Physiology and pharmacology of the bladder and urethra. In: Walsh PC et al (eds) Campbell's Urology Study Guide, 2nd edn, Chapter 23. Philadelphia: Saunders.

Klutke CG, Siegel CL 1995 Functional female pelvic anatomy. Urol Clin North Am 22(3): 487–98.

Meyers RP 2002 Detrusor apron, associated vascular plexus, and avascular plane: Relevance to radical retropubic prostatectomy – Anatomic and surgical commentary. Urology 59: 472–9.

Mundy AR, Fitzpatrick J, Neal D, George N 1999 Structure and function of the lower urinary tract. In: The Scientific Basis of Urology, Chapter 11. Oxford: Isis Medical Media: 217–42.
Explica os componentes neurológicos da função vesical desde os centros corticais mais altos até os eventos moleculares no interior das células do músculo detrusor.

Mundy AR, Fitzpatrick J, Neal D, George N (eds) 1999 The prostate and benign prostatic hyperplasia. In: The Scientific Basis of Urology, Chapter 13. Oxford: Isis Medical Media: 257–76.
Inclui uma revisão da anatomia zonal da próstata.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 76

Sistema genital masculino

O sistema genital masculino consiste no funículo espermático e escroto, testículos e epidídimos, ductos deferentes, próstata, glândulas seminais (ou vesículas seminais) e pênis.

FUNÍCULO ESPERMÁTICO

À medida que o testículo atravessa a parede abdominal em direção ao escroto durante a vida fetal, ele leva seus vasos, nervos e ducto deferente com ele. Estes se encontram no anel inguinal profundo para formar o funículo espermático, que suspende o testículo no escroto e se estende do anel inguinal profundo até a margem posterior do testículo (Fig. 76.1). O funículo esquerdo é um pouco mais longo que o direito. Entre o anel inguinal superficial e o testículo, o funículo se encontra anteriormente ao tendão do músculo adutor longo, é cruzado anteriormente pela artéria pudenda externa superficial e posteriormente pela artéria pudenda externa profunda. O nervo ilioinguinal se localiza inferiormente ao funículo à medida que atravessa o canal inguinal.

No canal, o funículo adquire as túnicas a partir das camadas da parede abdominal que se estendem para o interior da bolsa escrotal como as fáscias espermática interna, cremastérica e espermática externa (Fig. 76.2). A fáscia espermática interna é derivada da fáscia transversal e forma uma fina lâmina frouxa ao redor do funículo espermático. A fáscia cremastérica contém fascículos de fibras musculares estriadas esqueléticas unidos por tecido conjuntivo frouxo para formar o músculo cremaster, o qual é contínuo com o músculo oblíquo interno do abdome. A fáscia espermática externa desce a partir dos pilares do anel superficial e é um fino estrato fibroso contínuo acima com a aponeurose do músculo oblíquo externo do

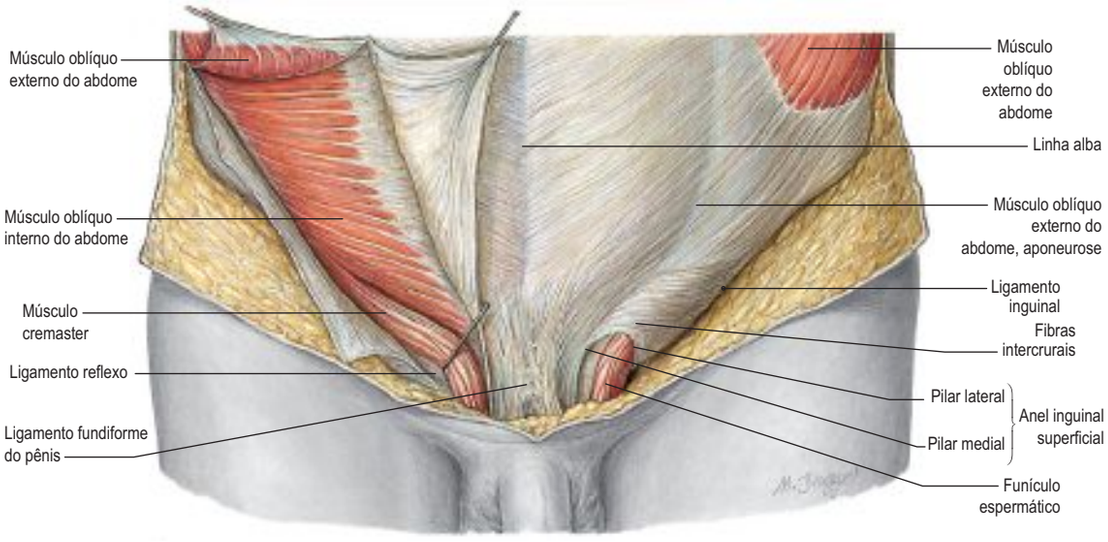


Fig. 76.1 Relação do funículo espermático com a parede abdominal anterior. (De Sobotta 2006.)

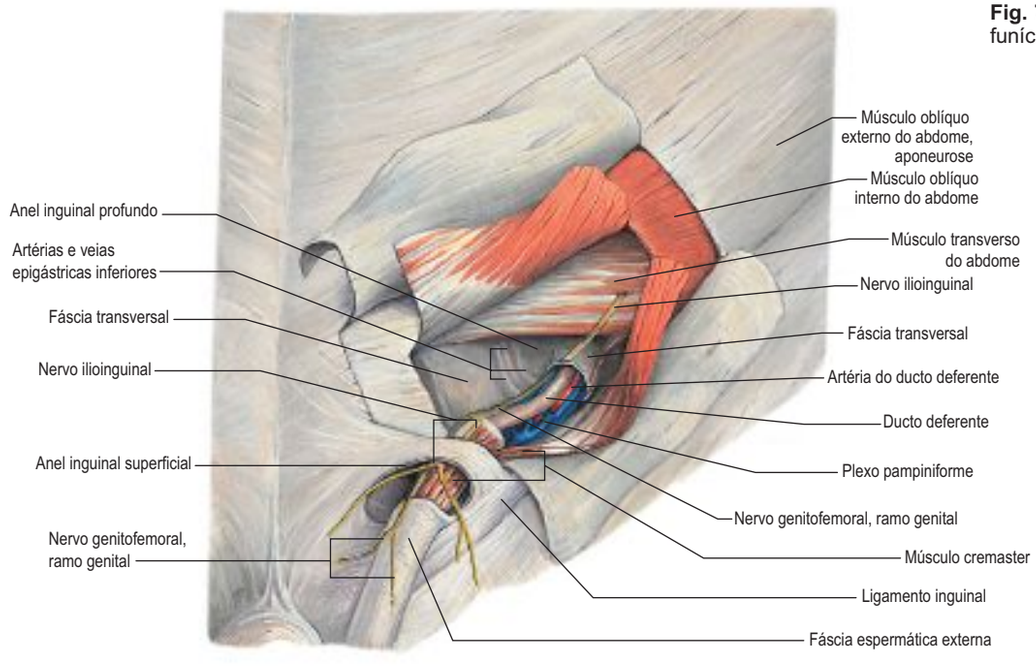


Fig. 76.2 Estruturas contidas no interior do funículo espermático. (De Sobotta 2006.)

abdome. O funículo espermático é constituído pelo ducto deferente; artéria testicular e veias testiculares, artéria cremastérica (ramo da artéria epigástrica inferior) e a artéria para o ducto deferente (a partir da artéria vesical superior); ramo genital do nervo genitofemoral, nervo cremastérico e plexo testicular simpático (os quais estão unidos por filamentos originários do plexo pélvico, acompanhando a artéria para o ducto deferente); 4-8 vasos linfáticos que drenam o testículo. Todas essas estruturas estão unidas por tecido conjuntivo frouxo (Figs. 76.2 e 76.3A).

ESCROTO

O escroto é um saco cutâneo fibromuscular que contém os testículos e as porções inferiores dos funículos espermáticos e se encontra suspenso abaixo da sínfise púbica entre as faces anteromediais das coxas. Ele é constituído por pele, músculo dartos e as fáscias espermática externa, cremastérica e espermática interna. A fáscia espermática interna encontra-se frouxamente aderida à lâmina parietal da túnica vaginal (Fig. 76.3B). O escroto é dividido em metades direita e esquerda por uma rafe cutânea, a qual continua ventralmente para a face inferior do pênis e dorsalmente ao longo da linha mediana do períneo até o ânus. A rafe indica a origem bilateral do escroto a partir das intumescências genitais. O lado esquerdo do escroto é geralmente mais baixo, pois o funículo espermático esquerdo é mais longo.

A pele do escroto é fina, pigmentada e frequentemente enrugada. Ela apresenta pelos escassamente espalhados e ondulados, cujas raízes são visíveis através da pele. Apresenta glândulas sebáceas, cuja secreção tem odor característico, e também numerosas glândulas sudoríparas, células pigmentares e terminações nervosas. Essas terminações respondem à estimulação mecânica dos pelos e da pele e às variações de temperatura. Não há tecido adiposo subcutâneo. A aparência externa do escroto varia; quando quente, nos idosos e debilitados, o escroto é liso, alongado e flácido; no entanto, quando frio nos jovens e robustos, ele é curto, enrugado e intimamente justaposto aos testículos devido à contração do músculo dartos.

O músculo dartos é uma fina lâmina de musculatura lisa contínua além do escroto com as fáscias inguinal superficial e perineal. Ele se estende interiormente, até o septo do escroto, unindo a rafe à face inferior da raiz do pênis. O septo contém todas as lâminas da parede do escroto, exceto a pele. O músculo dartos encontra-se intimamente unido à pele, mas está ligado às partes subjacentes por tecido conjuntivo frouxo delicado. Um "ligamento escrotal" fibromuscular se estende do músculo dartos até o polo inferior do testículo, podendo desempenhar papel na termorregulação do testículo.

Suprimento vascular e drenagem linfática

As artérias que irrigam o escroto incluem os ramos pudendos externos da artéria femoral, os ramos escrotais da artéria pudenda interna e um ramo cremastérico da artéria epigástrica inferior. Densos plexos subcutâneos de vasos escrotais levam um substancial fluxo sanguíneo, o que facilita a perda de calor. Anastomoses arteriolovenulares do tipo simples, mas de grande calibre, também são proeminentes. As veias seguem as artérias correspondentes. A pele do escroto é drenada por vasos linfáticos que acompanham os vasos sanguíneos pudendos externos até os linfonodos inguinais superficiais (Fig. 76.3A).

Inervação

O escroto é inervado pelo nervo ilioinguinal, ramo genital do nervo genitofemoral, dois ramos escrotais posteriores do nervo perineal e pelo ramo perineal do nervo cutâneo posterior da coxa. O terço anterior do escroto é suprido principalmente pelo primeiro segmento espinal lombar (através dos nervos ilioinguinal e genitofemoral), e os dois terços posteriores são inervados principalmente pelo terceiro segmento espinal sacral (através dos nervos perineal e cutâneo posterior da coxa). A linha axial ventral do membro inferior passa entre estas áreas, o que significa que um anestésico espinal deve ser injetado em doses mais altas para anestesiar a região anterior.

TESTÍCULOS E EPIDÍDIMOS

TESTÍCULOS

Os testículos são os órgãos reprodutores masculinos primários, ou gônadas. Eles são órgãos elipsoides que fazem parte do sistema genital e endócrino, responsáveis pela produção de espermatozoides e testosterona, respectivamente. Eles se encontram suspensos no escroto pelos tecidos escrotais, incluindo o músculo dartos e os funículos espermáticos. As dimensões testiculares médias são de 4-5 cm em comprimento, 2,5 cm em largura, e 3 cm em diâmetro anteroposterior; seu peso varia de 10,5-14 g. O testículo esquerdo geralmente se encontra mais abaixo que o testículo direito. Cada testículo se localiza obliquamente no interior do escroto, com seu polo superior inclinado anterolateralmente e o polo inferior, posteromedialmente. A margem anterior é convexa, enquanto a margem posterior é quase reta, com o funículo espermático preso a ela. As faces anterior, medial e lateral e ambos os polos são convexos, lisos e cobertos pela lâmina visceral, lâmina parietal da túnica vaginal do testículo e tecidos escrotais, nesta ordem, de dentro para fora (Fig. 76.4). Cada testículo está separado de seu homólogo por uma rafe fibrosa mediana, a qual é deficiente superiormente. A face posterior de cada testículo é apenas parcialmente coberta pela túnica serosa; o epidídimo se une a sua parte lateral (veja adiante). O testículo é revestido por três túnicas, de fora para dentro, túnica vaginal, túnica albugínea e túnica vasculosa (Fig. 76.4).

Túnica vaginal

A túnica vaginal é a extremidade inferior do processo vaginal do peritônio, cuja formação precede a descida do testículo do feto a partir do abdome até o escroto (pág. 1320). Após esta migração, a parte proximal da túnica, do anel inguinal interno até quase ao testículo, contrai-se e é obliterada, deixando um saco distal fechado onde o testículo se encontra embainhado. A túnica é refletida a partir do testículo sobre a superfície interna do escroto e forma, deste modo, as lâminas visceral e parietal da túnica vaginal. A lâmina visceral recobre todas as faces do testículo, exceto a maior parte da margem posterior. Posteromedialmente, ela é refletida para a frente como a lâmina parietal. Posterolateralmente, ela passa para a face medial do epidídimo, recobre o seio do epidídimo e em seguida segue lateralmente até sua borda posterior, onde ela é refletida para a frente a fim de se tornar contínua com a lâmina parietal. As lâminas visceral e parietal são contínuas em ambos os polos, mas no polo superior a lâmina visceral passa sobre a cabeça do epidídimo antes da reflexão. Existe sempre uma película muito fina de líquido entre as duas lâminas da túnica vaginal. Esta camada de líquido pode aumentar em condições inflamatórias e neoplásicas do testículo, levando a uma hidrocele (veja adiante).

A lâmina parietal, mais extensa, estende-se abaixo do testículo e sobe em frente e medialmente ao funículo espermático. A superfície interna da túnica vaginal possui um mesotélio liso e úmido: o espaço potencial entre suas lâminas visceral e parietal é denominado de cavidade da túnica vaginal.

Túnica albugínea

A túnica albugínea é um denso revestimento branco azulado do testículo, composto principalmente de feixes entrelaçados de fibras colágenas. Ela é recoberta externamente pela lâmina visceral da túnica vaginal, exceto na cabeça e cauda do epidídimo e na margem posterior do testículo, onde vasos e nervos penetram (Fig. 76.5A e B). A túnica albugínea recobre a túnica vasculosa e, na margem posterior do testículo, projeta-se para o interior do testículo como um espesso septo fibroso incompleto, o mediastino do testículo, o qual se estende da extremidade superior à extremidade inferior do testículo. Vasos testiculares seguem em meio ao mediastino testicular.

Túnica vasculosa

A túnica vasculosa contém um plexo de vasos sanguíneos e delicado tecido conjuntivo frouxo, estende-se sobre a face interna da túnica albugínea, reveste os septos e, consequentemente, todos os lóbulos testiculares.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias testiculares

As artérias testiculares são dois longos e delicados vasos que se originam anteriormente a partir da aorta, um pouco abaixo das artérias renais. Cada uma segue inferolateralmente sob o peritônio parietal e sobre o músculo psoas maior. A artéria testicular direita se localiza anteriormente à veia cava inferior e posteriormente à parte horizontal do duodeno, às artérias cólica direita e ileocólica, à raiz do mesentério e à porção terminal do íleo. A artéria testicular esquerda se localiza posteriormente à veia mesentérica inferior, à artéria cólica esquerda e à parte inferior do colo descendente. Cada artéria passa anteriormente ao nervo genitofemoral, ao ureter e à parte inferior da artéria ilíaca externa, e segue até o anel inguinal profundo, penetra no funículo espermático e passa através do canal inguinal para chegar ao escroto (Figs. 76.3A e 76.6). Na face posterossuperior do testículo, a artéria testicular se divide em dois ramos sobre suas faces medial e lateral: estes seguem através da túnica albugínea e se ramificam na túnica vasculosa. Ramos terminais penetram no testículo sobre sua superfície. Alguns penetram no mediastino do testículo e formam alças recorrentes antes de alcançarem sua distribuição. Capilares dispostos próximos aos túbulos seminíferos penetram nas camadas de tecido intersticial e podem formar parte da barreira hematotesticular. Eles seguem paralelamente aos túbulos ou através deles sem, no entanto, penetrar em suas paredes. Esses capilares estão separados das células germinativas e das células de sustentação (de Sertoli) por uma membrana basal e quantidades variáveis de tecido conjuntivo frouxo que contém células intersticiais: os fenômenos de

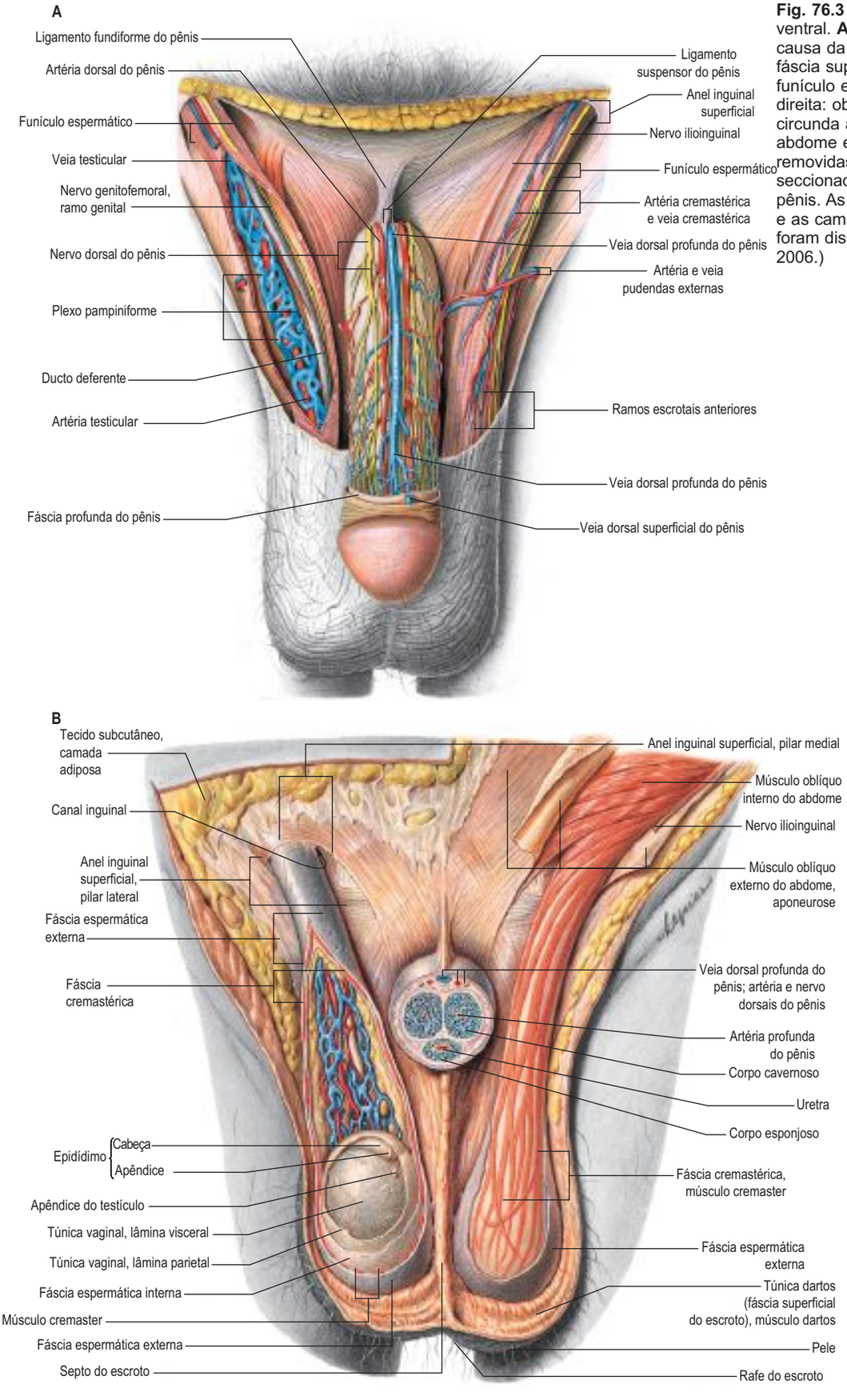


Fig. 76.3 Genitália externa masculina, face ventral. **A,** Nervos e vasos expostos por causa da extensa remoção da pele e da fáscia superficial do pênis. As camadas do funículo espermático foram cortadas à direita: observe o plexo pampiniforme que circunda a artéria testicular. **B,** A pele do abdome e partes da pele do escroto foram removidas e o corpo do pênis foi seccionado, revelando a estrutura interna do pênis. As camadas do funículo espermático e as camadas de revestimento do testículo foram dissecadas à direita. (De Sobotta 2006.)

trocas seletivas que envolvem andrógenos e substâncias imunológicas ocorrem nesta região.

No abdome, a artéria testicular supre a gordura perirrenal, o ureter e os linfonodos ilíacos; no canal inguinal ela supre o músculo cremaster. Em alguns casos, a artéria testicular direita segue posteriormente à veia cava inferior. As artérias testiculares representam ramos aórticos esplâncnicos laterais persistentes que penetram no mesonefro e cruzam ventralmente à veia supracardinal, mas dorsalmente à veia subcardinal. Normalmente, a artéria esplâncnica lateral – que persiste como a artéria testicular direita – segue caudalmente à anastomose suprassubcardinal, a qual forma parte da veia cava inferior. Quando passa cranialmente à anastomose, a artéria testicular direita localiza-se atrás da veia cava inferior.

O testículo também recebe sangue do ramo cremastérico da artéria epigástrica inferior e da artéria para o ducto deferente (Fig. 76.6). Consequentemente, uma obstrução na porção mais superior da artéria testicular no abdome normalmente não afeta o testículo, enquanto uma obstrução

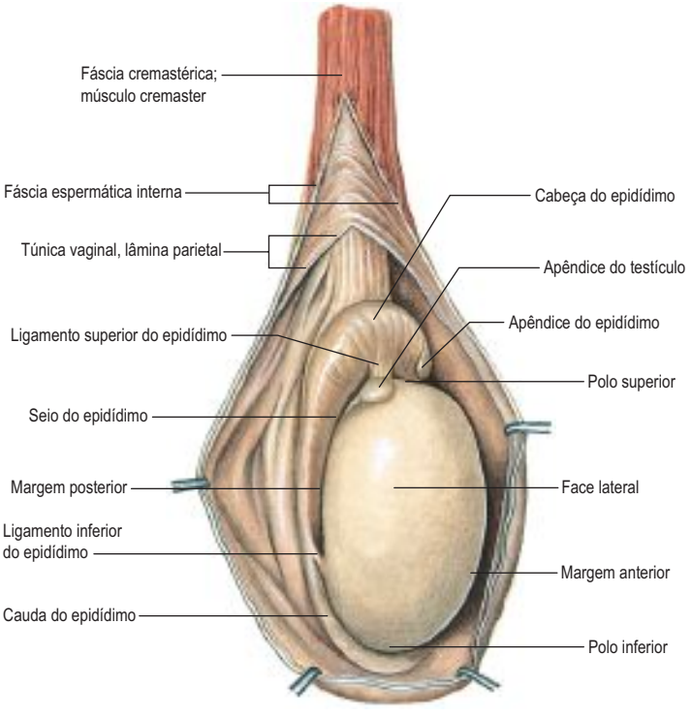


Fig. 76.4 O testículo esquerdo, exposto através de incisão e abertura da fáscia cremastérica e da lâmina parietal da túnica vaginal sobre a face lateral do testículo. (De Sobotta 2006.)

na região do funículo espermático pode interferir com todos esses vasos e levar a um infarto. A obstrução tanto da artéria testicular como da veia testicular em porções mais superiores interrompe as veias acompanhantes da artéria, as quais se anastomosam com as veias espermáticas internas, e pode ser responsável pela recorrência de uma varicocele (veja adiante).

Veias testiculares

As veias testiculares emergem posteriormente do testículo, drenam o epidídimo e se unem para formar o plexo pampiniforme, um componente principal do funículo espermático, subindo anteriormente ao ducto deferente (Fig. 76.7). No canal inguinal, o plexo pampiniforme é drenado por três ou quatro veias que seguem até o abdome através do anel inguinal profundo. Dentro do abdome, essas veias se unem em duas veias, as quais sobem de cada lado da artéria testicular, anteriormente ao músculo psoas maior e ao ureter, e atrás do peritônio. A veia esquerda passa posteriormente à porção inferior do colo descendente e da margem inferior do pâncreas, e é cruzada pelos vasos cólicos esquerdos; a veia direita passa posteriormente à parte terminal do íleo e da parte horizontal do duodeno, e é cruzada pela raiz do mesentério e pelos vasos ileocólicos e cólicos direitos. As veias se unem para formar as veias testiculares direita ou esquerda: a veia testicular direita se abre na veia cava inferior em um ângulo agudo imediatamente inferior ao nível das veias renais e a veia testicular esquerda se abre na veia renal esquerda em um ângulo reto (Fig. 76.7). As veias testiculares contêm valvas.

As veias testiculares no escroto e no canal inguinal podem ser varicosas em até 15% da população masculina. De fato, entre 25-35% dos homens com problemas de fertilidade também podem apresentar varicocele. A formação de uma varicocele, quase sempre do lado esquerdo, pode ser causada pela junção ortogonal das veias testicular esquerda e renal. Existem evidências de que a presença de uma varicocele eleva a temperatura testicular e impede a espermatogênese. As varicoceles também podem causar dor no testículo, que é frequentemente do tipo arrastado, sentida ao final do dia após longos períodos de pé. Varicoceles podem ser tratadas cirurgicamente para a dor, mas o papel da cirurgia de varicocele para o tratamento da infertilidade masculina ainda é controverso. As varicoceles também podem ser tratadas por embolização radiológica da veia testicular esquerda através de um acesso via veia femoral direita. Após a ligação de uma varicocele, o retorno venoso é feito por pequenas veias do ducto deferente, do músculo cremaster e dos tecidos escrotais.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos testiculares se iniciam em um plexo superficial sob a túnica vaginal e um plexo profundo no parênquima do testículo e do epidídimo. Quatro a oito ductos coletores sobem pelo cordão espermático, acompanham os vasos testiculares sobre o músculo psoas maior e terminam nos linfonodos aórticos laterais e pré-aórticos.

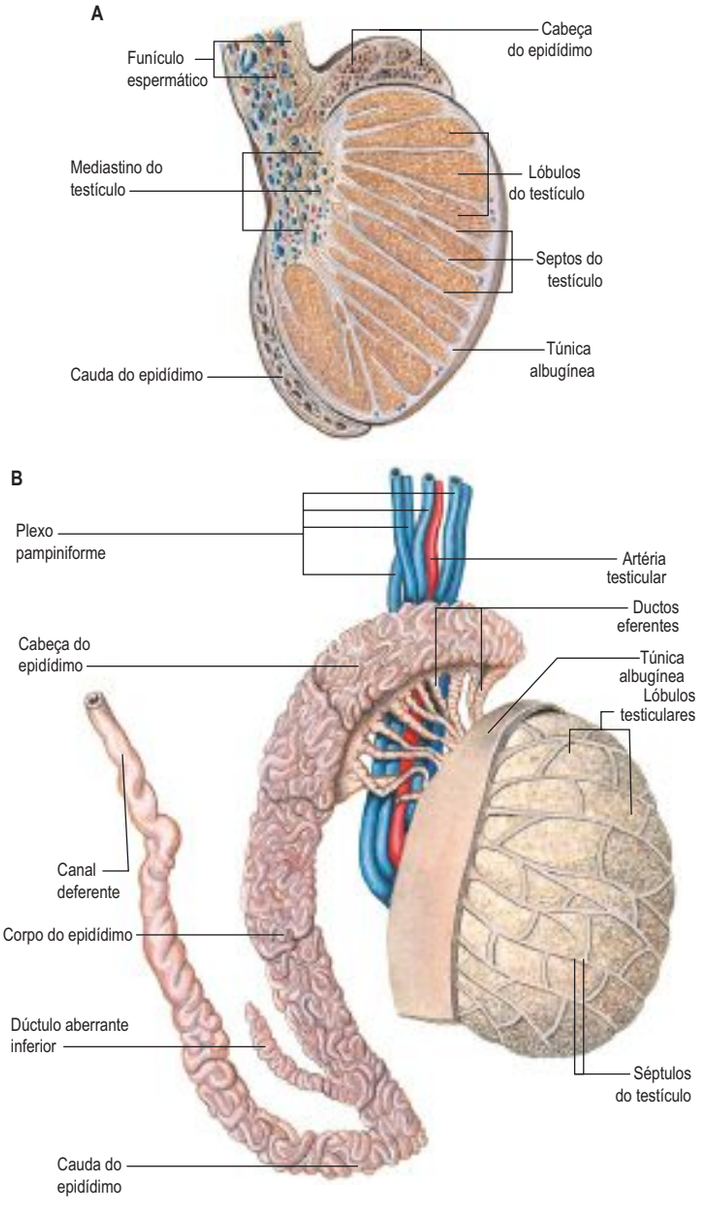


Fig. 76.5 A, Corte vertical do testículo e do epidídimo mostra o arranjo dos ductos do testículo e o modo de formação do ducto deferente (**B**). (De Sobotta 2006.)

Inervação

Os nervos testiculares acompanham os vasos testiculares e são derivados dos décimo e décimo primeiro segmentos espinais torácicos através dos plexos renal e aórtico autônomo. Fibras nervosas catecolaminérgicas formam plexos ao redor de vasos sanguíneos menores e entre as células intersticiais no testículo e no epidídimo.

Estrutura microscópica

A superfície do testículo é coberta intimamente pela lâmina visceral da túnica vaginal, uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo recoberta por células mesoteliais achatadas similares à do revestimento peritoneal e contínuas com este. A lâmina visceral encontra-se separada da lâmina parietal da túnica vaginal (a camada externa da prega dupla de peritônio que acompanha a descida do testículo [pág. 1320]) por um espaço potencial que contém um líquido seroso, o qual atua como um lubrificante e permite o movimento do testículo dentro do escroto. A cápsula testicular propriamente dita – a túnica albugínea – é resistente e rica em colágeno e é espessada posteriormente como mediastino do testículo. Abaixo da túnica albugínea encontra-se uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo que contém os vasos sanguíneos superficiais. Os vasos sanguíneos, vasos linfáticos e os dúctulos eferentes entram ou saem do corpo do testículo no mediastino (Fig. 76.8).

Septos que se originam do mediastino se estendem internamente para subdividir o testículo em aproximadamente 250 lóbulos (Fig. 76.5A) que diferem em tamanho; aqueles que se localizam mais centralmente são

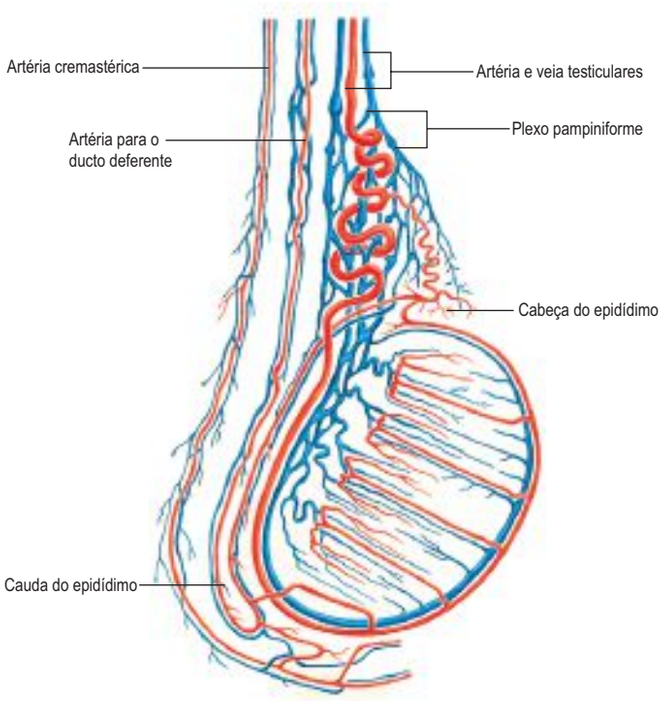


Fig. 76.6 Suprimento sanguíneo arterial e drenagem venosa do testículo. (De Sobotta 2006.)

Fig. 76.7 Tomografia computadorizada de múltiplas fatias (*multislice*) da veia cava inferior mostra a veia testicular esquerda que drena para a veia renal esquerda, e a veia testicular direita que drena diretamente para a veia cava inferior. **1.** Veia testicular direita. **2.** Veia cava inferior. **3.** Veia renal esquerda. **4.** Veia testicular esquerda.

maiores e mais longos. Cada lóbulo contém de um a quatro túbulos seminíferos contorcidos, alças intensamente enoveladas cujas duas extremidades livres se abrem nos túbulos seminíferos retos (e assim, na rede do testículo) no mediastino. O tecido conjuntivo frouxo entre os túbulos seminíferos contém várias camadas de células mioides peritubulares contráteis e agregados de células intersticiais do testículo (células de Leydig), produtoras de andrógenos.

Existem 400-600 túbulos seminíferos em cada testículo, cada um com 70-80 cm de comprimento e 0,12-0,3 mm de diâmetro. Eles são pálidos no início da vida, mas na velhice eles contêm muita gordura e são amarelados. Cada túbulo é circundado por uma lâmina basal, sobre a qual se apoia um complexo epitélio seminífero estratificado que contém células espermatogênicas e de sustentação (células de Sertoli) (Fig. 76.9A). Quando ativas, as células espermatogênicas incluem desde espermatogônias localizadas na lâmina basal até suas formas derivadas na luz do túbulo seminífero – espermatócitos, espermátides e espermatozoides. Entre as espermátides pode haver corpúsculos residuais, estruturas esféricas derivadas do excesso de citoplasma das espermátides, eliminado durante a maturação e fagocitado pelas células de Sertoli.

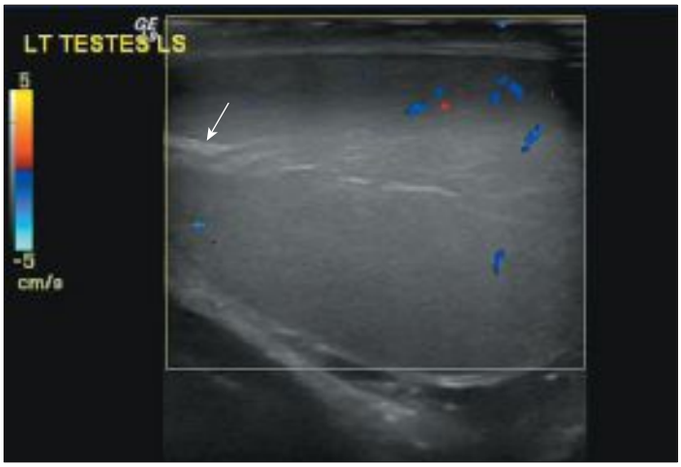


Fig. 76.8 Escaneamento em Doppler colorido do conteúdo escrotal mostra um fluxo normal. A banda ecogênica linear (seta) vista no centro representa o mediastino testicular composto de material fibroadiposo.

Espermatogônias

As espermatogônias, as células-tronco para todos os espermatozoides, são descendentes das células germinativas primordiais que migram para os cordões genitais do testículo em desenvolvimento (Fig. 76.9B). No testículo completamente diferenciado, elas estão localizadas ao longo da lâmina basal dos túbulos seminíferos. Vários tipos de espermatogônias são identificados com base nas dimensões celulares e nucleares, na distribuição da cromatina nuclear (escura e condensada ou pálida e eucromática) e nos dados histoquímicos e ultraestruturais. Os três grupos básicos de espermatogônias são as do tipo A escuro (Ae), do tipo A pálido (Ap) e do tipo B. As células Ae se dividem mitoticamente para manter a população de espermatogônias, pequena antes da puberdade, porém aumenta sob estimulação dos andróginos. As células Ae também dão origem a células Ap, que também se dividem mitoticamente, mas permanecem ligadas e agregadas por delicadas pontes citoplasmáticas. Essas células são as precursoras das células do tipo B, que estão comprometidas com a sequência espermatogênica. Em torno do tempo em que células B entram no estágio final de síntese de DNA, sem sofrer citocinese, elas saem da lâmina basal e atravessam a barreira hematotesticular para entrar na prófase meiótica como espermatócitos primários. Esses processos coordenados estão sob controle das células de Sertoli.

Espermatócitos primários e secundários

Os espermatócitos primários têm um número diploide de cromossomos, porém com cromátides irmãs duplicadas (o conteúdo de DNA é, portanto, de 4N, onde N é o conteúdo de DNA dos espermatozoides haploides) e estão todos em algum estágio de uma longa prófase meiótica (pág. 22) de aproximadamente três semanas. Os espermatócitos primários são células grandes com grandes núcleos redondos, onde a cromatina nuclear está condensada em cromátides enoveladas, filamentosas e escuras em diferentes estágios no processo de *crossing-over* e de trocas genéticas entre cromátides de cromossomas homólogos maternos e paternos. Essas células dão origem aos espermatócitos secundários, com um conjunto haploide de cromossomas (mas com conteúdo 2N de DNA); a divisão reducional é designada como meiose I. Poucos espermatócitos secundários são vistos em cortes histológicos de tecidos porque sofrem rapidamente a segunda divisão meiótica (equatorial), onde as cromátides irmãs se separam (agora, conteúdo de DNA é N) para formar espermátides haploides. Teoricamente, cada espermatócito primário produz quatro espermátides; no entanto, algumas se degeneram durante a maturação, de modo que sua produção é menor.

Espermátides

As espermátides não se dividem novamente, mas gradualmente amadurecem em espermatozoides através de uma série de modificações nucleares e citoplasmáticas conhecidas como espermiogênese. Todas essas alterações de maturação ocorrem enquanto as espermátides permanecem intimamente associadas às células de Sertoli e ligadas umas às outras por pontes citoplasmáticas. A primeira fase da espermiogênese é a fase de Golgi, onde enzimas hidrolíticas se acumulam em vesículas produzidas pelo complexo de Golgi, as quais subsequentemente coalescem em uma única e grande vesícula acrossômica próxima ao núcleo. O par de centríolos migra para o

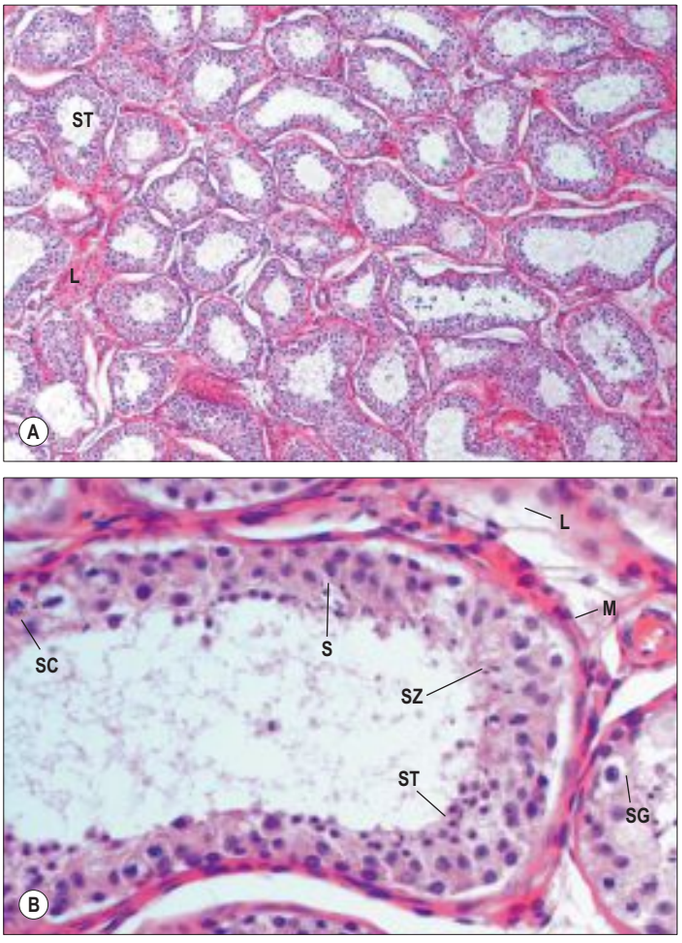


Fig. 76.9 A, Túbulos seminíferos (ST; cortados em vários planos de corte), e o tecido intersticial (células de Leydig, L) do testículo. Os túbulos seminíferos são altamente contorcidos e revestidos por um epitélio estratificado, que consiste em células em vários estágios da espermatogênese e espermiogênese (coletivamente referidas como série espermatogênica). As células não espermatogênicas são as células de Sertoli. **B,** Túbulo seminífero humano mostra a sequência de diferenciação dos espermatozoides a partir das espermatogônias localizadas basalmente (SG). Grandes espermatócitos primários (SC) apresentam característica cromatina filamentosa em vários estágios da prófase da primeira divisão meiótica. Espermátides haploides, de tamanho menor, apresentam núcleos arredondados inicialmente, mas amadurecem de modo a possuir núcleos densos alongados e flagelos dos espermatozoides (SZ). As células de Sertoli (S) são identificadas pelos seus núcleos ovais ou piriformes orientados perpendicularmente em relação à lâmina basal, e nucléolos proeminentes. O túbulo é circundado por células mioides peritubulares (M). Agregados de grandes células de Leydig endócrinas (L) são vistos no tecido conjuntivo intersticial.

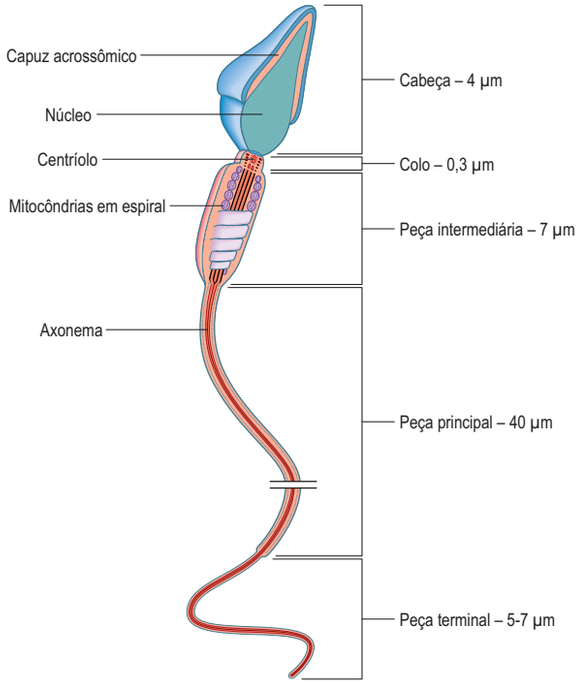


Fig. 76.10 Os principais aspectos ultraestruturais de um espermatozoide maduro.

polo posterior oposto e o centríolo distal começa a gerar o axonema, um arranjo circular de nove pares de microtúbulos que circundam um par central. Na fase de capuz, a vesícula acrossômica se achata e envolve a metade anterior do núcleo para formar um capuz acrossômico, o qual vem a ocupar o futuro polo anterior do espermatozoide, mais distante do lúmen tubular.

Durante a fase acrossômica, a cromatina nuclear se condensa e o núcleo se alonga, assumindo um formato semelhante a uma ponta de lança. O volume citoplasmático anterior é consideravelmente reduzido, de modo que a parede da vesícula acrossômica é colocada em contato com a membrana plasmática. Uma bainha perinuclear de microtúbulos se desenvolve a partir da borda posterior do acrossoma para formar a manchete (ou manguito), o qual se estende em direção ao polo posterior. O complexo do axonema continua a se estender para a região da cauda em desenvolvimento, que agora se projeta para o lúmen tubular. A região do colo se forma no polo posterior do núcleo: ele contém os centríolos. As mitocôndrias migram através da região do colo e ao longo do axonema para a peça intermediária em desenvolvimento, onde se organizam em uma bainha helicoidal, circundando um anel de nove fibras que se formam ao longo da extensão do complexo do axonema na cauda em desenvolvimento. Na fase final da maturação, o citoplasma em excesso é destacado como um corpúsculo residual fagocitado e degradado pelas células de Sertoli. Durante a formação dos corpúsculos residuais, as espermátides perdem as pontes citoplasmáticas e se separam umas das outras antes de serem liberadas no lúmen de seu túbulo.

Espermatozoides

Um espermatozoide liberado da parede do túbulo seminífero para seu lúmen não possui ainda mobilidade, porém já é maduro sob o ponto de vista estrutural. Sua cabeça expandida contém pouco citoplasma e está conectada por um curto colo estreitado à cauda. A cauda é um flagelo complexo, dividido em peças intermediária, principal e terminal, que excede em muito a região da cabeça em volume. A cabeça tem um comprimento máximo de aproximadamente 4 µm e um diâmetro máximo de 3 µm, contém um núcleo alongado e achatado, com cromatina condensada e intensamente corada, e está recoberto anteriormente por um capuz acrossômico. Este último contém fosfatase ácida, hialuronidase, neuraminidase e proteases necessárias para a fertilização (pág. 168). O colo tem aproximadamente 0,3 µm de comprimento. Em seu centro encontra-se um centríolo bem formado que corresponde ao centríolo proximal da espermátide da qual ele se diferenciou. O complexo axonêmico é derivado do centríolo distal. Uma pequena quantidade de citoplasma existe no colo, coberto por uma membrana plasmática contínua com a da cabeça e a da cauda (Fig. 76.10).

A peça intermediária da cauda é um longo cilindro, de aproximadamente 1 µm de diâmetro e 7 µm de comprimento. Ela consiste em um feixe axial de microtúbulos, o axonema, externamente ao qual se encontra um cilindro de nove fibras externas densas circundadas por uma bainha helicoidal de mitocôndrias. Na extremidade caudal da peça intermediária encontra-se um corpúsculo elétron-denso, denominado ânulo. A peça principal da cauda se torna a parte móvel da célula, com aproximadamente 40 µm de comprimento e 0,5 µm de diâmetro e que forma a maior parte do espermatozoide. O axonema e as fibras densas circunjacentes são contínuos a partir da região do colo através de toda a extensão da cauda, exceto nos seus 5-7 µm terminais, nos quais o axonema persiste sozinho. Consequentemente, a cauda tem a típica estrutura de um flagelo, com um simples arranjo "nove mais dois" de microtúbulos, na porção terminal da peça terminal.

Células de sustentação (de Sertoli)

As células de Sertoli formam o componente celular majoritário dos túbulos seminíferos antes da puberdade e nos idosos. Elas são as células de suporte, de natureza não espermatogênica, dos túbulos seminíferos. Essas células têm formato global variável, estão em contato com a lâmina basal e seu citoplasma se estende até o lúmen do túbulo, onde suas membranas plasmáticas apicais formam complexos recessos que acomodam as espermátides até que estas estejam maduras o suficiente para serem liberadas como espermatozoides. Longos prolongamentos citoplasmáticos também se estendem entre as espermatogônias no compartimento basal e entre os espermatócitos no compartimento luminal dos túbulos. Os prolongamentos das células de Sertoli adjacentes encontram-se unidos neste nível por junções "oclusivas" e criam uma barreira à difusão entre os compartimentos extratubular e intratubular. Esta é a barreira hematotesticular que, se rompida por eventos traumáticos ou inflamatórios, pode permitir que

respostas imunológicas se desenvolvam contra antígenos dos espermatozoides, o que resulta em subfertilidade.

O núcleo das células de Sertoli é eucromático e de formato irregular ou piriforme, contém um ou dois proeminentes nucléolos e usualmente está alinhado de modo perpendicular à lâmina basal. O citoplasma é rico em lisossomas, consistente com seu fenótipo fagocítico. As células de Sertoli proporcionam um suporte trófico às células germinativas circunjacentes, secretam a proteína de ligação a andrógenos e desempenham importante papel no controle da diferenciação e maturação de espermatócitos e espermátides. O líquido proteináceo que elas secretam para o lúmen do túbulo seminífero fornece nutrientes e facilita o transporte dos espermatozoides para o sistema de ductos intratesticulares. As células de Sertoli se modificam consideravelmente durante o ciclo espermatogênico e respondem aos hormônios hipofisários LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio folículo-estimulante). Elas também produzem uma substância hormonal, a inibina B, que pode estar envolvida em funções parácrinas locais.

Ciclo espermatogênico

Em todo o túbulo seminífero, a geração de células germinativas ocorre em um ciclo com uma periodicidade de aproximadamente 16 dias. Os estágios no ciclo são caracterizados pela presença de diferentes combinações de células dentro dos estágios do ciclo espermatogênico. A geração de um espermatozoide maduro a partir de uma espermatogônia necessita de quatro destes ciclos, ou aproximadamente 64 dias. Em corte transversal, o túbulo seminífero mostra mais do que uma fase do ciclo ao redor de sua circunferência, porque ondas de progressão através de um ciclo espermatogênico ocorrem em espirais ao longo de toda extensão do túbulo.

Tecido intersticial testicular

O tecido entre os túbulos seminíferos inclui vários componentes do tecido conjuntivo, células mioides peritubulares, vasos sanguíneos e nervos. As células mioides são contráteis: sua atividade rítmica pode propelir os espermatozoides não móveis através dos túbulos em direção à rede testicular e ao sistema de ductos intratesticulares. Agregados de células de Leydig se encontram entre os túbulos. Estas grandes células poliédricas apresentam núcleos excêntricos com um a três nucléolos e citoplasma palidamente corado que contém quantidade considerável de retículo endoplasmático agranular, gotículas lipídicas e inclusões cristaloides exclusivas, que possuem formato de agulha de até 20 μm de comprimento (cristais de Reinke) e função desconhecida. As células de Leydig sintetizam e secretam andrógenos e são estimuladas pelo LH e pela prolactina, a qual induz a expressão de receptores para LH. Sua atividade varia de acordo com a idade: estão ativas na vida fetal para o desenvolvimento do trato genital, mas declinam em função no pós-parto e permanecem quiescentes até o início da puberdade.

Alterações no testículo relacionadas à idade

Sob o ponto de vista funcional, o testículo do feto é predominantemente uma glândula endócrina que produz testosterona e hormônio anti-Mülleriano, um hormônio gonadal especificamente fetal. Esses dois hormônios desempenham papéis cruciais na indução e regulação da diferenciação sexual masculina. Na vida pós-natal, o testículo muda gradualmente sua função, mas retém a capacidade de produzir testosterona e outras substâncias reguladoras, por exemplo o hormônio peptídico ocitocina, que atua de forma endócrina ou parácrina.

Os túbulos seminíferos não se tornam canalizados até aproximadamente o sétimo mês de gestação, embora isto possa ocorrer após este período. Na puberdade, o testículo se torna principalmente uma fonte de espermatozoides. As células de Leydig do feto, responsáveis pela diferenciação da genitália masculina induzida por andrógenos, degeneram-se após o nascimento e são substituídas por uma população adulta de células produtoras de andrógenos durante a puberdade e que persistem durante toda a vida adulta. Os testículos crescem lentamente até a idade de 10 ou 11 anos; nesta época há uma aceleração marcante da taxa de crescimento e o início da espermatogênese.

Não há uma idade definida para o início da progressiva involução testicular associada ao avanço da idade. O tamanho do testículo, a qualidade e quantidade do esperma, e o número de células de Sertoli e de Leydig têm sido relatados diminuídos nos idosos. A atividade das células de Leydig é regulada pelo LH. A diminuição na função das células de Leydig nos idosos, como parte do que tem sido descrito como processo normal do envelhecimento, pode ser afetada por alterações na secreção de LH, controlada pelo hipotálamo. O volume ocupado pelos túbulos seminíferos diminui, enquanto aquele ocupado pelo tecido intersticial permanece aproximadamente constante. A alteração histológica mais frequentemente observada no testículo em envelhecimento é a variação na espermatogênese nos túbulos seminíferos: ela é completa, embora reduzida em alguns, podendo ser ausente em outros, quando pode ocorrer a esclerose. Nos túbulos em que a espermatogênese é completa, anormalidades morfológicas (p. ex., multinucleação) podem ser observadas nas células germinativas.

A perda de células germinativas geralmente se inicia com as espermátides, e progressivamente afeta os tipos de células germinativas mais precoces, isto é, os espermatócitos e espermatogônias. As células de Sertoli também são afetadas pelo envelhecimento e apresentam uma gama de alterações morfológicas, incluindo desdiferenciação, metaplasia mitocondrial e multinucleação. Nas células de Leydig, a quantidade de retículo endoplasmático liso e de mitocôndrias diminui, e as gotículas lipídicas, inclusões cristalinas e corpúsculos residuais aumentam; algumas células podem se tornar multinucleadas. Os túbulos seminíferos nos quais todo o epitélio tenha sido perdido foram observados em testículos em que outros túbulos normais foram observados. O desenvolvimento da involução tubular com o avançar da idade é similar ao observado após isquemia experimental, o que sugere que lesões vasculares podem estar envolvidas na atrofia testicular relacionada à idade. Entretanto, não há modificações abruptas na função testicular equivalente ao climatério feminino.

Testículo não descido (Criptoquirdia)

No feto, os testículos estão localizados posteriormente na cavidade abdominal. Sua descida para o escroto parece estar sob controle hormonal (gonadotrofinas e andrógenos) (pág. 1320) e pode ser impedida em qualquer ponto ao longo de sua rota para o escroto: um testículo clinicamente não descido pode estar no abdome, no anel inguinal profundo, no canal inguinal ou entre o anel inguinal superficial e o escroto. Ocasionalmente, o testículo pode se encontrar fora de sua via normal de descida e é considerado como testículo ectópico.

Um testículo não descido unilateral está presente em 3% dos meninos ao nascimento e em 1% dos meninos em torno de três meses de idade. A descida incompleta bilateral é observada em cerca de apenas 1% dos meninos nascidos. Os testículos não descidos podem estar associados a risco mais alto de infertilidade e tumores testiculares. Existem evidências de que a correção cirúrgica de um testículo não descido, em qualquer idade, pode não acarretar em melhoras na espermatogênese. O prejuízo à fertilidade pode ser visto em homens com testículo não descido bilateral e unilateralmente. A função das células de Leydig normalmente não é afetada pela não descida, de modo que a produção de andrógenos usualmente permanece dentro da faixa normal. Pacientes com um testículo não descido têm maiores riscos de desenvolverem tumores testiculares, particularmente o seminoma; esse risco é maior em testículos abdominais. A cirurgia pode não reduzir o risco do desenvolvimento de tumores, mas maximiza a chance de uma detecção precoce de qualquer tumor. Um testículo não descido pode normalmente ser encontrado por ultrassonografia se ele estiver no canal inguinal ou próximo a este, já a laparoscopia é mais confiável na pelve. Imagens por ressonância magnética podem ajudar a localizar o testículo não observado ao ultrassom. A retenção no canal inguinal é frequentemente complicada por uma hérnia congênita, pois o processo vaginal permanece aberto; desta maneira, o testículo pode atravessar o canal, mas pode alcançar um local anormal.

Parte obliterada do processo vaginal

A parte obliterada do processo vaginal é frequentemente vista como um cordão fibroso na parte anterior do funículo espermático, estende-se da extremidade interna do canal inguinal – onde ela está ligado ao peritônio – até a túnica vaginal e pode, às vezes, desaparecer dentro do funículo. Entretanto, sua porção proximal pode permanecer aberta, de modo que a cavidade peritoneal se comunique com a túnica vaginal, ou a parte proximal do processo pode persistir, embora ela possa estar fechada distalmente à túnica. Ocasionalmente sua cavidade pode persistir em um nível intermediário como um cisto. Quando aberto, sua cavidade pode alojar uma alça do intestino e formar uma hérnia inguinal indireta. O processo é usualmente obliterado em torno de 18 meses de idade.

Hidrocele, espermatocele e cisto epididimário

Na hidrocele congênita, o líquido encontra-se no espaço da túnica, o qual se comunica com a cavidade peritoneal através de um processo vaginal não obliterado. A hidrocele infantil ocorre quando o processo vaginal é obliterado apenas no anel inguinal profundo ou próximo a ele. Ela se assemelha à hidrocele vaginal, mas o líquido se estende sobre o funículo até o canal inguinal. Se o processo vaginal for obliterado no canal inguinal e acima do epidídimo, deixando uma parte central aberta, o processo pode se distender como uma hidrocele do funículo encistada. Uma espermatocele é um cisto relacionado à cabeça do epidídimo: ela pode conter espermatozoides e é provavelmente um cisto de retenção de um dos túbulos seminíferos, sua remoção é usualmente desnecessária e pode resultar em obstrução epididimária. O mesmo se aplica ao cisto epididimário simples, que pode ter etiologia similar à espermatocele, mas sem a presença de esperma em seu interior.

Apêndices testicular e epididimário

Nas extremidades superiores do testículo e do epidídimo estão dois pequenos corpúsculos pediculados, o apêndice do testículo e o apêndice do epidídimo (Fig. 76.5A e B). Eles são remanescentes embrionários do ducto

paramesonéfrico (ou ducto de Müller) e do mesonefro, respectivamente. Eles podem sofrer torção e produzir sintomas que são difíceis de diferenciar da torção testicular.

Torção testicular

O testículo e o epidídimo estão usualmente fixados a seus tecidos circunjacentes. Em alguns pacientes, esta fixação pode ser insuficiente, possibilitando que estas estruturas sejam capazes de girar dentro da túnica vaginal. Isto é denominado de torção testicular e normalmente resulta em severa dor escrotal, sendo considerada uma emergência cirúrgica. A torção produz um infarto venoso inicial, seguido de uma oclusão arterial: as alterações histopatológicas que levam à gangrena ocorrem no testículo se a torção não é revertida dentro de 4-6 horas. A fertilidade pode ser afetada por um episódio de torção. Outras estruturas podem também girar dentro do escroto, por exemplo o apêndice testicular (outrora denominado de hidátide de Morgagni) e o apêndice do epidídimo: a torção dessas estruturas também pode resultar em dor escrotal.

Subfertilidade masculina

Aproximadamente um em cada sete casais encontrará dificuldade na concepção; em aproximadamente 10% desses casais, a causa de sua subfertilidade será desconhecida; em 50% desses casais, a razão será devida a fatores masculinos. A análise do sêmen pode demonstrar diversas anormalidades, desde a ausência completa de espermatozoides no ejaculado (azospermia) até baixa quantidade de espermatozoides (oligozoospermia).

As causas da azospermia são extensas, mas podem ser classificadas em causas obstrutivas (raras) ou insuficiência testicular. Ocasionalmente, a espermatogênese pode ser impedida em um ponto específico do desenvolvimento, uma condição conhecida como falha na maturação.

A insuficiência testicular é usualmente de origem testicular, pode ter uma etiologia genética fundamental ou pode ocorrer de maneira secundária em decorrência de uma lesão ao testículo, tal como ocorre após radioterapia, torção, trauma no testículo ou testículo não descido. A insuficiência testicular que resulta dessas condições pode ainda estar associada a um aumento no FSH ou LH hipofisários (hipogonadismo hipergonadotrófico). Raramente, a insuficiência testicular pode ser caracterizada por uma gama de achados histopatológicos, desde a síndrome das células de Sertoli (Fig. 76.12) a vários graus de hipospermatogênese. O esperma testicular pode ser extraído de alguns homens e injetado nos ovócitos de suas parceiras, processo conhecido como injeção intracitoplasmática de esperma (IICE).

EPIDÍDIMO

O epidídimo se localiza posterior e ligeiramente lateralmente ao testículo, com o canal deferente localizado ao longo de sua face medial (Fig. 76.5A e B). O epidídimo apresenta uma cabeça expandida (*globus major*) superiormente, um corpo e uma cauda (*globus minor*). O epidídimo é revestido pela túnica vaginal, não tão intimamente justaposta como no testículo, com excessão de sua margem posterior. Lateralmente, existe um sulco profundo entre o epidídimo e o testículo, o seio do epidídimo. O canal deferente sobe a partir da cauda do epidídimo, indo até o anel inguinal profundo, no interior do funículo espermático (veja adiante).

Estrutura microscópica

A espermatogênese ocorre nas partes altamente contorcidas dos túbulos seminíferos. À medida que estes últimos atingem os ápices dos lóbulos em direção ao mediastino, tornam-se menos contorcidos e formam os curtos túbulos retos, revestidos por um epitélio cuboide, sem a presença de células espermatogênicas. Os túbulos retos penetram no tecido fibroso do mediastino do testículo e desembocam em uma rede fechada de tubos anastomosados revestidos por epitélio achatado, a rede do testículo. Na extremidade superior do mediastino, 12-20 dúctulos eferentes (ou túbulos eferentes) perfuram a túnica albugínea e saem do testículo em direção ao epidídimo. Os dúctulos eferentes são revestidos por epitélio pseudoestratificado cilíndrico ciliado que também contém células não ciliadas mais curtas, ativamente endocíticas. Externamente ao epitélio, os dúctulos eferentes são circundados por uma delgada túnica circular de músculo liso (Fig. 76.11).

Inicialmente, os dúctulos eferentes são retos e se tornam maiores e muito contorcidos, formando os lóbulos cônicos do epidídimo, que formam sua cabeça. Cada dúctulo lobular tem 15-20 cm de comprimento e se abre em um único ducto do epidídimo, cujas circunvoluções formam seu corpo e sua cauda. Quando essas circunvoluções são desenroladas, o tubo mede mais de seis metros e aumenta em espessura à medida que ele se aproxima da cauda do epidídimo, onde ele se torna o ducto deferente. As circunvoluções são mantidas unidas por feixes de tecido conjuntivo fibroso. No ducto do epidídimo, a musculatura é mais espessa e o epitélio

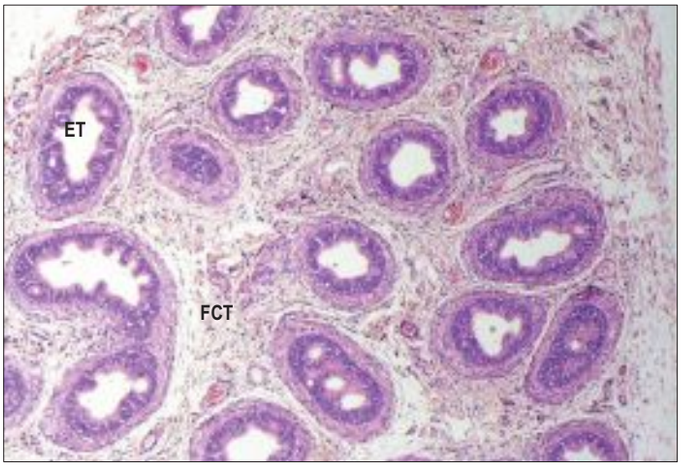


Fig. 76.11 Estrutura microscópica do epidídimo. ET, ducto epididimário; FCT, tecido conjuntivo frouxo.

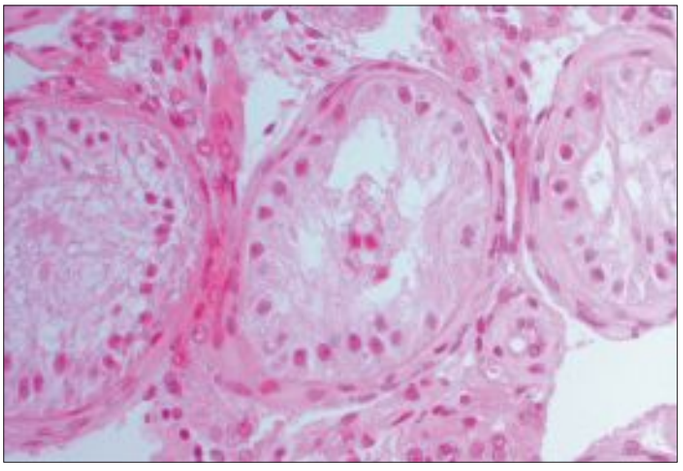


Fig. 76.12 Biópsia testicular de um paciente com azospermia mostra a síndrome das células de Sertoli. Apenas as células de Sertoli estão presentes: essa doença pode também ser causada por uma deleção no cromossoma Y.

é do tipo pseudoestratificado cilíndrico estereociliado. A musculatura sofre contrações peristálticas para propelir os espermatozoides em direção à região da cauda, onde são armazenados.

Epitélio

O epitélio contém dois principais tipos celulares, as células principais e as células basais, e as menos comuns células apicais e células claras. As células principais são células cilíndricas altas com núcleos ovais e alongados, localizados basalmente. Elas apresentam longos e regulares microvilos apicais (com 15 μm de comprimento) denominados de estereocílios, assim chamados porque inicialmente foram considerados cílios imóveis. Essas células reabsorvem o líquido das secreções testiculares: aproximadamente 90% do total são reabsorvidos no epidídimo. Elas também secretam glicoproteínas essenciais para a maturação dos espermatozoides e fazem a endocitose de vários outros componentes do líquido seminal. As células basais se localizam entre as bases das células principais e são consideradas precursoras das células principais. As células apicais têm numerosas mitocôndrias e são mais abundantes na cabeça do epidídimo. As células claras são colunares, mais numerosas na região da cauda e têm poucos microvilos, mas numerosas vesículas endocíticas e gotículas lipídicas: suas funções são desconhecidas.

DUCTO DEFERENTE, PARADÍDIMO E DUCTO EJACULATÓRIO

DUCTO DEFERENTE

O ducto deferente é a continuação distal do epidídimo e começa como um túbulo muscular na cauda do epidídimo. Ele tem 45 cm de comprimento e conduz os espermatozoides até os ductos ejaculatórios (Fig. 76.5A e B). Inicialmente muito tortuosa, a porção contorcida do ducto se torna mais

retilínea à medida que ele sobe ao longo da margem posterior do testículo, medialmente ao epidídimo. A partir da extremidade superior do testículo, ele sobe na parte posterior do funículo espermático e atravessa o canal inguinal. No anel inguinal profundo, o ducto deferente deixa o funículo, curva-se ao redor da face lateral da artéria epigástrica inferior e sobe por aproximadamente 2,5 cm anteriormente à artéria ilíaca externa. Em seguida, curva-se para trás e ligeiramente para baixo obliquamente, através dos vasos ilíacos externos para penetrar na pelve menor. Na pelve, está localizado retroperitonealmente, seguindo posterior e medialmente à artéria umbilical obliterada, nervo e vasos obturatórios e vasos vesicais. Ele cruza o ureter e curva-se acentuadamente para seguir anteromedialmente entre a face posterior da bexiga e a extremidade superior da vesícula seminal. Em seguida desce em contato com a vesícula e se aproxima gradualmente do ducto oposto, localizado entre a base da bexiga urinária e o reto, separado pela fáscia retrovesical (de Denonvillier). Na base da próstata, o ducto deferente se une ao ducto da vesícula seminal em um ângulo agudo para formar o ducto ejaculatório. O ducto deferente tem uma textura semelhante a um cordão quando manipulado, por causa de suas paredes espressas e do pequeno lúmen. Posteriormente à bexiga, este lúmen se torna dilatado e tortuoso e é denominado de ampola; além disto, onde o canal deferente se une ao ducto da glândula seminal, o calibre do lúmen se reduz novamente. Em homens com azospermia ou sem espermatozoides no ejaculado, a exploração testicular pode ser empreendida para excluir uma obstrução nos ductos.

Os ductos deferentes podem estar congenitamente ausentes, condição conhecida como aplasia vasal. Isto pode ocorrer em associação à fibrose cística: homens com ausência de ductos deferentes devem ser rastreados para as mutações da fibrose cística. Esta condição resulta em azospermia, embora a espermatogênese seja geralmente normal.

Dúctulos aberrantes

Um estreito dúctulo aberrante caudal, com fundo cego, ocorre com frequência, geralmente ligado à parte caudal do ducto epididimário ou ao início do ducto deferente. Não enovelado, ele varia em comprimento de 5 a 35 cm, pode estar dilatado próximo a sua extremidade, mas tem calibre uniforme no restante de sua extensão. Tem estrutura similar à do ducto deferente; ocasionalmente, não está ligado ao epidídimo. Um dúctulo aberrante rostral pode ocorrer na cabeça do epidídimo, ligado à rede do testículo. Dúctulos aberrantes são derivados do túbulos mesonéfricos (pág. 1305).

PARADÍDIMO

O paradídimo é uma pequena coleção de túbulos contorcidos, encontrados anteriormente no funículo espermático, acima da cabeça do epidídimo. Esses túbulos são revestidos por epitélio colunar ciliado simples e provavelmente representam os remanescentes do mesonefro (pág. 1305).

DUCTOS EJACULATÓRIOS

Os ductos ejaculatórios são formados, de cada lado, pela união do ducto da glândula seminal com a ampola do ducto deferente. Cada ducto mede quase 2 cm de comprimento, inicia-se na base da próstata e segue anteroinferiormente entre seus lobos médio e direito ou esquerdo. Eles acompanham o utrículo prostático para terminar no colículo seminal em dois orifícios semelhantes a fendas sobre a abertura do utrículo ou dentro desta. Os ductos diminuem e convergem em direção a suas extremidades. A obstrução do ducto ejaculatório é rara e pode levar à azospermia ou a uma severa oligospermia: ela pode ser causada por cistos congênitos, como cistos do ducto de Müller.

Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação

Cada ducto deferente tem sua própria artéria, usualmente derivada da artéria vesical superior. Anastomosa-se com a artéria testicular para suprir também o epidídimo e o testículo. As veias drenam os ductos deferentes e glândulas seminais para o plexo venoso pélvico. Os vasos linfáticos drenam para linfonodos ilíacos externos e internos. Os ductos deferentes são inervados por um rico plexo autônomo, composto principalmente de fibras simpáticas originárias do plexo pélvico.

Estrutura microscópica

A parede do ducto deferente possui tecido conjuntivo frouxo externamente, uma espessa túnica muscular e uma túnica mucosa interna. A túnica muscular é composta por fibras musculares lisas organizadas em camadas longitudinal externa e circular interna. Uma camada longitudinal interna adicional está presente na origem do ducto, onde ele sai da cauda do epidídimo; todas essas camadas musculares se entrelaçam. A mucosa é pregueada longitudinalmente e seu epitélio é colunar e não ciliado ao longo da maior parte do ducto. Em direção à sua extremidade distal, um epitélio colunar pseudoestratificado aparece, cujas células mais altas apresentam estereocílios imóveis (microvilos alongados), similares àqueles do epidídimo. O tecido conjuntivo da lâmina própria contém fibras elásticas (Fig. 76.13A e B).

As paredes dos ductos ejaculatórios são delgadas e contêm uma camada fibrosa externa, quase ausente além de sua entrada na próstata; uma camada delgada de fibras musculares lisas, em estratos circular externo e um longitudinal interno; e uma mucosa revestida por um epitélio colunar simples. Os ductos se dilatam durante a ejaculação.

Maturação dos espermatozoides

A maturação funcional dos espermatozoides é um processo complexo. Os espermatozoides apresentam pouca mobilidade independente enquanto ainda se encontram no trato genital masculino: quando removidos do epidídimo, eles podem apresentar movimentos circulares ou até mesmo movimentos direcionais para a frente – caso sejam extraídos da cauda do epidídimo, próximo ao início do ducto deferente. Independentemente desta mobilidade imatura, os espermatozoides são transportados através do trato genital inicialmente por meio da ação ciliar e em seguida pelas contrações

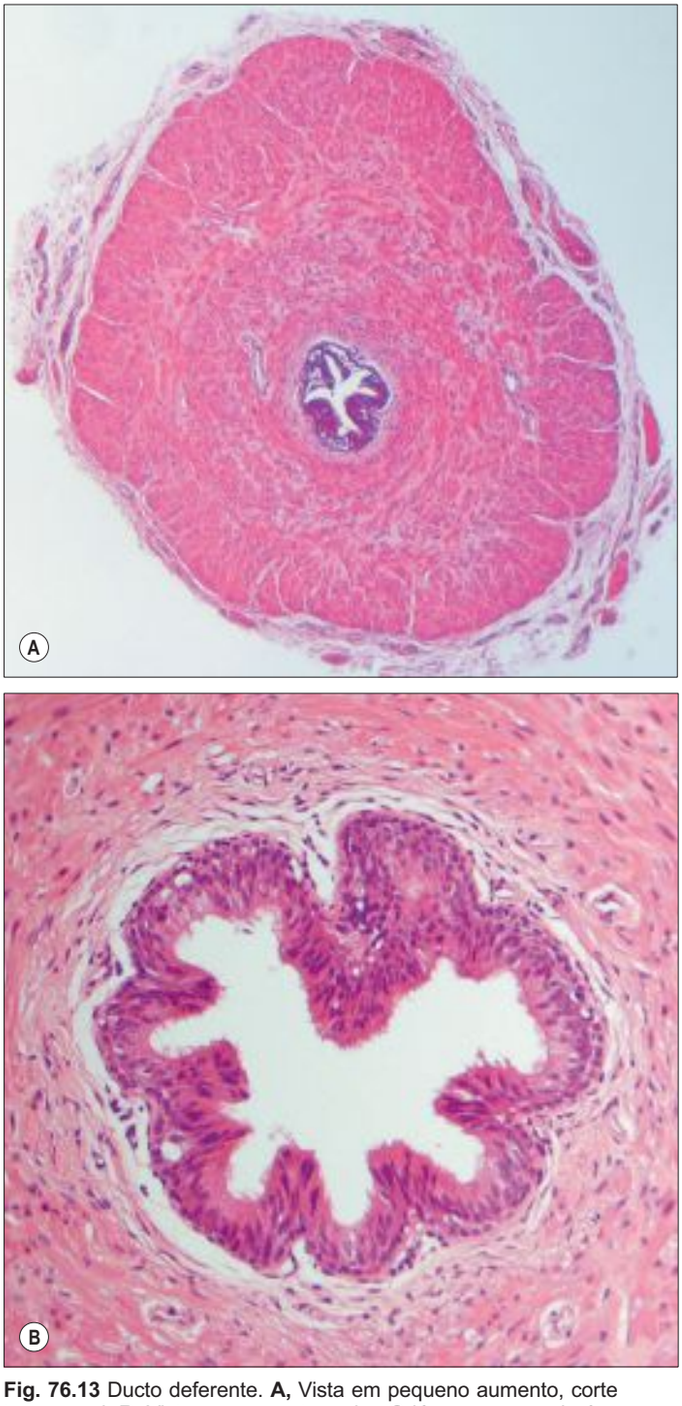


Fig. 76.13 Ducto deferente. **A,** Vista em pequeno aumento, corte transversal. **B,** Vista em aumento maior. O lúmen pregueado é revestido por um epitélio pseudoestratificado cilíndrico.

peristálticas das paredes dos ductos. Os espermatozoides humanos não sofrem quaisquer alterações estruturais demonstráveis durante sua passagem através do epidídimo, mas existem evidências de modificações bioquímicas e funcionais. Evidências observadas a partir de cirurgias restaurativas após uma vasectomia indicam que pelo menos parte do epidídimo humano é essencial para a aquisição da mobilidade madura.

ESTRUTURAS GLANDULARES ACESSÓRIAS

GLÂNDULAS SEMINAIS (VESÍCULAS SEMINAIS)

As duas glândulas seminais (ou vesículas seminais) são tubos saculados e contorcidos localizados entre a bexiga e o reto. Cada glândula tem aproximadamente 5 cm de comprimento, de formato piramidal, com a base direcionada para cima e posterolateralmente. Em essência, a glândula seminal é um tubo enovelado único com divertículos irregulares, com as circunvoluções e divertículos conectados por tecido conjuntivo fibroso. O diâmetro de cada tubo é de 3-4 mm e seu comprimento desenrolado é de 10-15 cm. O polo superior é um fundo de saco (*cul-de-sac*) e o polo inferior se estreita em um ducto reto, que se une ao ducto deferente para formar o ducto ejaculatório. A face anterior faz contato com a face posterior da bexiga e se estende desde a entrada do ureter até a base da próstata, que está intimamente localizada às glândulas seminais (Figs. 74.21, 76.14A e B). A face posterior está relacionada ao reto, do qual está separada pela fáscia própria dos órgãos pélvicos (de Denonvillier). As glândulas seminais divergem em direção superior. A cada lado, elas estão relacionadas ao canal deferente e à terminação do ureter e estão parcialmente cobertas pelo peritônio; cada uma tem uma densa bainha fibromuscular. A ampola do ducto deferente se dispõe ao longo da margem medial de cada glândula seminal e as veias do plexo venoso prostático, as quais drenam posteriormente para as veias ilíacas internas, dispõem-se lateralmente.

Suprimento vascular, drenagem linfática e inervação

As artérias para as glândulas seminais são derivadas das artérias vesical inferior e retal média. As veias e os vasos linfáticos acompanham essas artérias. A inervação das glândulas seminais e das glândulas bulbouretrais é derivada dos plexos pélvicos.

Estrutura microscópica

As glândulas seminais, juntamente com as ampolas dos ductos deferentes e os ductos ejaculatórios, formam uma unidade funcional que se desenvolve lentamente até o início da puberdade. Após a puberdade, as glândulas seminais formam estruturas saculares que contribuem com até 85% do líquido seminal, e são relacionadas principalmente com a secreção de proteínas para a coagulação do sêmen, frutose, prostaglandinas e outras proteínas específicas em um líquido alcalino, viscoso e amarelado.

A parede da glândula seminal é composta de uma camada externa de tecido conjuntivo, uma túnica muscular média de músculo liso (mais delgada que a do ducto deferente e organizada em camadas longitudinal externa e circular interna) e uma túnica mucosa interna com uma estrutura altamente pregueada e de aspecto reticulado (Fig. 76.15). O epitélio da mucosa, que varia de cuboide simples a colunar pseudoestratificado, apresenta típicas células secretoras de proteínas. As glândulas seminais não são reservatórios de espermatozoides, conforme seu nome sugere, pois os espermatozoides são armazenados principalmente no epidídimo. Elas se contraem durante a ejaculação, e sua secreção forma a maior parte do ejaculado.

GLÂNDULAS BULBOURETRAIS

As duas glândulas bulbouretrais são pequenas massas arredondadas e amareladas, um tanto lobuladas, com aproximadamente 1 cm de diâmetro. Elas se localizam lateralmente à parte membranácea da uretra, acima da membrana do períneo e do bulbo do pênis, e estão envolvidas por fibras do músculo esfíncter da uretra. O ducto excretor de cada uma, com quase 3 cm de comprimento, segue obliquamente para a frente, externamente à mucosa da parte membranácea da uretra, penetra na membrana do períneo e se abre através de um minúsculo orifício no assoalho da parte esponjosa da uretra, no bulbo do pênis, a aproximadamente 2,5 cm abaixo da membrana do períneo. Nas décadas tardais da vida, as glândulas geralmente diminuem de tamanho.

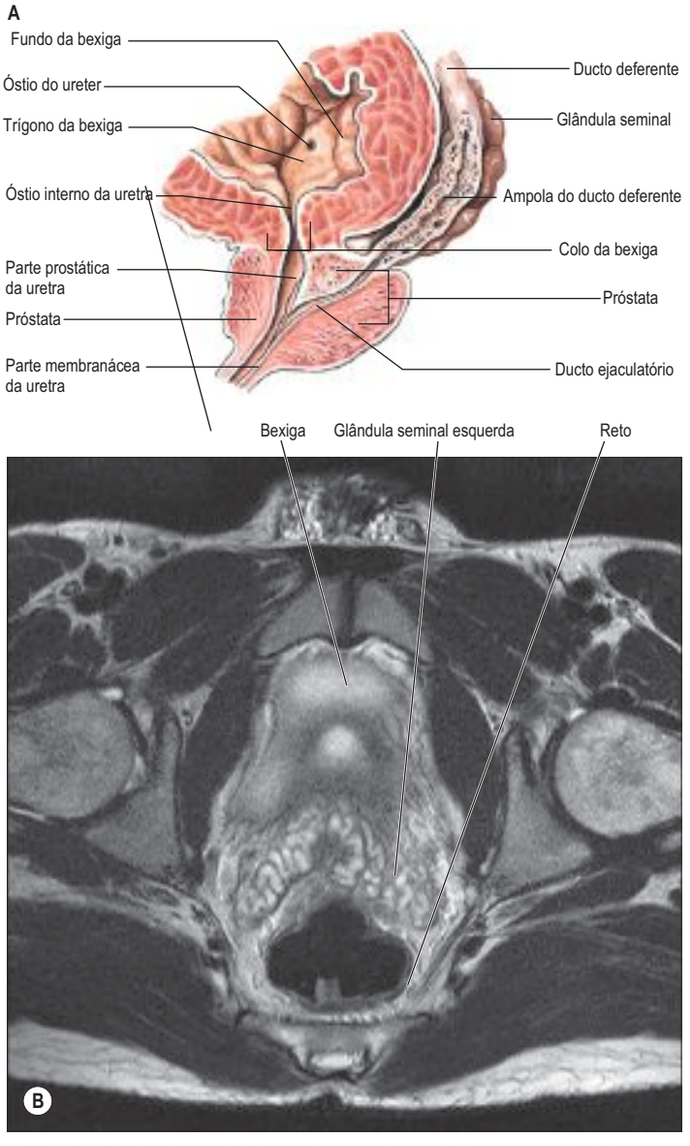


Fig. 76.14 A, Bexiga urinária, próstata, ducto deferente e glândulas seminais; corte oblíquo para expor a abertura do ducto ejaculador esquerdo na uretra. A espessura da túnica muscular da bexiga indica uma bexiga contraída e vazia. **B,** Escaneamento de uma RM axial mostra o sinal alto normal nas glândulas seminais em um escaneamento de peso T2. (De Sobotta 2006.)

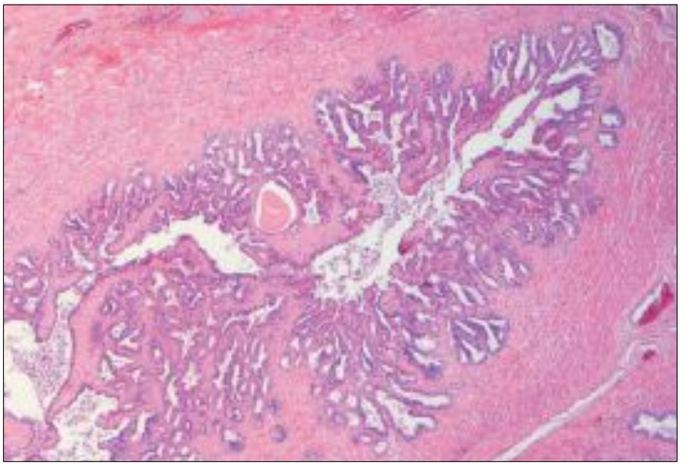


Fig. 76.15 Estrutura microscópica de uma glândula seminal mostra o pregueamento característico de sua mucosa.

Estrutura microscópica

Cada glândula bulbouretral consiste em diversos lóbulos unidos por uma cápsula fibrosa. As unidades secretoras são principalmente de formato tubular. O epitélio glandular é colunar e secreta mucinas ácidas e neutras na parte esponjosa da uretra antes da ejaculação: essas mucinas têm função lubrificante. O ducto excretor principal é revestido por um epitélio colunar estratificado. Um tecido linfoide difuso associado a mucosas (MALT) encontra-se associado às glândulas.

PÊNIS

O pênis consiste em uma raiz, fixa no períneo, e um corpo, livre e pendu-loso, completamente envolvido por pele.

Pele

A pele do pênis é delgada e frouxamente fixada à túnica albugínea. No colo da glande, ela é pregueada para formar o prepúcio, que recobre a glande irregularmente. A lâmina interna do prepúcio é confluente no colo com a delgada pele que recobre e se adere firmemente à glande, e através desta com a mucosa da uretra no óstio externo da uretra. Na face uretral da glande, uma prega mediana – o frênulo – segue da face profunda do prepúcio para a glande, imediatamente proximal ao óstio. A sensibilidade cutânea é maior na glande do pênis. O prepúcio e a glande do pênis envolvem uma fenda potencial, o saco prepucial, com duas fossas rasas flanqueando o frênulo (Fig. 76.16).

Raiz

A raiz do pênis consiste em três massas de tecido erétil no triângulo urogenital, isto é, os dois ramos e o bulbo do pênis, firmemente fixados ao arco do púbis e à membrana do períneo, respectivamente. Os ramos são as extremidades posteriores dos corpos cavernosos, e o bulbo é a extremidade posterior dilatada do corpo esponjoso.

Cada ramo do pênis se inicia por trás, como uma estrutura abaulada e alongada, porém arredondada, firmemente fixada na margem evertida do ramo isquiopúbico e coberta pelo músculo isquiocavernoso (Fig. 76.17). Anteriormente, converge em direção ao ramo contralateral e é ligeiramente aumentado posteriormente a isto. Próximo da margem inferior da sínfise púbica, os dois ramos se aproximam e se continuam como os corpos cavernosos do corpo do pênis.

O bulbo do pênis se localiza entre os ramos e está firmemente unido à face inferior da membrana do períneo, da qual ele recebe um revestimento fibroso (Figs. 76.16D e 76.17). De formato oval em corte transversal, o bulbo se estreita anteriormente para o interior do corpo esponjoso, ponto no qual se curva para baixo e para a frente. Sua face convexa é recoberta pelo músculo bulboesponjoso e sua face profunda achatada é perfurada pela uretra, que o atravessa para alcançar o corpo esponjoso.

Corpo

O corpo principal do pênis consiste em três massas de tecido erétil, os corpos cavernosos direito e esquerdo e o corpo esponjoso, de posição mediana, os quais são continuações dos ramos e do bulbo do pênis, respectivamente (Fig. 76.17A e 76.18A e B). Eles se ingurgitam com sangue durante a ereção do pênis (Fig. 76.19A). O pênis é cilíndrico quando

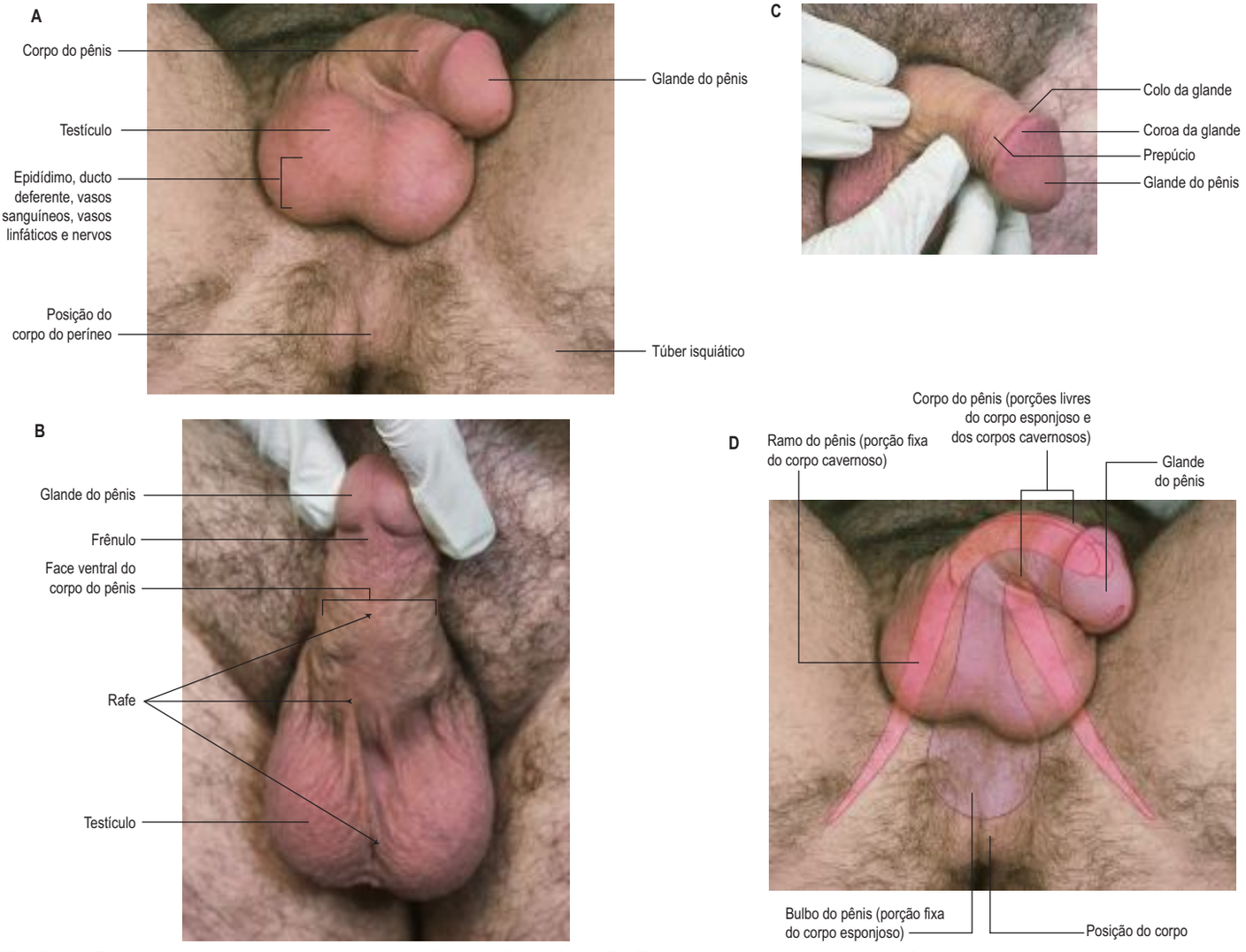


Fig. 76.16 Estruturas no triângulo urogenital masculino. **A,** Vista inferior. **B,** Face ventral do corpo do pênis. **C,** Vista lateral do corpo do pênis e da glande. **D,** Vista inferior do triângulo urogenital masculino com os tecidos eréteis do pênis indicados com sobreposições. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

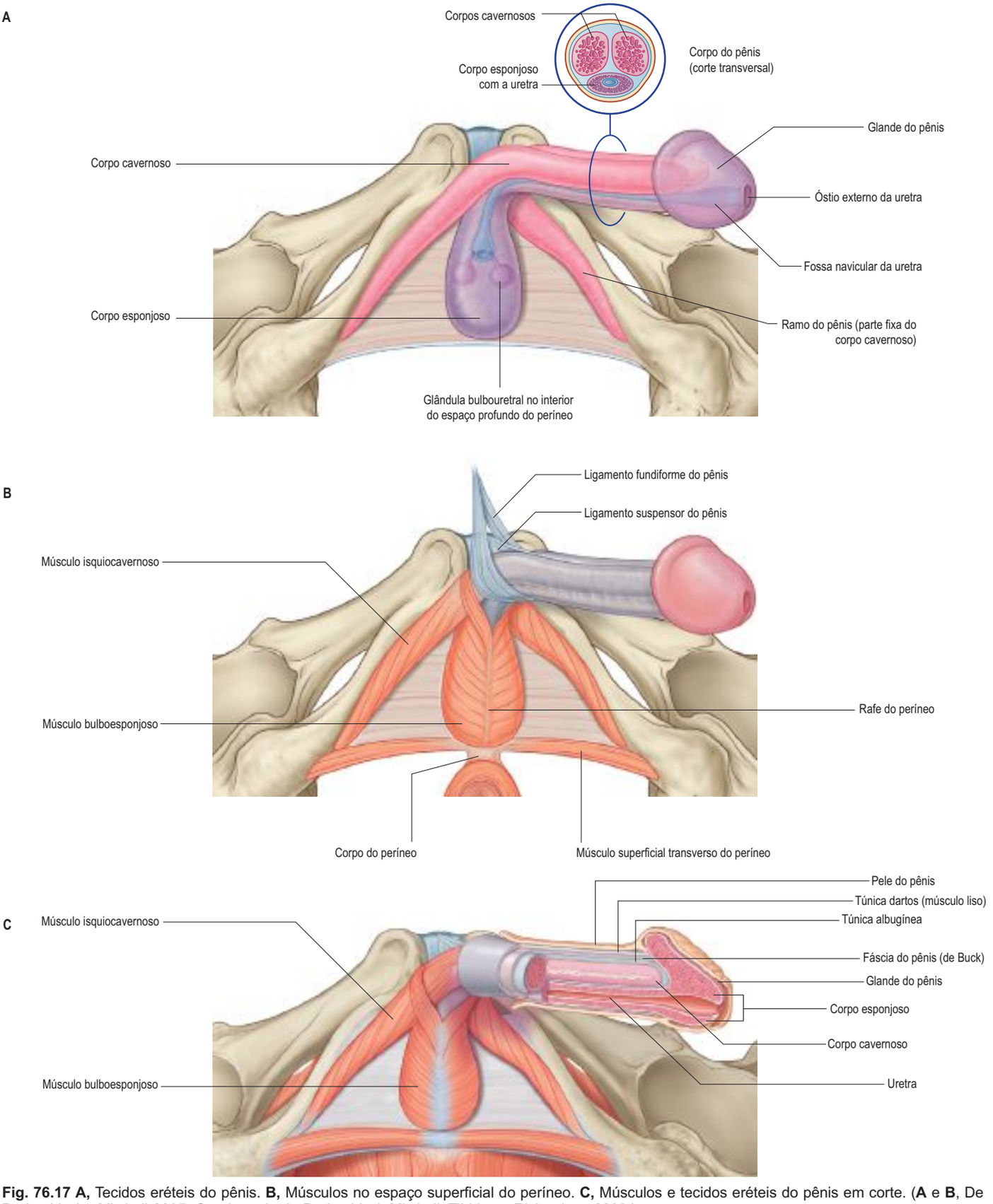


Fig. 76.17 A, Tecidos eréteis do pênis. **B,** Músculos no espaço superficial do períneo. **C,** Músculos e tecidos eréteis do pênis em corte. (**A** e **B**, De Drake, Vogl e Mitchell 2005; **C**, adaptado de Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

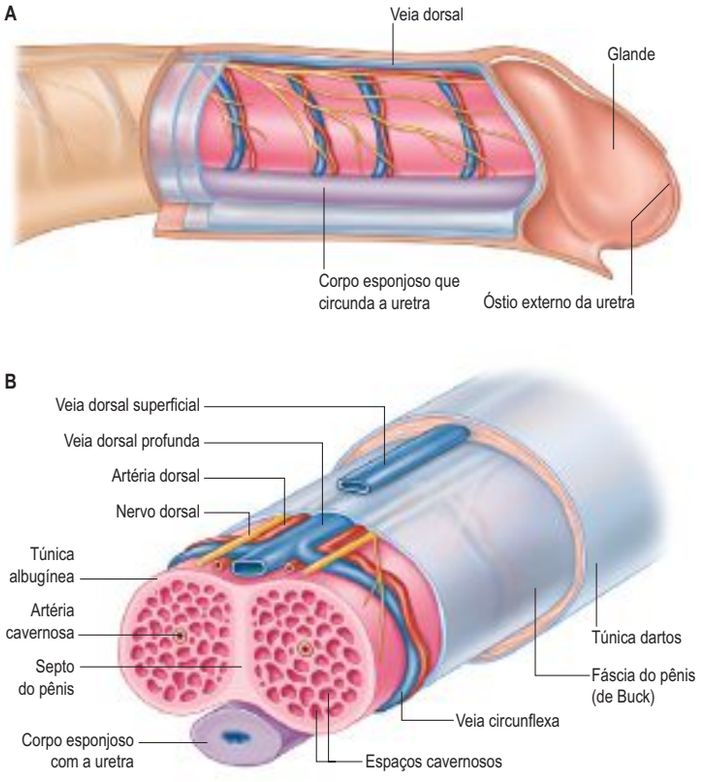


Fig. 76.18 A, Camadas do pênis e estruturas principais. **B,** Corte transversal do corpo do pênis.

flácido, mas se torna triangular quando ereto. A face posterossuperior durante a ereção é denominada de dorso do pênis, e a face oposta é a face ventral.

Corpos cavernosos

Os corpos cavernosos formam a maior parte do corpo do pênis. Eles compartilham um envoltório fibroso comum, a túnica albugínea, estão em íntima aposição ao longo de toda a sua extensão, e são separados por um septo fibroso mediano. Na face uretral, sua massa combinada apresenta um amplo sulco mediano contíguo ao corpo esponjoso (Figs. 76.17-76.19); dorsalmente, um sulco similar, porém mais estreito, contém o feixe neurovascular dorsal. Os corpos cavernosos terminam distalmente numa face proximal da glande do pênis, num cone arredondado, no qual cada um possui uma pequena projeção terminal (Fig. 76.16D).

A resistente túnica albugínea fibrosa consiste em estratos superficial e profundo. As fibras superficiais seguem longitudinalmente e formam um tubo único que circunda ambos os corpos cavernosos, enquanto as fibras profundas estão circularmente organizadas e circundam cada corpo cavernoso separadamente. As fibras profundas se unem para formar o septo mediano do pênis, que é espesso e proximalmente completo, de modo que os corpos cavernosos possam estar separados proximalmente por 5-7 cm. Distalmente, o septo mediano consiste em uma série de faixas pectiniformes (semelhante a uma colmeia), o septo pectiniforme, que é incompleto e permite a circulação cruzada de sangue entre os dois corpos cavernosos.

Corpo esponjoso

O corpo esponjoso do pênis é atravessado pela uretra (Figs. 76.17A, 76.18B, e 76.19) e se encontra adjacente ao sulco mediano na face uretral dos corpos cavernosos unidos. Ele é cilíndrico, afilando-se ligeiramente em direção distal, e circundado pela túnica albugínea. Próximo à extremidade do pênis, ele se expande na glande do pênis, que se projeta dorsalmente sobre as projeções terminais dos corpos cavernosos, e tem uma superfície côncava rasa onde eles estão fixados. A coroa da glande se projeta de sua base e se sobrepõe ao colo da glande obliquamente sulcado. Numerosas pequenas glândulas prepuciais na coroa e no colo da glande secretam o esmegma, uma secreção sebácea. A fossa navicular da uretra encontra-se na glande e se abre através de uma fenda sagital em seu ápice ou próximo a ele.

Fáscia superficial do pênis

A fáscia superficial do pênis é desprovida de gordura e consiste em tecido conjuntivo frouxo, invadido por fibras musculares da túnica dartos provenientes do escroto. Sob o ponto de vista clínico, ela é comumente referida como a túnica dartos do pênis. Como na região suprapúbica da parede abdominal, a lâmina mais profunda é condensada para formar uma distinta bainha resistente, a fáscia do pênis (de Buck) (Fig. 76.18B). Ela circunda ambos os corpos cavernosos e se divide para envolver o corpo esponjoso, separando as veias dorsais superficial e profunda. No colo do pênis, ela se funde com o revestimento fibroso de todos os três corpos de tecido erétil. Proximalmente, ela é contínua com o músculo dartos e com a fáscia que reveste a região urogenital do períneo (pág. 1094).

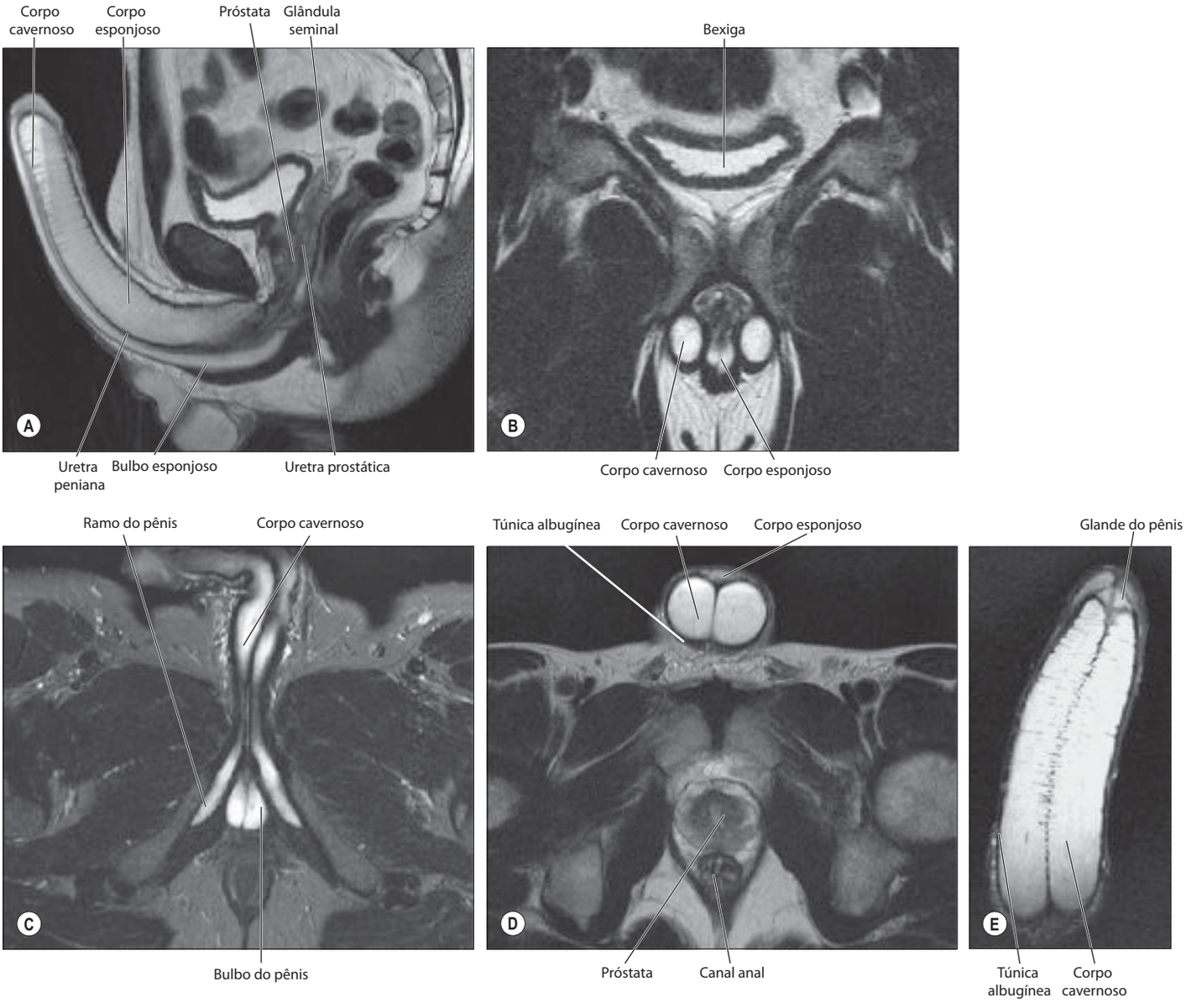


Fig. 76.19 A e **B,** Escaneamento em RM do pênis mostra os corpos cavernosos e o corpo esponjoso. Observe o corpo esponjoso insinuando-se posteriormente para o bulbo esponjoso. **C,** RM mostra o bulbo do pênis e a fixação da porção posterior dos corpos cavernosos, os pilares. **D** e **E,** RM do pênis mostra a túnica albugínea.

Ligamentos suspensores do pênis

O corpo do pênis é sustentado por dois ligamentos, os ligamentos fundiforme e suspensor, contínuos com sua fáscia e consistem principalmente em fibras elásticas (Fig. 76.17B). O ligamento fundiforme se origina da parte mais inferior da linha alba e se divide em duas lamelas que acompanham o pênis e se unem abaixo com o septo do escroto. O ligamento suspensor triangular, profundo ao ligamento fundiforme está preso superiormente, na frente da sínfise púbica, e se funde inferiormente, de cada lado, com a fáscia do pênis. Uma lesão no ligamento suspensor pode ocorrer após um trauma e resulta em angulação ventral do corpo do pênis.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artéria perineal

A artéria perineal (Fig. 76.20) se origina da artéria pudenda interna próximo à extremidade anterior do canal pudendo e se aproxima do escroto na região superficial do períneo, entre os músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso. Além da membrana do períneo e próximo à sua base, um pequeno ramo transverso segue medialmente, inferior ao músculo superficial transverso do períneo, para se anastomosar com seu homônimo contralateral e com as artérias escrotal posterior e retal inferior; esses vasos irrigam os tecidos entre o ânus e o bulbo do pênis. As artérias escrotais posteriores, distribuídas para a pele do escroto, a túnica dartos e os músculos do períneo, são geralmente ramos terminais da artéria do períneo e podem também se originar de seu ramo transverso.

Artéria do bulbo do pênis

A artéria do bulbo do pênis é curta, porém larga, e segue medialmente através do músculo transverso profundo do períneo até o bulbo do pênis, onde ela penetra (Fig. 76.20) e irriga o corpo esponjoso e a glândula bulbouretral.

Artéria profunda do pênis (artéria cavernosa)

A artéria profunda do pênis é um ramo terminal da artéria pudenda interna (Fig. 76.20). Ela segue através da membrana do períneo, entra de cada lado no ramo do pênis e segue pela extensão do corpo cavernoso, irrigando o tecido erétil. Dentro de cada corpo cavernoso, as artérias profundas do pênis se dividem em ramos que terminam diretamente em redes capilares que se abrem nos espaços cavernosos ou se tornam contorcidas e um pouco dilatadas, caracterizando-se como artéria helicinas, que também se abrem nos espaços cavernosos. As artérias helicinas são mais abundantes nas regiões posteriores dos corpos cavernosos.

Artéria dorsal do pênis

A artéria dorsal do pênis é o outro ramo terminal da artéria pudenda interna (Figs. 76.20 e 76.21). Ela segue entre o ramo do pênis e a sínfise púbica, em seguida perfura o ligamento suspensor do pênis para seguir ao longo de seu dorso até a glande, onde se bifurca em ramos para a glande e o prepúcio. No pênis, ela se encontra abaixo da fáscia do pênis, entre o nervo dorsal do pênis e a veia dorsal profunda; esta última localiza-se mais medialmente. Ela irriga a pele do pênis através de ramos que seguem pela túnica dartos. Ela dá origem a ramos circunflexos que seguem lateralmente

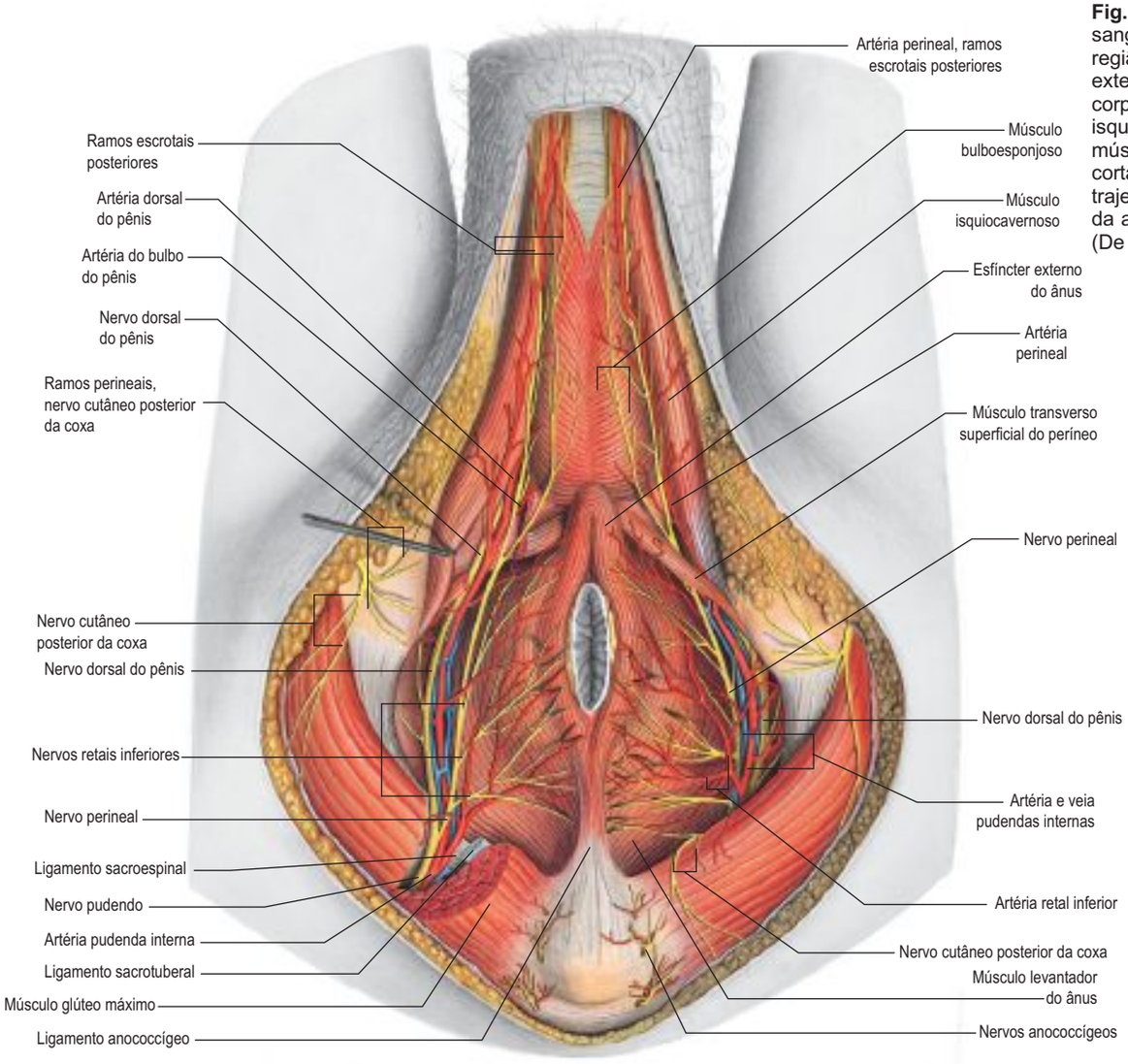


Fig. 76.20 Vasos sanguíneos e nervos da região do períneo e genitália externa no homem adulto. O corpo adiposo da fossa isquioanal foi removido e o músculo glúteo máximo foi cortado a fim de expor o trajeto do nervo pudendo e da artéria pudenda interna. (De Sobotta 2006.)

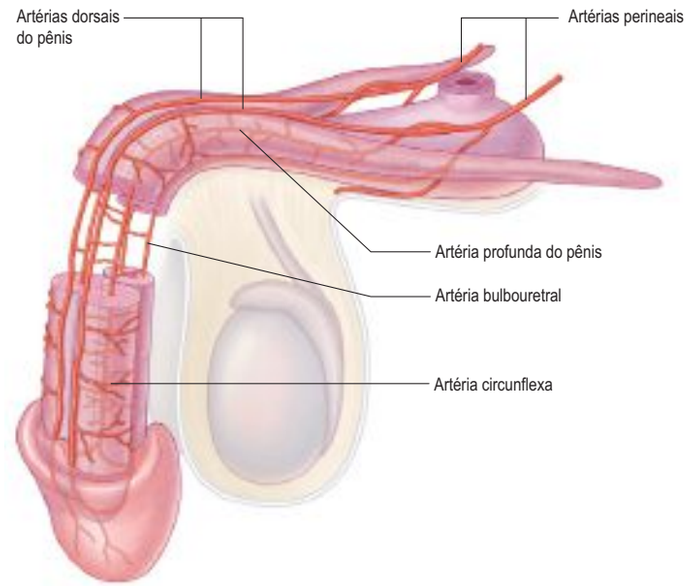


Fig. 76.21 Suprimento sanguíneo arterial do corpo do pênis.

pelo corpo do pênis, primeiro abaixo da fáscia do pênis e depois dentro desta fáscia para suprir a túnica albugínea dos corpos cavernosos, e se anastomosa através da túnica com o sistema cavernoso; esses ramos também suprem o corpo esponjoso.

Veias dorsais do pênis

As veias que drenam os corpos cavernosos emergem destes e seguem obliquamente pela túnica albugínea por uma série de pequenos vasos chamados veias subtunicais. Estas drenam para as veias circunflexas (Fig. 76.22), que seguem circunferencialmente ao redor do corpo do pênis a partir de sua face ventral, onde elas recebem tributárias originárias do corpo esponjoso, até sua face dorsal, onde drenam para a veia dorsal profunda do pênis. As veias dorsais, superficial e profunda, são ímpares. A veia dorsal superficial drena o prepúcio e a pele do pênis, corre para trás no tecido subcutâneo e se inclina para a direita ou para a esquerda antes de se abrir em uma das veias pudendas externas. A veia dorsal profunda se localiza abaixo da fáscia do pênis, recebe sangue proveniente da glande e dos corpos cavernosos do pênis e segue para trás, na linha mediana entre as artérias dorsais pares; próximo da raiz do pênis, ela passa profundamente ao ligamento suspensor, e através de uma abertura entre o ligamento arqueado do púbis e a margem anterior da membrana do períneo, divide-se em ramos direito e esquerdo, que se unem, abaixo da sínfise púbica, com as veias pudendas internas e finalmente entram no plexo prostático.

Drenagem linfática

A pele do pênis e do períneo é drenada por vasos linfáticos que acompanham os vasos sanguíneos pudendos externos até os linfonodos inguinais superficiais. Os vasos linfáticos advindos da glande seguem para os linfonodos inguinais profundos e ilíacos externos. Os vasos linfáticos derivados do tecido erétil e da uretra peniana seguem para os linfonodos ilíacos internos.

Inervação

Os nervos para os corpos cavernosos consistem principalmente nos nervos cavernosos do pênis, que se originam do plexo pélvico e contêm componentes tanto simpáticos como parassimpáticos (Fig. 76.23). Os nervos cavernosos do pênis perfuram a bainha fibrosa do pênis proximalmente

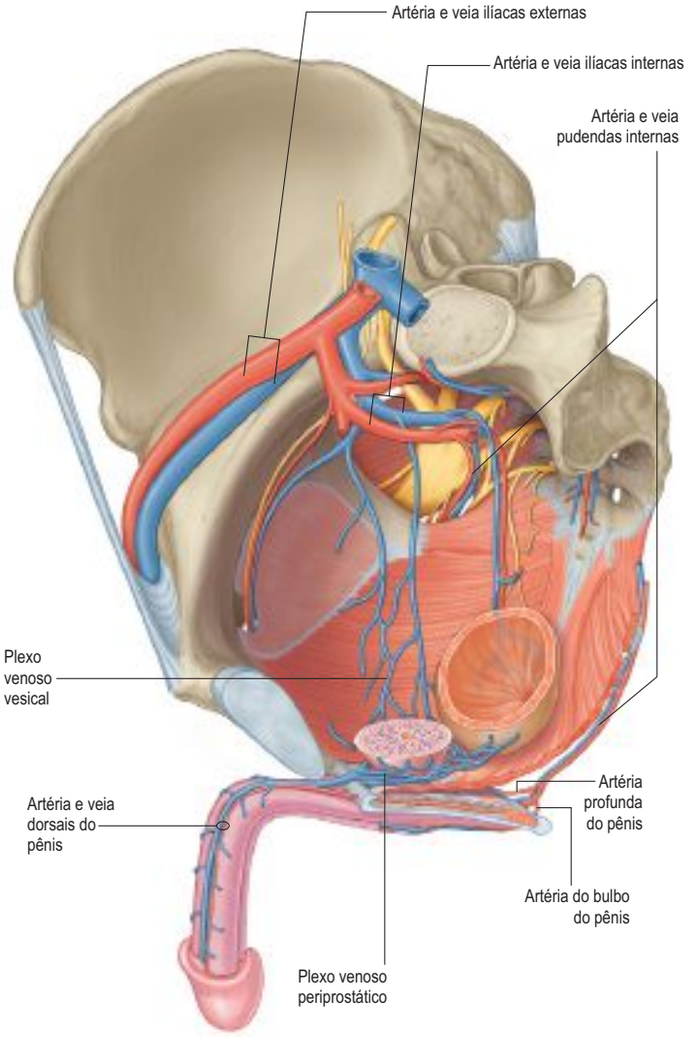


Fig. 76.22 Vasos perineais. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

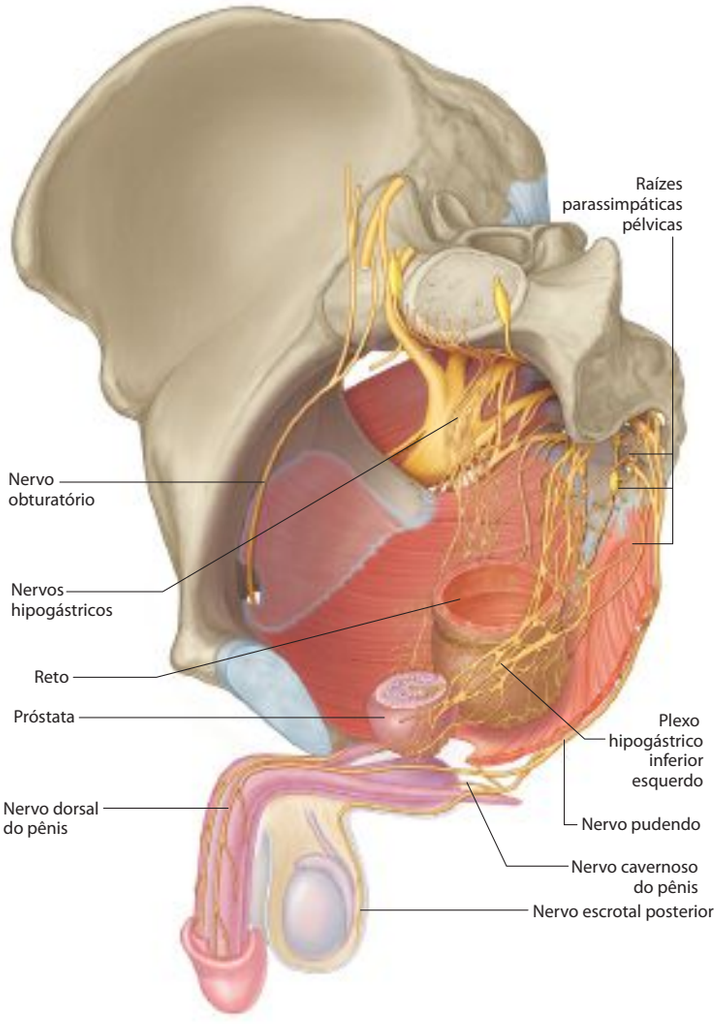


Fig. 76.23 O suprimento nervoso do pênis. Os corpos cavernosos do pênis recebem inervação tanto parassimpática como simpática a partir dos nervos cavernosos. As fibras aferentes originárias da glande seguem pelos nervos dorsais do pênis e pelo nervo pudendo. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

para inervar o tecido erétil do corpo esponjoso e a uretra do pênis. Durante seu trajeto, seguem posterolateralmente até o ápice da próstata. O suprimento simpático para os órgãos genitais masculinos é derivado dos segmentos T11-L2 da medula espinal: sua estimulação produz vasoconstrição, contração das glândulas seminais e da próstata e a emissão do sêmen. As fibras parassimpáticas são derivadas dos segmentos S2-S4 da medula espinal através dos plexos pélvicos: sua estimulação produz vasodilatação.

O principal nervo sensitivo do pênis é o nervo dorsal do pênis. Na glande e no bulbo do pênis, alguns filamentos cutâneos se unem com corpúsculos lamelados. Fibras aferentes vindas da glande do pênis e da pele perigenital seguem do nervo pudendo para a medula espinal.

Estrutura microscópica

As faces internas das bainhas fibrosas dos corpos cavernosos e seu septo dão origem a numerosas trabéculas que cruzam os corpos cavernosos em todas as direções, dividem-nos em uma série de espaços cavernosos e lhes dão uma aparência esponjosa. As trabéculas são compostas de fibras colágenas e elásticas e tecido muscular liso, e contêm numerosos vasos e nervos. Os espaços cavernosos são revestidos por um endotélio similar ao dos vasos sanguíneos. Os espaços encontram-se vazios no estado flácido, mas se tornam preenchidos com sangue durante a ereção. A túnica albugínea fibrosa do corpo esponjoso é mais delgada, mais branca e mais elástica que a dos corpos cavernosos. Ela é formada parcialmente de células musculares lisas: uma lâmina do mesmo tecido circunda o epitélio da uretra e as glândulas parauretrais.

EREÇÃO E EJACULAÇÃO

A ereção do pênis é um processo neurovascular. Os músculos isquiocavernosos e bulboesponjoso podem contribuir para sua rigidez máxima, embora o processo principal seja iniciado através do relaxamento da musculatura lisa dos corpos cavernosos. O estímulo sexual leva a um rápido influxo de sangue a partir das artérias helicinas após o relaxamento da musculatura lisa dos corpos cavernosos. Esse influxo de sangue preenche os espaços cavernosos e leva à tumescência. A distensão resultante converte a tumescência em ereção através da compressão exercida sobre as veias dorsais do pênis, que drenam o tecido erétil, consequentemente obstruindo-as. Esse mecanismo é conhecido como mecanismo veno-oclusivo. O músculo liso dos corpos cavernosos relaxa em resposta a diversos neurotransmissores secretados por nervos parassimpáticos e pelo endotélio. O neurotransmissor mais importante que inicia a ereção do pênis parece ser o óxido nítrico, produzido principalmente por nervos não adrenérgicos e não colinérgicos no interior do pênis e que atua através de seu segundo mensageiro, o AMP cíclico (AMPc).

A contínua estimulação cutânea da glande e do frênulo contribui significativamente para manutenção da ereção e início do orgasmo e da ejaculação. Dessa forma, a ereção é dependente de uma resposta psicogênica normal à estimulação, nervos parassimpáticos intactos, musculatura lisa dos corpos cavernosos capaz de relaxamento, artérias capazes de liberar o sangue em um volume adequado e um sistema venoso normal. Após a ejaculação, o processo acima é invertido: a contração do músculo liso em resposta à estimulação simpática leva à detumescência do pênis.

A ejaculação consiste em dois processos, a emissão e a ejaculação. A emissão é a liberação, sob controle simpático, do líquido seminal originário dos ductos deferentes, da próstata e das glândulas seminais para o interior da parte prostática da uretra. A ejaculação é a expulsão do líquido seminal da uretra prostática para o meio externo, um fenômeno que possui componentes autônomos e somáticos. A primeira parte discernível do processo é a contração do músculo bulboesponjoso, que se contrai cerca de seis vezes sob controle somático. A maneira na qual o líquido seminal atravessa o esfíncter externo da uretra para entrar na uretra bulbar não está clara, embora se saiba estar sob controle autônomo. Estipula-se que o ejaculado apareça no meato externo entre a segunda contração e a contração final do músculo bulboesponjoso. Em alguns homens mais jovens, a ejaculação pode ser pulsátil.

Motilidade dos espermatozoides

Atualmente aceita-se que a cauda do espermatozoide execute movimentos ondulatórios em apenas um plano. Entretanto, tem sido sugerido que um componente helicoidal esteja sobreposto a esses movimentos, e que existem talvez dois mecanismos saparados responsáveis pela motilidade dos espermatozoides: um que envolve ondas planas que seguem ao longo da cauda, e outro associado a uma atividade de torção, movimento que tem sido associado ao tamanho e à distribuição desiguais das fibras densas, e à assimetria da cabeça do espermatozoide. O par central de microtúbulos pode atuar como enrijecedores axiais.

Tão logo tenham sido ejaculados, os espermatozoides apresentam seu padrão completo de motilidade. Os fatores que disparam esses movimentos ainda não estão claros: os outros constituintes do sêmen, derivados dos testículos, dos epidídimos, das glândulas seminais e da próstata, podem exercer influência ativadora. Os espermatozoides podem ser coletados em um estado de mobilidade no muco cervical humano vários dias após uma inseminação e podem sobreviver nesta condição por até sete dias quando implantados nestas secreções *in vitro*. Em vista da velocidade com a qual os espermatozoides atingem o infundíbulo da tuba uterina e a brevidade de seu poder fertilizador, esses períodos de sobrevivência podem ser de pouco significado. Os espermatozoides podem atingir seu destino tubário em questão de minutos após a ejaculação em alguns mamíferos: experimentos em úteros e tubas uterinas humanos recentemente excisados indicam um período de aproximadamente 70 minutos. A conclusão pode ser que fatores diferentes daqueles de sua própria motilidade (1,5-3,0 mm/minuto) sejam responsáveis pelo transporte de espermatozoides de seu local de deposição, no fórnice vaginal, até a extremidade ovariana da tuba uterina. Existem ainda evidências consideráveis de que a contração das musculaturas uterina e tubária seja responsável por esse transporte.

Capacitação

Após a ejaculação no trato genital feminino, os espermatozoides entram em sua etapa final de maturação, processo conhecido como capacitação. Isto normalmente requer sua exposição às secreções da tuba uterina: um espermatozoide é incapaz de penetrar a coroa radiada para fertilizar um ovócito, até que ele esteja no interior do trato genital feminino por um determinado período de tempo, normalmente algumas horas.

DISFUNÇÃO ERÉTIL E PRIAPISMO

A falha em atingir a tumescência com uma estimulação adequada é denominada de disfunção erétil. O mecanismo de ereção é complexo: a falha em quaisquer dos componentes previamente mencionados pode levar à disfunção erétil. As causas mais comuns incluem distúrbios psicogênicos, com falha em relaxar a musculatura lisa dos corpos cavernosos; insuficiência arterial como resultado de doença ateromatosa; e lesão do sistema nervoso parassimpático, consequência secundária do diabetes, ou após uma cirurgia pélvica, tal como prostatectomia radical, cistectomia radical ou ressecção intestinal. A farmacoterapia via oral é direcionada em atingir o relaxamento da musculatura lisa dos corpos cavernosos através do aumento dos efeitos do GMP cíclico.

Alguns homens são propensos a desenvolver uma ereção que falha em ceder após a ejaculação, e isto é denominado de priapismo, que pode ser de alto fluxo ou de baixo fluxo; a última condição é mais comum. O priapismo de baixo fluxo pode ocorrer espontaneamente, mas é também observado em doenças como anemia falciforme ou leucemia, ou como resultado de injeção de drogas, como a prostaglandina E1 intracavernosa, diretamente no pênis em homens com disfunção erétil. O priapismo pode levar à isquemia do músculo liso dos corpos cavernosos, o que causa dor no pênis e resultará em disfunção erétil caso não seja devidamente tratado. O priapismo de alto fluxo, onde sangue demais entra no pênis, é usualmente consequência de uma ligação anormal ou fístula entre as artérias cavernosas e os espaços cavernosos.

A doença de Peyronie pode resultar em uma dobra no pênis ereto que mais comumente se apresenta como uma curvatura que resulta de um espessamento localizado ou placa no interior dos corpos cavernosos, o que impede a expansão de um segmento durante uma ereção. O câncer de pênis é uma rara doença maligna, e geralmente se apresenta com uma massa ou ulceração do pênis. O escaneamento por RM pode ser usado no planejamento pré-operatório da doença de Peyronie e para o estagiamento local do câncer de pênis (Fig. 76.19).

REFERÊNCIAS

Mundy AR 2004 Male sexual function. In: The Scientific Basis of Urology. London: Taylor and Francis.

Serhal P, Overton C 2004 Clinical assessment and management of the infertile man. In: Good Clinical Practice in Assisted Reproduction. Cambridge: Cambridge University Press.

Walsh PC 2007 Campbell–Walsh Urology, 9th edn. Edinburgh: Elsevier.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 77

Sistema genital feminino

O sistema genital feminino consiste no trato genital inferior (vulva e vagina) e no trato genital superior (útero e cérvice, com as tubas uterinas (trompas de Falópio) e ovários associados).

TRATO GENITAL INFERIOR

VULVA

A genitália externa feminina, ou vulva, inclui o monte pubiano, os lábios maiores (grandes lábios), os lábios menores (pequenos lábios), o clitóris, o vestíbulo, o bulbo vestibular e as glândulas vestibulares maiores (Fig. 77.1A-D).

Monte pubiano

O monte pubiano é a área arredondada de pele, coberta de pelos, sobre a sínfise púbica e o osso púbis adjacente. Ele é formado por uma massa de tecido adiposo subcutâneo. Antes da puberdade, o monte pubiano é relativamente plano e os lábios menores são mal formados. Durante a adolescência, grossos pelos se formam sobre o monte pubiano, e os lábios maiores e os lábios menores se tornam mais proeminentes e semelhantes a abas. Em adultos, a cobertura de pelos grossos do monte pubiano está usualmente delimitada acima por um limite horizontal; nos homens, existe uma continuação dos pelos púbicos até o umbigo. Após a menopausa, os pelos púbicos se tornam mais delgados e o tecido labial se atrofia levemente.

Lábios maiores

Os lábios maiores são duas proeminentes pregas longitudinais de pele que se estendem para trás, do monte pubiano até o períneo (Fig. 77.1B). Eles formam os limites laterais da vulva. Cada lábio tem uma superfície externa pigmentada coberta com pelos e uma superfície interna lisa e rosada, com grandes glândulas sebáceas. Entre essas superfícies existem tecido conjuntivo frouxo e tecido adiposo, misturados a músculo liso (semelhante à musculatura dartos da bolsa escrotal), vasos, nervos e glândulas. O ligamento redondo do útero pode terminar no tecido adiposo e na pele na parte anterior do lábio. Um processo vaginal persistente e uma hérnia inguinal congênita também podem atingir um lábio. Os lábios são mais espessos anteriormente, onde eles se unem para formar a comissura anterior. Posteriormente eles não se unem, mas, em vez disso, fundem-se com a pele adjacente e terminam próximo e quase paralelamente um ao outro. A pele que faz a conexão entre eles posteriormente forma uma crista, a comissura posterior, que se sobrepõe ao corpo perineal e é o limite posterior da vulva. A distância entre esta e o ânus é de 2,5-3 cm e é denominada de "períneo" ginecológico.

Lábios menores

Os lábios menores são duas pequenas pregas cutâneas, desprovidas de gordura, que se encontram entre os lábios maiores. Eles se estendem lateralmente a partir do clitóris, obliquamente para baixo e para trás, flanqueando o orifício vaginal. Anteriormente, cada lábio menor se bifurca. A

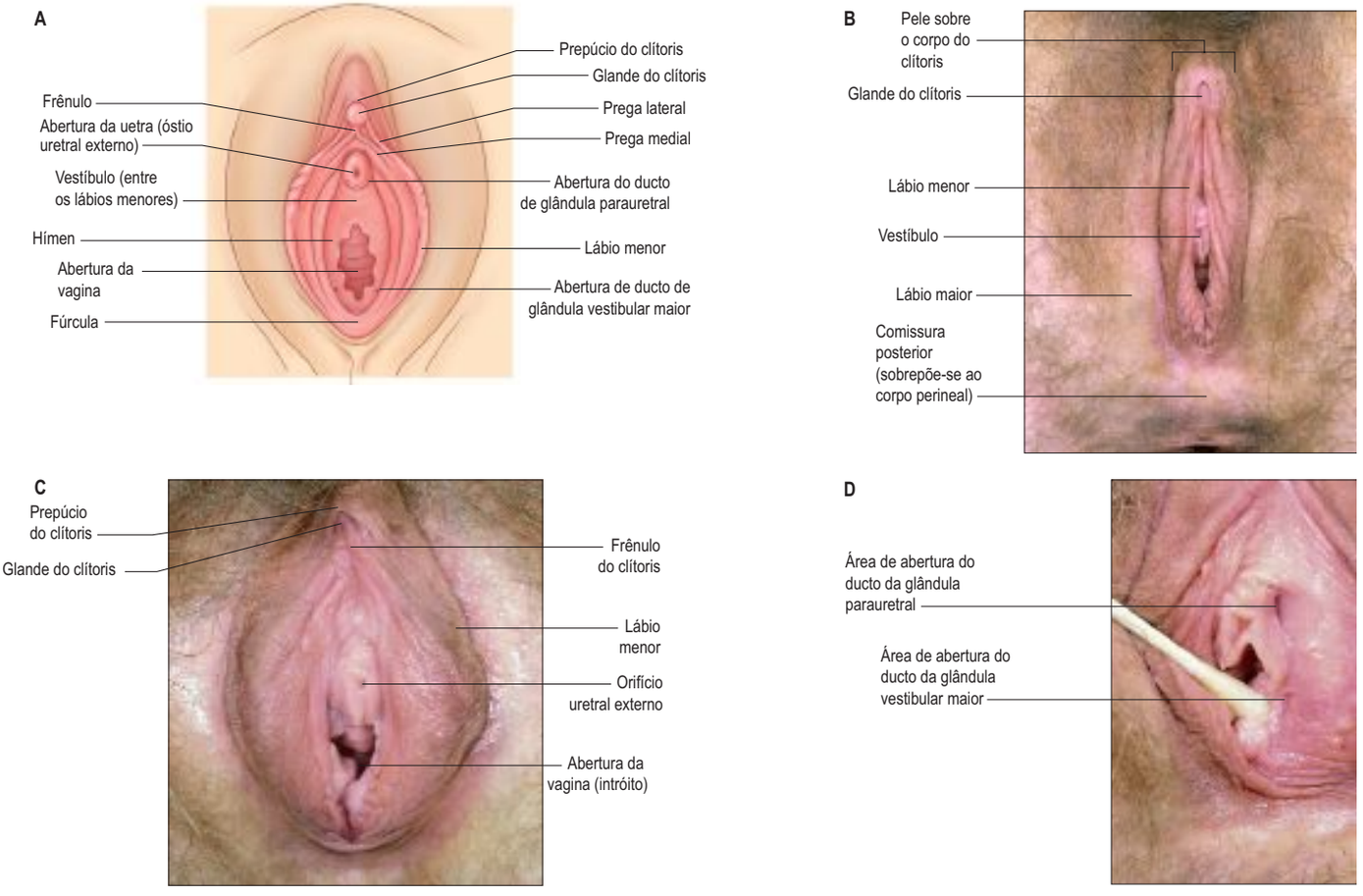


Fig. 77.1 A, Aspectos superficiais do períneo. **B,** Os lábios maiores e a genitália externa circundante. **C,** Os lábios menores. **D,** Vista inferior do vestíbulo com o lábio menor esquerdo puxado para um lado para mostrar as regiões do vestíbulo, no qual as glândulas vestibulares maiores e para-uretrais desembocam. (**A,** de Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008; **B-D,** de Drake, Vogl, e Mitchell 2005.)

camada superior de cada lado passa acima do clitóris para formar uma prega, capuz ou prepúcio, o qual recobre a glande do clitóris. A camada inferior da cada lado passa abaixo do clitóris para formar o frênulo do clitóris (Fig. 77.1A e C). Folículos sebáceos são numerosos nas superfícies labiais justapostas. Às vezes uma prega labial extra (terceiro lábio) é encontrada em um ou ambos os lados entre os lábios menores e maiores.

Vestíbulo

O vestíbulo é o espaço que se localiza entre os lábios menores. Ele contém os orifícios vaginal e uretral externo, e as aberturas das duas glândulas vestibulares maiores (de Bartholin) e de numerosas glândulas mucosas vestibulares menores. Existe uma rasa fossa vestibular entre o orifício vaginal e o frênulo dos lábios menores.

Uretra

A uretra se abre no vestíbulo cerca de 2,5 cm abaixo do clitóris e acima da abertura vaginal através de uma curta fenda sagital com margens ligeiramente elevadas, o meato uretral. O meato é muito distensível e varia de formato: a abertura pode ser arredondada, semelhante a uma fenda, em formato crescente ou estrelada. Os ductos das glândulas parauretrais (glândulas de Skene) se abrem a cada lado das margens laterais da uretra.

Bulbos do vestíbulo

Os bulbos do vestíbulo se localizam a cada lado do vestíbulo. Eles são duas massas alongadas de tecido erétil, com 3 cm de comprimento, os quais flanqueiam o orifício vaginal e se unem anteriormente a ele através de uma estreita comissura do bulbo (parte intermédia). Suas extremidades posteriores são expandidas e estão em contato com as glândulas vestibulares maiores. Suas extremidades anteriores se afilam e estão unidas por uma comissura e também ao clitóris por duas delicadas faixas de tecido erétil. Suas superfícies profundas estão em contato com a face inferior do diafragma urogenital, e superficialmente cada uma é coberta pelo músculo bulboesponjoso posteriormente (Fig. 77.2A-C).

Glândulas vestibulares maiores (glândulas de Bartholin)

As glândulas vestibulares maiores são homólogas das glândulas bulbouretrais masculinas. Elas consistem em duas pequenas massas arredondadas ou ovais, de tonalidade vermelho-amarelada que flanqueiam o orifício vaginal, em contato com as extremidades posteriores dos bulbos do vestíbulo e frequentemente sobrepostas por estas. Cada uma se abre na parte posterolateral do vestíbulo por um ducto de 2 cm, situado no sulco entre o hímen e o lábio menor (Fig. 77.1D). As glândulas são compostas por tecido tubuloacinar. As células secretoras são cilíndricas e secretam um muco claro ou esbranquiçado com propriedades lubrificantes. Elas são estimuladas pela excitação sexual.

Clitóris

O clitóris é uma estrutura erétil parcialmente envolvida pelas extremidades anteriores bifurcadas dos lábios menores. Ele tem uma raiz, um corpo e uma glande. O corpo pode ser palpado através da pele. Ele contém dois corpos cavernosos, compostos de tecido erétil, envolvidos em tecido conjuntivo fibroso denso e separados medialmente por um incompleto septo fibroso pectiniforme. O tecido conjuntivo fibroso forma um ligamento suspensor que está preso superiormente à sínfise púbica. Cada corpo cavernoso está preso a seu ramo isquiopúbico por um pilar que se estende a partir da raiz do clitóris. A glande do clitóris é um pequeno tubérculo arredondado de tecido erétil esponjoso na extremidade do corpo do clitóris e conectado aos bulbos do vestíbulo por delicadas faixas de tecido erétil. Ela é exposta entre as extremidades anteriores dos lábios menores. Seu epitélio tem uma alta sensibilidade cutânea, importante em respostas sexuais (Fig. 77.2).

Suprimento vascular e drenagem linfática da vulva

Artérias

O suprimento sanguíneo arterial da genitália externa feminina é derivada dos ramos pudendos externos superficial e profundo da artéria femoral e da artéria pudenda interna a cada lado (Fig. 77.3A).

Veias

A drenagem venosa da pele vulvar ocorre através das veias pudendas externas para a veia safena magna. A drenagem venosa do clitóris ocorre através de veias dorsais profundas para a veia pudenda interna, e de veias dorsais superficiais para as veias pudenda externa e safena magna (Fig. 77.3A).

Drenagem linfática

Uma trama de vasos conectantes se une para formar três ou quatro troncos coletores ao redor do monte pubiano, os quais drenam para linfonodos inguinais superficiais dispostos sobre a fáscia cribriforme que cobre a artéria e a veia femorais; esses nodos drenam através da fáscia cribriforme até os linfonodos inguinais profundos dispostos medialmente à veia femoral. Os linfonodos inguinais profundos drenam através do canal femoral para os linfonodos pélvicos. O último dos linfonodos inguinais profundos se localiza sob o ligamento inguinal dentro do canal femoral e é frequentemente denominado de linfonodo de Cloquet. Os vasos linfáticos no períneo e na parte inferior dos lábios maiores drenam para o plexo linfático retal. Os vasos linfáticos derivados do clitóris e dos lábios menores drenam para os linfonodos inguinais profundos e os vasos eferentes diretos podem passar para os linfonodos ilíacos internos (Fig. 77.3B).

Inervação

A inervação para o trato genital inferior está mostrada na Figura 77.5 e na Tabela 77.1.

A inervação sensitiva das partes anterior e posterior dos lábios maiores difere. O terço anterior do lábio maior é suprido pelo nervo ilioinguinal (L1), os dois terços posteriores são supridos pelos ramos labiais do nervo perineal (S3), e a face lateral é também inervada pelo ramo perineal do nervo cutâneo posterior da coxa (S2).

VAGINA

A vagina é um tubo fibromuscular revestido por um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado. Ela se estende a partir do vestíbulo (a

Tabela 77.1 Inervação da genitália feminina. (De Sobotta 2006.)

	Origem	Trajeto	Órgão	Função
Parte parassimpática	Medula espinal, parte sacral (S2-S4) Medula espinal, parte torácica (T10-T12)	Gânglios pélvicos, raiz parassimpática (nervos esplâncnicos pélvicos)	Tuba uterina Útero	Vasodilatação Vasodilatação
		↓ Nervos cavernosos do clitóris	Vagina Clitóris	Transudação Ereção
Parte simpática	Medula espinal, parte lombar (L1-L2) Medula espinal, parte sacral (S2-S4)	Plexo mesentérico superior ↘ Plexo ovariano ↗	Ovário	Vasoconstrição
		Plexo renal Tronco simpático ↓ Plexo hipogástrico superior ↓ Nervo hipogástrico Plexo hipogástrico inferior ↓		
		Plexo uterovaginal (gânglio de Frankenhaeuser)	Tuba uterina Útero Vagina	Contração
Eferente somática **Aferente somática**		Nervo pudendo Nervo dorsal do clitóris ↗ ↘	Clitóris	
		Nervos labiais posteriores	Lábios maiores Músculo isquiocavernoso Músculo bulboesponjoso	Contração

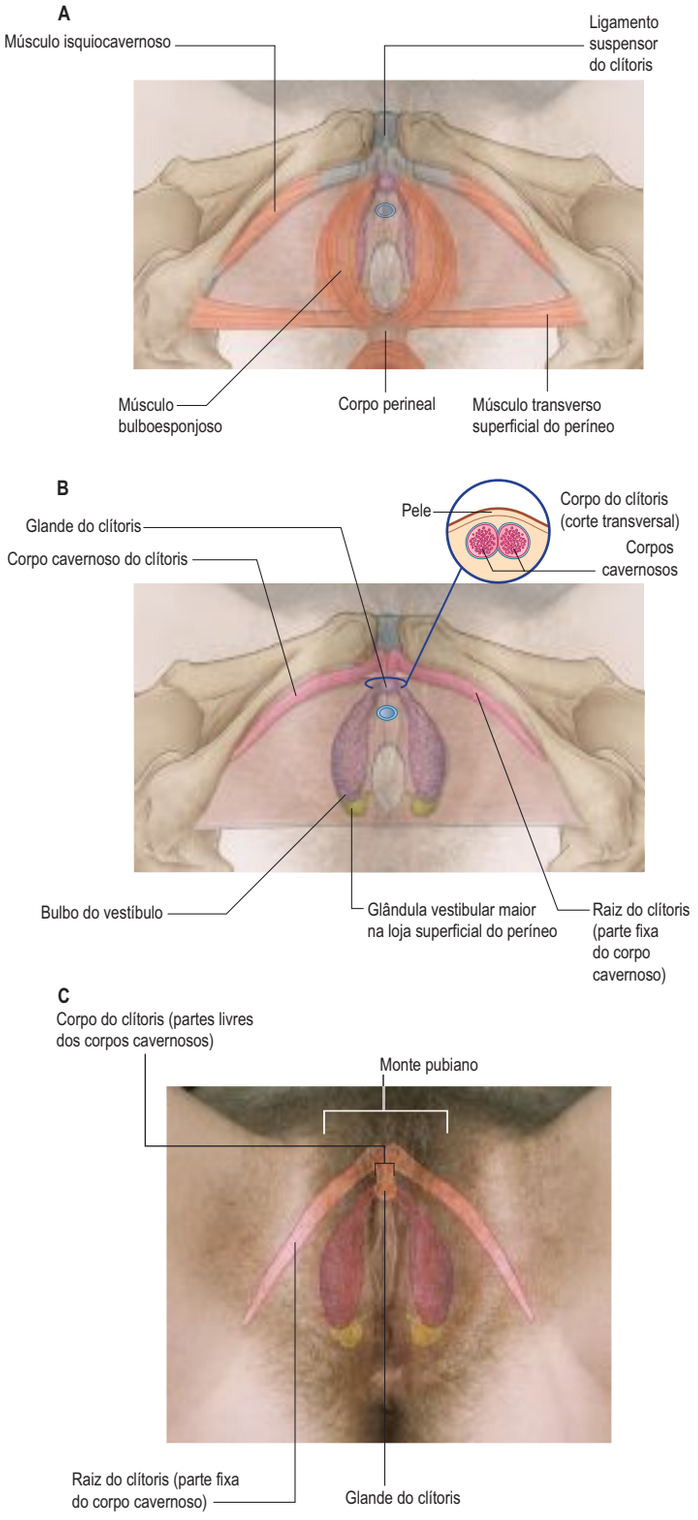


Fig. 77.2 A, Músculos do vestíbulo e do clitóris. **B,** Tecidos eréteis do clitóris. **C,** Tecidos eréteis do clitóris, bulbos do vestíbulo e glândulas vestibulares maiores cobertos pela superfície corporal. (**A** e **B,** adaptados de Drake, Vogl e Mitchell 2005; **C,** de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

abertura entre os lábios menores) até o útero. A extremidade superior da vagina circunda a projeção vaginal da cérvice uterina. O recesso anular entre a cérvice e a vagina é o fórnice: as diferentes partes desse recesso apresentam nomes separados, isto é, anterior, posterior e laterais direita e esquerda; mas elas são contínuas (Fig. 77.6).

A vagina sobe posterior e superiormente em um ângulo de cerca de 90° com o eixo uterino: esse ângulo varia com o conteúdo da bexiga e do reto. A largura da vagina aumenta à medida que ela sobe. Acima do nível do hímen, as superfícies internas das paredes vaginais anterior e posterior se encontram normalmente em contato entre si e formam uma fenda transversal. A mucosa vaginal está presa à cérvice uterina em uma posição mais alta na parede cervical posterior do que na anterior: a parede anterior tem aproximadamente 7,5 cm de comprimento e a parede posterior tem aproximadamente 9 cm de comprimento. A parede anterior da vagina está relacionada à base da bexiga em suas porções média e superior, e à uretra (a qual se encontra incluída nela) inferiormente. A parede posterior é coberta por peritônio em seu quarto superior. Ela está separada do reto pela escavação (fundo de saco) retouterina superiormente e por tecido conjuntivo moderadamente frouxo (fáscia de Denonvillier) em sua metade intermediária. Em seu quarto inferior, ela está separada do canal anal pelo corpo perineal fibromuscular. Lateralmente encontram-se o músculo levantador do ânus e a fáscia pélvica (Fig. 75.1A). À medida que os ureteres passam anteromedialmente para atingir o fundo da bexiga, eles seguem próximo aos fórnices laterais. Ao entrarem na bexiga, os ureteres encontram-se normalmente anteriores à vagina, e neste ponto, cada ureter é cruzado transversalmente pela artéria uterina do mesmo lado (Fig. 77.7).

A vagina se abre externamente através de um introito sagital, posicionado abaixo do meato uretral. O tamanho do introito varia: ele é capaz de grande distensão durante o parto e em um grau menor durante o intercurso sexual. O hímen é uma delgada prega de membrana mucosa localizada justamente no orifício vaginal. As superfícies internas das pregas estão normalmente em contato entre si, e a abertura vaginal aparece como uma fenda entre elas. O hímen varia grandemente de formato e dimensões. Quando distendido, ele é anular e mais largo posteriormente; ele pode também ser semilunar e côncavo em direção ao monte pubiano, cribriforme, franjado, ausente ou completo e imperfurado. O anel himenal normalmente se rompe após o primeiro intercurso sexual, mas pode se romper mais cedo durante uma atividade física não sexual. Pequenas carúnculas himenais arredondadas (também conhecidas como carúnculas mirtiformes) são seus remanescentes após ele ter se rompido. Ele não tem função estabelecida.

Os remanescentes do ducto de Gartner (embriologicamente, a extremidade caudal do ducto mesonéfrico) (Cap. 78), são ocasionalmente vistos ao se projetarem através dos fórnices laterais ou partes laterais da vagina; estes podem causar cistos (cistos de Gartner).

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

O suprimento arterial da vagina é derivado das artérias ilíacas internas. As artérias vaginais formam dois vasos longitudinais medianos, as artérias ázigos da vagina, as quais descem anterior e posteriormente à vagina. Elas descem sobre a vagina e suprem a membrana mucosa. Ramos também são enviados para os bulbos do vestíbulo, para o fundo da bexiga e para a parte adjacente do reto. Os ramos uterino, pudendo interno e retal médio da artéria ilíaca interna também podem contribuir para seu suprimento sanguíneo.

Veias

As veias vaginais, uma a cada lado, formam-se a partir de plexos laterais que se conectam aos plexos uterino, vesical e retal, e drenam para as veias ilíacas internas. Os plexos uterino e vaginal podem fornecer uma drenagem venosa colateral ao membro inferior.

Vasos linfáticos

Os vasos linfáticos vaginais se unem com os da cérvice, do reto e da vulva. Eles formam três grupos, mas as regiões drenadas não são nitidamente demarcadas. Os vasos superiores acompanham a artéria uterina até os linfonodos ilíacos externos e internos; os vasos intermediários acompanham a artéria vaginal até os linfonodos ilíacos internos; os vasos que drenam a vagina abaixo do hímen, e a partir da vulva e da pele perineal, seguem para os linfonodos inguinais superficiais.

Inervação

A parte inferior da vagina é suprida pelo nervo pudendo (S2, S3 e S4). A parte superior da vagina é suprida pelos nervos esplâncnicos (S2, S3 e às vezes S4).

Estrutura microscópica

A vagina apresenta uma mucosa interna e uma túnica muscular externa. A mucosa se adere firmemente à túnica muscular. Existem duas cristas longitudinais medianas sobre sua superfície epitelial, uma anterior e a outra posterior. Numerosas rugas bilaterais transversais se estendem dessas colunas vaginais. Elas estão separadas por sulcos de profundidade variada, com uma aparência de papilas cônicas, que são mais numerosas na parede posterior e próximo ao orifício vaginal e especialmente bem desenvolvidas antes do parto. O epitélio é estratificado pavimentoso não queratinizado, similar e contínuo com o do ectocérvice. Após a puberdade, ele se espessa e suas células superficiais acumulam glicogênio, o que lhes dá um aspecto claro às preparações histológicas.

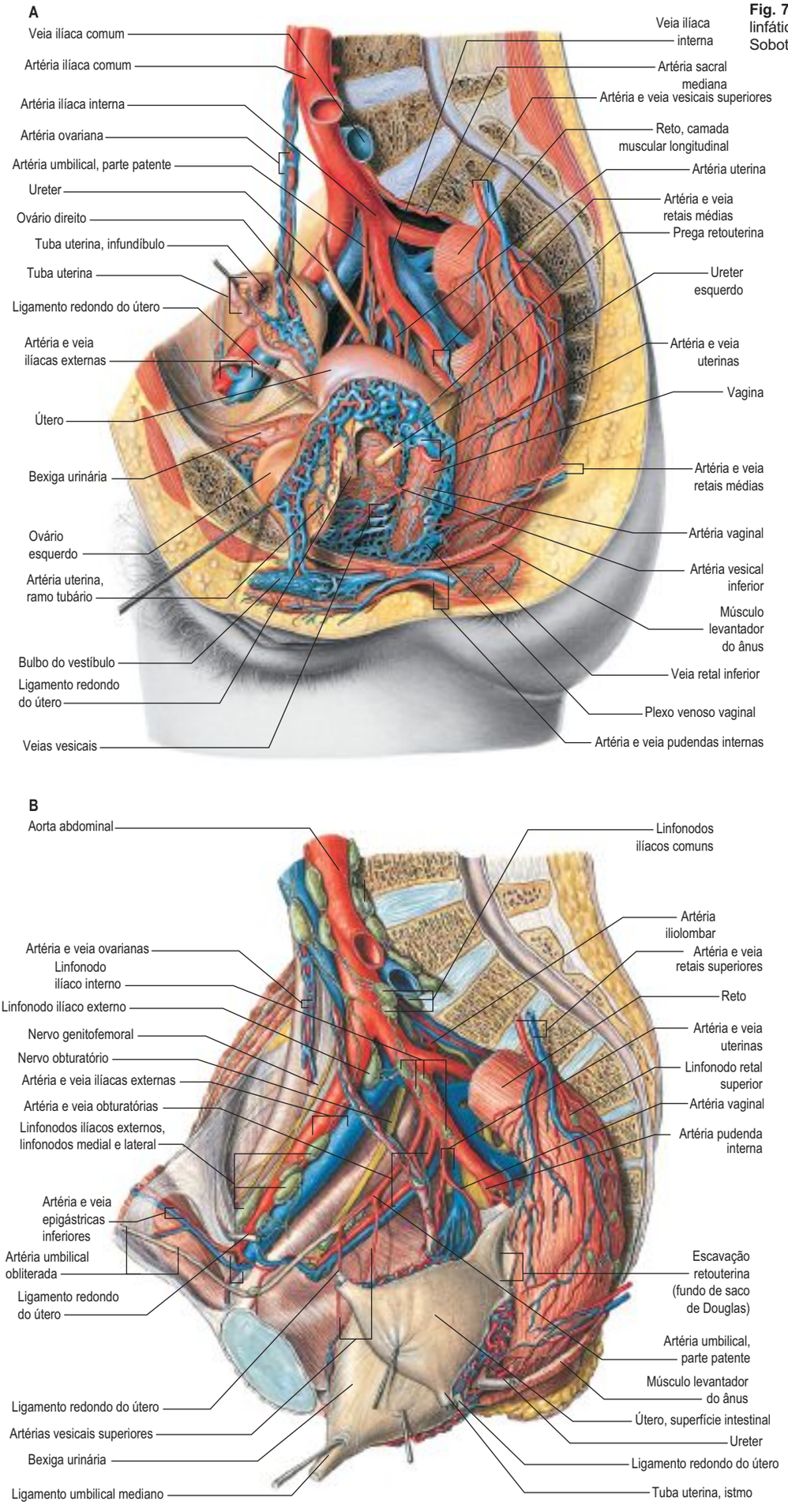


Fig. 77.3 Vasos sanguíneos **(A)**, nervos e vasos linfáticos **(B)** da pelve feminina. Vista sagital. (De Sobotta 2006.)

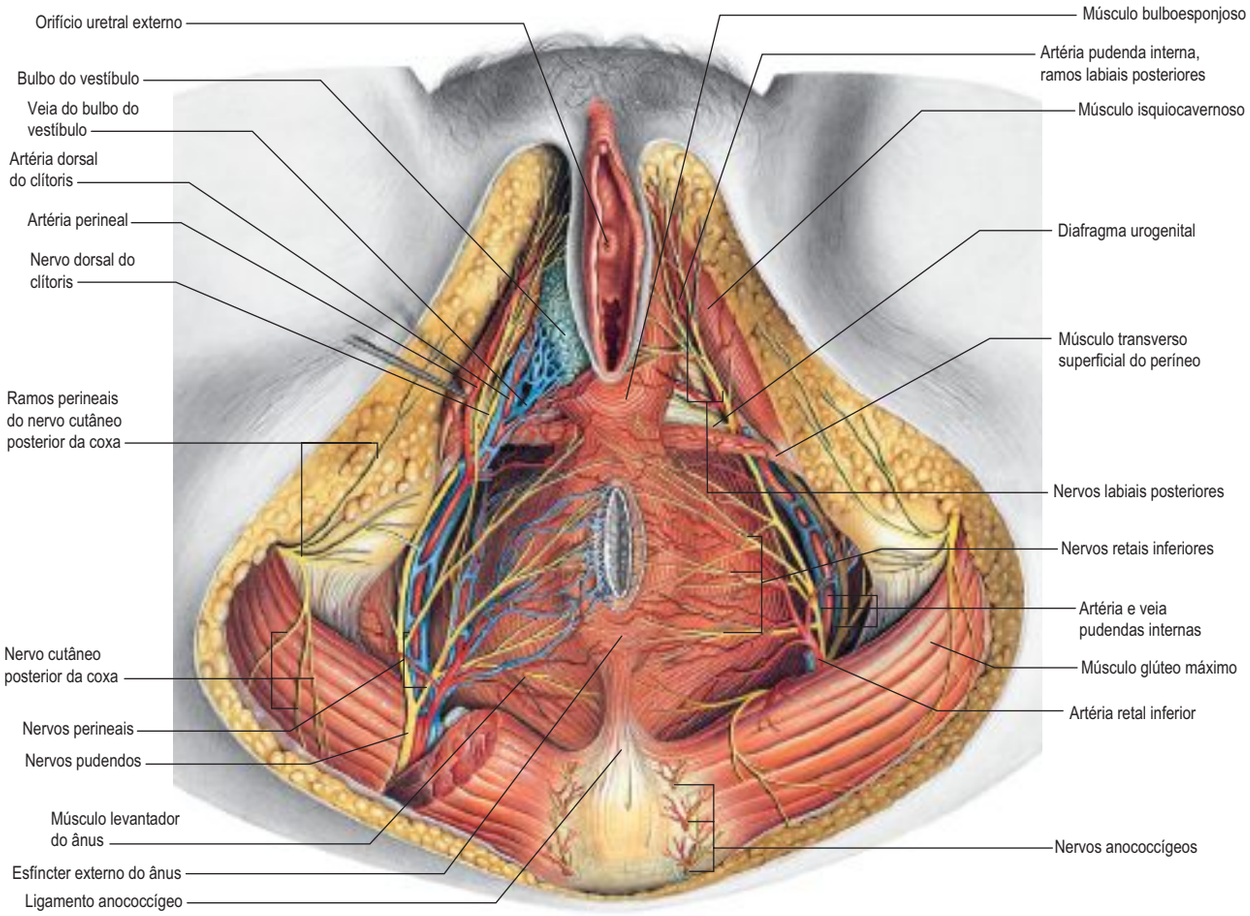


Fig. 77.4 Músculos, vasos sanguíneos e nervos do períneo feminino. Vista inferior. (De Sobotta 2006.)

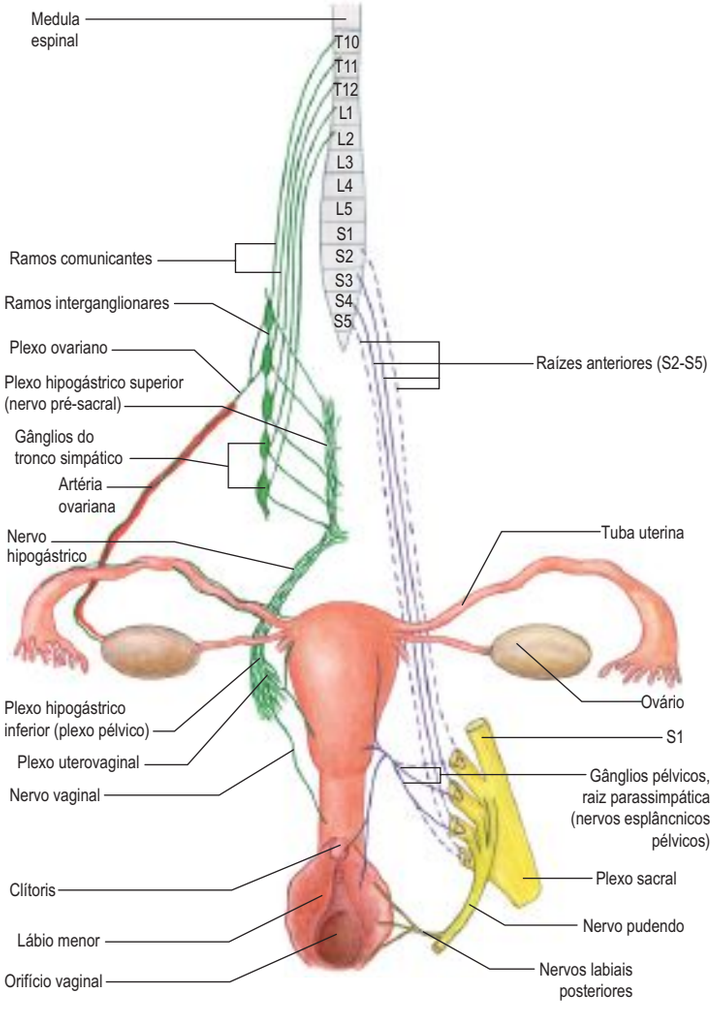


Fig. 77.5 Inervação do sistema genital feminino. (De Sobotta 2006.)

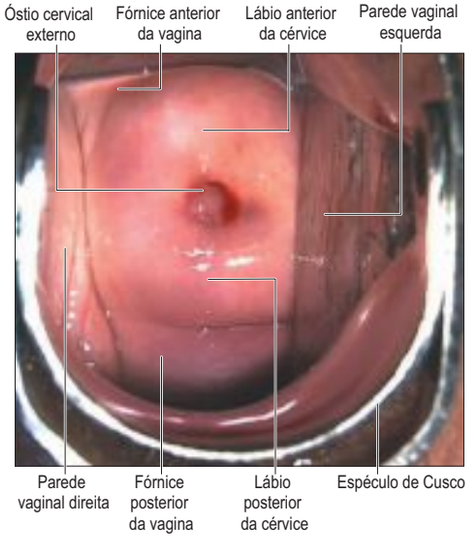


Fig. 77.6 Cérvice e fórnices vaginais conforme vistos através de um espéculo bivalve de Cusco.

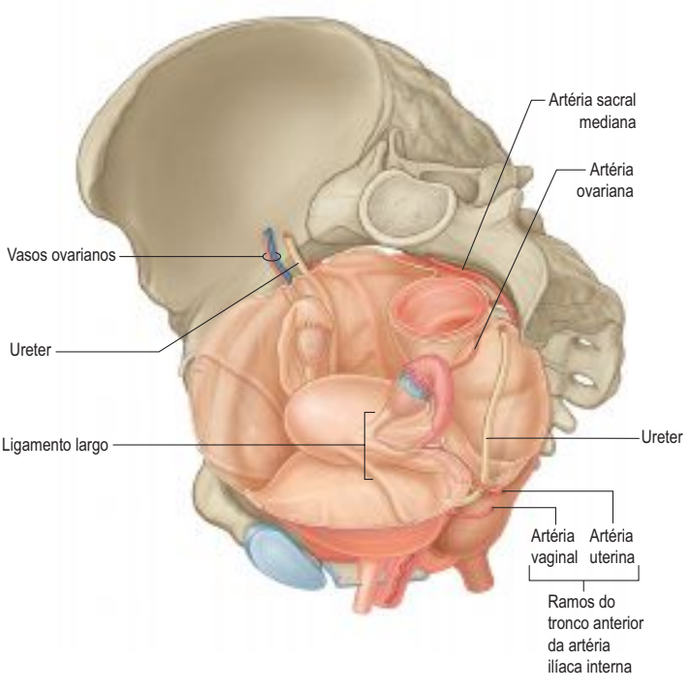


Fig. 77.7 Relações do ureter com as artérias uterina e vaginal. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

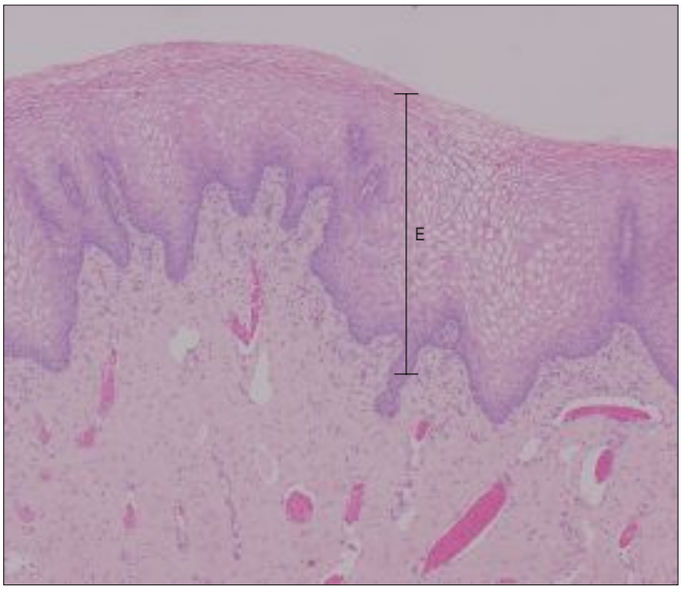


Fig. 77.8 Epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado (E) que reveste o ectocérvice e a vagina. As células das camadas intermediárias e superiores aparecem claras por causa de seu conteúdo de glicogênio. (Por cortesia de Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

O epitélio vaginal não muda marcantemente durante o ciclo menstrual, mas seu conteúdo de glicogênio aumenta após a ovulação, e em seguida diminui em direção ao final do ciclo. Bactérias naturais da vagina, particularmente *Lactobacillus acidophilus*, quebram o glicogênio nos resíduos celulares descamados em ácido lático. Isto produz um ambiente altamente ácido (pH 3), o que inibe o crescimento da maioria dos outros microrganismos. A quantidade de glicogênio é menor antes da puberdade e após a menopausa, quando infecções vaginais são mais comuns. Não existem glândulas na mucosa, mas um transudato fluido derivado da lâmina própria e o muco derivado das glândulas cervicais lubrificam a vagina (Fig. 77.8). A túnica muscular é composta por músculo liso e consiste em uma espessa camada longitudinal externa e uma camada circular interna. As duas camadas não são distintas, porém conectadas por fibras oblíquas entrelaçadas. As fibras longitudinais são contínuas com as fibras musculares superficiais do útero. Na metade do caminho ao longo da vagina encontra-se uma alça muscular em formato de U, chamada de músculo pubovaginal. A parte inferior da vagina é também circundada por fibras musculares estriadas esqueléticas do músculo bulboesponjoso. Uma camada de tecido conjuntivo frouxo (adventícia), com extensos plexos venosos, circunda a túnica muscular.

TRATO GENITAL SUPERIOR

ÚTERO

O útero é um órgão muscular de paredes espessas, localizado na pelve, entre a bexiga urinária e o reto (Figs. 77.9-77.11). Ele se localiza posteriormente à bexiga e ao espaço uterovesical, e anteriormente ao reto e à escavação (fundo de saco) retouterina: ele é móvel, o que significa que sua posição varia com a distensão da bexiga e do reto. Os ligamentos largos encontram-se lateralmente ao útero.

O útero é dividido em duas regiões principais: o corpo do útero forma os dois terços superiores e a cérvice forma o terço inferior. Em mulheres adultas nulíparas, a cérvice se dobra para a frente em relação ao eixo da vagina (anteversão), e o corpo do útero se dobra para a frente em relação à cérvice (anteflexão) (Fig. 77.12). Em 10 a 15% das mulheres, todo o útero se inclina para trás em um ângulo com a vagina e é dito como retrovertido (retroversão). Um útero que forma um ângulo para trás com a cérvice é descrito como retrofletido (retroflexão).

Corpo

O corpo do útero tem um formato piriforme e se estende do fundo superiormente até a cérvice inferiormente. Próximo à sua extremidade superior, as tubas uterinas entram no útero a ambos os lados nos cornos uterinos.

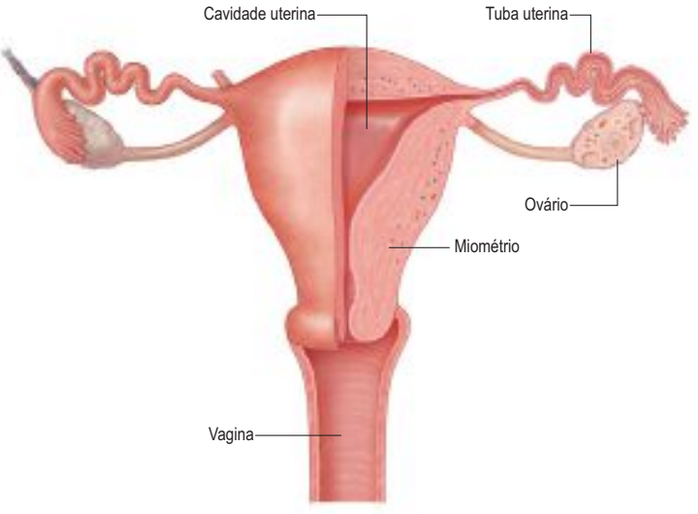
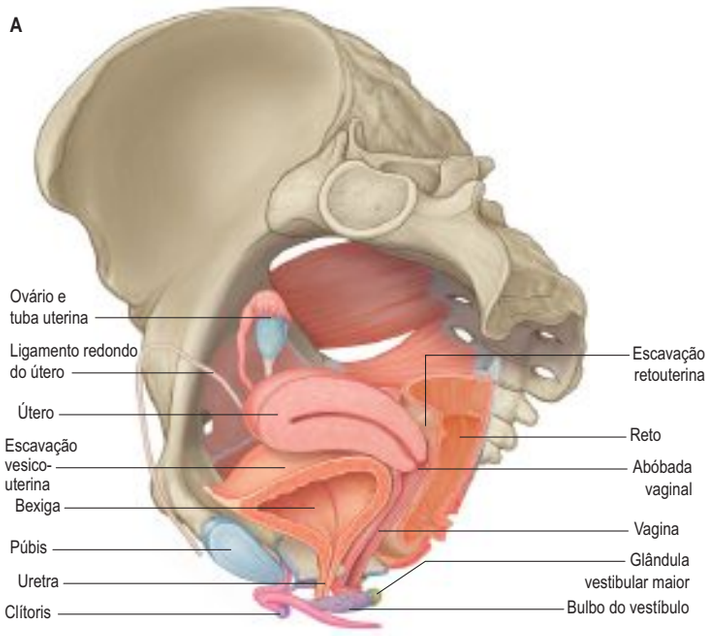


Fig. 77.9 Trato genital superior. Vista posterior com a metade posterior direita do útero, da tuba uterina direita, do ovário direito e da vagina, removidas. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

Inferoanteriormente a cada corno encontra-se o ligamento redondo e inferoposteriormente está o ligamento ovariano. O fundo em formato de cúpula encontra-se superiormente aos pontos de entrada das tubas uterinas e é coberto por peritônio, o qual é contínuo com o das superfícies adjacentes. O fundo está em contato com as alças do intestino delgado e ocasionalmente com o colo sigmoide em estado distendido. As margens laterais do corpo são convexas, e a cada lado seu peritônio é refletido lateralmente para formar o ligamento largo, o qual se estende como uma lâmina em direção à parede pélvica (Fig. 77.13). A superfície anterior do corpo do útero é coberta por peritônio, o qual é refletido por sobre a bexiga na prega uterovesical (Fig. 77.14). Isto normalmente ocorre ao nível do óstio interno, a margem mais inferior do corpo do útero. A escavação (fundo de saco) vesicouterina, entre a bexiga e o útero, é obliterada quando a bexiga é dis-



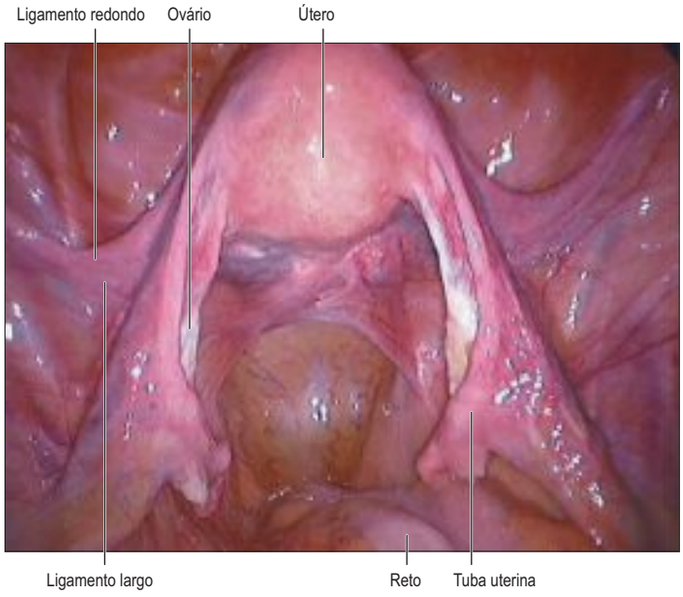


Fig. 77.11 Vista laparoscópica do útero – a paciente está inclinada de cabeça para baixo, de modo que o intestino delgado esteja distanciado do útero para permitir esta vista.

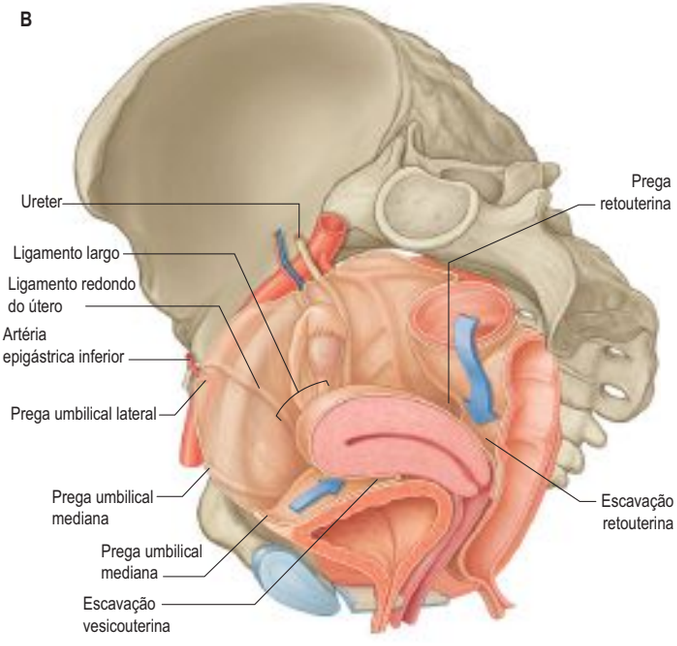


Fig. 77.10 A, Relações anatômicas do trato genital feminino com a bexiga e com o reto. **B,** Reflexões peritoneais pélvicas mostram o ligamento largo e seu conteúdo. (**A,** de Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008; **B,** de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

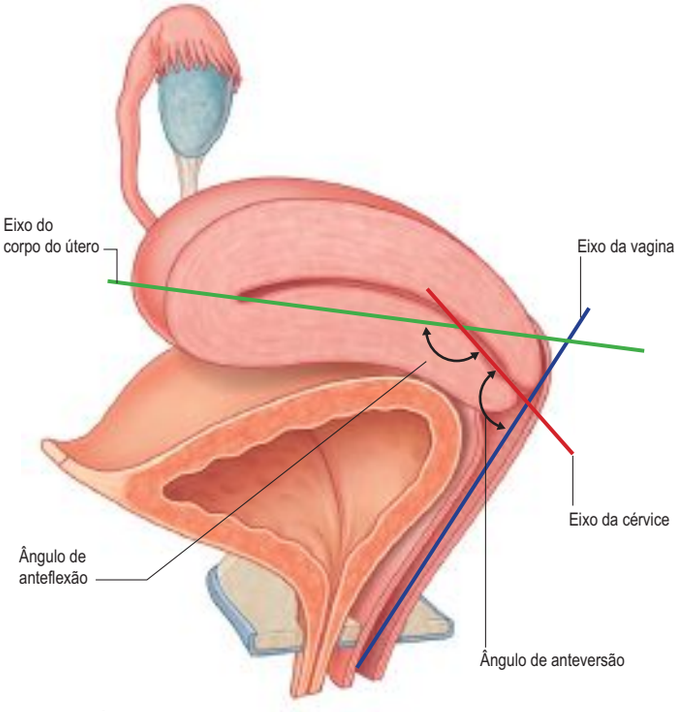


Fig. 77.12 Ângulos de anteflexão e anteversão. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

tendida, mas pode ser ocupada pelo intestino delgado quando a bexiga está vazia. A superfície posterior do útero é convexa transversalmente. Sua cobertura peritoneal se continua para baixo até a cérvice e a parte superior da vagina, e em seguida é refletida de volta em direção ao reto ao longo da superfície da escavação (fundo de saco) retouterina (de Douglas), a qual se localiza posteriormente ao útero (Fig. 77.15). O colo sigmoide e ocasionalmente a parte terminal do íleo se localizam posteriormente ao útero.

A cavidade do corpo do útero normalmente mede 6 cm a partir do óstio externo da cérvice até a parede do fundo e é achatada anteroposteriormente. Em corte coronal, ela é triangular, larga acima do local em que as duas tubas uterinas se unem ao útero e estreita abaixo do óstio interno da cérvice (Fig. 77.16).

Pode haver uma falha na fusão dos ductos paramesonéfricos (de Müller), o que resulta em um útero que não apresenta um formato piriforme. Pode haver um septo (útero septado) ou uma fenda parcial dividindo o útero (útero bicornual); o exemplo mais extremo é uma vagina septada, duas cérvices e dois úteros distintos, cada um com uma tuba uterina (útero didelfo).

Cérvice

A cérvice de uma mulher adulta e não grávida é mais estreita e mais cilíndrica que o corpo do útero, e tem tipicamente 2,5 de comprimento. A extremidade superior se comunica com o corpo do útero através do óstio interno da cérvice, e a extremidade inferior se abre na vagina através do óstio externo da cérvice. Em mulheres nulíparas, o óstio externo é usualmente uma abertura circular, ao passo que após o primeiro parto ele é uma fenda transversal. Duas cristas longitudinais, cada uma em suas paredes anterior e posterior, originam pequenas pregas palmadas oblíquas que sobem lateralmente como os ramos de uma árvore ("árvore da vida do útero"): as pregas nas paredes opostas se interdigitam para fechar o canal cervical. O istmo, uma porção mais estreita, forma o terço superior da cérvice. Embora

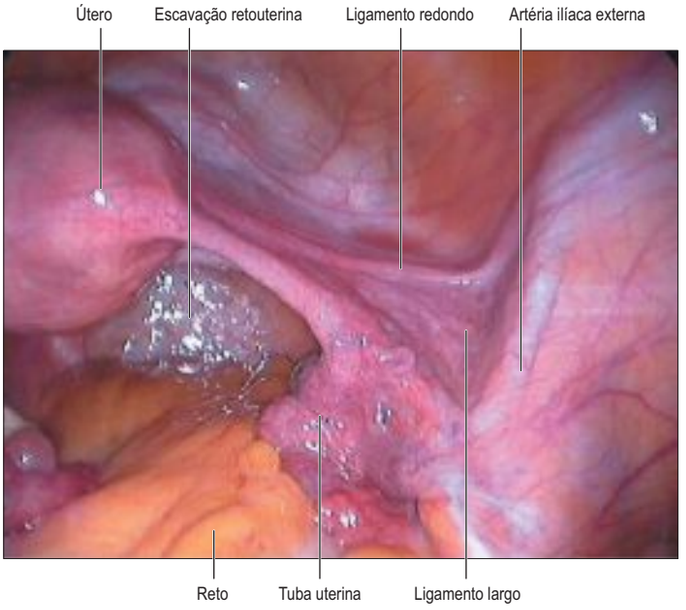


Fig. 77.13 Vista laparoscópica do ligamento largo.

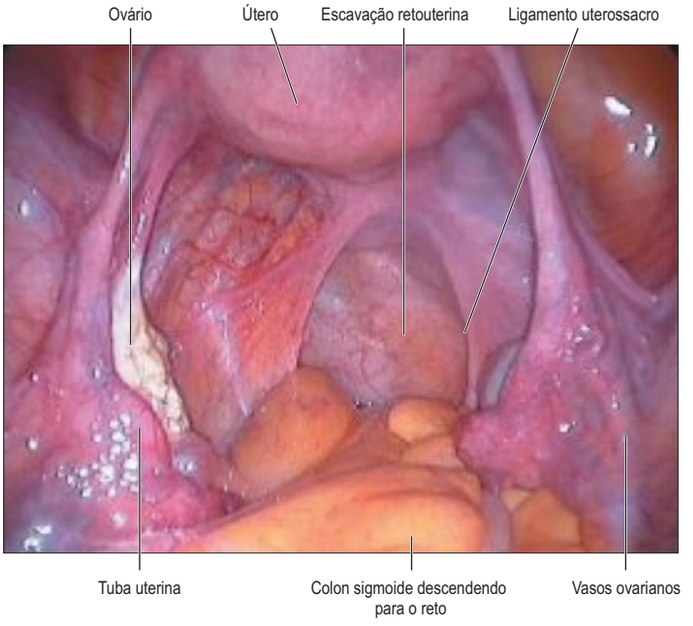


Fig. 77.15 Vista laparoscópica da parte posterior da pelve mostra a escavação de Douglas (escavação retouterina), com o cólon sigmoide descendendo em direção ao reto.

Fig. 77.14 Vista laparoscópica da parte anterior da pelve mostra a prega uterovesical, anterior ao útero.

Fig. 77.16 Vista histeroscópica da cavidade uterina.

inalterado no primeiro mês de gestação, ele é incorporado pelo corpo do útero durante o segundo mês para formar o "segmento uterino inferior" (ver adiante). Em mulheres não grávidas, o istmo sofre alterações menstruais, embora estas sejam menos pronunciadas do que as que ocorrem no corpo do útero. A extremidade externa da cérvice entra na extremidade superior da vagina, o que a divide em partes supravaginal e vaginal. A parte supravaginal é separada anteriormente da bexiga por tecido conjuntivo frouxo bastante celularizado, o paramétrio, o qual também segue para as laterais da cérvice e lateralmente entre as duas camadas dos ligamentos largos.

Ligamentos pélvicos e pregas peritoneais

O útero está conectado a um número de "ligamentos". Alguns são ligamentos verdadeiros, pelo fato de terem uma composição fibrosa e fornecerem suporte ao útero, enquanto alguns não fornecem suporte ao útero e outros são simplesmente pregas do peritônio.

Pregas peritoneais

O peritônio parietal é refletido sobre o trato genital superior para produzir as pregas peritoneais anterior (uterovesical), posterior (retovaginal) e laterais. As pregas laterais são comumente chamadas de ligamentos largos.

Pregas uterovesical e retovaginal

A prega anterior ou uterovesical consiste em peritônio refletido sobre a bexiga a partir do útero, na junção de sua cérvice com o corpo. A prega posterior ou retovaginal consiste em peritônio refletido a partir do nível do fórnice vaginal posterior sobre a frente do reto, com isso criando a profunda escavação retouterina de Douglas (cavo ou fundo de saco de Douglas). A escavação de Douglas é delimitada anteriormente pelo útero, pela porção supravaginal da cérvice e pelo fórnice vaginal posterior, posteriormente pelo reto, e lateralmente pelos ligamentos uterossacros.

Ligamento largo

As pregas laterais ou ligamentos largos se estendem a cada lado a partir do útero em direção às paredes pélvicas laterais, onde eles se tornam contínuos

com o peritônio que recobre essas paredes (Figs. 77.17 e 77.18). A borda superior é livre e a borda inferior é contínua com o peritônio sobre a bexiga, o reto e a parede pélvica lateral. As bordas são contínuas uma com a outra na borda livre através do fundo uterino e divergem abaixo, próximo às superfícies superiores dos músculos levantadores do ânus. Uma tuba uterina se encontra na borda livre superior a cada lado. O ligamento largo é dividido em um mesossalpinge superior, um mesovário posterior e um mesométrio inferior.

Mesossalpinge

O mesossalpinge está preso acima à tuba uterina e posteroinferiormente ao mesovário. Superior e lateralmente ele está preso ao ligamento suspensor do ovário, e medialmente ele está preso ao ligamento ovariano. As fímbrias do infundíbulo da tuba uterina se projetam a partir de sua extremidade lateral livre. Entre o ovário e a tuba uterina, o mesossalpinge contém anastomoses entre os vasos uterinos e ovarianos, o epoóforo e o paraoóforo (Fig. 77.19). O mesovário se projeta da face posterior do ligamento largo, do qual ele é a parte menor. Ele está preso ao hilo do ovário e carreia vasos e nervos para o ovário.

Mesométrio

O mesométrio é a maior parte do ligamento largo e se estende do assoalho pélvico até o ligamento ovariano e o corpo do útero. A artéria uterina segue entre suas duas camadas peritoneais, tipicamente a 1,5 cm lateralmente à cérvice: ela cruza o ureter logo após sua origem a partir da artéria ilíaca

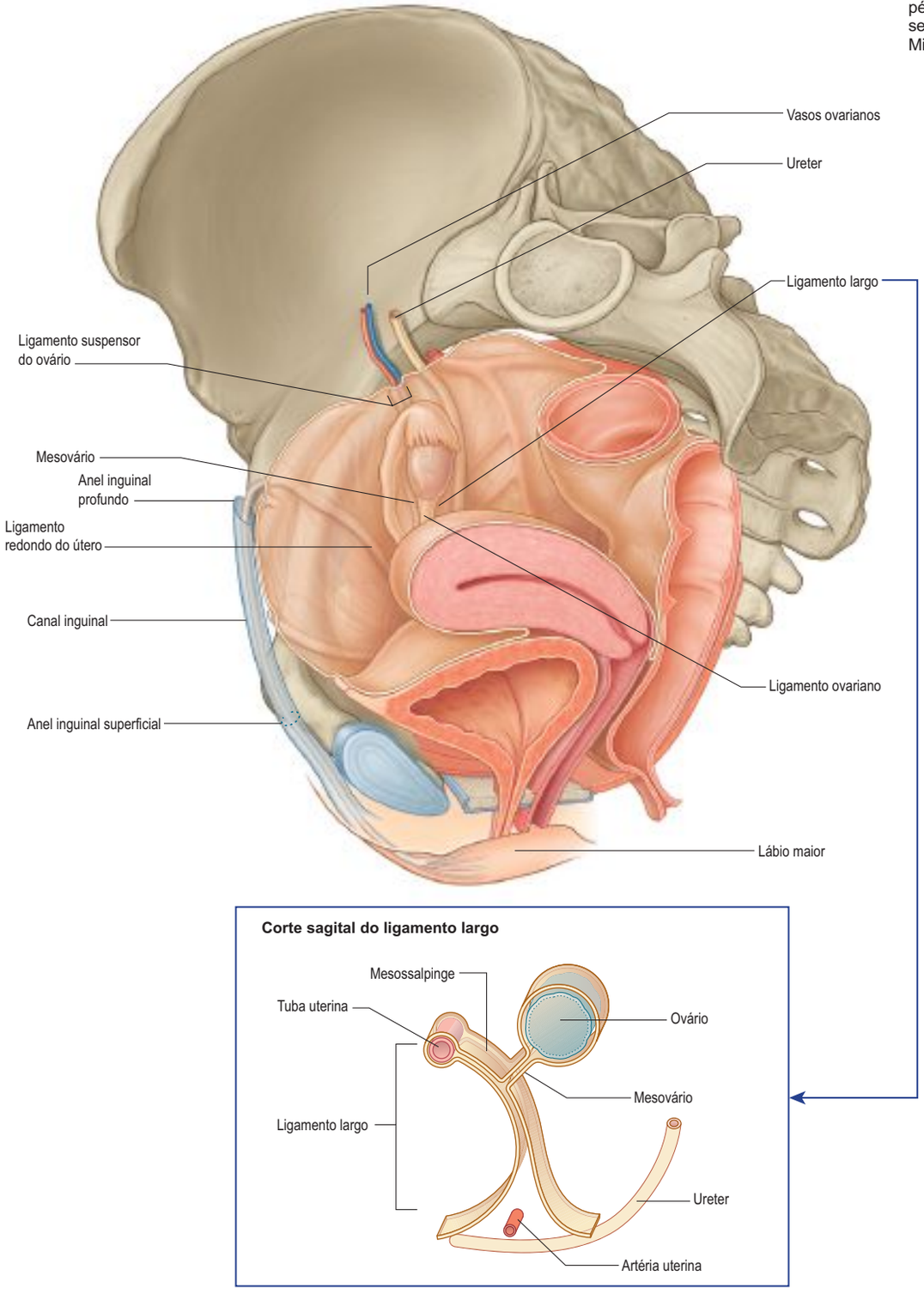


Fig. 77.17 Reflexões peritoneais pélvicas mostrando o ligamento largo e seu conteúdo. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

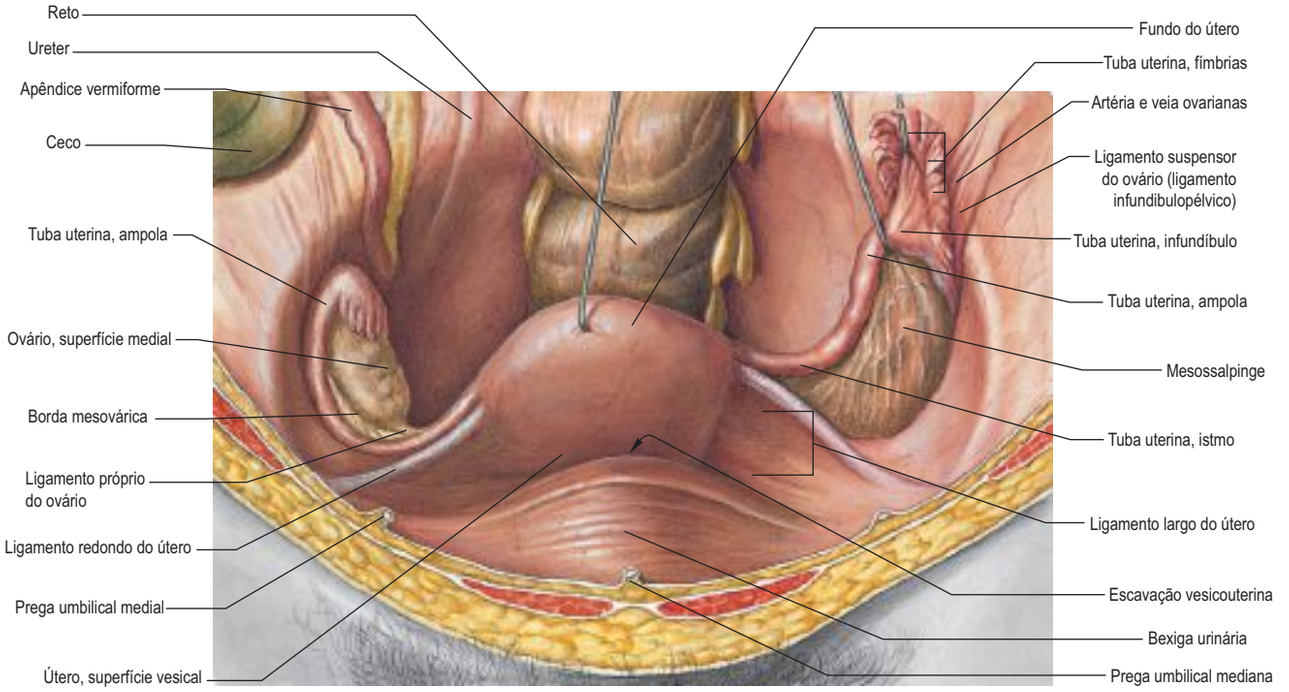


Fig. 77.18 Ovários e ligamento largo, vista superior com o útero levantado da bexiga. (De Sobotta 2006.)

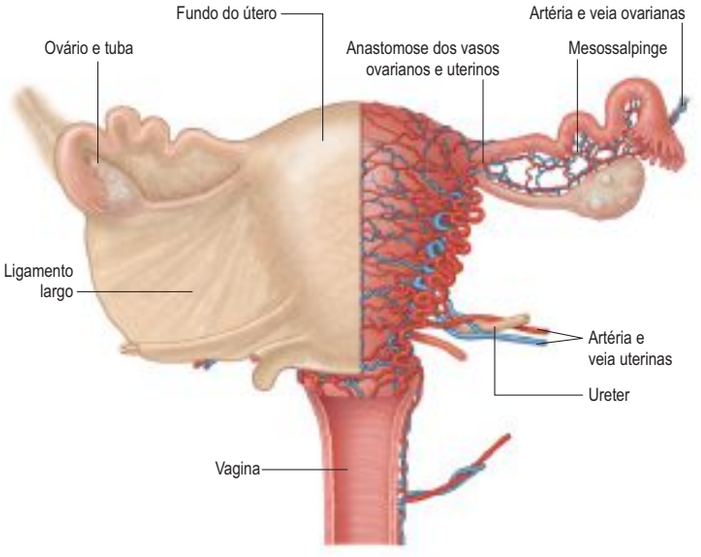


Fig. 77.19 Ligamento largo (à esquerda) e suprimento sanguíneo para o útero e para o ovário (à direita). (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

interna e origina um ramo que segue superiormente para a tuba uterina, onde ele se anastomosa com a artéria ovariana (Fig. 77.19). Entre a pirâmide formada pelo infundíbulo da tuba uterina, o polo superior do ovário e a parede pélvica lateral, o mesométrio contém os vasos ovarianos e os nervos dispostos dentro do ligamento suspensor fibroso do ovário (ou ligamento infundibulopélvico). Esse ligamento se continua lateralmente sobre os vasos ilíacos externos como uma prega distinta. O mesométrio também envolve a parte proximal do ligamento redondo do útero, além de músculo liso e tecido conjuntivo frouxo.

Ligamentos da pelve

Os ligamentos da pelve consistem nos ligamentos redondo, uterossacro, cervical transverso e pubocervical.

Ligamento redondo

Os ligamentos redondos são estreitas faixas, um pouco achatadas, de 10-12 cm de comprimento. Cada um está preso medialmente à parte superior do útero, logo abaixo e anteriormente aos cornos laterais. Daqui, cada um segue lateralmente dentro da parte superior do ligamento largo até a parede pélvica lateral. Próximo ao início da artéria epigástrica inferior, o ligamento redondo entra no anel inguinal profundo. Ele atravessa o canal inguinal e se divide em faixas que se fundem com o tecido conjuntivo circunjacente antes de terminar no monte pubiano, acima do lábio maior. Próximo ao útero, o ligamento redondo contém uma considerável quantidade de músculo liso, porém este gradualmente diminui, e a porção terminal é puramente fibrosa. O ligamento redondo contém vasos sanguíneos, nervos e vasos linfáticos. Estes últimos drenam a região uterina ao redor da entrada da tuba uterina para os linfonodos inguinais superficiais.

No feto, uma projeção do peritônio (processo vaginal) é carreada com o ligamento redondo por uma curta distância para dentro do canal inguinal. Este é geralmente obliterado em mulheres adultas, embora às vezes permaneça patente na idade avançada. No canal, o ligamento recebe as mesmas coberturas que o cordão espermático, embora elas sejam mais delgadas e se fundam com o ligamento em si, o qual pode não alcançar o monte pubiano. Os ligamentos redondo e ovariano se desenvolvem a partir do gubernáculo e são contínuos.

Ligamentos uterossacros, cervical transverso e pubocervical

Os ligamentos uterossacros são pregas retouterinas e contêm tecido conjuntivo fibroso e músculo liso (Fig. 77.18). Eles passam por trás da cérvice e do corpo uterinos a ambos os lados do reto, e estão presos à frente do sacro. Os ligamentos podem ser palpados lateralmente ao exame retal. Ao exame vaginal, eles podem ser sentidos como espessas faixas de tecido que seguem para baixo a ambos os lados do fórnice posterior. Os ligamentos cervicais transversos (ligamentos transversos do colo uterino, ligamentos cardinais ou ligamentos de Mackenrodt) (Fig. 77.20) estendem-se da parte lateral da cérvice e do fórnice lateral da vagina para se prender extensivamente à parede pélvica. Ao nível da cérvice, algumas fibras se interdigitam com fibras dos ligamentos uterossacros. Elas são contínuas com o tecido conjuntivo fibroso ao redor das partes inferiores dos ureteres e dos vasos sanguíneos pélvicos. Fibras do ligamento pubocervical seguem para a frente a partir da face anterior da cérvice e da parte superior da vagina para divergir ao redor da uretra (Fig. 77.20). Essas fibras se prendem à face posterior dos ossos púbicos.

Enquanto os ligamentos uterossacros e cervicais transversos podem atuar em extensão variável como suportes mecânicos do útero, os músculos levantadores do ânus e coccígeos, o diafragma urogenital e o corpo perineal parecem pelo menos tão importantes a esse respeito quanto as estruturas anteriormente mencionadas. Tem havido um interesse renovado nas estruturas de suporte da pelve, e o assunto foi revisado em detalhes por Delancey (2000).

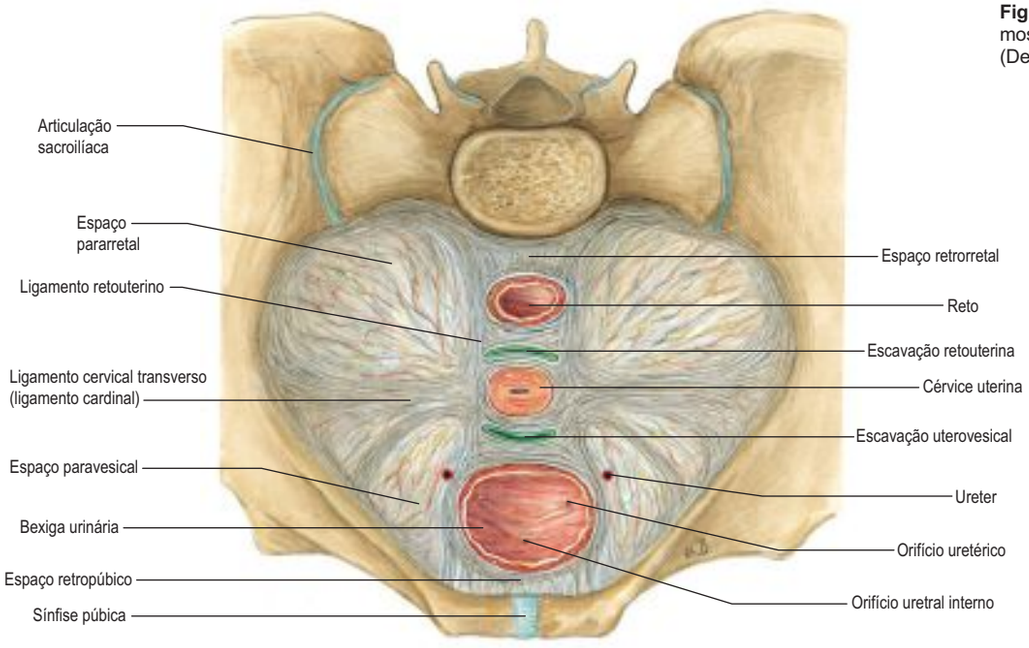


Fig. 77.20 Ligamentos de suporte da pelve mostra os ligamentos cervicais transversos. (De Sobotta 2006.)

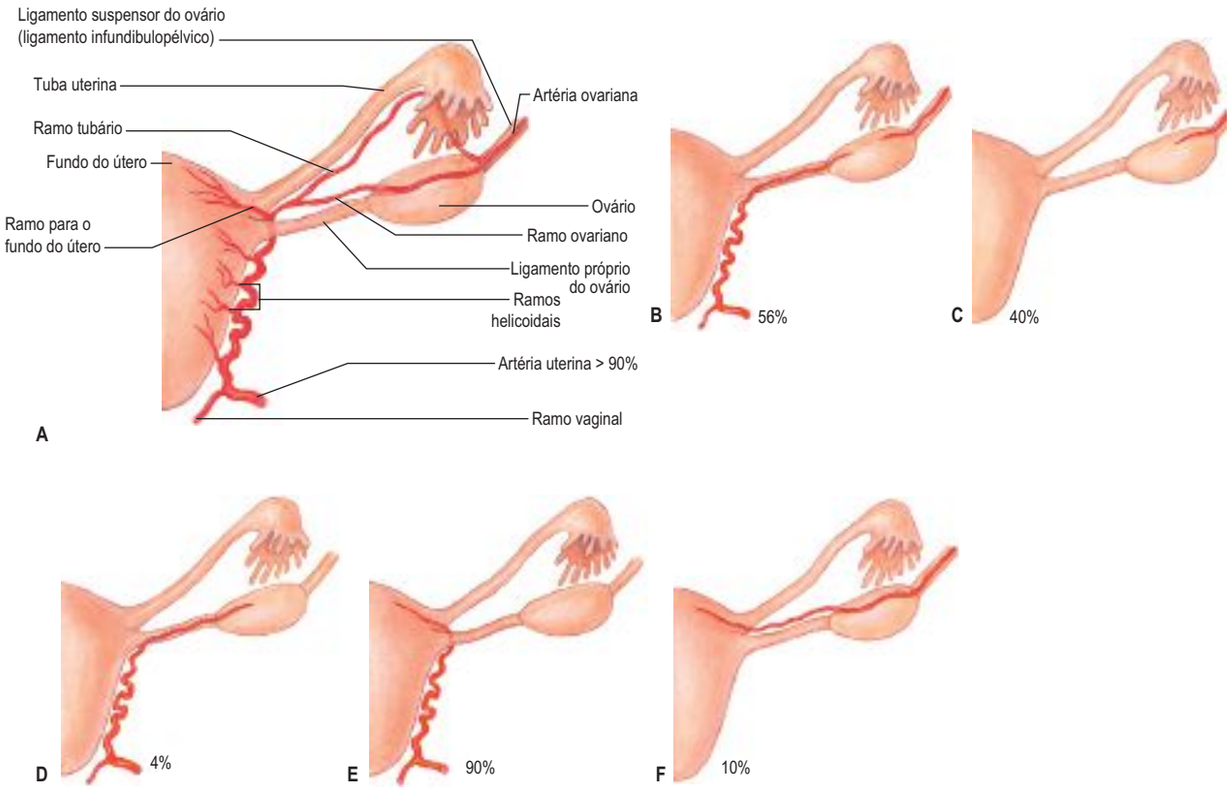


Fig. 77.21 A, Suprimento arterial normal para o útero, tubas uterinas e ovários. (De Sobotta, 2006). **B-F,** Variações no suprimento arterial.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

O suprimento arterial para o útero advém da artéria uterina (Fig. 77.21). Esta se origina como um ramo da divisão anterior da artéria ilíaca interna. A partir de sua origem, a artéria uterina cruza o ureter anteriormente no ligamento largo antes de se ramificar à medida que atinge o útero ao nível da junção cervicouterina. Um ramo principal sobe pelo útero tortuosamente dentro do ligamento largo, até que ele atinja a região do hilo do ovário, onde se anastomosa com ramos da artéria ovariana. Outro ramo desce para suprir a cérvice e se anastomosa com ramos da artéria vaginal para formar dois vasos longitudinais medianos, as artérias ázigos da vagina, as quais descem anterior e posteriormente à vagina. Embora existam anastomoses entre as artérias ovariana e vaginal, a dominância da artéria uterina é indicada por sua hipertrofia acentuada durante a gestação.

A tortuosidade dos vasos à medida que eles sobem nos ligamentos largos é repetida em seus ramos dentro da parede uterina. Cada artéria uterina dá origem a numerosos ramos. Estes entram na parede uterina, dividem-se e seguem circunferencialmente como grupos de artérias arque-

adas anteriores e posteriores. Elas se ramificam e se estreitam à medida que se aproximam da linha mediana anterior e posteriormente, de modo que nenhum grande vaso esteja presente nestas regiões. Entretanto, as árvores arteriais esquerda e direita se anastomosam através da linha mediana, e a ligação unilateral desses vasos pode ser realizada sem efeitos sérios. Os ramos terminais na musculatura uterina são tortuosos e chamados de arteríolas espiraladas. Elas fornecem uma série de densos plexos capilares no miométrio e no endométrio. A partir das artérias arqueadas, muitos ramos arteriolares espiralados seguem para o interior do endométrio. Sua aparência específica muda durante o ciclo menstrual. Na fase proliferativa, as arteríolas espiraladas se tornam menos proeminentes, enquanto na fase secretora elas crescem em comprimento e calibre e se tornam cada vez mais tortuosas.

Veias

As veias uterinas se estendem lateralmente nos ligamentos largos, seguem adjacentes às artérias e passam sobre os ureteres. Elas drenam para as veias ilíacas internas (Fig. 77.30). O plexo venoso uterino se anastomosa com os plexos venosos vaginal e ovariano.

Drenagem linfática

Os vasos linfáticos uterinos existem nas partes superficial (subperitoneal) e profunda da parede uterina. Vasos coletores derivados do corpo do útero e da cérvice seguem lateralmente no paramétrio para três principais grupos de linfonodos: os linfonodos ilíacos externos e internos, e os linfonodos obturatórios. Os linfonodos ilíacos internos e externos circundam suas artérias correspondentes. Os linfonodos obturatórios se localizam na fossa obturatória entre os vasos ilíacos externos e internos; o nervo obturatório segue através da parte inferior desse grupo de linfonodos.

Os vasos linfáticos derivados do fundo do útero e das tubas uterinas podem acompanhar a drenagem linfática dos ovários para os linfonodos para-aórticos (Fig. 77.3B). A região que circunda o istmo da tuba uterina pode ser drenada ao longo do ligamento redondo para os linfonodos inguinais superficiais.

Inervação

O suprimento nervoso para o útero é predominantemente derivado do plexo hipogástrico inferior. Alguns ramos sobem com as artérias uterinas no ligamento largo, ou próximo a estas. Eles suprem o corpo do útero e as tubas uterinas, e se conectam com nervos tubários derivados do plexo hipogástrico e com o plexo ovariano. Os nervos uterinos terminam no miométrio e no endométrio, e usualmente acompanham os vasos. Os nervos para a cérvice formam um plexo que contém pequenos gânglios paracervicais. Às vezes um gânglio é maior e é denominado de gânglio cervical uterino. Alguns ramos podem seguir diretamente para a cérvice uterina ou podem estar distribuídos ao longo das artérias vaginais.

As fibras simpáticas eferentes pré-ganglionares são derivadas de neurônios nos últimos segmentos torácicos e no primeiro segmento lombar; os locais nos quais eles fazem sinapses em seus neurônios pós-ganglionares são desconhecidos. As fibras parassimpáticas pré-ganglionares se originam de neurônios nos segundo ao quarto segmentos espinais sacrais, e fazem sinapses com os gânglios paracervicais. A atividade simpática pode produzir contrações uterinas e vasoconstrição, e a atividade parassimpática pode produzir uma inibição uterina e vasodilatação; entretanto, essas atividades são complicadas pelo controle hormonal das funções uterinas.

Estrutura microscópica

Corpo do útero

O corpo do útero é composto por três túnicas principais. De seu lúmen para fora, estas são o endométrio (mucosa), o miométrio (túnica de músculo liso) e a serosa (ou adventícia) (Fig. 77.22).

Endométrio

O endométrio é formado por uma camada de tecido conjuntivo frouxo, o estroma endometrial (lâmina própria), a qual sustenta um epitélio simples com células cilíndricas. Antes da puberdade, o epitélio é ciliado e cuboide. O epitélio contém glândulas em meio ao estroma endometrial, as quais secretam glicoproteínas e glicogênio. Após a puberdade, a estrutura do endométrio varia com o estágio do ciclo menstrual (ver adiante). As glândulas são tubulosas, seguem perpendicularmente à superfície luminal endometrial e, às vezes, penetram na porção superficial do miométrio. O estroma endometrial consiste em um tecido conjuntivo altamente celularizado entre as glândulas endometriais, e contém vasos sanguíneos e linfáticos.

Miométrio

O miométrio é composto de tecido muscular liso e tecido conjuntivo frouxo, e contém vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos. Ele é denso e espesso ao nível intermediário e no fundo do útero, mas é delgado ao nível dos orifícios tubários. O corpo do útero tem quatro camadas, ou estratos, musculares. O estrato submucoso (o mais interno) é composto por fibras musculares lisas longitudinais e algumas oblíquas. Onde o lúmen da tuba uterina passa através da parede uterina, esta camada forma uma capa muscular circular. O estrato vascular é externo ao estrato submucoso, rico em vasos sanguíneos, constituído por uma musculatura longitudinal e sucedido por uma camada de tecido muscular predominantemente circular, o estrato supravascular. A camada muscular longitudinal mais externa, o delgado estrato subseroso, localiza-se adjacente à serosa.

As fibras musculares dos estratos mais externos convergem nos ângulos laterais do útero e se continuam para as tubas uterinas. Algumas fibras entram nos ligamentos largos como os ligamentos redondo e ovariano; outras se voltam para os ligamentos uterossacros. Na junção entre o corpo

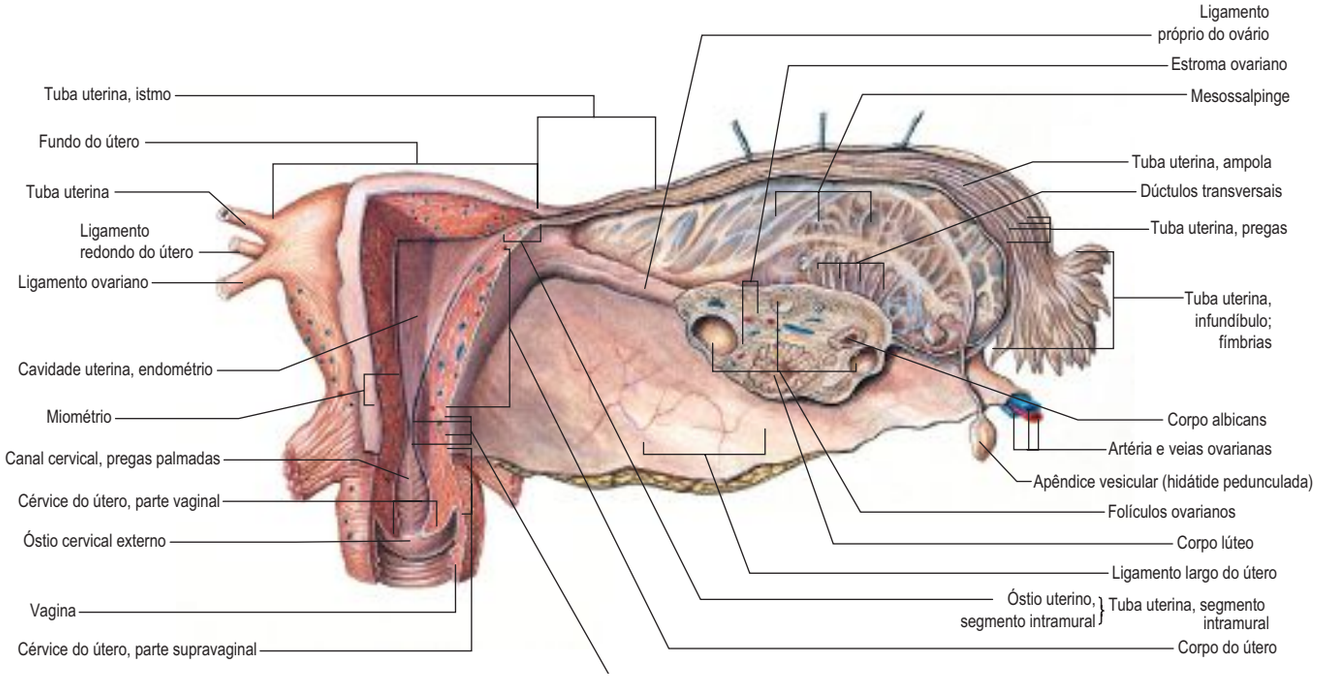


Fig. 77.22 O útero, as tubas uterinas e os ovários. (De Sobotta 2006.)

e a cérvice, o músculo liso se funde com tecido conjuntivo denso não modelado que contém fibras colágenas e elásticas e forma a maior parte da parede cervical. Fibras longitudinais bilaterais se estendem no estrato submucoso lateral a partir do ângulo do fundo da cérvice. Suas fibras musculares diferem estruturalmente daquelas do típico miométrio e podem fornecer rápidas vias de condução que coordenam as atividades contráteis da parede uterina.

Serosa

A serosa é composta pelo peritônio (mesotélio que recobre uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo), o qual recobre o corpo do útero. Posteriormente ele se continua para baixo para cobrir a parte supravaginal da cérvice.

Cérvice uterina

A cérvice (Figs. 77.23 e 77.24) consiste em tecido conjuntivo fibroelástico e contém uma quantidade relativamente pequena de músculo liso. Os componentes do sistema elástico do estroma cervical são essenciais para a capacidade de distensão da cérvice durante o parto. O canal cervical é revestido por uma mucosa altamente pregueada, com um epitélio superficial que contém células cilíndricas mucosas. Existem glândulas tubulosas ramificadas presentes em meio à mucosa, as quais são revestidas por um epitélio secretor similar. As glândulas se estendem obliquamente para cima e para fora do canal. Elas secretam um muco claro e alcalino, o qual é relativamente viscoso, exceto no ponto médio do ciclo menstrual, quando ele se torna mais copioso e menos viscoso para estimular a passagem dos espermatozoides. Na extremidade vaginal da cérvice, a abertura de uma glândula pode ficar bloqueada, e em seguida ela se preenche com muco para formar um folículo (ou cisto) de Naboth. Nenhuma parte de sua mucosa é descamada durante o período menstrual e, deste modo, ao contrário do endométrio do corpo do útero, ela não é dividida em camadas funcional e basal e não apresenta artérias espiraladas. A superfície da parte intravaginal da cérvice (ectocérvice) é coberta por um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado, o qual contém glicogênio.

A junção escamocilíndrica, onde o epitélio cilíndrico secretor do canal endocervical se encontra com o epitélio de revestimento estratificado pavimentoso não queratinizado da ectocérvice, está localizada no óstio externo antes da puberdade. À medida que os níveis de estrógenos se elevam durante a puberdade, o óstio cervical se abre e expõe o epitélio cilíndrico endocervical sobre a ectocérvice. Esta área de células cilíndricas sobre a ectocérvice forma uma área que é avermelhada e de aparência esfolada chamada de ectrópio (erosão cervical). Em seguida, ela é exposta ao ambiente ácido da vagina e, através de um processo de metaplasia escamosa, transforma-se em um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado. Por isso, esta área é conhecida como a "zona de transformação". Outros estados hiperestrogênicos, tais como a gravidez e o uso de pílulas contraceptivas orais, podem resultar em um ectrópio. Esta área é o local mais comum de neoplasia intraepitelial cervical (NIC) que pode progredir para uma neoplasia maligna. Em mulheres pós-menopausa, a junção escamocilíndrica retrocede para dentro do canal endocervical (Fig. 77.23).

Imageamento por ressonância magnética do útero

Ao imageamento por ressonância magnética (RM) de peso T2, o útero (Fig. 77.25A e B) apresenta uma anatomia zonal, com três zonas distintas: o endométrio; a zona juncional; e o miométrio. O endométrio e a cavidade uterina aparecem como uma faixa de alto sinal; a espessura varia com o estágio do ciclo menstrual. Na fase proliferativa inicial, ele mede até 5 mm e se amplia para até 1 cm no meio da fase secretora. Uma faixa de baixo sinal, a zona juncional, limita o endométrio. Ela representa a parte interna do miométrio, a qual se funde com a faixa de baixo sinal do estroma cervical fibroso ao nível do óstio interno. A zona juncional aparece de baixo sinal porque as células do miométrio têm baixo conteúdo de água quando comparadas àquelas da parte externa do miométrio. A zona juncional tem espessura e sinal constantes durante todo o ciclo menstrual, e normalmente mede 5 mm. A parte externa do miométrio tem sinal de média intensidade na fase proliferativa e de alta intensidade de sinal no meio da fase secretora como resultado da vascularização aumentada e da proeminência dos vasos arqueados.

Em mulheres pré-puberais, o útero é menor (apenas 4 cm de comprimento) e em imagens de peso T2 o endométrio é mínimo ou ausente, e a zona juncional é indistinta. Em mulheres pós-menopausa, o corpo do útero diminui de tamanho e a anatomia zonal é indistinta.

Ao RM de peso T2, a cérvice tem um estroma interno de baixo sinal, contínuo com a zona juncional do útero. Frequentemente, este é circundado por uma zona externa de sinal de intensidade intermediária, a qual é contínua com a parte externa do miométrio. As aparências não mudam com o ciclo menstrual ou com o uso de pílulas anticoncepcionais orais. A faixa central é de sinal muito alto e é uma consequência das secreções produzidas pelas glândulas endocervicais.

TUBAS UTERINAS (Trompas de Falópio)

As tubas uterinas (Fig. 77.26) estão presas à parte superior do corpo do útero e seus óstios se abrem na cavidade uterina (Fig. 77.27). A abertura medial da tuba (o óstio uterino) está localizada no ângulo superior da cavidade uterina. A tuba segue lateral e superiormente, e consiste em quatro partes principais: o segmento intramural, o istmo, a ampola e o infundíbulo. O segmento intramural tem 0,7 mm de largura, 1 cm de comprimento e se localiza em meio ao miométrio. Ele é contínuo lateralmente com o istmo, o qual tem 1-5 mm de largura e 3 cm de comprimento, tem um contorno arredondado e consistência muscular e firme. O istmo é contínuo lateralmente com a ampola, a porção mais larga da tuba, com um diâmetro luminal máximo de 1 cm. A ampola tem 5 cm de comprimento e apresenta parede delgada e superfície luminal tortuosamente pregueada. Tipicamente, a fertilização ocorre em seu lúmen. A ampola se abre no infundíbulo, em forma de trompete ou funil, no óstio abdominal. As fímbrias, numerosas pregas digitiformes da mucosa, com 1 mm de largura, estão presas às extremidades do infundíbulo e se estendem a partir de sua circunferência interna para além da parede muscular da tuba. Uma dessas fímbrias, a fímbria ovariana, é mais longa e mais profundamente ramificada do que as outras,

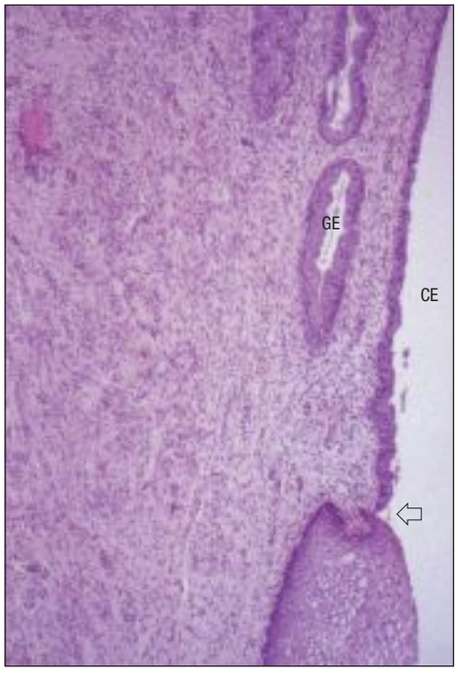


Fig. 77.23 Zona de transformação da cérvice uterina. O epitélio simples cilíndrico que reveste o canal endocervical (CE), que também reveste as glândulas da mucosa endocervical (GE), muda abruptamente (seta) para o epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado do óstio externo e do ectocérvice (abaixo da seta).

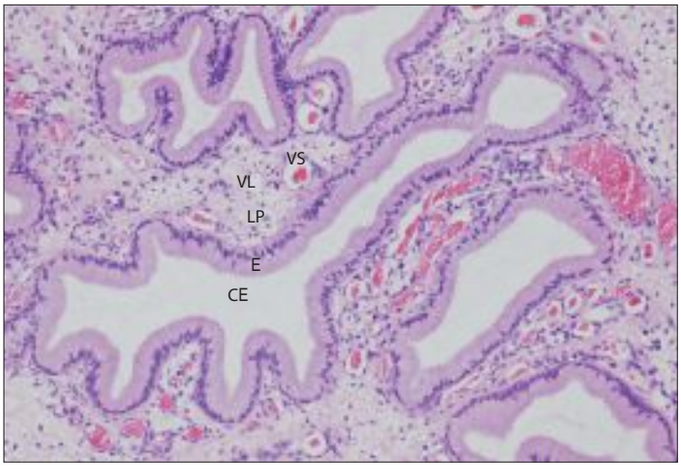
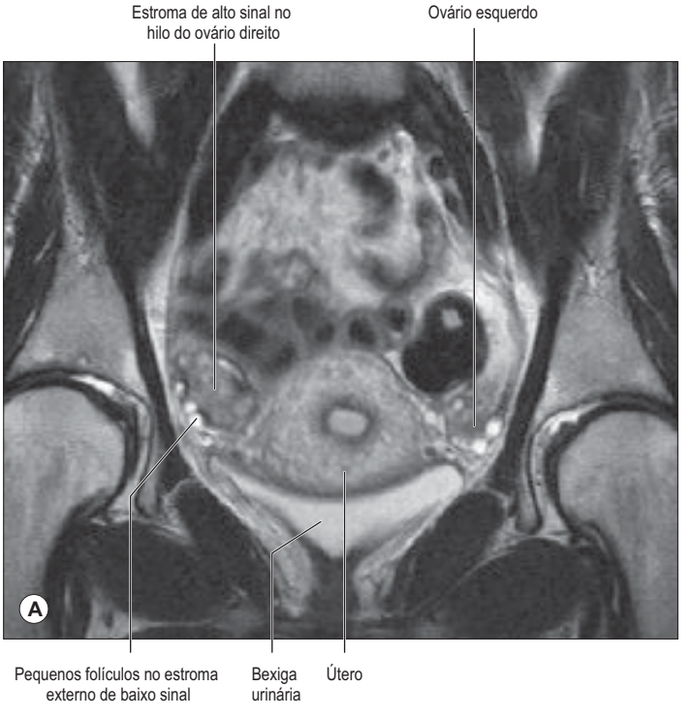


Fig. 77.24 Glândulas endocervicais são profundas invaginações do revestimento do canal endocervical (CE). O epitélio (E) é simples, cilíndrico e mucossecretor. A lâmina própria subjacente (LP) é ricamente suprida com vasos sanguíneos (VS) e vasos linfáticos (VL). (Por cortesia de Mr Peter Helliwell e Dr. Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)



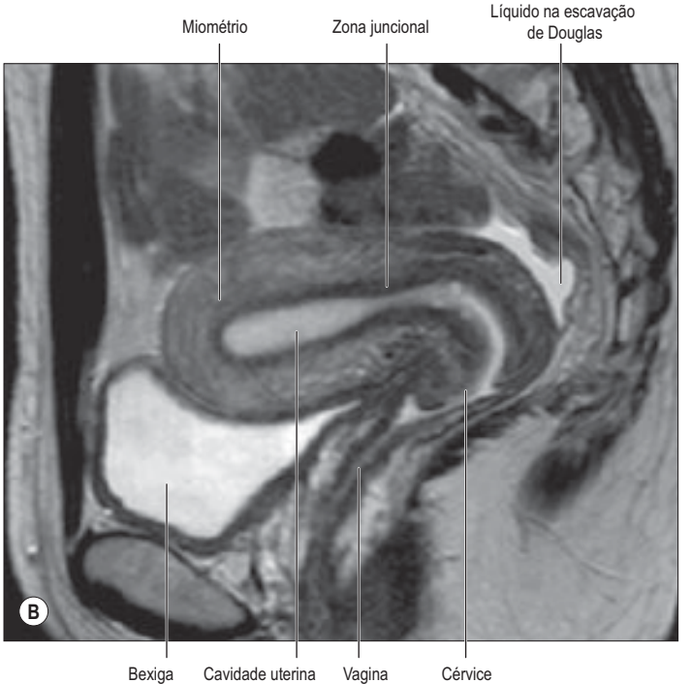


Fig. 77.25 RM de peso T2 do útero e dos ovários. **A,** RM coronal de peso T2 através de uma pelve feminina mostra o útero e ambos os ovários, com o estroma central com alto sinal e o estroma externo com sinal mais baixo. **B,** RM sagital de peso T2 através de uma pelve feminina mostrando a anatomia zonal do útero.

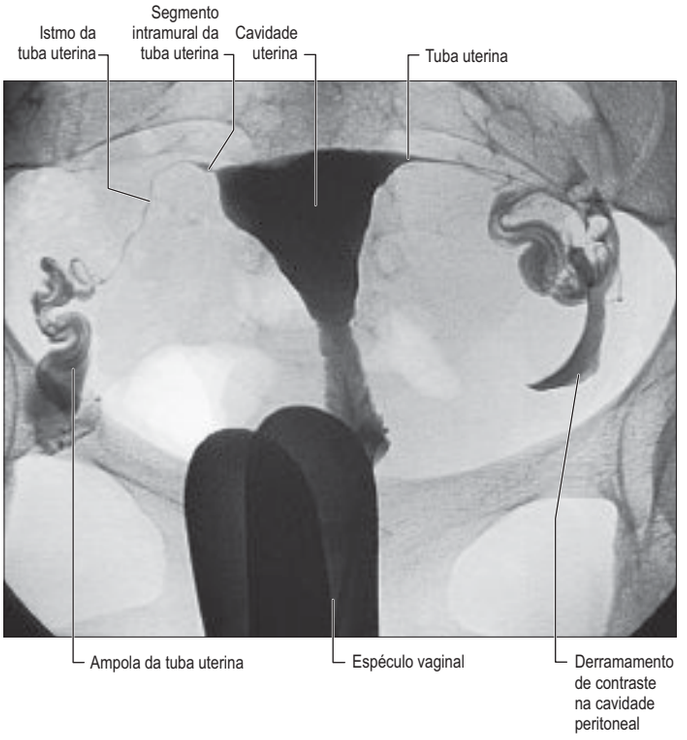


Fig. 77.26 Histerossalpingografia por subtração digital. O contraste radiopaco é introduzido através de um cateter inserido através do óstio cervical externo: o cateter é introduzido usando um espéculo vaginal. O contraste preenche a cavidade uterina de formato triangular. Os lúmens das estreitas partes intramurais e dos istmos das tubas uterinas podem ser traçados inferolateralmente a partir dos ângulos superiores, e eles se expandem em direção às ampolas mais amplas. Uma pequena quantidade do meio de contraste escapou para a cavidade pélvica a partir dos óstios abdominais. (Por cortesia da Dr Julia Hillier, Chelsea and Westminster Hospital, London.)

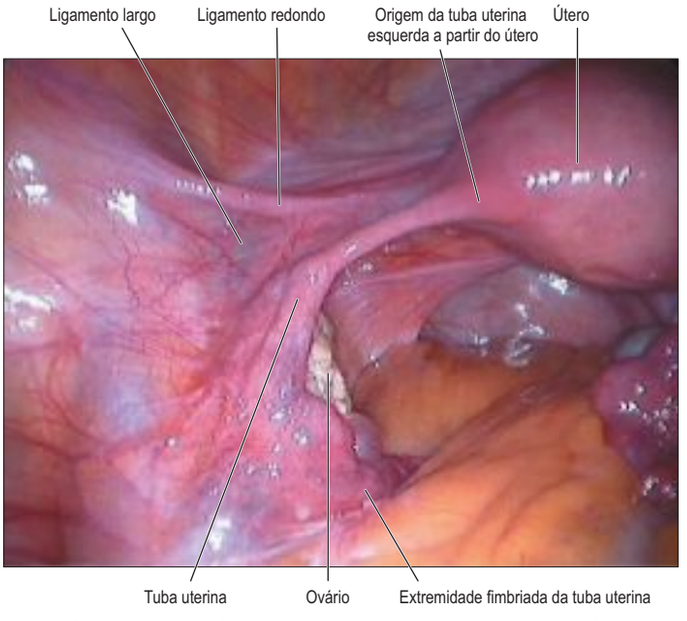


Fig. 77.27 Vista laparoscópica da origem da tuba uterina a partir do útero.

e encontra-se tipicamente aplicada ao polo tubário do ovário. No momento da ovulação, as fímbrias incham e se estendem como resultado do ingurgitamento dos vasos na lâmina própria, que auxilia na captura do ovócito liberado. Todas as fímbrias, assim como a mucosa que reveste toda a extensão das tubas, são recobertas por um epitélio simples cilíndrico ciliado cujos cílios batem em direção à ampola.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

O suprimento arterial para as tubas uterinas é derivado das artérias ovariana e uterina. O terço lateral da tuba é suprido pela artéria ovariana, a qual se continua no mesossalpinge para se anastomosar com ramos derivados da artéria uterina. Os dois terços mediais da tuba são supridos pela artéria uterina.

Veias

A drenagem venosa é similar ao suprimento arterial. A drenagem venosa dos dois terços laterais da tuba uterina ocorre através do plexo pampini-

forme das veias ovarianas, que se abrem na veia cava inferior do lado direito e na veia renal do lado esquerdo. Os dois terços mediais da tuba drenam através do plexo uterino para a veia ilíaca interna.

Drenagem linfática

A drenagem linfática ocorre através dos vasos ovarianos até os linfonodos para-aórticos, e através de vasos uterinos até a cadeia ilíaca interna. É possível que a linfa atinja os linfonodos inguinais através do ligamento redondo.

Inervação

A tuba uterina é inervada por fibras autônomas que estão distribuídas principalmente com as artérias ovariana e uterina. A maior parte da tuba tem um duplo suprimento, simpático e parassimpático. Fibras parassimpáticas pré-ganglionares são derivadas do nervo vago para a metade lateral da tuba e de nervos esplâncnicos pélvicos para a metade medial. O suprimento simpático é derivado de neurônios do décimo segmento torácico até o segundo segmento lombar espinais. As fibras aferentes viscerais seguem com os nervos simpáticos e entram na medula através das raízes dorsais correspondentes: elas também podem seguir com fibras parassimpáticas. A mucosa da ampola contém corpúsculos de Pacini modificados.

Estrutura microscópica

As paredes das tubas uterinas apresentam as típicas túnicas mucosa, muscular e serosa (Fig. 77.28). A mucosa se projeta em pregas longitudinais, as quais são mais proeminentes distalmente no infundíbulo e diminuem para elevações discretas no segmento intrauterino (ou intramural). A mucosa é constituída por um epitélio simples cilíndrico alto, o qual contém muitas células ciliadas e células secretoras (*"peg cells"*, ou células intercaladas, as quais se projetam para o lúmen acima de suas células ciliadas vizinhas), e linfócitos intraepiteliais ocasionais. Na tuba, as células ciliadas predominam distalmente e as células secretoras predominam proximalmente. Suas atividades variam com o estágio do ciclo menstrual e com a idade. As células secretoras são mais ativas por volta da época da ovulação. Suas secreções incluem nutrientes para os gametas e auxiliam a capacitação dos espermatozoides. As células ciliadas aumentam de altura e desenvolvem mais cílios na primeira metade estrogênica do ciclo menstrual. Seus cílios movimentam o ovócito a partir do infundíbulo, de extremidade aberta, em direção ao útero, em fluidos secretados pelas células intercalares. O epitélio regride de altura em direção ao final do ciclo e no período pós-menopausa, quando as células ciliadas se encontram em número reduzido.

A lâmina própria fornece um suporte de tecido conjuntivo vascularizado e vasos linfáticos abundantes para drenagem. A túnica muscular de músculo liso está organizada em uma camada circular, ou espiralada, interna e uma camada longitudinal externa, mais delgada. Juntas, sua atividade contrátil produz os movimentos peristálticos da tuba, os quais auxiliam a propulsão dos gametas e do ovo fertilizado. As tubas uterinas são cobertas externamente por uma serosa altamente vascularizada.

OVÁRIOS

No estado adulto não gravídico, os ovários se localizam a cada lado do útero, próximos à parede pélvica lateral e suspensos na cavidade pélvica por uma dupla prega de peritônio, o mesovário, o qual está preso ao limite superior da face posterior do ligamento largo do útero. Eles são de tonalidade branca pardacenta e consistem em tecido conjuntivo fibroso denso no qual os ovócitos estão embebidos. Antes que a ovulação regular se inicie, eles apresentam uma superfície lisa; porém, logo em seguida, suas superfícies são distorcidas por causa da formação de tecido cicatricial que se segue à degeneração de sucessivos corpos lúteos (Fig. 77.29). Suas dimensões médias são 4 × 2 × 3 cm em mulheres maduras sob o ponto de vista reprodutivo; eles mais do que dobram seu tamanho durante a gestação. No recém-nascido, suas dimensões são 1,3 × 0,6 × 0,4 cm. Antes do primeiro período menstrual (menarca), os ovários têm cerca de um terço do tamanho normal do ovário de um indivíduo adulto em vida reprodutiva; eles aumentam gradualmente de tamanho com o crescimento do corpo. Após a menopausa, o tamanho médio do ovário reduz para 2,0 × 1,5 × 0,5 cm, e ainda mais para 1,5 × 0,75 × 0,5 cm na menopausa tardia.

A superfície lateral do ovário se encontra em contato com o peritônio parietal na fossa ovariana. Atrás da fossa ovariana encontram-se estruturas retroperitoneais, incluindo o ureter, os vasos ilíacos internos, os vasos e o nervo obturatórios e a origem da artéria uterina (Fig. 77.30). A superfície medial está voltada para o útero e para os vasos uterinos no ligamento largo, e o recesso peritoneal aqui é denominado de bursa ovariana. Acima da extremidade superior estão as fímbrias e a porção distal da tuba uterina. A extremidade inferior aponta para baixo, em direção ao assoalho pélvico. A borda anterior está voltada para o folheto posterior do ligamento largo e contém o mesovário. A borda posterior é livre e está voltada para o peritônio, o qual se sobrepõe à parte superior da artéria e da veia ilíacas internas, e o ureter. Do lado direito, superior e lateralmente ao ovário, estão a junção ileocecal, o ceco e o apêndice vermiforme. Do lado esquerdo, o colo sigmoide passa sobre o polo superior do ovário e se une ao reto, o qual se dispõe entre as superfícies mediais de ambos os ovários. O mesossalpinge se localiza abaixo da tuba uterina. O ligamento ovariano está inferior e medialmente. O mesovário e o ovário se localizam inferiormente em sua extremidade fimbrial. O ligamento redondo é anterior à tuba. As superfícies superior e posterior da tuba se encontram livres na cavidade peritoneal (Fig. 77.18).

Na vida embrionária e fetal inicial, os ovários estão localizados na região lombar, próximo aos rins. Eles descem gradualmente ao longo do gubernáculo e param na pelve menor. Algum tecido ovariano acessório pode ocorrer no mesovário ou ao longo do trajeto dos gubernáculos; raramente, os ovários podem descer ao longo de todo o trajeto dos gubernáculos e são encontrados nos lábios maiores. Durante a gravidez, os ovários

Fig. 77.28 Tuba uterina (ampola), com a mucosa de revestimento que se projetam em extensas pregas que preenchem o lúmen. O epitélio de revestimento superficial inclui células secretoras e ciliadas, que recobrem a lâmina própria (LP). Uma musculatura lisa (ML) forma a túnica muscular na parede da tuba. (Por cortesia do Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

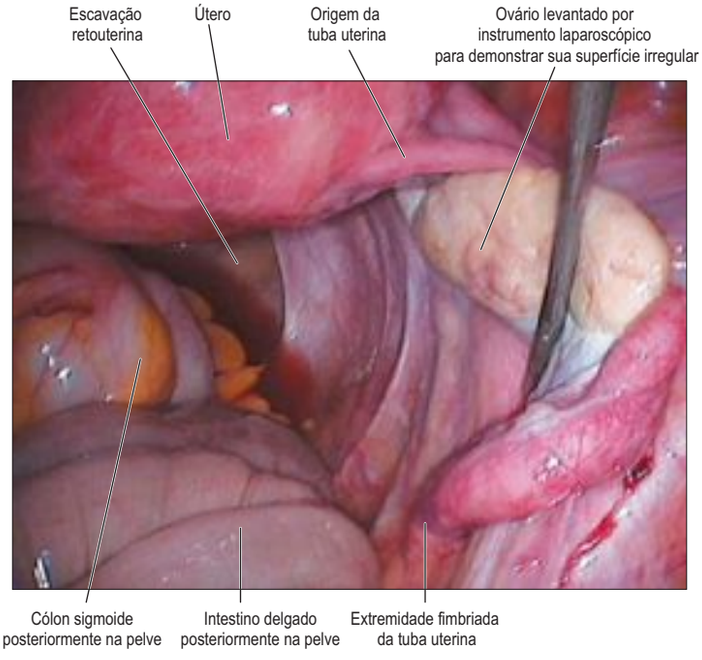


Fig. 77.29 Imagem laparoscópica do ovário direito mostra a superfície distorcida por sucessivas ovulações.

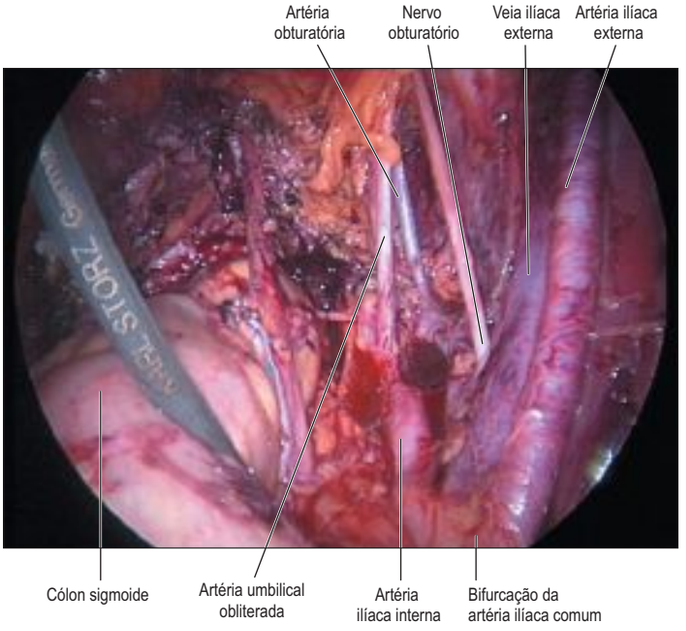


Fig. 77.30 Ligamento largo dissecado e linfonodos pélvicos removidos para revelar estruturas da parede pélvica lateral direita.

são levantados em uma posição alta na pelve e, por volta de 14 semanas de gestação, tornam-se estruturas parcialmente abdominais. Por volta do terceiro trimestre, eles são estruturas totalmente abdominais e se dispõem verticalmente atrás e lateralmente ao útero gravídico (Cap. 78).

Suportes peritoneais e ligamentosos do ovário

Os suportes peritoneais e ligamentosos do ovário consistem nos ligamentos infundibulopélvico, ovariano e mesovariano.

Ligamento infundibulopélvico (suspensor)

O ligamento suspensor ou infundibulopélvico do ovário é uma prega peritoneal que está presa à parte superior da superfície lateral do ovário. Ele contém os vasos e nervos ovarianos. Do lado direito, o ligamento infundibulopélvico está preso a uma prega de peritônio que se localiza posterior e inferiormente ao ceco e ao apêndice vermiforme. Do lado esquerdo, a fixação peritoneal é mais alta que à direita, e encontra-se lateralmente à junção dos cólons descendente e sigmoide. À medida que ele se une ao peritônio que cobre o músculo psoas maior, segue superiormente sobre os vasos ilíacos externos, ao nervo genitofemoral e ao ureter.

Ligamento ovariano

O ligamento ovariano prende a extremidade uterina (inferomedialmente) do ovário ao ângulo lateral do útero, posteroinferiormente à tuba uterina. Ele se localiza no folheto posterior do ligamento largo e contém algumas células musculares lisas. Ele é contínuo com a borda medial do ligamento redondo, ambos remanescentes do gubernáculo.

Mesovário

O mesovário é uma curta prega peritoneal que prende o ovário à parte dorsal do ligamento largo. Ele conduz vasos sanguíneos e nervos para o hilo do ovário. A tuba uterina se arqueia sobre o ovário e sobe em relação à sua borda mesovariana, em seguida se curva sobre sua extremidade tubária e segue para baixo em sua borda posterior livre e sua superfície medial.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Artérias

As artérias ovarianas são ramos da aorta abdominal e se originam abaixo das artérias renais. Cada uma desce por trás do peritônio e, na margem da pelve, cruza a artéria e a veia ilíacas externas para entrar na cavidade pélvica verdadeira. Aqui, a artéria se volta medialmente no ligamento suspensor do ovário e se divide em um ramo para o mesovário que supre o ovário, e um ramo que se continua para dentro do ligamento largo do útero, abaixo da tuba uterina, e supre a tuba. Existem variações no local da divisão para o ovário e para a tuba (Fig. 77.21). A cada lado, um ramo segue lateralmente ao útero para se unir à artéria uterina. Outros ramos acompanham os ligamentos redondos através do canal inguinal até a pele do lábio maior e a região inguinal. Logo cedo na vida intrauterina, os ovários flanqueiam a coluna vertebral inferiormente aos rins, e de modo que as artérias ovarianas sejam relativamente curtas; gradualmente, elas se alongam à medida que os ovários descem para a pelve.

Veias

As veias ovarianas emergem do ovário como um plexo (plexo pampiniforme) no mesovário e no ligamento suspensor (Fig. 77.3). Duas veias emergem do plexo e sobem com a artéria ovariana: elas usualmente se juntam em um vaso único antes de entrar na veia cava inferior do lado direito ou na veia renal do lado esquerdo.

Drenagem linfática

A principal drenagem linfática dos ovários ocorre ao longo de vasos que seguem as veias ovarianas para os linfonodos para-aórticos localizados próximos à origem das artérias renais. A drenagem também pode ocorrer através de linfonodos pélvicos para linfonodos para-aórticos inferiores, e mais raramente pode seguir o ligamento redondo até os linfonodos inguinais.

Inervação

A inervação ovariana é derivada de plexos autônomos. A parte superior do plexo ovariano é formada por ramos dos plexos renal e aórtico, e a parte inferior é reforçada pelos plexos hipogástricos superior e inferior. Esses plexos consistem em fibras simpáticas e parassimpáticas pós-ganglionares, e fibras aferentes viscerais. As fibras simpáticas eferentes são derivadas dos 10º e 11º segmentos espinais torácicos e são provavelmente vasoconstritoras, ao passo que as fibras parassimpáticas, derivadas dos plexos hipogástricos inferiores, são provavelmente vasodilatadoras.

Estrutura microscópica

Em mulheres jovens, a superfície do ovário é coberta por uma camada única de células epiteliais cuboides, a qual contém algumas células mais achatadas. O ovário se apresenta com uma tonalidade branca pardacenta, em contraste com a brilhante e lisa cobertura mesotelial do peritônio do mesovário, com a qual ele é contínuo. Uma linha branca ao redor da borda mesovariana anterior normalmente marca a transição entre o peritônio e o epitélio ovariano superficial. Esse epitélio é também denominado epitélio germinativo, mas isto é um equívoco, uma vez que ele não representa uma fonte de células germinativas. Imediatamente abaixo do epitélio, há uma capa fibrosa resistente rica em colágeno, a túnica albugínea. O parênquima ovariano que ela envolve é dividido em um córtex, o qual contém os folículos ovarianos, e uma medula, que recebe os vasos e nervos ovarianos a partir do hilo.

Córtex ovariano

Antes da puberdade, o córtex forma 35%, a medula 20% e as células intersticiais até 45% do volume do ovário. Após a puberdade, o córtex forma a principal parte do ovário, e envolve a medula – exceto no hilo. Ele contém os folículos ovarianos em vários estágios de desenvolvimento e corpos lúteos e seus remanescentes degenerativos, dependendo da idade ou estágio do ciclo menstrual. Os folículos e as estruturas derivadas deles estão embebidos em um denso estroma composto por uma trama de delicadas fibras colágenas e células fusiformes semelhantes a fibroblastos, organizadas em espirais características. As células estromais diferem de fibroblastos do tecido conjuntivo em geral pelo fato de elas conterem gotículas lipídicas, as quais se acumulam na gravidez. As células estromais dão origem às camadas tecais dos folículos ovarianos em maturação. A teca interna se torna secretora de esteroides no corpo lúteo.

Folículos ovarianos

Folículos primordiais

O desenvolvimento dos folículos ovarianos pode ser dividido em diferentes estágios (Fig. 77.31). Ao nascimento, o córtex ovariano contém uma zona superficial de folículos primordiais. Estes consistem em ovócitos primários de 25 μm de diâmetro, cada um circundado por uma camada única de células foliculares achatadas. Os núcleos dos ovócitos são ligeiramente excêntricos e têm um nucléolo caracteristicamente proeminente. Eles contêm o número diploide de cromossomos (duplicados como cromátides-irmãs), estacionados no estágio de diplóteno da prófase meiótica desde antes do nascimento (Fig. 77.32). Muitos folículos degeneram, seja durante a vida pré-puberal (incluindo o período pré-natal), seja através de atresia em algum estágio antes do início do processo de maturação cíclica durante o período de gravidez. Seus remanescentes são visíveis como folículos atrésicos, cujos restos se acumulam durante todo o período de vida reprodutiva. Após a puberdade, grupos de até 20 folículos primordiais se tornam ativados a cada ciclo menstrual (menos são ativados com a idade avançada). Seu

desenvolvimento requer um número de ciclos. Dos folículos ativados em cada grupo, usualmente apenas um folículo de um ou do outro ovário se torna dominante, atinge a maturidade e libera seu ovócito na ovulação.

Folículos primários

Os folículos primários se desenvolvem dos folículos primordiais. O primeiro sinal é uma mudança nas células foliculares de achatadas para cuboides. Isto é seguido por sua proliferação para originar um folículo multilaminar que consiste em células da camada granulosa circundadas por uma espessa lâmina basal (Fig. 77.33). As células do estroma imediatamente ao redor do folículo começam a se diferenciar em células fusiformes, as quais constituem as tecas foliculares, das quais as mais internamente localizadas formarão a teca interna. Mais tarde, elas são circundadas por uma camada mais fibrosa chamada de teca externa. Ao mesmo tempo, o ovócito aumenta de tamanho e secreta uma espessa camada de um material extracelular rico em glicoproteínas, a zona pelúcida, entre sua membrana plasmática e as células da camada granulosa mais imediatamente circundantes do folículo em desenvolvimento. A zona pelúcida é importante para o processo de fertilização. As células da camada granulosa em contato com a zona pelúcida enviam prolongamentos citoplasmáticos radialmente para o seu interior. Esses prolongamentos estabelecem contatos com os micrórvilos do ovócito através de junções comunicantes (*gap junctions*), o que indica uma comunicação entre elas (veja Motta *et al.*, 2003). As células foliculares da camada granulosa, que se encontram em contato funcional entre si através de junções comunicantes, continuam a proliferar e fazem com que a espessura da parede do folículo primário multilaminar aumente.

Folículos secundários (ou antrais)

Os folículos secundários ou antrais se desenvolvem a partir de folículos primários. O número de células na camada granulosa continua a crescer. Cavidades começam a se formar entre elas, preenchidas com um líquido claro (o líquido folicular) que contém ácido hialurônico (ou hialuronato), fatores de crescimento e hormônios esteroides secretados pelas células foliculares da camada granulosa. O folículo tem agora 200 μm de diâmetro e usualmente se localiza profundamente no córtex. Essas cavidades coalescem para formar um grande espaço preenchido com líquido, o antro folicular. Este é circundado por uma delgada camada uniforme de células foliculares da camada granulosa, exceto em um polo do folículo em que uma parte espessada da camada granulosa envolve o ovócito excentricamente colocado para formar o cúmulo oóforo. O ovócito agora atingiu o seu tamanho máximo, em torno de 80 μm, e as tecas interna e externa estão claramente diferenciadas (Fig. 77.34). À medida que os folículos amadurecem, a teca interna se torna mais proeminente e suas células mais arredondadas e com aspecto típico de células endócrinas secretoras de esteroides. Essas células produzem a androstenidiona, a partir da qual as células foliculares da camada granulosa sintetizam estrógenos (principalmente o estradiol). O desenvolvimento folicular é estimulado pelo hormônio folículo-estimulante (FSH).

Folículos terciários (ou de Graaf)

Embora um número de folículos possa progredir para o estágio secundário até em torno da primeira semana de um ciclo menstrual, usualmente apenas um folículo terciário se desenvolve. Os demais se tornam atrésicos. O folículo sobrevivente aumenta consideravelmente de tamanho à medida que o antro obtém líquido a partir dos tecidos circunjacentes e se expande a um diâmetro de 2 cm. O termo folículo de Graaf é frequentemente usado para descrever este estágio folicular maduro (Fig. 77.34). O ovócito e um anel de células firmemente aderidas, a corona radiata, se separam da parede folicular e flutuam livremente no líquido folicular. O ovócito primário, o qual permanecia na prófase da primeira divisão meiótica desde a vida fetal, termina sua primeira divisão meiótica para produzir um ovócito secundá-

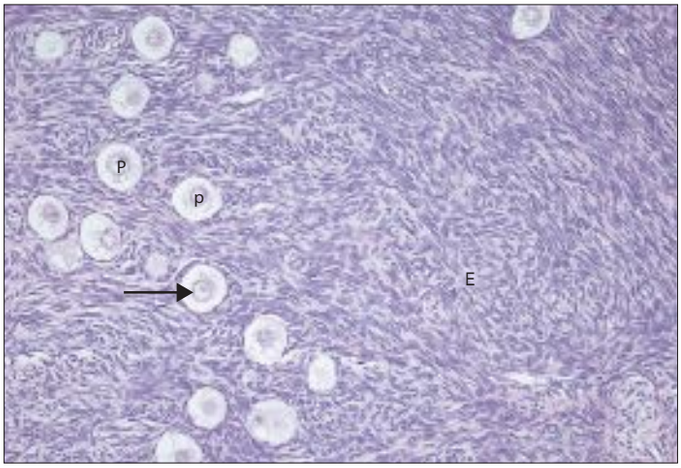


Fig. 77.32 Córtex ovariano em grande aumento com folículos primordiais (p) e folículos primários unilaminares (P) em meio ao estroma ovariano (E); os folículos primários estimulados apresentam células cuboides que revestem o ovócito. Um grande núcleo é observado em cada ovócito no plano de corte da maioria dos folículos (seta). (Por cortesia do Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

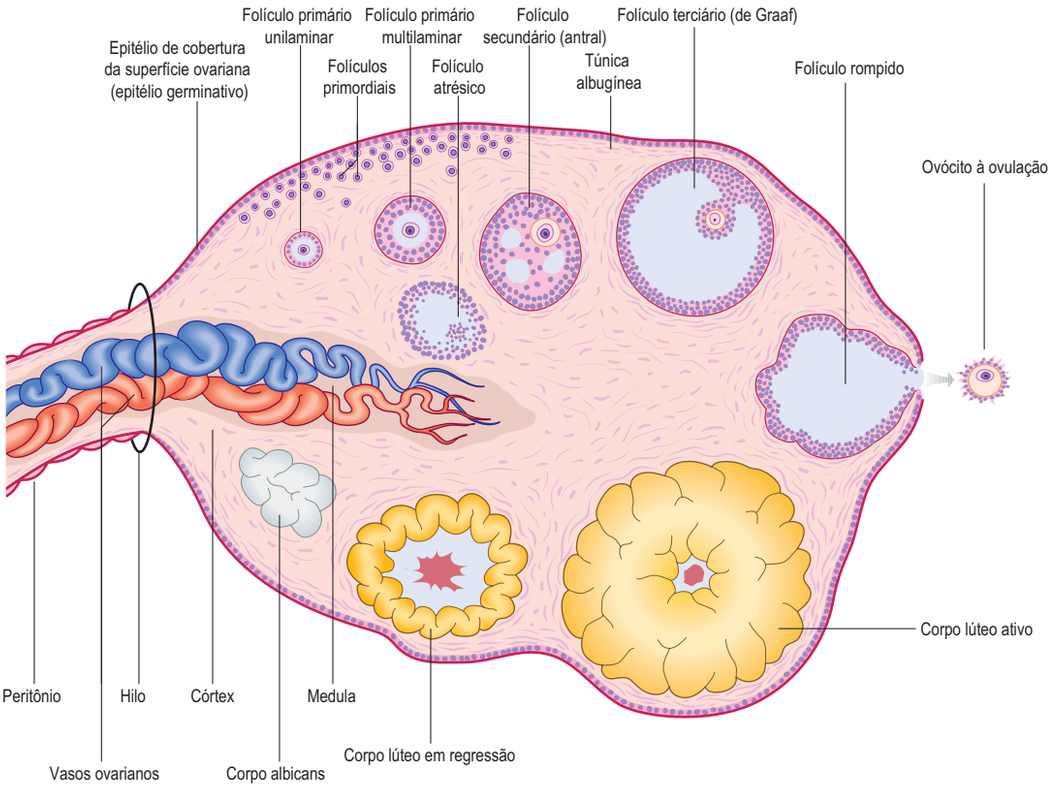


Fig. 77.31 Desenho esquemático da estrutura microscópica do ovário, com folículos em vários estágios de seu desenvolvimento cíclico e a formação do corpo lúteo e do corpo albicans. No ovário humano, os folículos em desenvolvimento raramente são vistos.

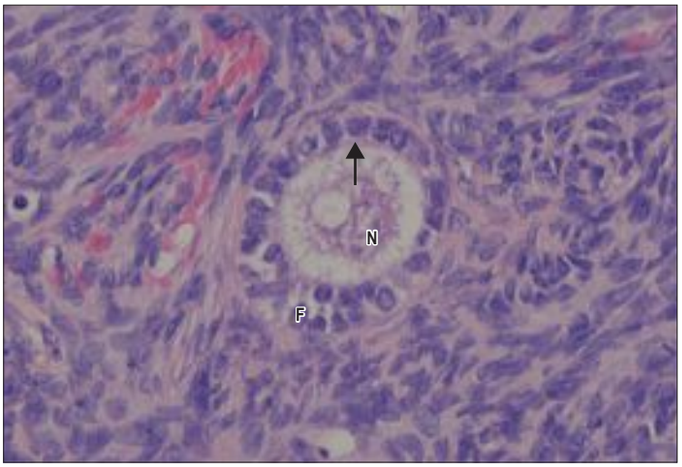


Fig. 77.33 Fotomicrografia em grande aumento de um folículo primário unilaminar no córtex de um ovário humano. O pálido ovócito, com seu núcleo excêntrico (N), está separado das células foliculares (F) pela zona pelúcida (seta). As células foliculares estão nos estágios iniciais de proliferação para formar um folículo primário multilaminar. (Por cortesia do Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

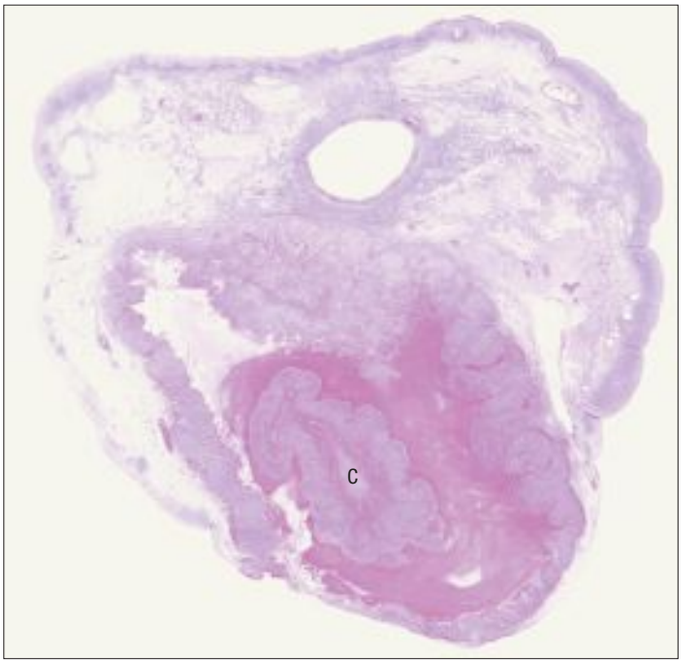


Fig. 77.35 Vista em pequeno aumento de um corte de um ovário humano que contém um corpo lúteo (C). (Por cortesia do Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

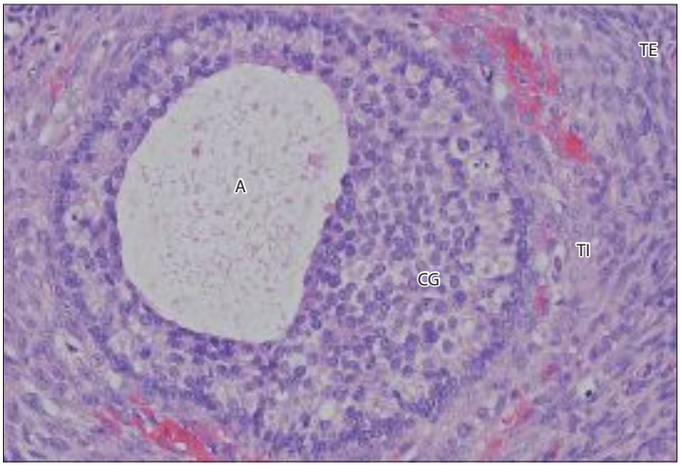


Fig. 77.34 Folículo secundário ou antral mostra as camadas de células que constituem a camada granulosa em desenvolvimento. As células da camada granulosa (CG) envolvem o antro (A) preenchido com líquido folicular e circundam o ovócito (não visto no plano de corte) em meio a uma massa celular excêntrica (à direita). A teca interna (TI), imediatamente adjacente à camada granulosa, é uma camada altamente vascularizada que desenvolve uma atividade secretora esteroidogênica e encontra-se envolvida pela teca externa (TE), mais externamente localizada. (Por cortesia do Mr Peter Helliwell e do Dr Joseph Mathew, Department of Histopathology, Royal Cornwall Hospitals Trust, UK.)

rio, de tamanho quase igualmente grande, e um pequeno primeiro corpúsculo polar, com muito pouco citoplasma. O ovócito secundário haploide começa imediatamente sua segunda divisão meiótica, mas quando alcança a metáfase, o processo é estacionado até que a fertilização ocorra. O folículo se move para a região mais superficial do córtex e faz com que a superfície do ovário naquele ponto se projete. Os tecidos no ponto de contato (o estigma) com a túnica albugínea resistente e o epitélio de revestimento superficial do ovário são erodidos, até que o folículo se rompe e seu conteúdo é liberado para a cavidade peritoneal a fim de ser capturado pelas fímbrias do infundíbulo da tuba uterina. Na ovulação, o ovócito ainda se encontra circundado por sua zona pelúcida e pela corona radiata de células foliculares da camada granulosa. Caso a fertilização não ocorra, ele começa a degenerar após 24 a 48 horas.

Corpo lúteo

Após a ovulação, os restos do folículo que ovulou se transformam em um corpo lúteo (Fig. 77.35). As paredes do folículo vazio se colabam e tornam-se pregueadas. As células da camada granulosa aumentam de tamanho e sintetizam um pigmento carotenoide citoplasmático (a luteína), que lhes dá uma cor amarelada (daí o nome corpo lúteo). Essas grandes células granulosoluteínicas (30-50 μm) formam a maior parte do corpo lúteo. A lâmina basal que circunda o folículo se rompe e numerosas células tecoluteínicas menores se infiltram em meio às pregas da massa celular, acompanhadas por capilares e tecido conjuntivo. O sangue extravasado a partir de capilares tecais se acumula no centro como um pequeno coágulo, mas este se dissolve rapidamente e é substituído por tecido conjuntivo. Todas as células luteínicas têm o citoplasma preenchido com abundante retículo endoplasmático agranular (ou liso), característico de células endócrinas que sintetizam hormônios esteroides. As células granulosoluteínicas secretam progesterona e estradiol (a partir da aromatização da androstenidiona, a qual é sintetizada pelas células tecoluteínicas). Os dois tipos celulares também respondem diferentemente às gonadotrofinas circulantes. As células tecoluteínicas expressam receptores para a gonadotrofina coriônica humana (hCG). Se o ovócito não for fertilizado, o corpo lúteo (menstrual) funciona por 12 a 14 dias após a ovulação, e em seguida atrofia. As células luteínicas sofrem degeneração gordurosa, autólise, remoção por macrófagos e uma gradual substituição por tecido conjuntivo fibroso. Finalmente, após dois meses, um pequeno corpo albicans esbranquiçado e semelhante a uma cicatriz é tudo o que resta.

Caso a fertilização ocorra, a implantação do blastocisto no endométrio uterino usualmente começa sete dias mais tarde, e em seguida o trofoblasto embrionário começa a produzir hCG. A gonadotrofina coriônica estimula o corpo lúteo da menstruação a crescer, e ele se torna um corpo lúteo da gestação. Ele normalmente aumenta de tamanho de 10 mm de diâmetro até 25 mm às oito semanas de gestação, e pode ser visto claramente ao ultrassom. Ele secreta progesterona, estrógenos e relaxina, e atua durante toda a gestação, embora regrida gradualmente à medida que suas funções endócrinas sejam largamente substituídas pela placenta após oito semanas de gestação. Seu diâmetro é reduzido ao final da gestação para 1 cm. Nos próximos meses ele degenera, como o corpo lúteo da menstruação, para formar um corpo albicans.

Medula do ovário

A medula é altamente vascularizada. Ela contém numerosas veias e artérias espiraladas, as quais entram no hilo a partir do mesovário e se localizam em meio a um estroma de tecido conjuntivo frouxo. Pequenas quantidades de células (células hilares), com características similares às células intersticiais de Leydig no testículo, são encontradas na medula na região do hilo e podem ser uma fonte de andrógenos.

Menopausa

Na menopausa, a ovulação para e várias alterações microscópicas ocorrem em meio aos tecidos ovarianos. O estroma se torna mais denso, a túnica albugínea se espessa e o epitélio ovariano de superfície se torna adelgaçado. Entretanto, muitos folículos persistem em meio ao córtex.

CICLO MENSTRUAL

O útero, os ovários e a vagina sofrem alterações durante o ciclo menstrual. O ciclo normal é de 28 dias. Um folículo começa um período de rápido desenvolvimento no ovário no 1º dia do ciclo, amadurece e rompe ao 14º dia para liberar um ovócito secundário. Em seguida, a parede do folículo é transformada em um corpo lúteo, o qual secreta progesterona (fase lútea). Cerca de dez dias após a ovulação, o corpo lúteo começa a regredir, em seguida para de funcionar e é substituído por tecido fibroso. O colapso do endométrio que se segue a essa cessação de função é causado pelos níveis reduzidos de progesterona e estrógenos à medida que o corpo lúteo degenera.

As alterações que ocorrem no endométrio durante o ciclo menstrual podem ser divididas em três fases: proliferativa, secretora e menstrual (Fig. 77.36).

FASE PROLIFERATIVA

Na fase proliferativa inicial, mesmo antes que o fluxo menstrual pare, o epitélio das partes basais persistentes das glândulas uterinas cresce sobre a superfície do endométrio, a qual foi desnudada pela menstruação. A reepitelização está completa de cinco a seis dias após o início da menstruação. Inicialmente, o tecido tem apenas 1-2 mm de espessura e é revestido por um epitélio cuboide baixo. As glândulas são retas e estreitas e suas células de revestimento são cilíndricas curtas. A superfície celular apical contém micrórvilos; algumas células são ciliadas. O estroma é denso e contém pequenos números de linfócitos. Durante os 10º a 12º dias da fase proliferativa, o endométrio se espessa. As células se dividem em resposta aos níveis crescentes de estrógenos, os quais são produzidos pelo ovário e que atuam através de receptores presentes nas células do estroma e nas células epiteliais. As glândulas se tornam tortuosas e suas células epiteliais de revestimento se tornam cilíndricas altas.

FASE SECRETORA

A fase secretora coincide com a fase lútea do ciclo ovariano. As alterações endometriais são dirigidas pela progesterona e pelos estrógenos secretados pelo corpo lúteo. Receptores para esteroides no endométrio ativam um programa de uma nova expressão gênica que produz, nos próximos sete dias, uma sequência altamente regulada de eventos de diferenciação, presumivelmente necessários para preparar o tecido para a implantação do blastocisto. Parte da resposta é direta, mas existem evidências de que alguns dos efeitos podem ser mediados através de fatores de crescimento. Os primeiros efeitos morfológicos da progesterona são evidentes nas 24 a 36 horas após a ovulação (a qual ocorre 14 dias antes do próximo fluxo menstrual). No início da fase secretora, massas de glicogênio se acumulam no citoplasma basal das células epiteliais que revestem as glândulas, onde elas estão frequentemente associadas a lipídios. Mitocôndrias gigantes aparecem e estão associadas a áreas de retículo endoplasmático granular. Existe uma evidente polarização aumentada das células glandulares: os núcleos estão deslocados para o centro das células e o aparelho de Golgi e vesículas de secreção se acumulam no citoplasma supranuclear. O sistema de canais nucleares é proeminente e os núcleos aumentam de tamanho. Produtos nascentes de secreção podem ser detectados através de imuno-histoquímica no interior

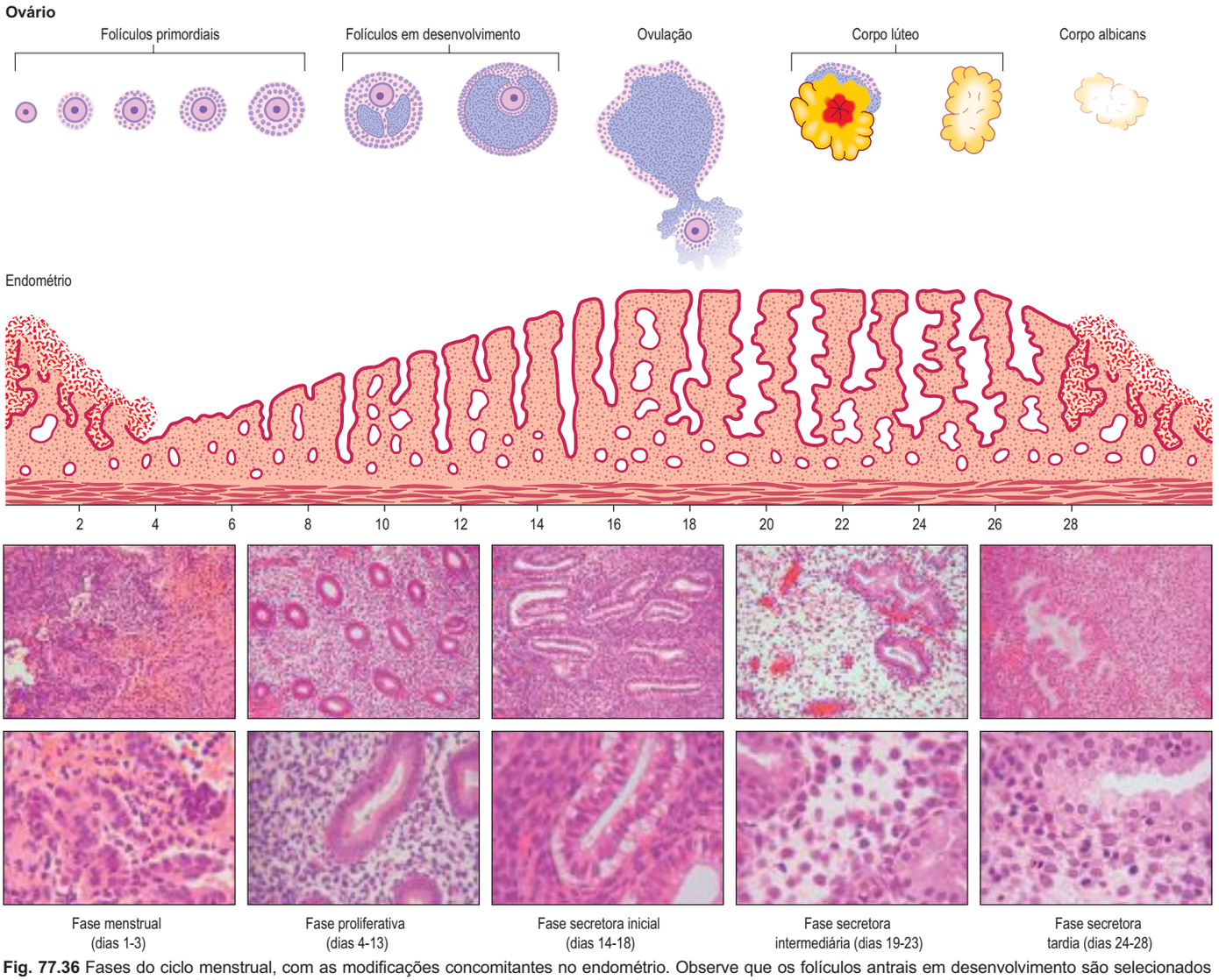


Fig. 77.36 Fases do ciclo menstrual, com as modificações concomitantes no endométrio. Observe que os folículos antrais em desenvolvimento são selecionados a partir de agregados de folículos recrutados em ciclos anteriores. Os dez painéis inferiores são cortes histológicos do endométrio em momentos do ciclo indicados (em cada caso, pequeno aumento no alto, e grande aumento abaixo).

das células. Os efeitos progestacionais sobre o estroma (conhecidos em conjunto como reação decidual) também estão evidentes no início da fase secretora. Um grande aumento nuclear ocorre e a densidade de compactação das células estromais residentes aumenta, devido em parte ao aumento no volume dos lumens glandulares e ao início da atividade secretora no compartimento epitelial.

Por volta da metade da fase secretora, o endométrio pode ter até 6 mm de espessura. A massa de glicogênio no citoplasma basal das células epiteliais é progressivamente transferida para o citoplasma apical e os núcleos retornam ao citoplasma basal. O aparelho de Golgi se torna dilatado e produtos que incluem glicogênio, mucina e outras glicoproteínas são liberados pelo epitélio glandular para o lúmen através de uma combinação de mecanismos exócrinos: esta atividade atinge um máximo seis dias após a ovulação. Essas alterações de secreção são consideravelmente menos pronunciadas nas células das glândulas do estrato basal do endométrio e no epitélio luminal do que na população de células glandulares do estrato funcional. Existe um notável edema no estroma e uma diminuição correspondente na densidade de fibrilas colágenas. Ao mesmo tempo, o retículo endoplasmático e o aparelho de Golgi se tornam mais proeminentes; existem evidências da síntese e da degradação de colágeno, o que presumivelmente reflete a contínua remodelação da matriz extracelular.

Na fase secretora tardia, a atividade secretora das glândulas declina. A diferenciação decidual ocorre nas células estromais superficiais que circundam vasos sanguíneos: esta transformação inclui o arredondamento nuclear e um volume citoplasmático aumentado, o que reflete um aumento e uma dilatação do retículo endoplasmático granular e nos aparelho de Golgi, e o acúmulo citoplasmático de gotículas lipídicas e de glicogênio. As células começam a produzir componentes da lâmina basal, incluindo laminina e colágeno do tipo IV.

O ultrassom é frequentemente usado na avaliação clínica do endométrio. No início da fase secretora, o endométrio é identificado como uma delgada linha ecogênica, uma consequência do reflexo especular da interface entre as superfícies opostas do endométrio. Durante a fase proliferativa tardia, o endométrio aparece como uma tripla camada: uma linha ecogênica central (por causa das superfícies endometriais opostas) circundada por uma camada funcional hipoecoica mais espessa e delimitada por uma camada basal externa ecogênica. Durante a fase secretora, a camada funcional que circunda a linha ecogênica se torna mais hiperecoica como resultado do muco e do glicogênio aumentados no interior das glândulas e do número aumentado de interfaces causadas pelo desenvolvimento das artérias espiraladas tortuosas (Fig. 77.37).

FASE MENSTRUAL

Antes da menstruação, três camadas podem ser reconhecidas no endométrio: o estrato compacto, o estrato esponjoso e o estrato basal. No estrato compacto, que se encontra próximo à superfície livre, os colos das glândulas estão apenas ligeiramente expandidos e as células do estroma apresentam uma distinta reação decidual. No estrato esponjoso, as glândulas uterinas estão tortuosas, dilatadas e definitivamente separadas umas das outras apenas por uma pequena quantidade de tecido conjuntivo interglandular. O estrato basal, próximo à musculatura uterina, é delgado e contém os fundos das glândulas uterinas embebidos em um estroma inalterado.

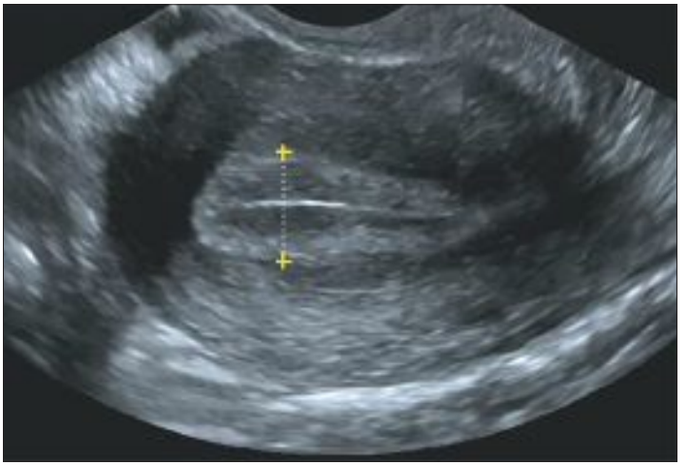


Fig. 77.37 Ultrassom transvaginal do útero mostra o aspecto do endométrio com três camadas. A linha ecogênica central é produzida pela interface das superfícies opostas do endométrio. A camada funcional do endométrio que circunda a linha ecogênica é hipoecoica à esquerda, relacionada à fase proliferativa tardia, mas está se tornando mais hiperecoica à direita, o que indica a fase secretora inicial.

Os dois estratos superiores são frequentemente agregados como a camada ou estrato funcional do endométrio; a camada inferior é chamada de estrato basal. À medida que ocorre a regressão do corpo lúteo, as partes do estroma que apresentam uma reação decidual, juntamente com o epitélio glandular, sofrem alterações degenerativas e o endométrio frequentemente diminui de espessura. O sangue escapa dos vasos superficiais do endométrio e forma pequenos hematomas abaixo do epitélio superficial (veja adiante). O estrato funcional, próximo à superfície livre, é descamado aos poucos, deixando principalmente o estrato basal, adjacente à musculatura uterina: 65-75% da espessura do endométrio podem ser descamados. Em seguida, o sangue e o endométrio necrótico começam a aparecer no lúmen uterino para ser descarregado do útero através da vagina como o fluxo menstrual, que dura de três a seis dias. A quantidade de tecido perdido é variável, mas usualmente o estrato compacto e a maior parte do estrato esponjoso são descamados.

ALTERAÇÕES VASCULARES NO ÚTERO DURANTE O CICLO MENSTRUAL

O leito vascular do endométrio sofre modificações significativas durante o ciclo menstrual. As artérias para o endométrio se originam de um plexo miometrial e consistem em curtos vasos retos para o estrato basal do endométrio e artérias espiraladas com mais músculo liso para seus dois terços superficiais. A drenagem venosa, que consiste em estreitos vasos perpendiculares que se anastomosam por ramos cruzados, é comum às camadas superficial e basal do endométrio. O leito capilar está constituído por um endotélio com uma lâmina basal que é descontínua na fase proliferativa, mas que se torna mais distinta por volta do meio da fase secretora. Pericitos estão presentes, alguns dos quais se assemelham a células musculares lisas, e às vezes se encontram envolvidos pela lâmina basal. Os pericitos fazem contato com as células endoteliais por meio de extensões citoplasmáticas que se projetam através da lâmina basal. O aumento de tamanho dos pericitos começa no início da fase secretora e leva à formação de uma evidente bainha de células nos períodos médio e tardio da fase secretora. O suprimento arterial para o estrato basal do endométrio permanece inalterado durante o ciclo menstrual. Entretanto, as artérias espiraladas para os estratos superficiais se alongam de forma desproporcional. Elas se tornam progressivamente enoveladas e suas pontas se aproximam do epitélio uterino superficial cada vez mais. Isto torna a circulação do sangue mais lenta nos estratos superficiais com alguma vasodilatação. Imediatamente antes do fluxo menstrual, esses vasos começam a sofrer uma constrição intermitente, o que causa estase do sangue e uma isquemia aos estratos superficiais. Durante os períodos de relaxamento dos vasos, o sangue escapa dos capilares e veias desvitalizados e causa a perda sanguínea menstrual. O colapso do endométrio é uma consequência dos níveis reduzidos de progesterona e de estrógenos à medida que o corpo lúteo degenera.

GESTAÇÃO E PARTO

Durante a gestação, muitas alterações morfológicas ocorrem no sistema genital feminino e nas estruturas abdominais associadas. O útero aumenta para acomodar o feto em desenvolvimento e a placenta, e várias alterações ocorrem nas paredes, no assoalho e no conteúdo pélvicos, os quais permitem essa expansão e antecipam o parto. Ao final da gestação, alterações dramáticas ocorrem de modo a facilitar a passagem do bebê através do canal de parto, e subsequentemente permitem que os órgãos pélvicos retornem ao estado não gravídico (involução).

O ÚTERO NA GESTAÇÃO

A função do útero na gestação é reter o feto em desenvolvimento e fornecer um ambiente protegido até um estágio ao qual o feto seja capaz de sobreviver *ex utero*. O útero deve crescer, facilitar a liberação do feto e em seguida involuir. Ao mesmo tempo, células musculares lisas devem ser distendidas pelo feto em crescimento sem produzir um abortamento ou um parto prematuro.

O útero cresce dramaticamente durante a gravidez e aumenta de peso em torno de 50 g no início da gravidez, a até 1 kg a termo. A maior parte do ganho de peso é o resultado da vascularização aumentada e da retenção de líquidos no miométrio. O crescimento aumentado da parede uterina é orientado por uma combinação de distensão mecânica e estímulos endócrinos. A carga mecânica que o feto em crescimento impõe sobre a parede uterina induz a hipertrofia das células musculares lisas uterinas e é o principal estímulo que aumenta a massa de musculatura lisa. Alguma hiperplasia ocorre logo ao início na gravidez, principalmente a partir do crescimento da túnica média das artérias e veias miometriais. O miométrio é relativamente não responsivo à estimulação endócrina adicional durante a maior parte da gravidez, uma quiescência relativa que é – em parte – atribuída à progesterona. Entretanto, um número de fatores de crescimento, por

exemplo, o fator de crescimento semelhante à insulina do tipo 1 (IGF-1, *insulin-like growth factor-1*), foi identificado, os quais interagem com estrógenos na promoção do crescimento uterino. O miométrio se adelgaça com o avanço da gestação, de 2-3 cm de espessura no início da gestação a até 1-2 cm a termo.

O terço superior da cérvice (istmo) é gradualmente incorporado ao corpo uterino durante o segundo mês para formar o "segmento inferior" (Fig. 77.38). O istmo sofre hipertrofia como o corpo do útero durante o primeiro trimestre e triplica de comprimento em cerca de 3 cm. A partir do segundo trimestre, a parede do istmo e a do corpo têm a mesma espessura, e sua junção não é mais visível externamente. Esta condição persiste até o meio do terceiro trimestre, quando a junção entre o corpo e o istmo pode às vezes ser reconhecida como uma depressão linear transversal; a musculatura acima da depressão é mais espessa que a que se encontra abaixo. Essa depressão se forma logo abaixo da escavação (fundo de saco) vesicouterina e é considerada correspondente ao nível do óstio interno anatômico da cérvice (margem superior do segmento inferior). Ela é a referência anatômica usada no momento de um corte em cirurgia cesariana no segmento inferior, de modo a assegurar que a incisão uterina não está sendo feita no corpo do útero. O segmento inferior é menos vascularizado que a parte superior do útero. Além do mais, o risco de ruptura de uma cicatriz uterina no segmento inferior em gestações subsequentes é significativamente reduzido, em comparação à ruptura de uma cicatriz no corpo do útero (corte clássico da cirurgia cesariana).

Crescimento do útero na gestação

Os pontos de referência de anatomia de superfície podem ser usados para calcular o tamanho do útero e, consequentemente, a idade gestacional. O útero é normalmente palpável logo acima da sínfise púbica por volta da 12ª semana; caso esteja retrovertido, ele pode não ser palpável no abdome até um pouco mais tarde. Por volta da 20ª semana de gestação, o fundo do uterino encontra-se ao nível do umbigo, e a 36 semanas o fundo atinge o processo xifoide do esterno (articulação xifoesternal). Na prática, a idade gestacional é agora calculada por medição através de ultrassom do comprimento fetal cabeça-nádegas no primeiro trimestre (Fig. 77.39). Para mulheres que se apresentam após o primeiro trimestre, a aquisição de dados é menos precisa e é baseada na medição da circunferência da cabeça. As avaliações subsequentes do tamanho fetal até 24 semanas se baseiam na palpação abdominal e correlacionam a idade gestacional às referências anatômicas de superfície. A partir de 24 semanas de gestação, a medição seriada da distância entre a sínfise púbica e o fundo uterino é utilizada. A medição da altura sínfise-fundo (ASF) serve principalmente como um método de acompanhamento, e caso haja uma preocupação de que a ASF esteja acima ou abaixo da faixa normal, é realizada uma avaliação mais precisa do tamanho fetal e do volume do líquido amniótico com a utilização de ultrassom. A obtenção de dados sobre a gestação com base na biometria fetal em vez do histórico menstrual tem reduzido de modo significativo o número de gestações que requeiram a indução do parto no período pós-termo.

O Doppler pode ser utilizado para avaliar as circulações placentária e fetal. A avaliação por Doppler das artérias uterinas pode desempenhar um importante papel na detecção de uma placentação prejudicada e suas complicações de pré-eclâmpsia, restrição ao crescimento intrauterino e morte perinatal; e a avaliação da circulação fetal (p. ex., artéria umbilical, artéria cerebral média) pode ajudar no tratamento clínico, tal como na determinação da hora do parto em um bebê com crescimento restrito (Fig. 77.40A e B).

A cérvice e a gestação

A cérvice uterina é necessária para servir a duas funções em relação à gestação e ao parto. Durante a gestação, ela é uma estrutura fibromuscular relativamente rígida que retém o feto em desenvolvimento no interior do

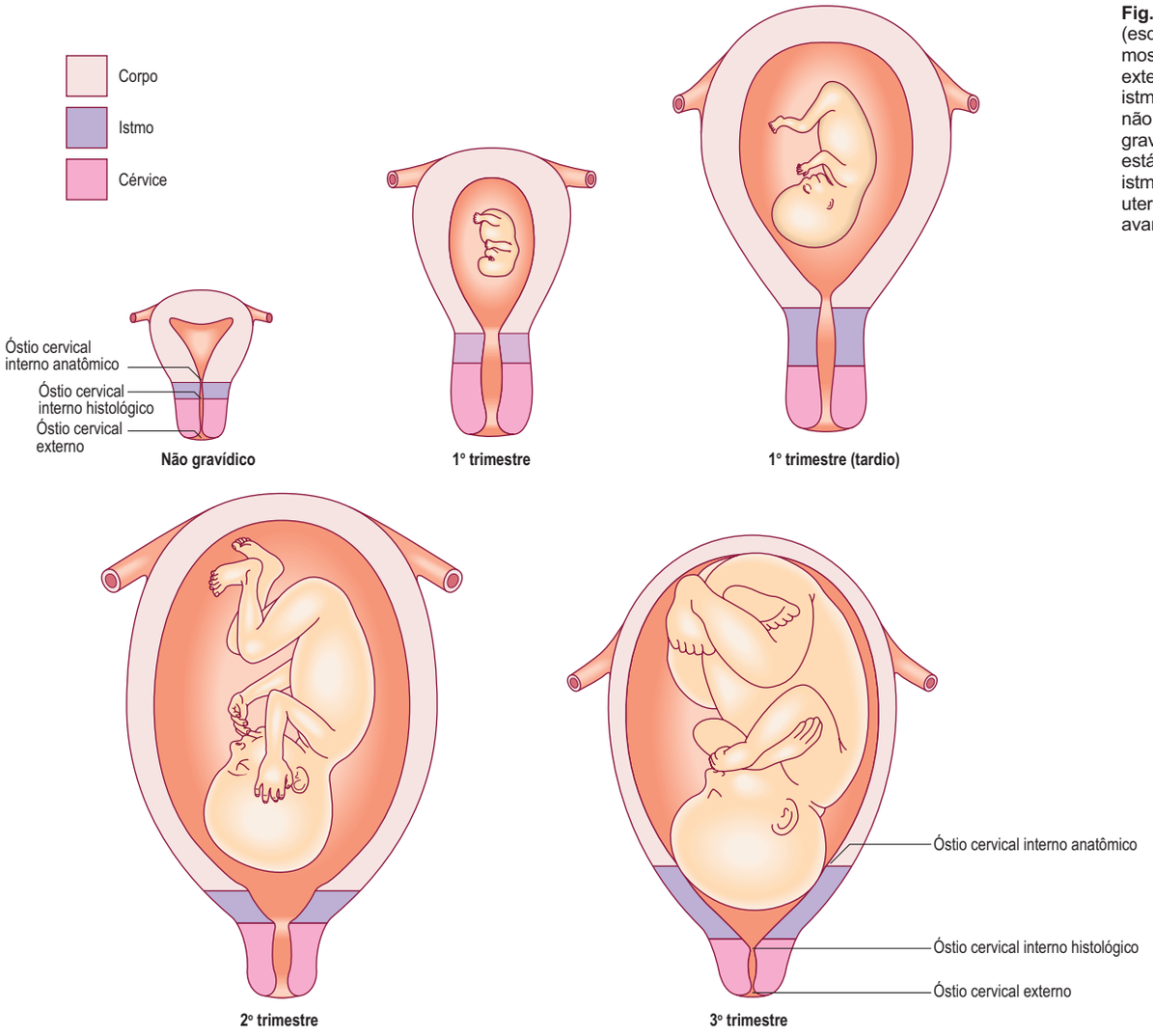


Fig. 77.38 Vista frontal (esquemática) do útero mostra a localização e a extensão do corpo, do istmo e da cérvice no útero não gravídico e no útero gravídico em diferentes estágios da gestação. O istmo forma o segmento uterino inferior com o avanço da gestação.

Fig. 77.39 Ultrassom transabdominal de 12 semanas de gestação mostra a medição do comprimento cabeça-nádegas para calcular a idade gestacional.

útero. Durante um parto ativo, a cérvice se dilata para permitir que o feto desça através do canal do parto. Um considerável amolecimento e encurtamento da cérvice ocorrem nas semanas antes do início do parto; um aumento correspondente na atividade uterina é usualmente aparente durante este período de pré-parto. A rigidez da cérvice parece estar relacionada à orientação de suas fibras colágenas em meio a uma matriz de tecido conjuntivo denso. Os processos exatos que permitem o amolecimento, o apagamento e a dilatação da cérvice não estão claros, mas acredita-se que incluam o remodelamento da matriz do tecido conjuntivo, provavelmente mediado por um aumento na atividade de enzimas, tais como a metaloproteinase 1 da matriz, uma redução na concentração de colágeno, um aumento significativo no conteúdo de água na cérvice, uma infiltração de macrófagos e de neutrófilos, e um nível aumentado de apoptose.

A cérvice pode ser visualizada durante a gestação através do exame de ultrassom transvaginal. O comprimento da cérvice, a dilatação do óstio interno e o abaulamento/projeção das membranas fetais para dentro do canal cervical podem ser avaliados (Fig. 77.41A e B). A obtenção das medidas do comprimento cervical por ultrassom fornece um forte indício do trabalho de parto prematuro: quanto mais curta a cérvice, maior é o risco de um parto prematuro. Na prática clínica, o comprimento cervical tem sido usado para diagnosticar mulheres em alto risco de parto prematuro ou para acompanhar mulheres sintomáticas em ameaça de trabalho de parto prematuro a fim de planejar um tratamento adequado.

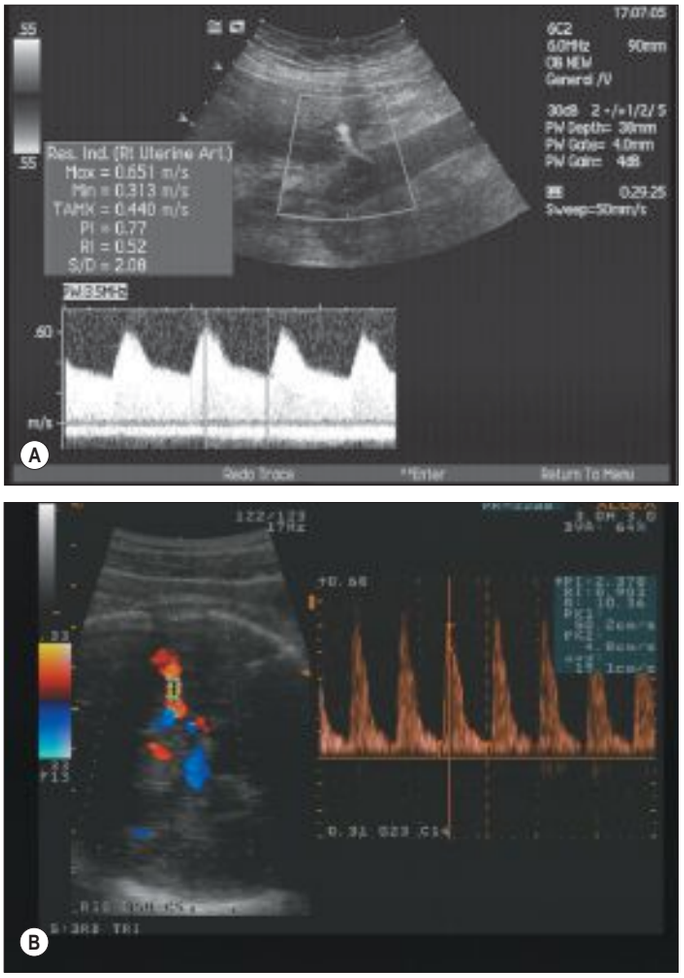


Fig. 77.40 Ultrassom Doppler da circulação materna e fetal na gestação. **A,** Doppler pulsado mostra um formato de onda normal da artéria uterina a 24 semanas. **B,** Doppler pulsado mostrao formatos de onda normais na artéria cerebral média a 32 semanas.

Relações do útero na gestação

Com a expansão uterina, os ovários e as tubas uterinas são deslocados para cima e lateralmente. Os ligamentos redondos se tornam hipertrofiados e seu trajeto a partir das regiões cornuais do útero para baixo até o anel inguinal interno se torna mais vertical. O ligamento largo tende a se abrir para acomodar o aumento massivo nos tamanhos dos vasos uterinos e ovarianos. As veias uterinas em particular podem atingir cerca de 1 cm de diâmetro e parecem atuar como um reservatório significativo de sangue durante as contrações uterinas. Os vasos linfáticos e os nervos expandem seus territórios (o significado desta inervação aumentada não está claro, porque mulheres paraplégicas são capazes de ter parto normalmente, embora sem dor). Mais tarde na gestação, o aumento na pressão intra-abdominal produzido pelo útero gravídico pode produzir uma eversão do umbigo. Na pele sobre o abdome, uma combinação de distensão e alterações hormonais pode produzir marcas de estiramento (estrias da gravidez). Em pacientes multíparas, a separação (diástase) dos músculos retos do abdome pode ocorrer, permitindo que o fundo do útero caia para a frente até certo ponto. Na posição supina, a mulher grávida em gestação avançada está vulnerável a uma compressão aortocaval, à medida que o útero gravídico pressiona os grandes vasos e reduz o fluxo sanguíneo nestes. A compressão aortocaval pode causar sintomas de náuseas e fraqueza; esses sintomas são minimizados se a mulher se deitar sobre seu lado esquerdo, reduzindo assim a compressão sobre a veia cava inferior.

O jejuno, o íleo e o colon transverso tendem a ser deslocados para cima pelo útero em crescimento, enquanto o ceco e o vermiforme são deslocados para a direita, e o cólon sigmoide posteriormente e para a esquerda. O deslocamento para cima e lateral do apêndice vermiforme na fase avançada da gestação pode causar dificuldades no diagnóstico de apendicite. Os ureteres são empurrados lateralmente pelo útero em crescimento, e na gravidez avançada eles podem ser comprimidos ao nível da margem pélvica, o que resulta em hidronefrose e dor lombar. Entretanto, uma leve dilatação uretérica é normal na gravidez e é causada pelo relaxamento da musculatura lisa nas paredes dos ureteres induzido pela progesterona. O eixo do útero é desviado ou sofre uma rotação para a direita por causa da presença do cólon sigmoide, o que pode levar a uma incisão inadvertida em grandes vasos uterinos no momento do corte do segmento inferior durante uma cirurgia cesariana, a menos que o cirurgião esteja atento para qualquer eventual rotação.

MODIFICAÇÕES PÉLVICAS NA GESTAÇÃO

A presença de um útero gravídico resulta em uma mudança no centro de gravidade do corpo, especialmente na gestação avançada (Fig. 77.42). A fim de compensar isto, a mãe tende a colocar as regiões cervical e torácica de sua coluna vertebral uma posição mais ereta e jogar seus ombros para trás, o que resulta em uma lordose lombar compensatória. Existe também um amolecimento da sínfise púbica e das articulações sacroilíacas, causado pela produção de relaxina e de outros hormônios da gravidez. A mobilidade aumentada produz uma forma de instabilidade pélvica, de modo que a mulher grávida tenda a andar com um passo balançado. O amolecimento também produz um aumento no diâmetro pélvico, o qual é benéfico durante o momento do parto. Um significativo relaxamento das articulações, chamado de diástase da sínfise púbica, pode estar associado à dor: em casos severos, radiografias mostram que quando uma mulher fica de pé sobre uma perna, as metades da sínfise se encontram em diferentes níveis.

LOCALIZAÇÃO DA PLACENTA

A placenta pode estar presa em qualquer ponto da parede uterina. O local de fixação é determinado pelo ponto no qual o blastocisto se implantou

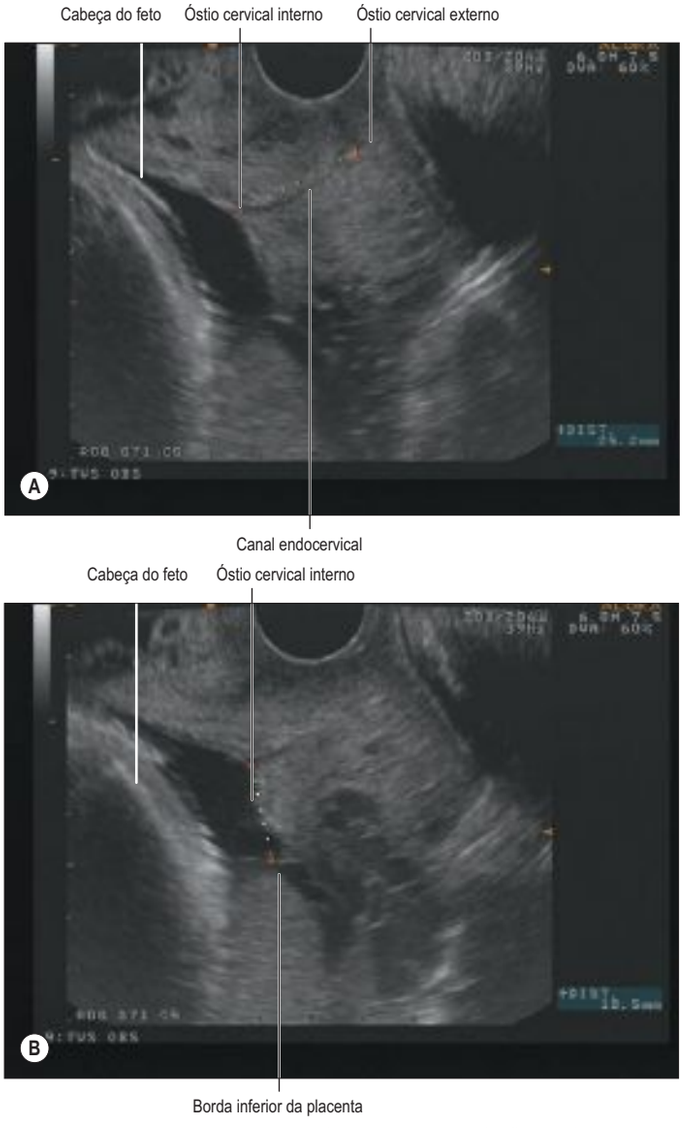


Fig. 77.41 Ultrassom transvaginal a 36 semanas de gestação mostra: (**A**) a medição do comprimento cervical e (**B**) uma placenta prévia posterior a 18,5 mm do óstio cervical interno.

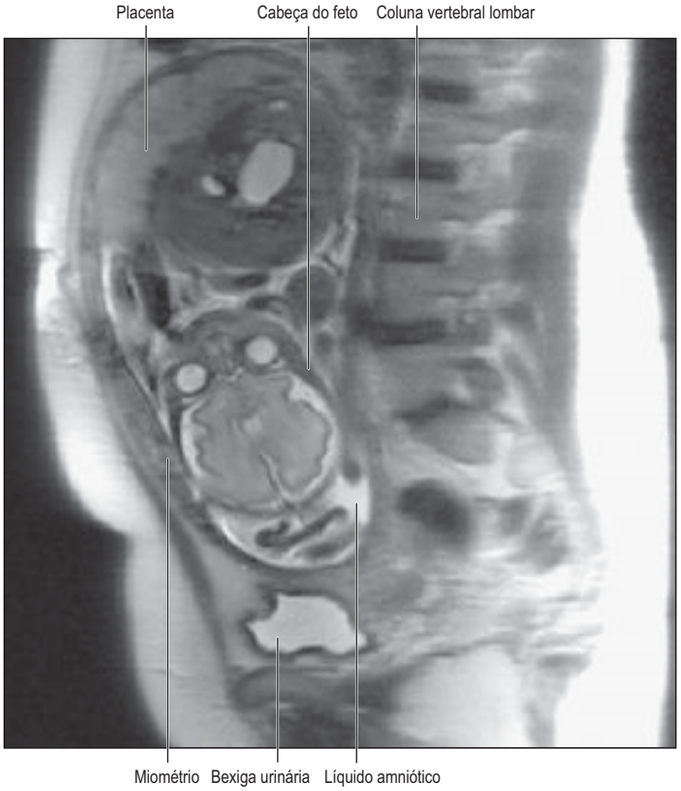


Fig. 77.42 Escaneamento sagital de peso T2 mostra uma apresentação cefálica normal.

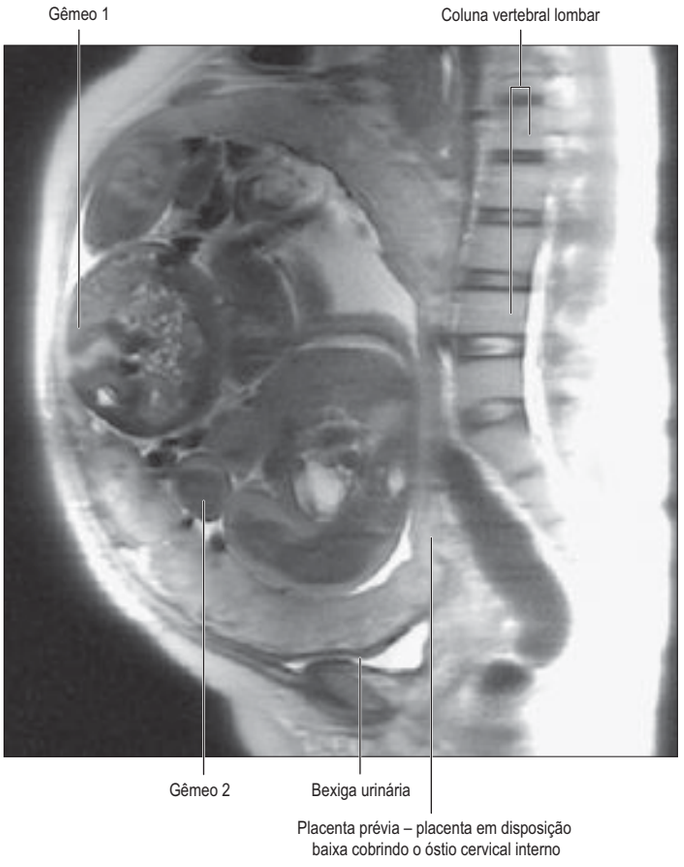


Fig. 77.43 Escaneamento sagital de peso T2 de uma gestação gemelar, com uma placenta prévia por sobre o óstio cervical interno.

no endométrio: os fatores dos quais isto depende não são compreendidos. No início da gestação, o disco placentário ocupa uma grande proporção da cavidade uterina e frequentemente parecerá estar localizado próximo ao óstio cervical interno. Na maioria dos casos, o crescimento e a distensão do útero usualmente direcionará a placenta para cima, longe da cérvice ao final da gestação.

Em cerca de 1% das gestações, a posição da placenta permanecerá por sobre o óstio cervical interno, ou em íntima proximidade a este, ao final da gestação (Figs. 77.41B e 77.43). Essa condição é chamada de placenta prévia e está associada a sangramentos vaginais durante a gestação e o parto. Se a placenta cobre o óstio cervical interno, ou a borda inferior encontra-se a menos de 2 cm deste, provavelmente o parto por cirurgia cesariana será necessário. Mulheres com placenta prévia estão em risco aumentado de ter uma placenta morbidamente aderida, caso elas tenham tido uma placenta prévia anterior e uma cirurgia uterina prévia (p. ex., uma operação cesariana). Formas patológicas de adesão ou penetração incluem a placenta acreta, em que a placenta apresenta uma adesão excepcional à decídua basal; a placenta increta, em que o miométrio é invadido; e a placenta percreta, em que a invasão pelo tecido placentário passa completamente através da parede uterina (Fig. 77.44).

PARTO

O início do parto é definido como a combinação de contrações uterinas regulares que são de intensidade suficiente para produzir um progressivo

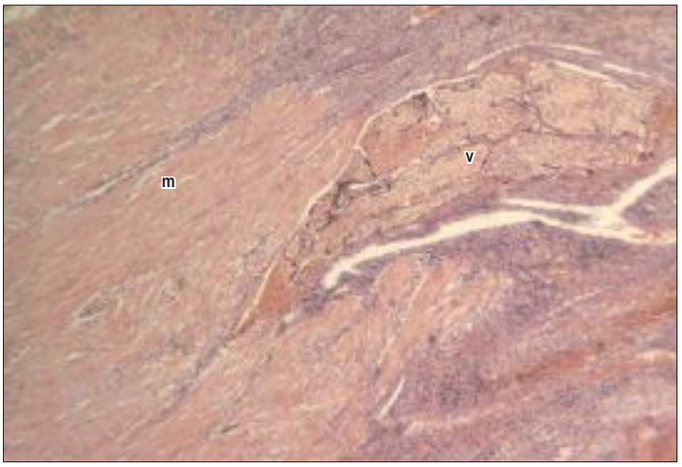


Fig. 77.44 Fotomicrografia mostra vilos placentários em meio ao miométrio devido a uma placenta morbidamente aderida (increta): m, miométrio; v, vilos. (Por cortesia do Professor Eric Jauniaux, Consultant in Fetal Medicine, University College Hospital, London.)

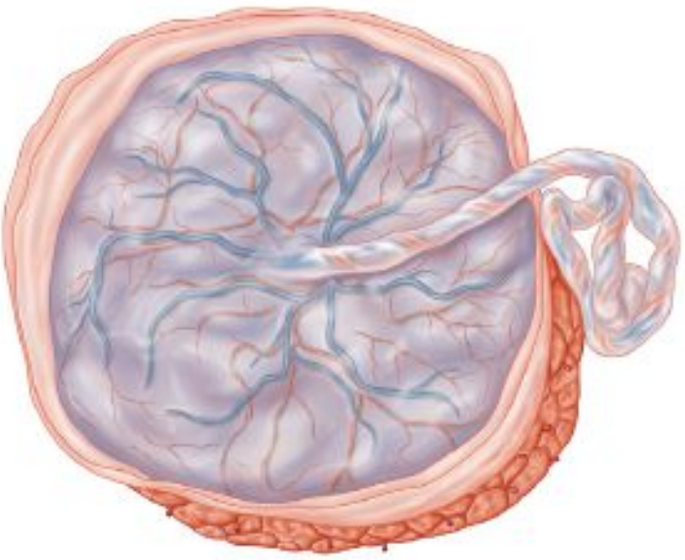


Fig. 77.45 Superfície fetal de uma placenta recentemente liberada. Os vasos umbilicais espiralados no cordão umbilical e seus ramos radiados transparecem através do âmnio transparente. A superfície materna está exposta no canto inferior direito da figura. Observe as margens do âmnio e do córion, a maioria das quais foi cortada próximo à margem da placenta.

apagamento e dilatação da cérvice. O processo de parto é descrito em três estágios principais.

Primeiro estágio

Este é o período durante o qual a cérvice se dilata à medida que ela é incorporada à porção inferior do corpo do útero, até que não haja mais uma cérvice palpável ao exame vaginal. Existem poucas alterações no volume uterino, porque as contrações miometriais são isométricas e, deste modo, existe um mínimo encurtamento das fibras musculares. O progresso é determinado pelo equilíbrio entre as forças geradas pelas contrações miometriais, especialmente a partir do fundo, e a resistência da cérvice. A "elasticidade" de uma cérvice complacente atenua a tensão gerada pelo miométrio, o que significa que uma cérvice complacente não apenas se dilata rapidamente, mas o faz com uma atividade uterina menor.

Segundo estágio

Este começa uma vez que a cérvice esteja completamente dilatada e termina com a liberação do bebê. A resistência cervical é perdida e a atividade miometrial resulta em contrações isométricas que auxiliam a descida do bebê no canal do parto. O segundo estágio é usualmente dividido em uma fase passiva, em que há a descida da parte que se apresenta, e uma fase ativa, a qual se inicia com os esforços e pressões maternos e que resulta na liberação do bebê. A cabeça do bebê usualmente entra na pelve com o occipício voltado lateralmente. Conforme a cabeça desce mais, o occipício estabelece contato com o assoalho pélvico (em formato de goteira), formado pelos músculos levantadores do ânus, e isto promove a flexão e a rotação do occipício para a posição anterior. Com uma descida maior, o occipício escapa sob a sínfise púbica e a cabeça nasce por extensão. Neste ponto, a cabeça do bebê reassume sua relação normal com seus ombros e uma leve rotação (ou restituição) da cabeça é vista. Uma rotação externa subsequente ocorre à medida que o ombro que segue anteriormente é direcionado medialmente pelo assoalho pélvico materno. O corpo do bebê nasce agora devido à flexão lateral à medida que um ombro desliza por baixo da sínfise púbica e o ombro posterior é direcionado por sobre o frênulo.

Terceiro estágio

Este é o momento da liberação do feto até a liberação da placenta. Antes da separação da placenta, uma grande proporção do débito cardíaco da mãe passa através da circulação uterina. Após a separação no terceiro estágio do parto, a perda de sangue materno é impedida apenas pelas contrações uterinas intensas: as fibras miometriais cruzadas atuam como um torniquete e restringe o fluxo sanguíneo para a área na qual a placenta se localizava. Esse processo é normalmente facilitado clinicamente pela administração de drogas oxitócicas em uma tentativa de limitar a perda de sangue pela mãe. Qualquer condição que predisponha a uma má contração uterina, tal como tecido placentário retido, aumentará a probabilidade de hemorragia imediatamente após o parto (hemorragia pós-parto).

A placenta após o parto

A separação da placenta da parede uterina ocorre ao longo do plano do estrato esponjoso. Ela se estende além da área placentária, destacando o córion viloso, com a matriz fibrinoide associada e pequenas quantidades de decídua basal, a membrana amniocoriônica, juntamente com uma camada superficial da decídua capsular fundida, e a decídua parietal. Quando a placenta e as membranas fetais tiverem sido expelidas, uma delgada camada de estrato esponjoso é deixada como um revestimento para o útero: ela logo degenera e é eliminada na parte inicial do puerpério. Um novo revestimento epitelial para o útero é regenerado a partir do estrato basal remanescente. A placenta expelida é uma massa discoide achatada, com um contorno aproximadamente circular ou oval (Fig. 77.45). Ela tem um volume médio de 500 mL (faixa de 200-950 mL), um peso de 470 g (faixa de 200-800 g), um diâmetro de 185 mm (faixa de 150-200 mm), uma espessura de 23 mm (faixa de 10-40 mm) e uma área de superfície de aproximadamente de 30.000 mm^2. Ela é mais espessa em seu centro (o polo embrionário original) e rapidamente se adelgaça em direção à sua periferia, onde ela se continua com o córion liso.

Sob o ponto de vista macroscópico, a superfície fetal ou interna, coberta pelo âmnio, é lisa, brilhante e transparente, de modo que a aparência mosqueada do córion subjacente, ao qual ela está intimamente aplicada, possa ser vista. O cordão umbilical normalmente está preso próximo ao centro da superfície fetal, e ramos dos vasos umbilicais se irradiam sob o âmnio a partir deste ponto; as veias encontram-se mais profundas e maiores que as artérias. A superfície materna da placenta é finamente granular e mapeada em cerca de 15-30 lobos por uma série de fissuras ou sulcos. Os lobos placentários, os quais são frequentemente denominados de forma um tanto livre como cotilédones, correspondem em larga escala aos ramos principais dos vasos umbilicais. Os sulcos correspondem às bases dos septos placentários incompletos, os quais se tornam progressivamente proeminentes a partir do terceiro mês em diante. Eles se estendem a partir da face materna do espaço interviloso (a placa basal) em direção à placa coriônica, mas sem alcançá-la. Os septos são estruturas complexas, compostas por componentes do manto citotrofoblástico e do sinciciotrofoblasto residual, juntamente com materiais de origem materna, incluindo células deciduais, vasos sanguíneos ocasionais e remanescentes glandulares, matriz extracelular colagenosa e fibrinoide, e, nos meses mais tardios da gestação, focos de degeneração.

Em gestações múltiplas, o número de placentas é determinado pelo número de zigotos. Gestações dizigóticas sempre terão duas placentas (dicoriônicas); gestações monozigóticas usualmente têm uma única placenta (monocoriônica), mas 33% terão duas placentas. O número de placentas em gestações monozigóticas é determinado pelo momento de divisão/separação da massa embrionária. Se a massa embrionária única se dividir em duas dentro de três dias de fertilização, cada feto terá sua própria placenta e seu próprio saco amniótico (placenta dicoriônica e diamniótica); a divisão após o 3º dia após a fertilização resulta em uma gestação monocoriônica diamniótica (dois sacos amnióticos) e uma comunicação vascu-

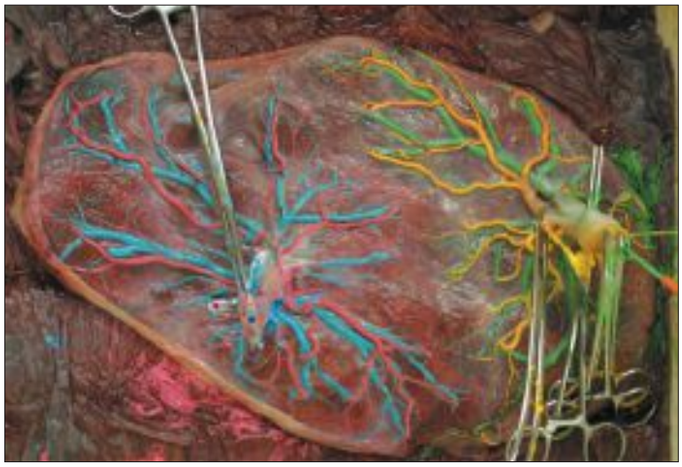


Fig. 77.46 Molde vascular a partir de uma gestação gemelar monocoriônica diamniótica mostra comunicações vasculares entre ambas as placentas. (Por cortesia do Dr Ling Wee, University College London Hospital.)

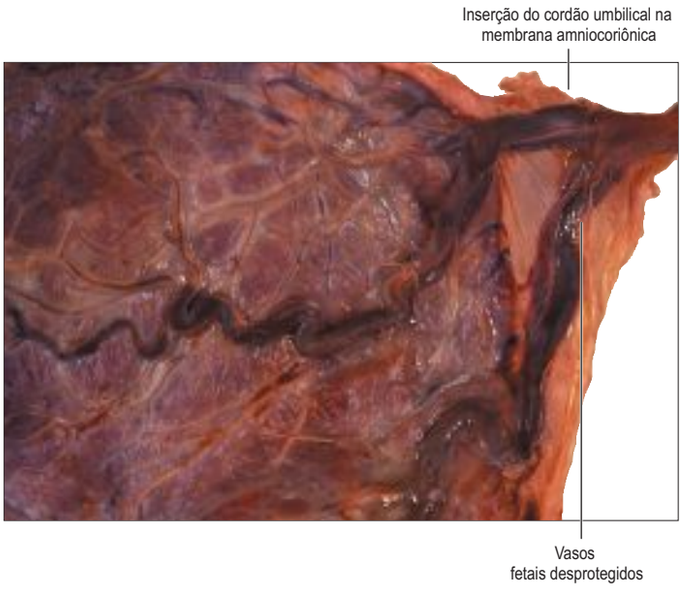


Fig. 77.48 Inserção velamentosa do cordão umbilical mostra o cordão se inserindo na membrana amniocoriônica em vez de sê-lo no disco placentário. (Por cortesia do Dr Michael Ashworth, Consultant Histopathologist, Great Ormond Street Hospital for Children, London.)

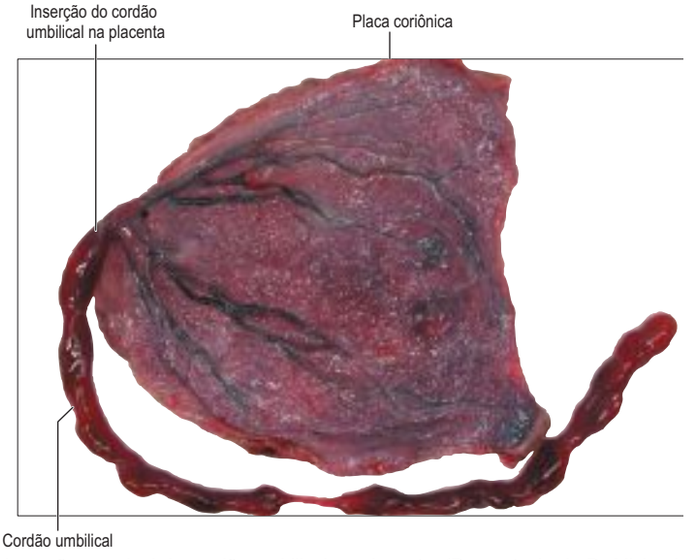


Fig. 77.47 Placenta em raquete mostra a inserção marginal do cordão umbilical na placenta. (Por cortesia do Dr Michael Ashworth, Consultant Histopathologist, Great Ormond Street Hospital for Children, London.)

lar nas duas circulações placentárias (Fig. 77.46); a divisão após o 9º dia resulta em uma única placenta e um único saco amniótico (placenta monocoriônica monoamniótica); e a divisão após o 12º dia resulta em gêmeos coligados.

Variações placentárias

O cordão umbilical normalmente está preso próximo ao centro da placenta. Ele pode estar inserido em qualquer ponto entre seu centro e a margem, uma condição conhecida como placenta em raquete (Fig. 77.47). Ocasionalmente, o cordão falha em atingir a placenta em si e termina nas membranas como uma inserção velamentosa. Quando a inserção do cordão é velamentosa, os ramos maiores dos vasos umbilicais atravessam as membranas antes que eles atinjam e se ramifiquem na placenta (Fig. 77.48). Eles seguem desprotegidos através das membranas da placenta, o que põem o feto em risco porque a compressão ou laceração dos vasos pode interromper o fluxo sanguíneo para o feto e advindo do feto. Isto pode ser particularmente problemático quando os vasos se apresentam em si através do óstio cervical, uma condição chamada de vasos prévios. Um pequeno lobo placentário acessório (sucenturiado) está ocasionalmente presente, conectado ao órgão principal por membranas e vasos sanguíneos. Ele pode ser retido *in utero* após a liberação da massa placentária principal e causar hemorragia pós-parto. Outras variações incluem a placenta membranácea, na qual troncos vilosos e seus ramos persistem por todo o córion; e a placenta circunvalada, em que a margem placentária é entrecortada por um sulco profundo (Fig. 77.49A e B).

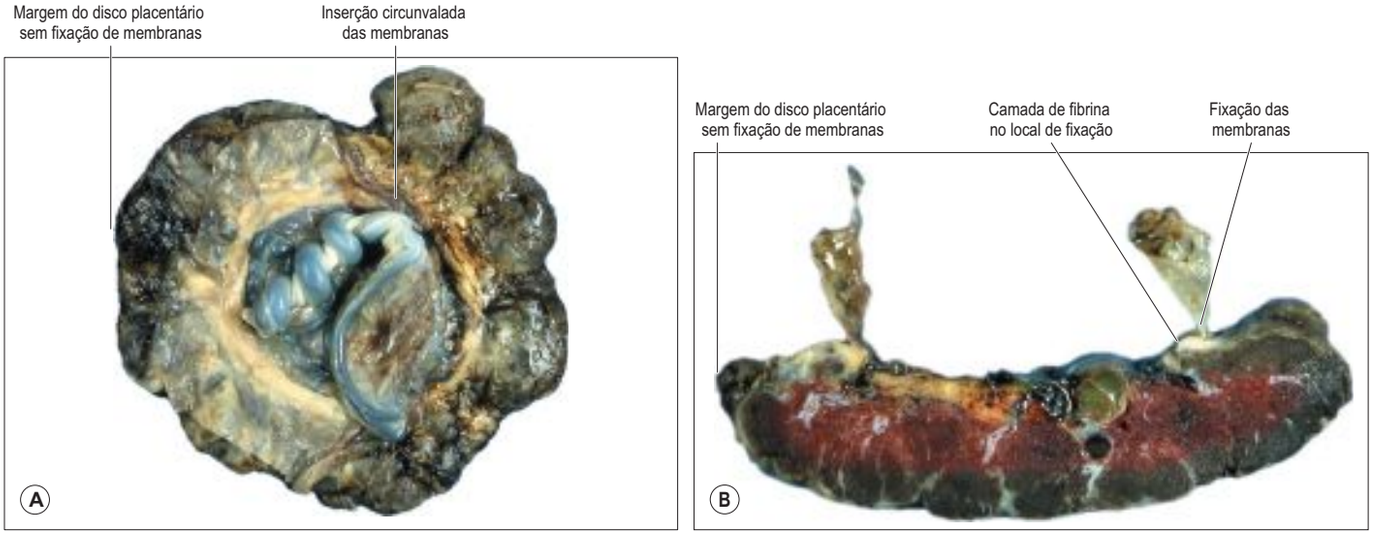


Fig. 77.49 Placenta circunvalada, mostrando em **A** a superfície fetal e um espesso anel de membranas sobre a superfície fetal da placenta. Em **B,** Um corte através da placenta mostrando que as membranas se inserem centralmente à borda do disco placentário. (Por cortesia do Dr Michael Ashworth, Consultant Histopathologist, Great Ormond Street Hospital for Children, London.)

REFERÊNCIAS

Balen A, Creighton S, Davies M, MacDougall J, Stanhope R (eds) 2004 Paediatric and adolescent gynaecology: a multi-disciplinary approach. Cambridge: Cambridge University Press.

Delancey JO 2000 Anatomy. In: Stanton SL, Monga A (eds) Clinical Urogynaecology, 2nd edn. London: Churchill Livingstone.

Minto C, Hollings N, Hall-Craggs M, Creighton S 2001 Magnetic resonance imaging in the assessment of complex Müllerian anomalies. Br J Obstet Gynaecol 108: 791–797.

Motta PM, Nottola SA, Familiari G, Makabe S, Stallone T, Machiarelli G. Morphodynamics of the follicular-luteal complex during early ovarian development and reproductive life. Int Rev Cytol 2003; 223: 117–228.

Speroff L and Fritz M 2004 Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams and Wilkins.

CAPÍTULO 78

Desenvolvimento do sistema urogenital

SISTEMA URINÁRIO

Os sistemas urinário e genital se desenvolvem a partir do mesênquima do mesoderma intermediário e estão intimamente associados entre si especialmente nos estágios precoces de seu desenvolvimento. O sistema urinário se desenvolve anteriormente aos sistemas genitais.

O mesoderma intermediário está disposto longitudinalmente no tronco, subjacente aos somitos (no embrião dobrado), na junção entre o mesênquima da esplancnopleura (adjacente ao tubo digestório medialmente) e o mesênquima da somatopleura (subjacente ao ectoderma lateralmente) (Fig. 78.1). Nos vertebrados inferiores, o mesoderma intermediário tipicamente desenvolve divertículos epiteliais segmentados e seriados, denominados nefrótomos. Cada nefrótomo envolve uma cavidade, a nefrocele, a qual se comunica com o celoma através de um funil peritoneal, o nefróstomo (Fig. 78.2). A parede dorsal de um nefrótomo se evagina como um túbulo néfrico. As extremidades dorsais dos túbulos néfricos craniais se dobram caudalmente e se fundem para formar um ducto excretor longitudinal primário, o qual cresce caudalmente e se curva ventralmente para se abrir na cloaca. Os túbulos localizados mais caudalmente, e consequentemente mais tardios sob o ponto de vista cronológico, abrem-se secundariamente neste ducto ou em evaginações tubulares a partir dele. Os glomérulos, arranjos específicos de capilares e epitélio celomático sobrejacente, surgem a partir da parede ventral da nefrocele (glomérulos internos), do teto do celoma adjacente aos funis peritoneais (glomérulos celomáticos ou externos) ou em ambas as situações (Fig. 78.2).

Tem sido habitual considerar o sistema excretor renal como formado por três órgãos – o pronefro, o mesonefro e o metanefro – que se sucedem um ao outro no tempo e no espaço, de modo que o último a se desenvolver seja retido como o rim permanente (Figs. 78.1 e 78.2). Entretanto, é difícil fornecer critérios confiáveis pelos quais se distinguem esses três estágios ou se definem seus limites precisos em embriões.

Pronefro

O mesoderma intermediário se torna visível em embriões no estágio 10 e podem ser distinguidos como um cordão nefrogênico quando dez somitos estão presentes. Um pronefro está presente em embriões humanos apenas como agregados de células nas porções mais craniais do cordão nefrogênico (Figs. 78.1 e 78.2). Mais caudalmente, grupos similares de células aparecem e se tornam vesiculares. As extremidades dorsais das vesículas mais caudais se unem ao ducto excretor primário. Suas extremidades centrais estão conectadas ao epitélio celomático através de faixas celulares, as quais provavelmente representam funis peritoneais rudimentares. Os glomérulos não se desenvolvem em associação a estes túbulos néfricos cranialmente localizados, os quais definitivamente desaparecem. É incerto se glomérulos externos se desenvolvem em embriões humanos.

Ducto excretor primário

Em embriões no estágio 11 de aproximadamente 14 somitos, o ducto excretor primário pode ser visto como um bastão sólido de células na parte dorsal do cordão nefrogênico. Sua extremidade cranial encontra-se em torno do nível do nono somito e sua extremidade caudal se funde com o mesênquima indiferenciado do cordão. Ele se diferencia antes de quaisquer túbulos néfricos, e quando estes últimos aparecem, o ducto não se encontra conectado a eles. Em embriões mais adiantados, o ducto se alonga e sua extremidade caudal se torna destacada do cordão nefrogênico para se dispor imediatamente abaixo do ectoderma. A partir deste nível, ele cresce caudalmente, independentemente do mesênquima nefrogênico, e em seguida se curva ventralmente para alcançar a parede da cloaca. Ele se torna canalizado progressivamente a partir de sua extremidade caudal para formar um verdadeiro ducto, o qual se abre na cloaca em embriões no estágio 12 (Fig. 78.1C). Evidentemente, até este estágio, o nome "ducto" é pouco apropriado.

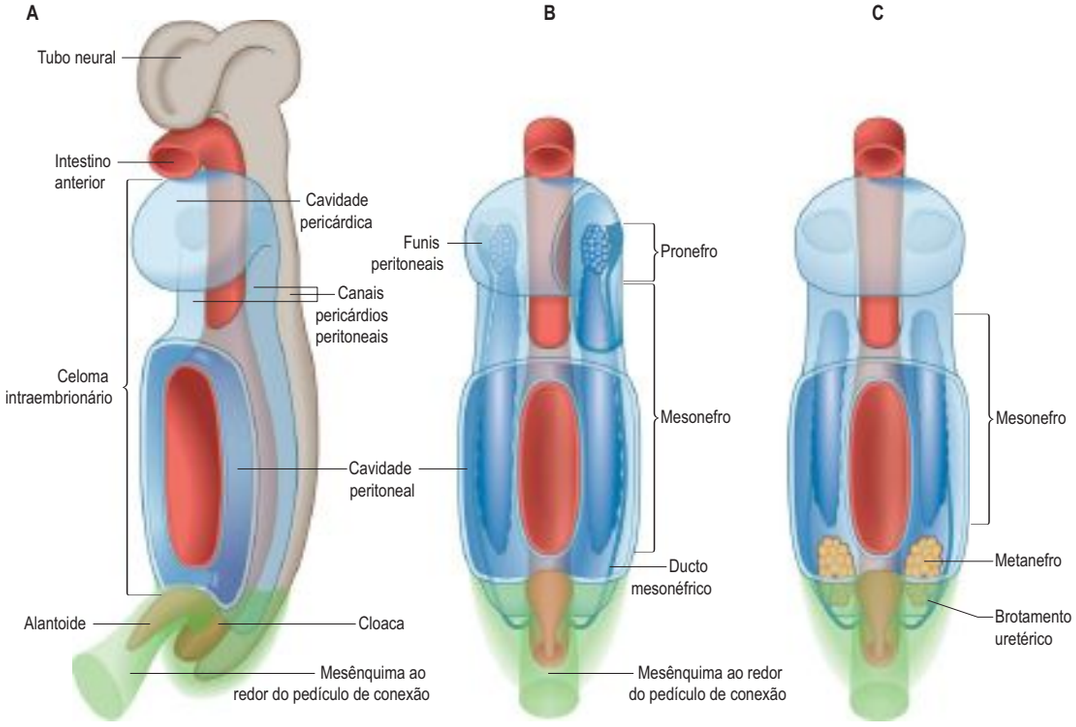


Fig. 78.1 A, Principais populações epiteliais em um embrião no estágio 11, visto a partir de uma posição ventrolateral. **B,** Posição do pronefro e do mesonefro sobre as paredes torácica posterior e abdominal. **C,** Posição do mesonefro e do metanefro.

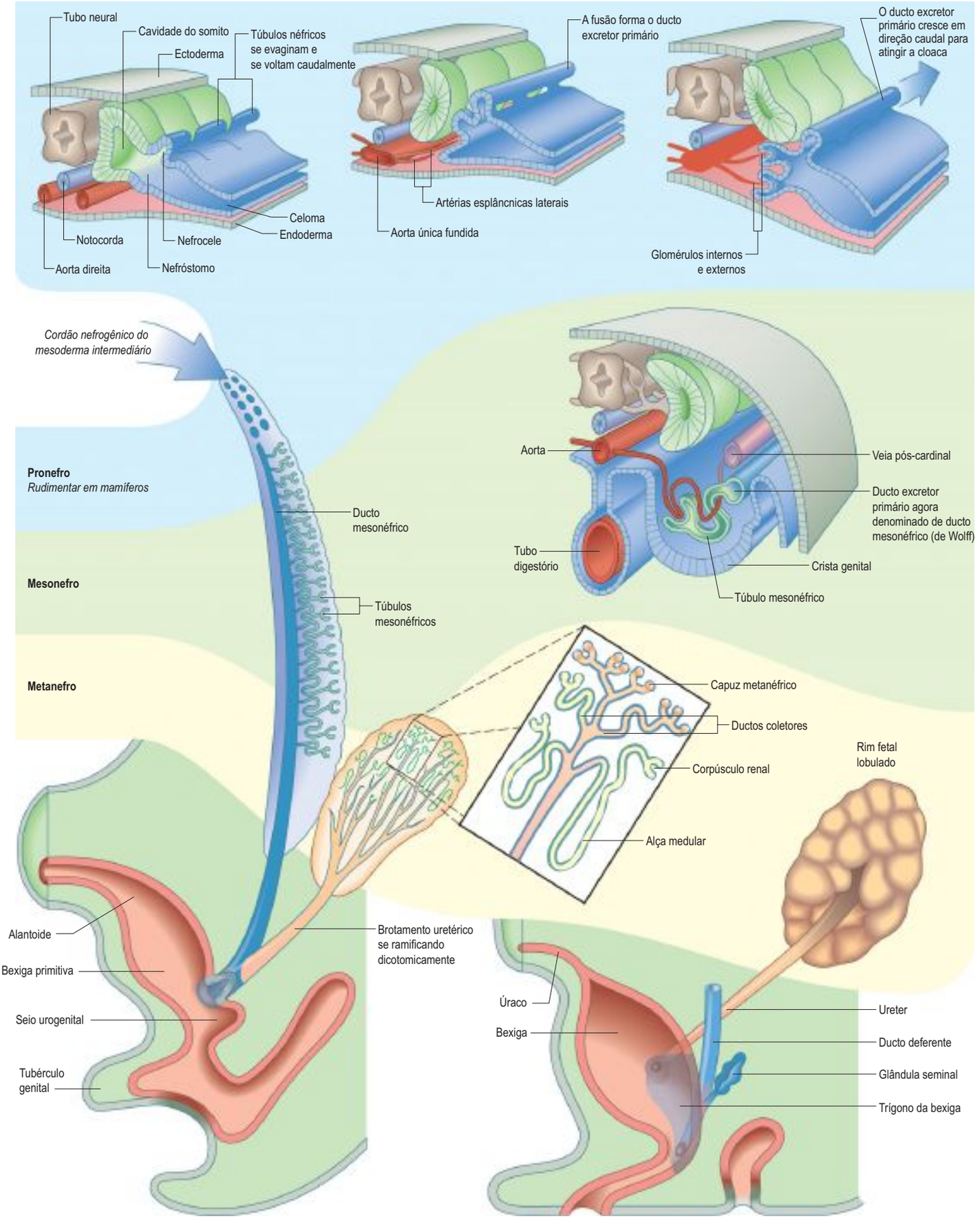


Fig. 78.2 Principais aspectos do sistema néfrico primitivo de vertebrados para comparação com o desenvolvimento do sistema néfrico humano. Um considerável período da vida embrionária e fetal foi necessariamente reduzido em um único diagrama. (Modificado com permissão de Williams P L, Wendell-Smith C P, Treadgold S, 1969 Basic Human Embriology, 2nd edn. Philadelphia: Lippincott.)

Mesonefro

A partir do estágio 12, os túbulos mesonéfricos, os quais se desenvolvem a partir do mesoderma intermediário entre o nível dos somitos 8-20, começam a se conectar ao ducto excretor primário, que é agora renomeado como ducto mesonéfrico. Mais caudalmente, uma crista contínua de mesênquima nefrogênico se estende ao nível do somito 24. Os túbulos mesonéfricos (néfrons) não são metaméricos – pode haver dois ou mais túbulos mesonéfricos opostos a cada somito.

No interior do mesonefro, cada túbulo primeiramente aparece como uma condensação de células mesenquimais, as quais se transformam em células epiteliais e formam uma vesícula. Uma extremidade da vesícula cresce em direção ao ducto mesonéfrico e se abre neste, enquanto a outra extremidade se dilata e se invagina. A camada externa forma a cápsula glomerular, enquanto as células internas se diferenciam em podócitos mesonéfricos, os quais envolvem os capilares invaginados para formar um glomérulo. Os capilares são supridos com sangue através de ramos laterais da aorta. Estima-se que 70-80 túbulos mesonéfricos e um número correspondente de glomérulos se desenvolvam. Entretanto, esses túbulos não estão todos presentes ao mesmo tempo, e é raro achar mais de 30-40 em um embrião individual, pois os túbulos e glomérulos craniais se desenvolvem e atrofiam antes do desenvolvimento daqueles localizados mais caudalmente.

Ao final da sexta semana, cada mesonefro é um órgão alongado e de formato fusiforme que se projeta para dentro da cavidade celomática, um a cada lado do mesentério dorsal, a partir do nível do septo transverso até o terceiro segmento lombar. Toda essa projeção é chamada de crista mesonéfrica, mesonefro ou corpo de Wolff (Figs. 78.1B e C, e 78.3). Ele desenvolve sub-regiões, e uma gônada se desenvolve em sua superfície medial (pág. 1311). Existem similaridades estruturais notáveis entre o mesonefro e o rim permanente ou metanefro, mas os néfrons mesonéfricos não apresentam um segmento que corresponda ao ramo descendente da alça de Henle. Acredita-se que o mesonefro produza urina por volta do estágio 17. Uma comparação detalhada do desenvolvimento e da função dos mesonefros e metanefros em embriões humanos estagiados não se encontra disponível.

Em embriões no estágio 18 (13-17 mm), a crista mesonéfrica se estende cranialmente a cerca do nível da 9ª costela. Em ambos os sexos, a extremidade cranial do mesonefro se atrofia, e em embriões de 20 mm de comprimento (estágio 19) um mesonefro é encontrado apenas nos três primeiros segmentos lombares, embora ele ainda possa possuir até aproximadamente 26 túbulos. Os túbulos mais craniais (um ou dois) persistem como dúctulos aberrantes rostrais (Fig. 78.13); os cinco ou seis túbulos sucessivos se desenvolvem nos túbulos eferentes do testículo e dos lóbulos da cabeça do epidídimo (no homem), ou nos túbulos do epoóforo (na mulher); os túbulos caudais formam os dúctulos aberrantes caudais e o paradídimo (no homem), ou o paraoóforo (na mulher) (pág. 1313).

Ducto mesonéfrico

Logo que os néfrons mesonéfricos se conectem ao ducto excretor primário, este é renomeado como ducto mesonéfrico. Este segue caudalmente na parte lateral da crista mesonéfrica, e na extremidade caudal da crista ele se projeta para dentro da cavidade do celoma na substância de uma prega mesonéfrica (Fig. 78.3). À medida que os ductos mesonéfricos a cada lado se aproximam do seio urogenital, as duas pregas mesonéfricas se fundem, entre a bexiga ventralmente e o reto dorsalmente, e formam uma septação transversal através da cavidade da pelve, a qual é às vezes inapropriadamente chamada cordão genital (Fig. 78.3). No homem, a fossa peritoneal entre a bexiga e o cordão genital se torna obliterada, mas ela persiste na mulher como a bolsa uterovesical. No homem, o ducto mesonéfrico em si se torna o ducto do epidídimo, o ducto deferente e o ducto ejaculador (pág. 1317).

Seio urogenital

O intestino posterior primitivo termina em uma região cloacal. Esta é conectada ventralmente a um divertículo em fundo cego, o alantoide, o qual se encontra intimamente relacionado ao desenvolvimento da porção caudal do sistema urinário. As porções entérica e alantoideana do intestino posterior são separadas pela proliferação do septo urorretal, uma partição de mesênquima e endoderma no ângulo da junção do intestino posterior com o alantoide (Figs. 78.4, 78.7). O epitélio endodérmico abaixo do mesênquima do septo urorretal se aproxima da membrana cloacal, mas não se funde com esta: ele efetivamente divide a membrana em membranas anal (dorsal) e urogenital (ventral), e a região cloacal em porções dorsal e ventral. A porção dorsal da região cloacal é o futuro reto. A porção ventral pode ser ainda dividida em um canal vesicouretral cranial, contínuo acima com o ducto do alantoide; um canal intermediário, estreito, que é a porção pélvica; e uma seção caudal fálica, profunda, a qual é fechada externamente pela membrana urogenital. As segunda e terceira partes juntas constituem o seio urogenital.

Metanefro

O pronefro e o mesonefro são estruturas lineares. Ambos contêm pilhas de túbulos distribuídas ao longo do eixo craniocaudal do embrião, um arranjo que resulta na produção de uma urina hipotônica. Em marcante contraste, os túbulos no rim metanéfrico estão organizados concentricamente, e as alças de Henle estão direcionadas para a pelve renal. Este arranjo permite que se desenvolvam diferentes gradientes de concentração dentro do rim, o que resulta na produção de uma urina hipertônica. Os néfrons metanéfricos não se unem ao ducto mesonéfrico preexistente, mas a uma evaginação daquele ducto, a qual se ramifica dicotomicamente para produzir um padrão característico de ductos coletores.

O rim metanéfrico se desenvolve a partir de três fontes. Uma evaginação do ducto mesonéfrico, o brotamento uretérico, e uma condensação local de mesênquima, o blastema metanéfrico, formam a estrutura néfrica (Fig. 78.5). O mesênquima angiogênico migra para dentro do blastema metanéfrico ligeiramente mais tarde para produzir os glomérulos e os vasos retos. É possível que um suprimento nervoso intacto seja também necessário para a indução ao rim metanéfrico.

Uma interação epitelial/mesenquimal entre o sistema de ductos e o mesênquima circunjacente ocorre tanto no sistema mesonéfrico como no sistema metanéfrico. No rim mesonéfrico, o desenvolvimento prossegue em uma progressão craniocaudal, e néfrons craniais degeneram antes que os néfrons caudais sejam produzidos. No rim metanéfrico, uma proporção do mesênquima permanece como células-tronco que continuam a se dividir e as quais entram na via nefrogênica mais tarde, quando os ductos coletores individuais se alongam. O desenvolvimento temporal do rim metanéfrico é padronizado de maneira radial, de modo que o córtex externo seja a última parte a ser formada. As interações seguintes ocorrem no desenvolvimento do rim metanéfrico (Fig. 78.5). O brotamento uretérico sofre uma série de bifurcações em meio ao mesênquima metanéfrico circunjacente e forma ductos uretéricos menores. Ao mesmo tempo, o mesênquima metanéfrico se condensa ao redor dos ductos em divisão para formar agregados em formato de S, os quais se transformam em epitélios e se fundem com os ductos uretéricos em suas extremidades distais. Os

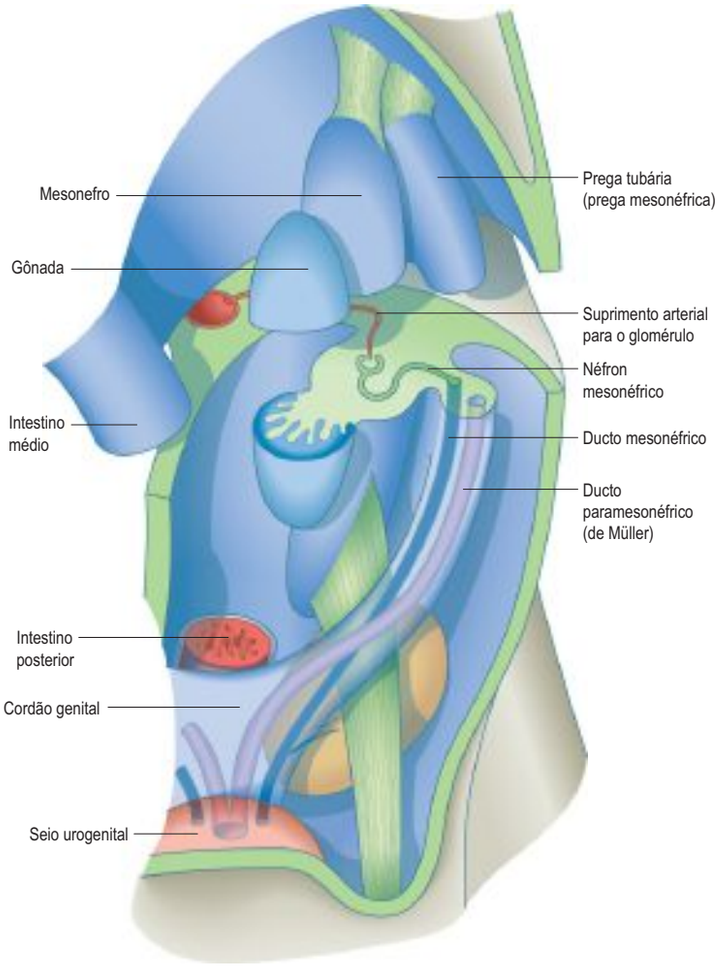


Fig. 78.3 Disposição do ducto mesonéfrico a partir do mesonefro até o seio urogenital. O ducto segue em meio à prega tubária com o ducto paramesonéfrico. Para um desenvolvimento subsequente, ver a **Figura 78.14.** (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2, Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

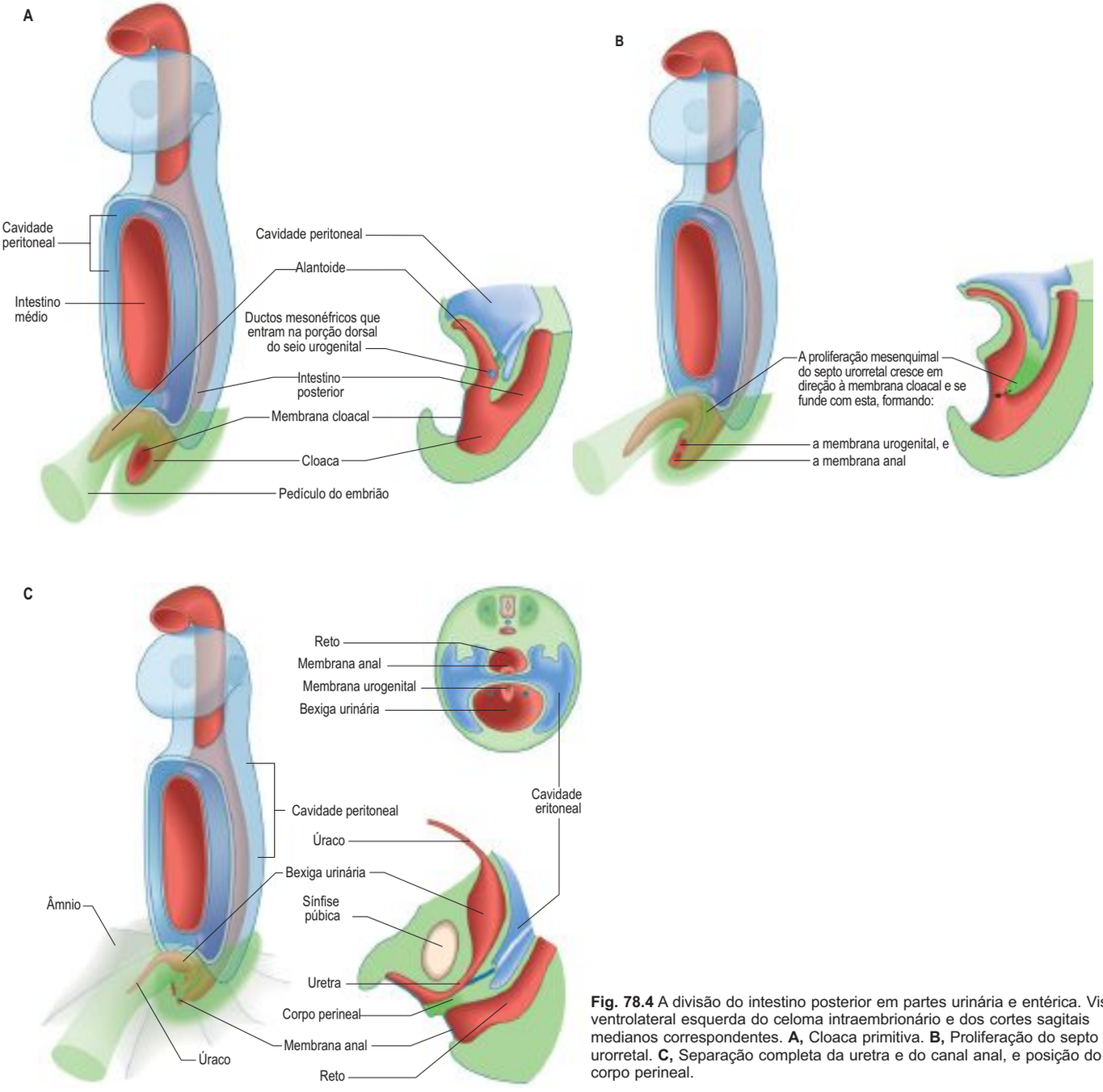


Fig. 78.4 A divisão do intestino posterior em partes urinária e entérica. Vista ventrolateral esquerda do celoma intraembrionário e dos cortes sagitais medianos correspondentes. **A,** Cloaca primitiva. **B,** Proliferação do septo urorretal. **C,** Separação completa da uretra e do canal anal, e posição do corpo perineal.

vasos sanguíneos invadem as extremidades proximais dos agregados em formato de S para formar glomérulos vascularizados.

O brotamento uretérico se bifurca quando ele entra em contato com o blastema metanéfrico em resposta a moléculas da matriz extracelular sintetizadas pelo mesênquima. A síntese de proteoglicanos de condroitino-sulfato e o processamento das cadeias de condroitino-sulfato (glicosaminoglicanos) são necessários para a ramificação dicotômica do brotamento uretérico. Em culturas de metanefro, a incubação dos rins fetais em β-D-xilosídeo, um inibidor da síntese de condroitino-sulfato, inibe dramaticamente a ramificação do brotamento uretérico.

As divisões subsequentes do brotamento uretérico e do mesênquima associado definem a estrutura anatômica do rim e dos cálices maiores e menores, os ramos distais dos ductos uretéricos que formarão os ductos coletores do rim. A posição proximal do brotamento uretérico se alonga para formar o ureter em desenvolvimento (Fig. 78.6). À medida que os ductos coletores se alongam, o mesênquima metanéfrico se condensa ao seu redor. Uma molécula de adesão, o sindecan, pode ser detectada entre as células mesenquimais na área de condensação. As células suprimem a expressão de N-CAM, fibronectina e colágeno do tipo I, e começam a sintetizar L-CAM (também conhecida como E-caderina) e os constituintes da lâmina basal, como laminina e colágeno do tipo IV. Os agregados mesenquimais são assim convertidos em pequenos grupos de células epiteliais, as quais sofrem complexas modificações morfogenéticas. Cada grupo epitelial se alonga e forma primeiramente uma estrutura em formato de vírgula, e em seguida em formato de S, a qual continua a se alongar e subsequentemente se funde com um ramo do ducto uretérico em sua extremidade distal, enquanto se expande como um saco dilatado em sua extremidade proximal (Fig. 78.5). Este último involui e células se diferenciam localmente, de modo que as células externas se tornem as células parietais da cápsula glomerular, enquanto as células internas se tornem os podócitos da camada visceral da cápsula glomerular. Os podócitos se desenvolvem em íntima proximidade aos capilares que invadem o primórdio, derivados do mesênquima angiogênico fora do mesênquima nefrogênico. Esta terceira fonte de mesênquima produz as células endoteliais e mesangiais em meio a um glomérulo. Os podócitos (derivados do metanefro) e o mesênquima angiogênico produzem fibronectina e outros componentes da lâmina basal glomerular. As isoformas de colágeno do tipo IV

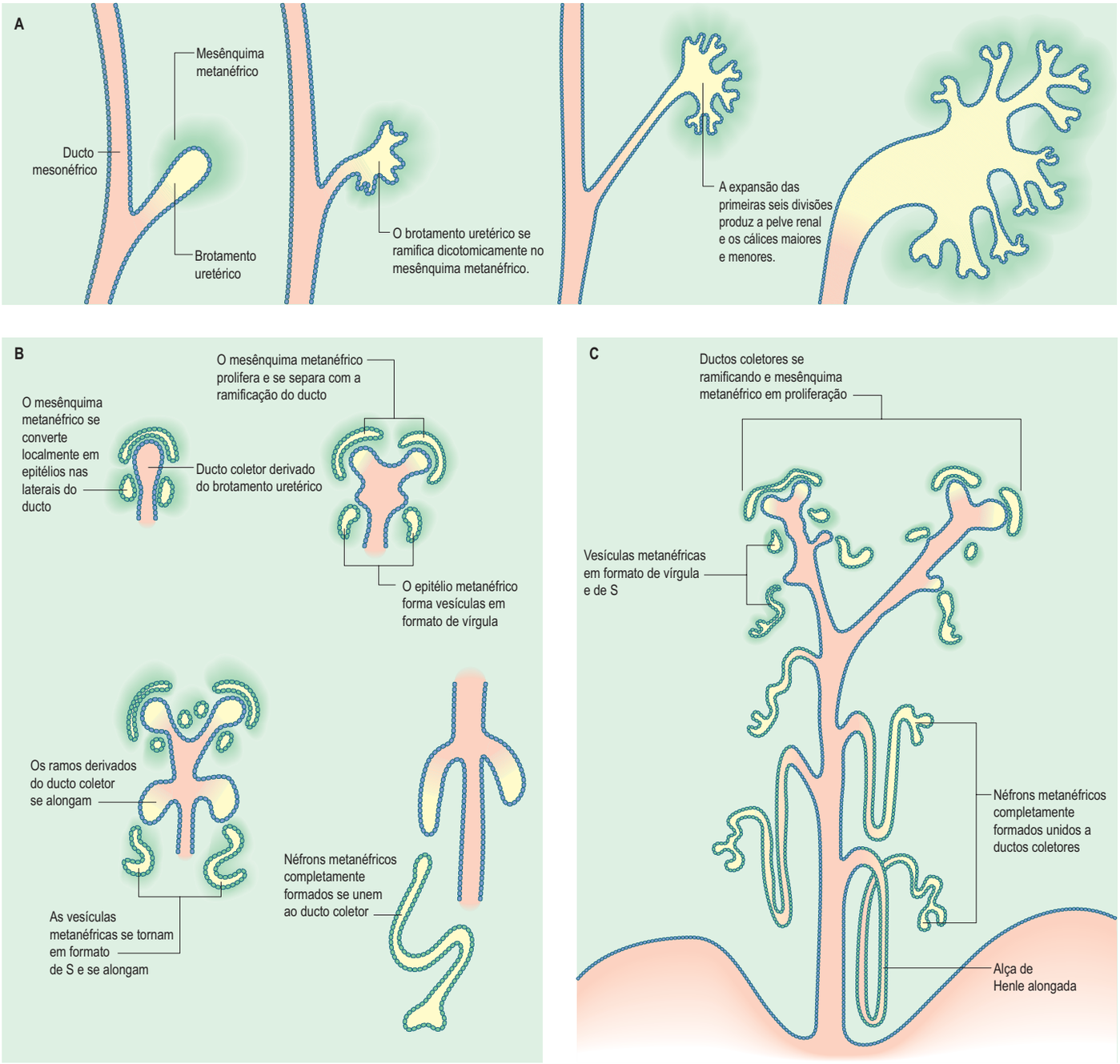


Fig. 78.5 Visão geral do desenvolvimento do rim metanéfrico**. A,** O brotamento uretérico se origina a partir do ducto mesonéfrico. O mesênquima metanéfrico prolifera e se separa com cada subdivisão do brotamento uretérico. **B,** O mesênquima metanéfrico se converte a epitélios, forma vesículas em formato de vírgula e em S, as quais se tornam os néfrons metanéfricos. **C,** Todos os estágios do desenvolvimento metanéfrico estão presentes simultaneamente. Os néfrons mais recentemente formados estão próximos à face externa do rim.

nesta camada seguem um programa de maturação específico à medida que a filtração de macromoléculas advindas com o plasma se torna restrita.

A cadeia β do fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF, ***p**latelet **d**erived **g**rowth **f**actor*) e a subunidade β do receptor do PDGF (PDGFR-β) foram detectadas nos glomérulos humanos em desenvolvimento entre os dias 54 e 109 de gestação. A cadeia β do PDGF está localizada no epitélio em diferenciação da vesícula glomerular durante seus estágios em formatos de vírgula e em S, enquanto a PDGFR-β é expressa no blastema metanéfrico indiferenciado, em estruturas vasculares e em células intersticiais. Tanto a cadeia β do PDGF como a PDGFR-β são expressas pelas células mesangiais, as quais podem promover uma proliferação subsequente de células mesangiais.

O mesênquima metanéfrico se desenvolverá de forma bem-sucedida *in vitro*, o que torna a perturbação experimental do desenvolvimento renal comparativamente fácil de avaliar. Estudos experimentais pioneiros demonstraram que outras populações mesenquimais, e a medula espinal, foram capazes de induzir a divisão do brotamento uretérico e o desenvolvimento metanéfrico. Nervos entram no rim em desenvolvimento muito precocemente, seguindo juntamente com o ureter em desenvolvimento. Se rudimentos do rim em desenvolvimento forem incubados com oligonucleotídeos *antisense*, os quais neutralizam o RNAm do receptor do fator de crescimento neural (NGF-R), a nefrogênese é completamente bloqueada, sugerindo que a indução ao mesênquima metanéfrico é uma resposta à inervação. O poderoso efeito indutor da medula espinal sobre o mesênquima metanéfrico pode ser uma expressão adicional deste fenômeno.

Todos os estágios da diferenciação dos néfrons estão presentes simultaneamente no rim metanéfrico em desenvolvimento (Fig. 78.5). Antígenos para a borda em escova dos túbulos renais aparecem quando a estrutura em formato de S se forma. Eles aparecem primeiramente na área cortical interna.

O rim metanéfrico é lobulado durante toda a vida fetal, mas essa condição usualmente desaparece durante o primeiro ano após o nascimento (Fig. 78.8). Graus variados de lobulação ocasionalmente persistem durante toda a vida.

O crescimento dos rins esquerdo e direito é bem emparelhado durante o desenvolvimento. O volume renal fetal aumenta em sua maior parte durante o segundo trimestre em ambos os sexos. Por questões que não são compreendidas, fetos masculinos apresentam valores maiores para o volume renal do que fetos femininos a partir do terceiro trimestre em diante.

Desenvolvimento endócrino do rim

O rim funciona não somente como um órgão excretor, mas também como um órgão endócrino, secretando hormônios que estão relacionados à hemodinâmica renal. Antes do nascimento, a homeostase é controlada pela placenta. O rim fetal produz urina, a qual é adicionada ao líquido amniótico. Os rins de bebês prematuros de menos de 36 semanas são imaturos. Eles contêm néfrons corticais incompletamente diferenciados, os quais comprometem sua capacidade de manter a homeostase. Problemas de imaturidade são ainda compostos pelos efeitos de hipoxia e asfixia, os quais modificam os hormônios renais.

Os hormônios renais incluem o sistema renina-angiotensina, as prostaglandinas renais, o sistema calicreína-cinina e a dopamina renal. A renina é encontrada nas células musculares lisas das arteríolas, nas artérias interlobulares e nos ramos da artéria renal, e também tem sido descrita nas células dos túbulos contorcidos distais. A calicreína tem sido demonstrada no rim fetal de rato, e as prostaglandinas têm sido demonstradas na medula renal e nos túbulos renais. A dopamina renal é produzida (principalmente) pela conversão enzimática da L-dopa a dopamina nos segmentos iniciais do túbulo contorcido proximal, e também é originada localmente de nervos dopaminérgicos. Outros hormônios renais incluem um lipídio anti-hipertensivo, o qual é produzido nas células intersticiais da medula renal, e, possivelmente, a histamina e a serotonina. Fatores de crescimento produzidos por células renais embrionárias humanas incluem a eritropoietina e a interleucina-1β (a qual estimula a maturação de megacariócitos) e fator de crescimento transformante β.

Ascensão do rim

O rim metanéfrico é inicialmente sacral. À medida que o brotamento uretérico se alonga, ele se torna posicionado mais e mais cranialmente. A pelve renal metanéfrica se localiza ao nível da segunda vértebra lombar quando o embrião atinge um comprimento de cerca de 13 mm. Durante este período, o rim em ascensão recebe seu suprimento sanguíneo sequencialmente a partir de artérias em sua vizinhança imediata, isto é, as artérias sacral média e ilíaca comum. A artéria renal definitiva não é reconhecível até o início do terceiro mês. Ela se origina a partir da mais caudal das três artérias suprarrenais, todas as quais representam artérias mesonéfricas persistentes ou artérias esplâncnicas laterais. Artérias renais adicionais são relativamente comuns e podem entrar no hilo ou no polo superior ou inferior do órgão – elas também representam artérias mesonéfricas persistentes.

Ureter

A parede do ureter primitivo é de início altamente permeável. Seu lúmen mais tarde se torna obliterado e é subsequentemente recanalizado. Esses dois processos começam em porções intermediárias do ureter e progridem cranial e caudalmente. A recanalização não está associada à função metanéfrica, mas talvez reflita o rápido alongamento do ureter à medida que o embrião cresce. Duas dilatações fusiformes aparecem nos níveis pélvico e lombar do ureter aos cinco e nove meses, respectivamente (a dilatação pélvica é inconstante). Como resultado, o ureter apresenta uma constrição em sua extremidade proximal (região pielouretérica) e uma outra à medida que ele atravessa a margem da pelve. Um terceiro estreitamento está sempre presente em sua extremidade distal e está relacionado ao crescimento da parede da bexiga.

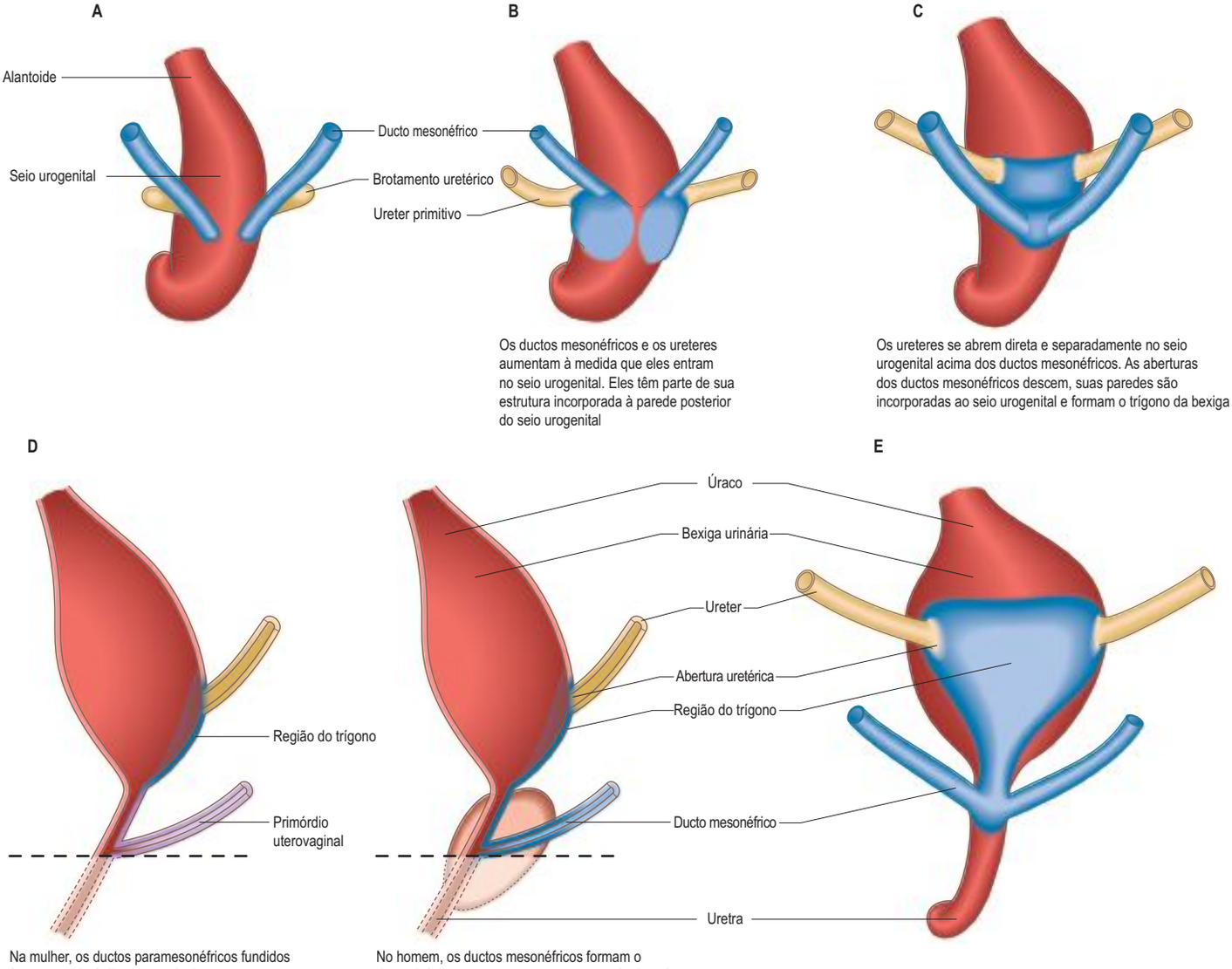


Fig. 78.6 Desenvolvimento da parte urinária do seio urogenital e formação do trígono da bexiga. **A-C** e **E,** Vistas posteriores. **D,** Embriões masculino e feminino, cortes sagitais medianos. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2, Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

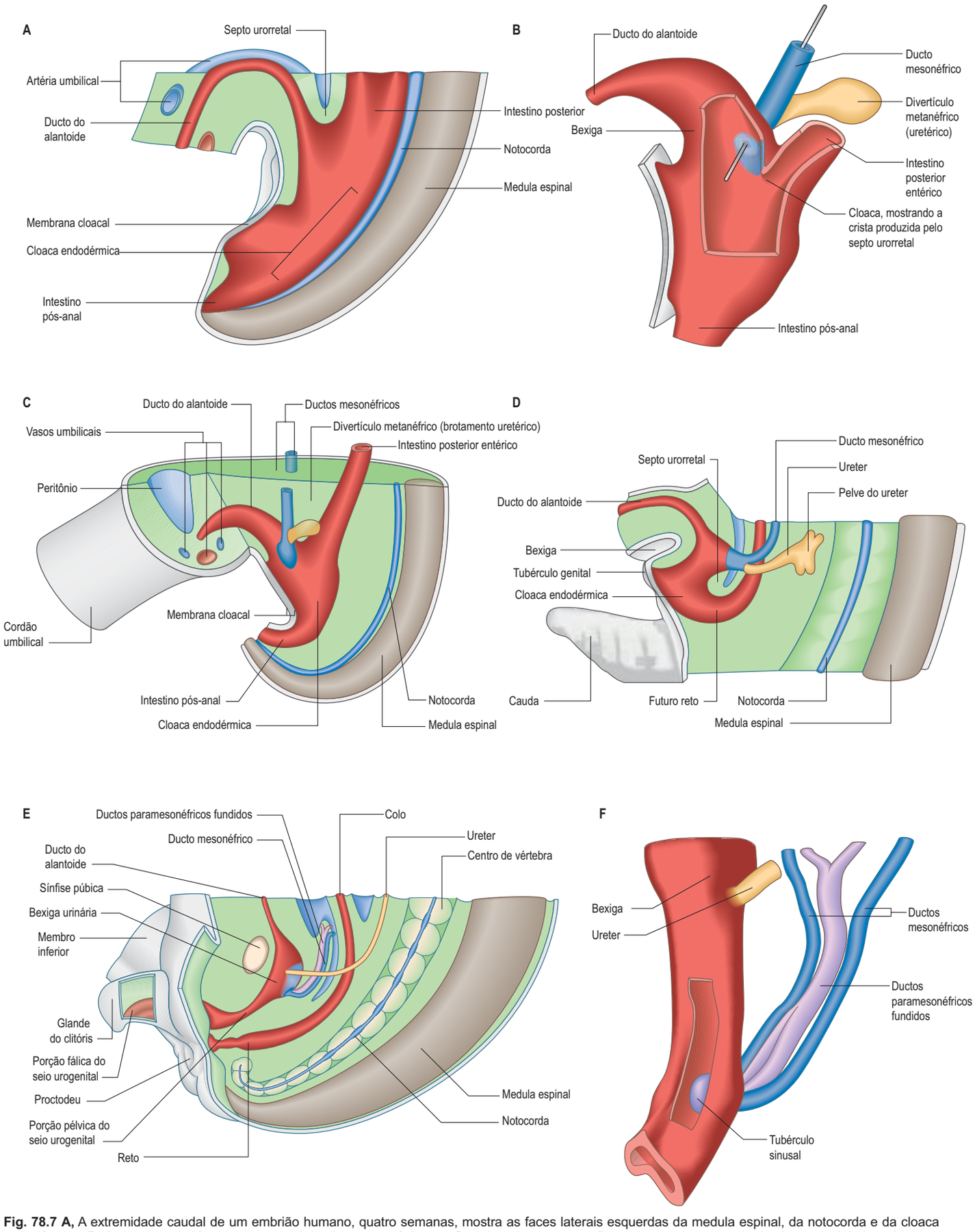


Fig. 78.7 A, A extremidade caudal de um embrião humano, quatro semanas, mostra as faces laterais esquerdas da medula espinal, da notocorda e da cloaca endodérmica. **B,** A cloaca endodérmica de um embrião humano próximo ao final da quinta semana. Parte da parede esquerda da cloaca, incluindo o ducto mesonéfrico esquerdo, foi removida, juntamente com as porções adjacentes das paredes da bexiga e do reto em desenvolvimento. Um pedaço de ectoderma ao redor da membrana cloacal foi deixado *in situ*. Um fio é mostrado passando ao longo do ducto mesonéfrico direito para o interior da cloaca. **C,** A extremidade caudal de um embrião humano, cinco semanas, mostra a cloaca endodérmica. **D,** A extremidade caudal de um embrião humano, seis semanas. A cloaca torna-se dividida pelo septo urorretal. **E,** A extremidade caudal de um feto humano feminino, 8½-9 semanas, a partir do lado esquerdo mostra estruturas no plano mediano e próximo a este. A cloaca está agora completamente dividida em segmentos urogenital e intestinal. **F,** Parte da porção vesicouretral da cloaca endodérmica de um feto humano feminino, 8½-9 semanas. O tubérculo sinusal é a elevação sobre a parede posterior do seio urogenital causada pela fusão com os ductos paramesonéfricos.

Inicialmente, a extremidade distal do ureter está conectada ao aspecto dorsomedial do ducto mesonéfrico; porém, como resultado do crescimento diferencial, essa conexão vem a se posicionar lateralmente ao ducto.

Bexiga urinária

A bexiga urinária se desenvolve a partir do canal vesicouretral cranial, o qual é contínuo acima com o alantoide (Figs. 78.4, 78.6 e 78.7). Os ductos mesonéfricos se abrem no seio urogenital logo ao início do desenvolvimento. Os ureteres se desenvolvem como ramos dos ductos mesonéfricos, os quais adquirem seu próprio acesso à bexiga em desenvolvimento, e seus orifícios se abrem separadamente na bexiga ao lado da abertura dos ductos mesonéfricos. Mais tarde, os dois orifícios se tornam mais separados ainda e, embora o ureter retenha seu ponto de entrada na bexiga, o ducto mesonéfrico se abre naquela parte do seio urogenital que subsequentemente se torna a uretra prostática (Fig. 78.6). A região triangular de incorporação da parede dos ductos mesonéfricos contribui para a formação do trígono da bexiga e da parede dorsal da metade proximal da uretra prostática, isto é, até a abertura do utrículo prostático e dos ductos ejaculadores, ou em seu homólogo feminino, toda a parede dorsal da uretra feminina. O restante do canal vesicouretral forma o corpo da bexiga e a uretra, e seu ápice é prolongado até o umbigo como um estreito canal, o úraco.

A bexiga fetal pode ser identificada pelo exame de ultrassom às 9-11 semanas de gestação, e a ausência da imagem de uma bexiga é considerada anormal às 13 semanas ou mais tarde.

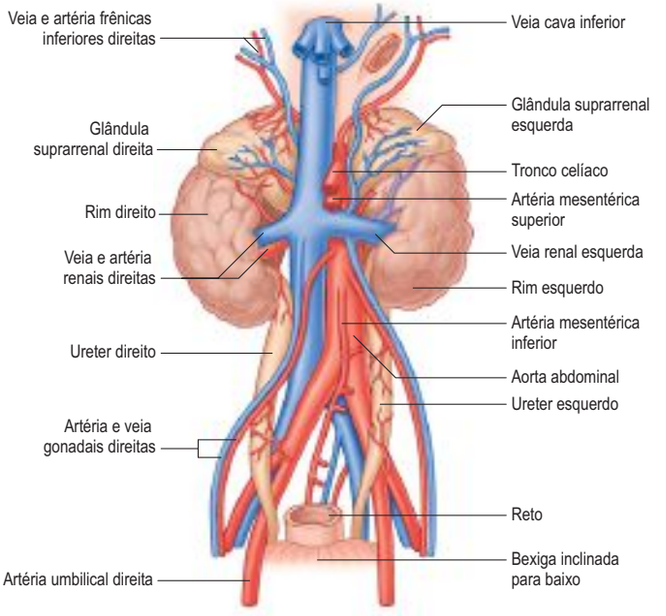


Fig. 78.8 Parede abdominal posterior de um recém-nascido a termo. Observe os rins lobulados e o calibre relativamente largo dos ureteres.

Sistema urinário neonatal

Ao nascimento, os dois rins pesam aproximadamente 23 g. Eles funcionam precocemente no desenvolvimento e produzem urina que é adicionada ao líquido amniótico que circunda o feto. A aparência lobulada dos rins fetais ainda está presente ao nascimento (Figs. 14.4, 78.8). A adição de novos néfrons corticais continua nos primeiros meses de vida pós-natal, após o que o crescimento geral dos glomérulos e túbulos resulta no desaparecimento da lobulação. O fluxo sanguíneo renal é mais baixo no recém-nascido; valores adultos são atingidos ao final do primeiro ano. A taxa de filtração glomerular ao nascimento é de aproximadamente 30% do valor adulto, o qual é atingido por volta dos 3-5 meses de idade.

A bexiga urinária neonatal possui formato ovoide e a extremidade maior está direcionada para baixo e para trás (Figs. 14.4, 14.5, 78.9, 78.10). Embora descrita como um órgão abdominal, quase a metade da bexiga neonatal se localiza abaixo de uma linha desenhada do promontório do sacro até a borda superior da sínfise púbica, isto é, dentro da cavidade da pelve verdadeira. A partir do colo da bexiga, a bexiga se estende anterior e ligeiramente para cima em íntimo contato com o púbis, até que ela atinja a parede abdominal anterior. O ápice da bexiga contraída se localiza em um ponto a meio caminho entre o púbis e o umbigo. Quando a bexiga está preenchida com urina, o ápice pode se estender até o nível do umbigo. Consequentemente, é possível obter urina através da inserção de uma agulha, conectada a uma seringa, no interior da bexiga através da parede abdominal a cerca de 2 cm acima da sínfise púbica e aspirando o conteúdo para uma seringa estéril. O índice de sucesso do procedimento é variável, e depende de a bexiga estar cheia: um índice de sucesso muito mais alto tem sido relatado através do uso de um *scanner* de ultrassom para localizar a bexiga e confirmar que ela contenha urina antes da inserção da agulha.

Não há um verdadeiro fundo na bexiga fetal como há no adulto. Embora a superfície anterior não seja coberta por peritônio, o peritônio se estende posteriormente para baixo até o nível do orifício uretral. Como o ápice da bexiga é relativamente alto, uma pressão sobre a parede abdominal inferior enviará urina a partir da bexiga de um bebê. Além do mais,

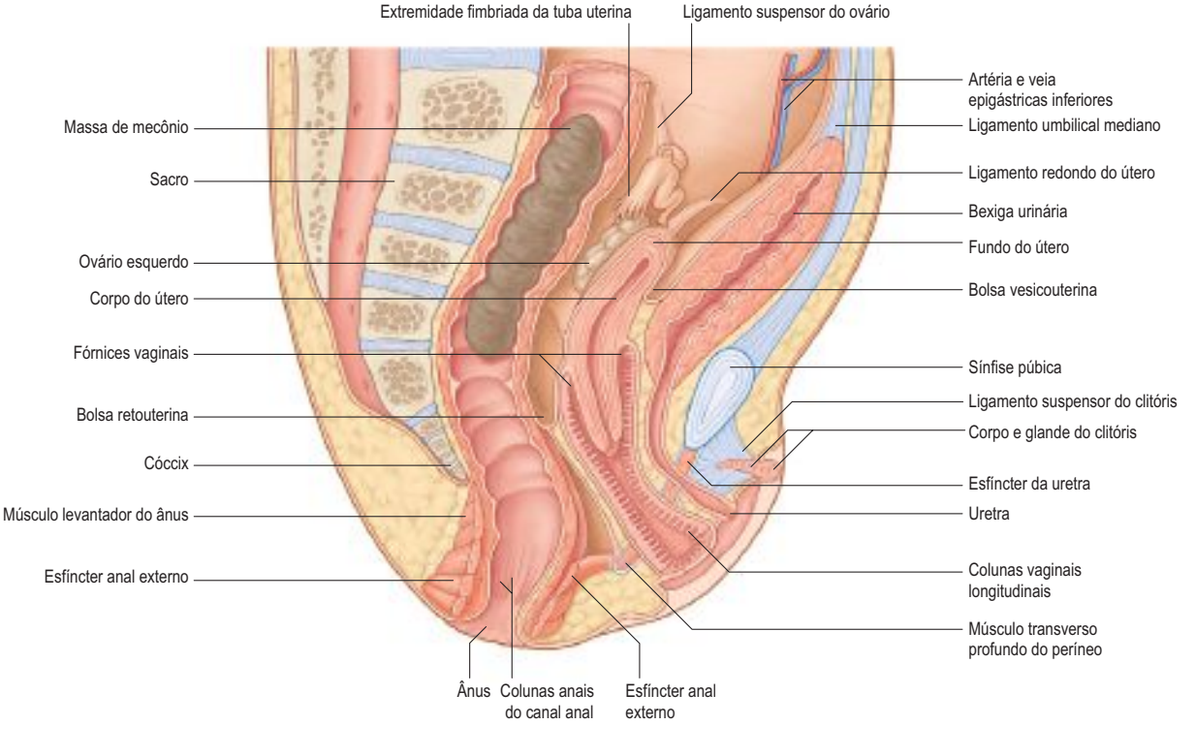


Fig. 78.9 Corte sagital mediano através da pelve de um recém-nascido a termo do sexo feminino. Observe a posição abdominal da bexiga urinária e do útero. (Segundo Crelin E S 1969 Anatomy of the Newborn. Philadelphia: Lea and Febiger.)

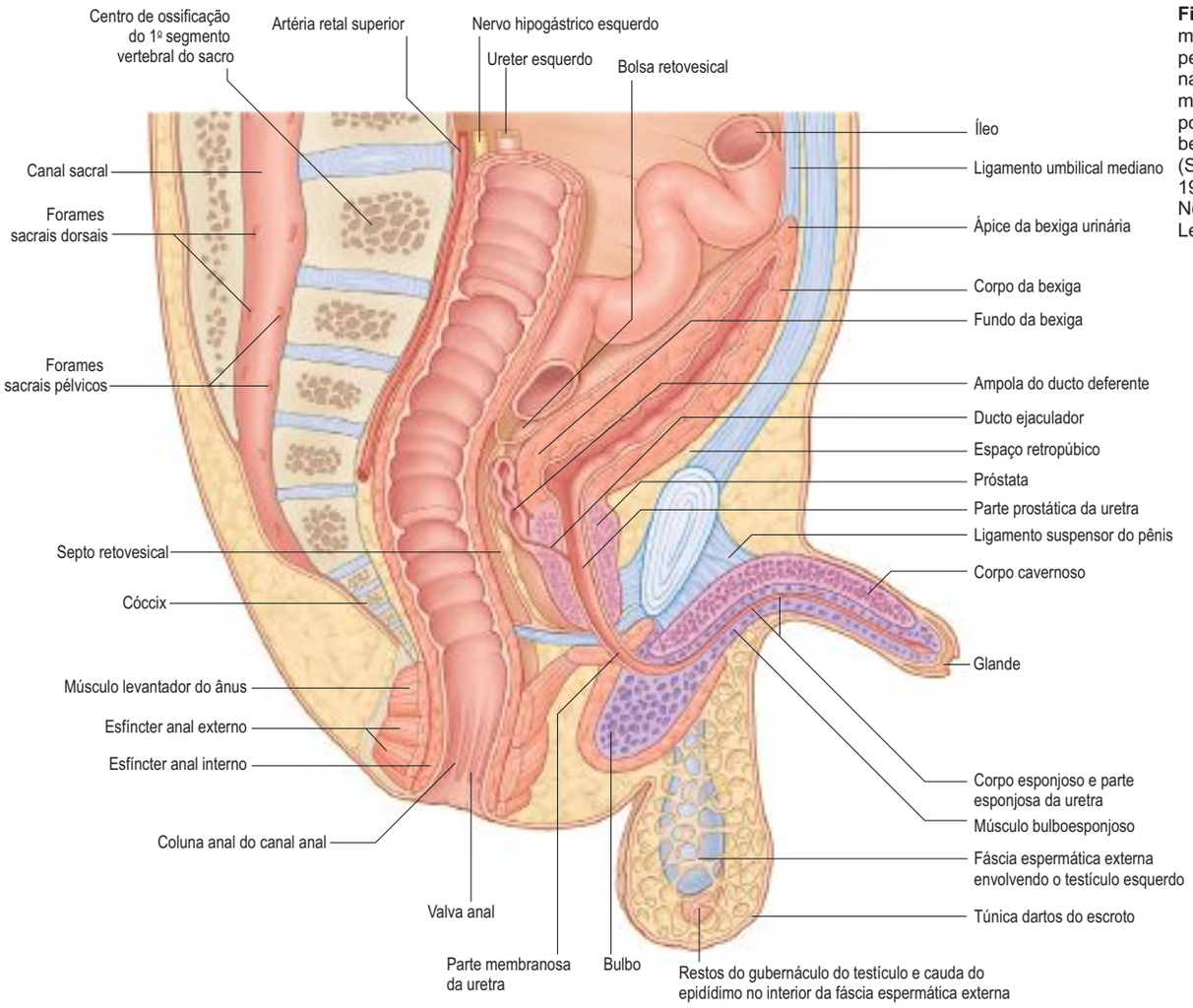


Fig. 78.10 Corte sagital mediano através da pelve de um recém-nascido a termo do sexo masculino. Observe a posição abdominal da bexiga urinária. (Segundo Crelin E S 1969 Anatomy of the Newborn. Philadelphia: Lea and Febiger.)

como a bexiga permanece conectada ao umbigo pelos restos obliterados do úraco (Fig. 14.5), a estimulação do umbigo pode iniciar a micção em bebês. O formato alongado da bexiga em recém-nascidos significa que os ureteres estão correspondentemente reduzidos em comprimento e que eles não apresentam uma porção pélvica. A bexiga não ganha sua posição adulta – pélvica – até cerca do sexto ano. Uma prega interuretérica, pouco distinta, está presente na bexiga neonatal contraída.

Anomalias do sistema urinário

As anomalias do sistema urinário são relativamente comuns (3% dos nascidos vivos). A agenesia renal é a ausência de um ou ambos os rins. Na agenesia renal unilateral, o rim remanescente exibe uma hipertrofia compensatória e produz uma massa funcional quase normal de tecido renal. A atresia do ureter durante o desenvolvimento causa um rim displásico multicístico (ou policístico) não funcional, considerado secundário à obstrução urinária presente enquanto os túbulos ainda estão se formando. Problemas com a ascensão renal podem resultar em um rim pélvico. De modo alternativo, os rins podem se fundir entre si em seus polos caudais e produzir um rim em ferradura, o qual não pode ascender para fora da cavidade pélvica porque a artéria mesentérica inferior impede a subsequente migração.

Os cistos renais eram considerados originários a partir de agregados de células vesiculares, as quais persistiriam quando as pontas dos ramos derivados do divertículo uretérico falhassem em se fundir com o tecido metanefrogênico circunjacente. Acredita-se atualmente que eles sejam amplas dilatações de uma parte de néfrons anteriormente contínuos. Na maioria dos casos, a doença renal policística autossômica dominante resulta de mutações dos genes *PKD1* ou *PKD2*, os quais são expressos em embriões humanos a partir de 5-6 semanas de desenvolvimento no mesonefro, e mais tarde no metanefro (Chauvet *et al.*, 2002). Nesta doença, a dilatação cística pode afetar qualquer parte do néfron, da cápsula de Bowman até os túbulos coletores. Menos comum é a doença renal cística infantil, herdada como um traço recessivo, em que os túbulos proximais e distais estão dilatados até certo ponto, mas os ductos coletores estão intensamente afetados.

As anormalidades da parede ventral do corpo caudal ao umbigo, especialmente com uma localização inapropriada do tubérculo genital, podem resultar em extrofia da bexiga (Fig. 78.11). Nesta condição, o septo urorretal (interno) está associado ao tubérculo genital (externo), o que significa que as membranas urogenital e anal estão amplamente separadas. Quando a membrana urogenital involui, a superfície posterior da bexiga é exposta à parede abdominal anterior. Consequentemente, a parte inferior da parede abdominal é ocupada por uma área irregularmente oval, coberta por uma membrana mucosa, na qual os dois ureteres se abrem. A periferia desta área exposta, a qual é coberta pelo urotélio, torna-se contínua com a pele.

O uso rotineiro do ultrassom como um auxílio ao diagnóstico *in utero* de anormalidades tem revelado uma prevalência de 1-2 fetos anormais por 1.000 procedimentos de ultrassom. Destes, 20-30% são anomalias do trato genitourinário, e podem ser detectados por volta das 12-15 semanas de gestação. Entretanto, a decisão a ser tomada depois de tal diagnóstico ainda não está de todo clara. A obstrução urinária é considerada uma anormalidade, ainda que uma modesta obstrução transitória seja considerada normal durante a canalização do trato urinário, e ela tem sido relatada em 10-20% dos fetos no terceiro trimestre. Um atraso na canalização, ou na ruptura da membrana cloacal, pode produzir uma dilatação. De forma similar, o fechamento do úraco às 32 semanas pode estar associado a um efluxo de alta resistência para o sistema, o qual novamente produz uma obstrução transitória. O grau de qual obstrução pode causar uma lesão ao parênquima renal não pode ser avaliado em um rim em desenvolvimento, o qual pode apresentar uma disgenesia nefrogênica primária.

O volume de líquido amniótico é usado como um indicador da função renal; porém, em virtude de haver outras fontes de contribuição à formação de líquido amniótico no início da gestação, o volume de líquido amniótico não reflete o débito urinário fetal até o segundo trimestre. A quantidade muito pequena de líquido amniótico é denominada de oligoidrâmnio, e

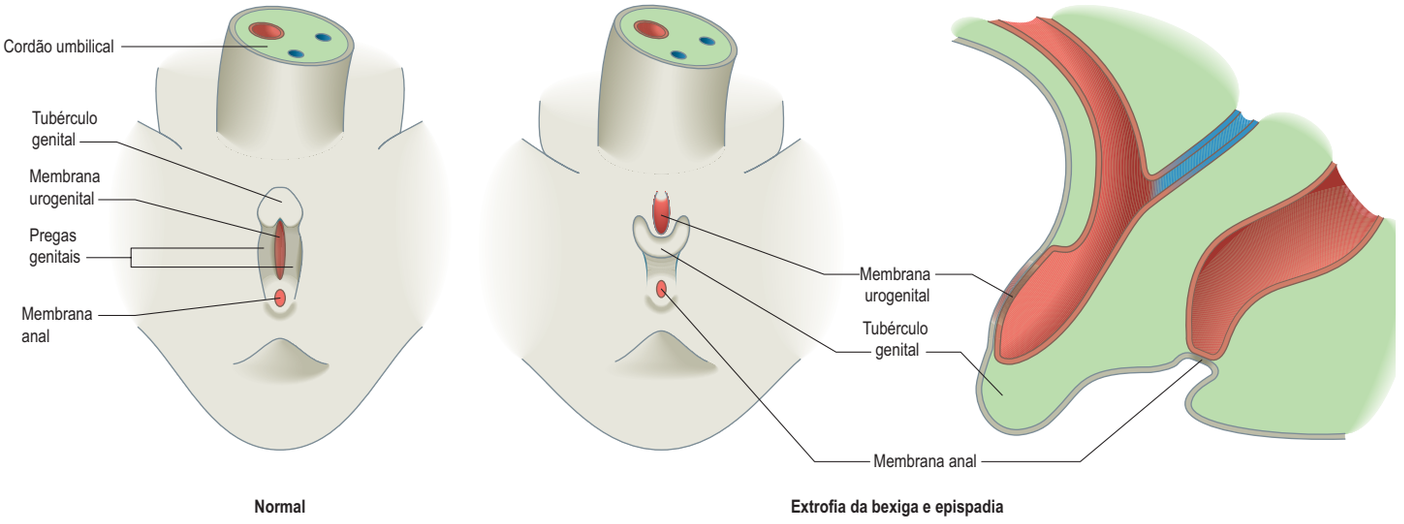


Fig. 78.11 Extrofia da bexiga. Um mau alinhamento do tubérculo genital e das pregas urogenitais com a membrana urogenital durante o desenvolvimento inicial resulta em um subsequente mau posicionamento da bexiga, da uretra e dos esfíncteres associados. O desaparecimento da membrana urogenital expõe a parede posterior da bexiga, e a abertura uretral encontra-se na face superior do pênis ou do clitóris. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2 Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

a quantidade excessiva, polidrâmnio. Embora variações na quantidade de líquido amniótico possam sugerir anormalidades tanto do tubo digestório como dos rins, nem sempre é possível correlacionar até mesmo um oligoidrâmnio severo a uma disfunção renal. Existe uma relação importante entre o volume de líquido amniótico e o desenvolvimento e a maturidade pulmonares, e o oligoidrâmnio tem se mostrado associado a quadros de hipoplasia pulmonar (Cap. 59).

SISTEMA GENITAL

O desenvolvimento dos órgãos reprodutores a partir do mesoderma intermediário começa no estágio 14, em torno de dez dias mais tarde que o sistema urinário. Os ductos paramesonéfricos (de Müller) bilaterais se desenvolvem lateralmente aos ductos mesonéfricos e a porção intermediária de cada mesonefro sofre um espessamento para formar a crista gonadal. Embora as células germinativas primordiais sejam delineadas muito precocemente no desenvolvimento, elas se encontram sequestradas em tecidos extraembrionários até que a crista gonadal esteja pronta para recebê-las. Considerava-se que o desenvolvimento de um ou outro fenótipo sexual ocorria após a migração das células germinativas para as gônadas indiferenciadas. No entanto, reconhece-se atualmente que o desenvolvimento das gônadas, dos ductos genitais e das genitálias externas masculinos ou femininos seja muito mais complicado, e é o resultado de uma complexa interação entre a expressão gênica, a cronologia do desenvolvimento e a influência dos hormônios sexuais. À medida que o desenvolvimento progride, uma proporção significativa do tecido embrionário primitivo do trato urinário é incorporada aos tratos reprodutores, especialmente no homem. O estágio mais precoce do desenvolvimento reprodutivo, anteriormente à chegada das células germinativas primordiais para o interior da gônada, é denominado de estágio indiferenciado ou ambissexual.

Desenvolvimento gonadal primitivo (estágio ambissexual ou indiferenciado)

Essencialmente, quatro diferentes linhagens celulares contribuem para as gônadas. As células são derivadas das seguintes fontes: do epitélio celomático em proliferação, ao lado medial do mesonefro; do mesênquima mesonéfrico adjacente; do mesênquima angiogênico invasor, já presente no mesonefro; e das células germinativas primordiais que se originam a partir do epiblasto muito precocemente no desenvolvimento e mais tarde migram da parede do alantoide.

A formação das gônadas é primeiramente indicada pelo aparecimento de uma área de epitélio celomático espessado na face medial da crista mesonéfrica na quinta semana, estágio 16 (Figs. 78.12, 78.13, 78.16). Em qualquer local na superfície da crista, o epitélio celomático tem de uma a duas células de espessura, mas sobre esta área gonadal ele se torna estratificado. O espessamento se estende rapidamente em uma direção longitudinal, até que ele cubra quase a totalidade da superfície medial da crista. O epitélio espessado continua a proliferar, desloca os corpúsculos renais do mesonefro em uma direção dorsolateral e forma uma projeção para dentro da cavidade celomática, a crista gonadal. Depressões superficiais se formam ao longo dos limites da crista, que deste modo é conectada ao mesonefro por um largo mesentério, o mesogenital. Desta forma, a crista mesonéfrica se torna subdividida em uma parte lateral, a prega tubária, que contém os ductos mesonéfrico e paramesonéfrico, e uma parte medial, a prega gonadal. A prega tubária também contém os túbulos néfricos e glomérulos em sua base (Fig. 78.3).

Até a sétima semana, a gônada ambissexual não possui nenhum aspecto em diferenciação sob o ponto de vista sexual. A partir do estágio 16, o epitélio celomático em proliferação forma um número de cordões celulares epiteliais (às vezes chamados de cordões sexuais primários), separados pelo mesênquima. Os cordões permanecem na periferia do primórdio e formam um córtex. A proliferação e a condensação celular em trajeto labiríntico do mesênquima mesonéfrico, incluindo o mesênquima angiogênico, produzem uma medula em posição central (Fig. 78.16).

Ductos genitais

Os ductos paramesonéfricos, ou ductos de Müller, desenvolvem-se em embriões de ambos os sexos, porém se tornam dominantes no desenvolvimento do sistema genital feminino. Eles não são detectáveis até que o embrião atinja um comprimento de 10-12 mm (início da sexta semana). Cada um começa como uma invaginação linear do epitélio celomático, o sulco paramesonéfrico, na face lateral da crista mesonéfrica, próximo à sua extremidade cranial. A extremidade caudal em fundo cego continua a crescer caudalmente em meio à substância da crista como um cordão sólido de células, o qual se torna canalizado à medida que se alonga. Por toda a extensão do mesonefro, ele se localiza lateralmente ao ducto mesonéfrico, o qual atua como um guia para ele. O ducto paramesonéfrico atinge a extremidade caudal do mesonefro na oitava semana. Ele se volta medialmente e cruza ventralmente ao ducto mesonéfrico para entrar no cordão genital, onde ele se dobra caudalmente, em íntima justaposição a seu par a partir do lado oposto (Fig. 78.13). Os dois ductos atingem a parede dorsal do seio urogenital durante o terceiro mês, e suas extremidades cegas produzem uma elevação chamada de tubérculo sinusal ou tubérculo de Müller (Figs. 78.7F, 78.19).

Ao final do estágio indiferenciado, cada ducto paramesonéfrico consiste em partes cranial e caudal verticais e uma região intermediária horizontal. Os ductos mesonéfricos seguem caudalmente, medialmente aos ductos paramesonéfricos, e ambos os sistemas de ductos se abrem no seio urogenital. Os ductos genitais possuem uma serosa externa em algumas superfícies derivadas do epitélio celomático, uma túnica muscular de músculo liso derivada do mesênquima subjacente, e uma mucosa interna derivada do ducto mesonéfrico ou do tubo invaginado do epitélio celomático que forma o ducto paramesonéfrico. As camadas são invadidas pelo mesênquima angiogênico e por nervos.

Útero e tubas uterinas

Na mulher, os ductos mesonéfricos são vestigiais. Cranialmente, eles se tornam os ductos longitudinais dos epoóforos, enquanto caudalmente eles são referidos como ductos de Gartner (Tab. 78.1). A parte cranial dos

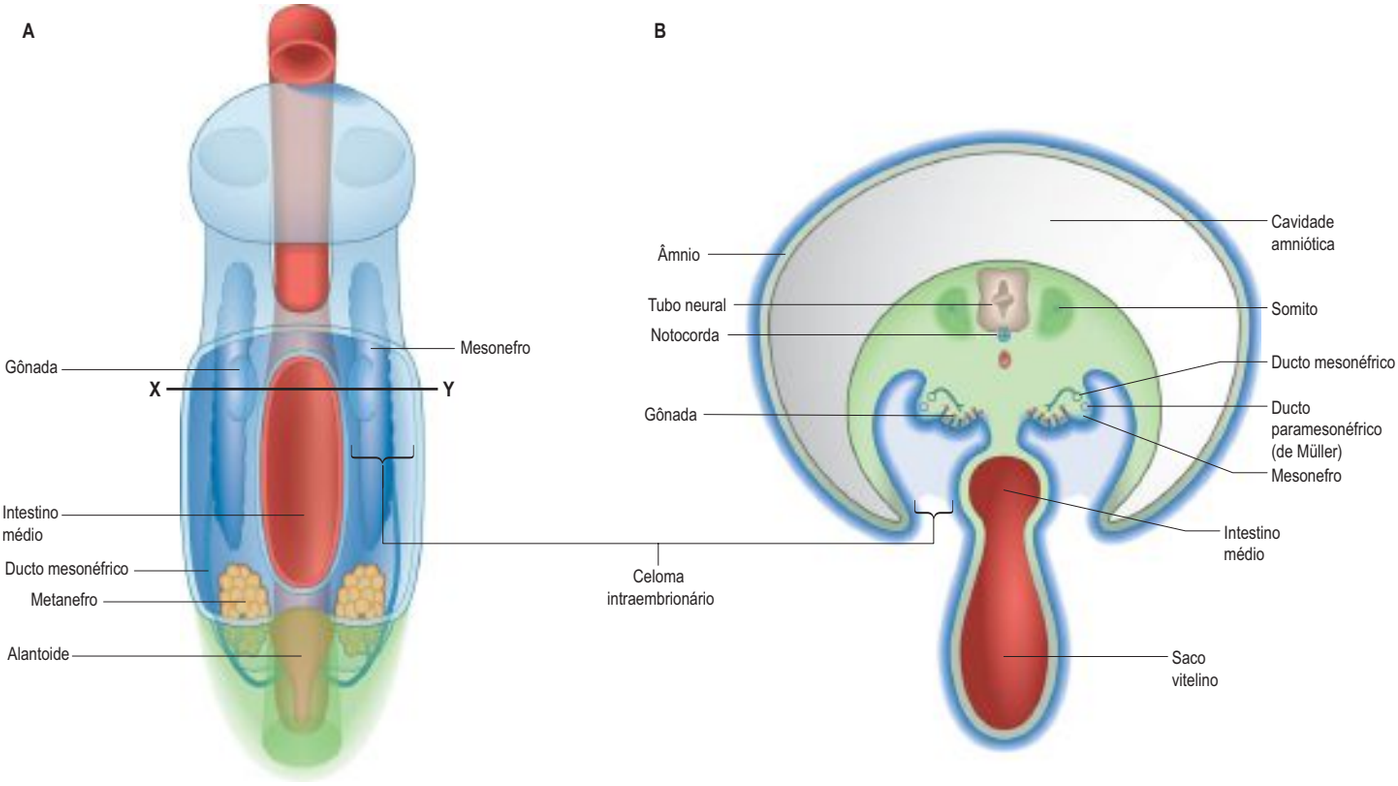


Fig. 78.12 A, Posição das gônadas sobre a parede abdominal posterior, anteromedialmente aos mesonefros. **B,** Corte transversal da figura **A**, através da linha X-Y.

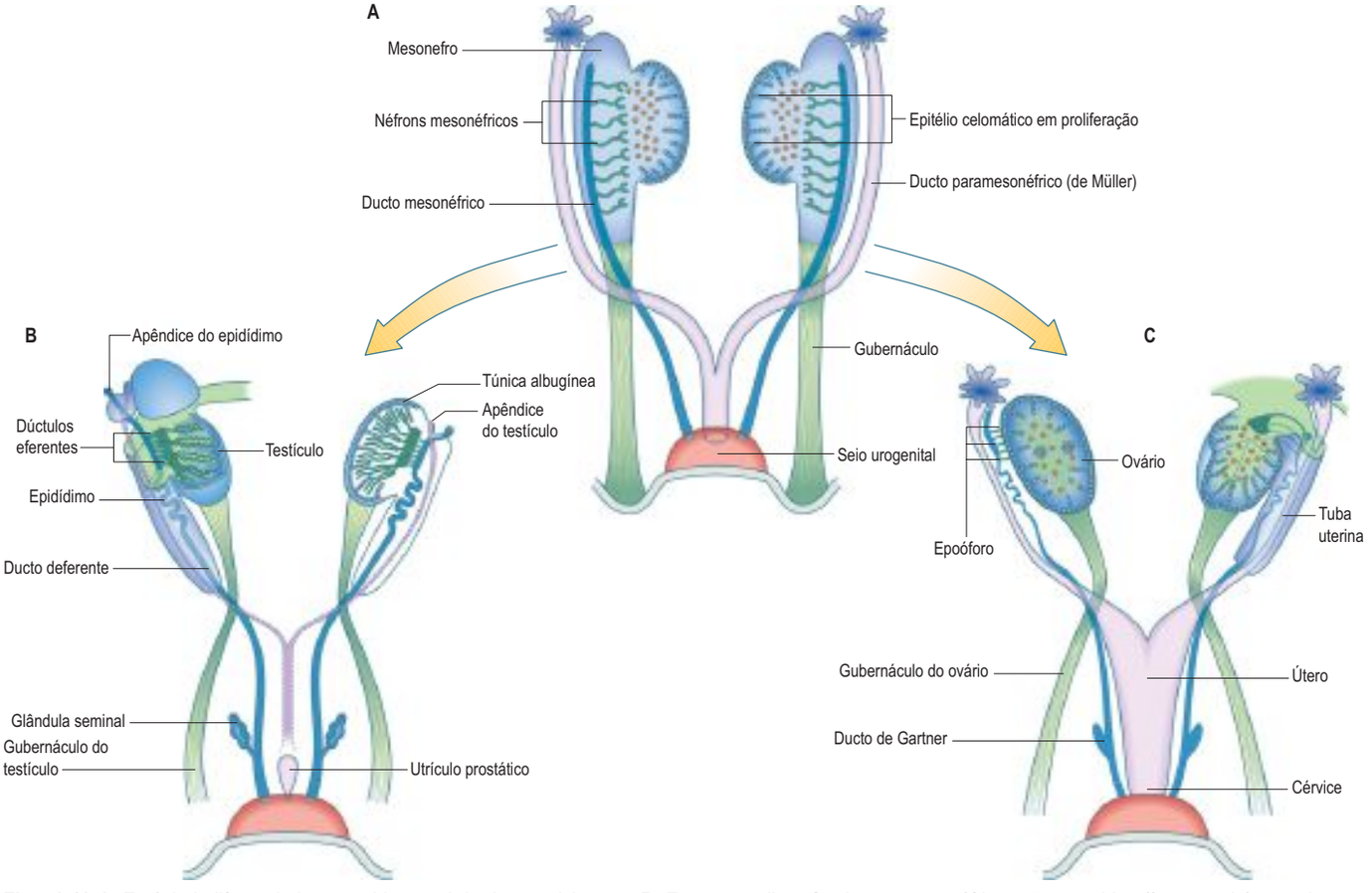


Fig. 78.13 A, Estágio indiferenciado ou ambissexual do desenvolvimento. **B,** Feto masculino. Os ductos mesonéfricos são mantidos (à esquerda) e os ductos paramesonéfricos involuem (à direita). **C,** Feto feminino. Os ductos paramesonéfricos (ou de Müller) são mantidos (à direita) e os ductos mesonéfricos involuem (à esquerda).

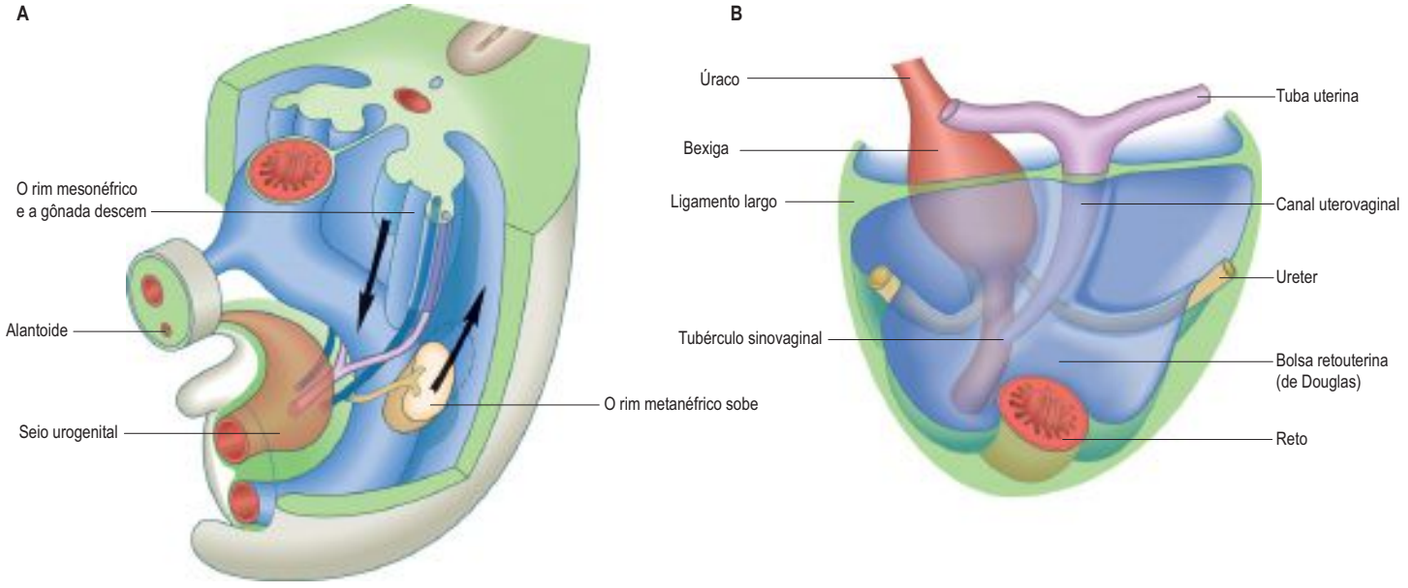


Fig. 78.14 Movimentos relativos das gônadas e tubos associados. **A,** As gônadas e os mesonefros se movem caudalmente, e os metanefros sobem. **B,** Vista posterior dos ductos mesonéfricos (ureteres primários) e dos ductos paramesonéfricos fundidos (canal uterovaginal) na mulher. Para um desenvolvimento mais precoce, veja a Figura 78.3. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2 Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

Tabela 78.1 Homologias das partes do sistema urogenital no homem e na mulher.

Gônada	Testículo	Ovário
Cordão gubernacular	Gubernáculo do testículo	Ligamentos ovariano e redondo
Mesonefro (corpo de Wolff)	Apêndice do epidídimo (?) Túbulos eferentes Lóbulos do epidídimo Paradídimo Dúctulos aberrantes	Apêndices vesiculosos (?) Epoóforo Paraoóforo
Ducto mesonéfrico (ducto de Wolff)	Ducto do epidídimo Ducto deferente Ducto ejaculador Parte da bexiga e da uretra prostática	Ducto do epoóforo (ducto de Gartner) Parte da bexiga e uretra
Ducto paramesonéfrico (ducto de Müller)	Apêndice do testículo Utrículo prostático	Tuba uterina Útero Vagina (?)
Ducto do alantoide	Úraco	Úraco
Cloaca:		
Parte dorsal	Reto e parte superior do canal anal	Reto e parte superior do canal anal
Parte ventral	Maior parte da bexiga Parte da uretra prostática	Maior parte da bexiga e da uretra
Seio urogenital	Uretra prostática distal ao utrículo Glândulas bulbouretrais Restante da uretra até a glande	Glândulas vestibulares maiores Vestíbulo
Pregas genitais	Parte ventral do pênis	Lábios menores
Tubérculo genital	Pênis Uretra da glande	Clitóris

ductos paramesonéfricos forma as tubas uterinas, e a invaginação celomática original permanece como a abertura pélvica da tuba. As fímbrias se tornam definidas à medida que a extremidade cranial do mesonefro degenera. As partes verticais caudais dos dois ductos se fundem uma com a outra para formar o primórdio uterovaginal (Figs. 78.7, 78.13, 78.14, 78.19). Este dá origem à parte inferior do útero e, à medida que aumenta, ele incorpora as partes horizontais para formar o fundo e a maior parte do corpo do útero adulto. Uma constrição entre o corpo do útero e a cérvice pode ser encontrada a nove semanas. O estroma do endométrio e a musculatura uterina se desenvolvem a partir do mesênquima circunjacente do cordão genital.

A falha na fusão dos dois ductos paramesonéfricos pode levar a uma série de anomalias resumida na Figura 78.15. Essas fusões podem também contribuir para anomalias do desenvolvimento vaginal.

Ao nascimento, o útero tem 2,5-5 cm de comprimento (média de 3,5 cm), 2 cm de largura entre as tubas uterinas e um pouco mais de 1 cm de espessura (Figs. 14.4, 14.5, 78.9). O corpo do útero é menor que a cérvice uterina, a qual forma dois terços ou mais do comprimento. O istmo entre o corpo e a cérvice está ausente. O trato reprodutor feminino fetal é afetado pelos hormônios maternos e sofre algum aumento de tamanho no feto. As glândulas cervicais estão ativas após o nascimento e o canal cervical normalmente encontra-se preenchido com muco. O útero é relativamente grande ao nascimento e subsequentemente involui em torno de um terço de seu comprimento e em mais da metade de seu peso; ele não recupera seu tamanho e peso neonatais até a puberdade. As tubas uterinas são relativamente curtas e largas.

A posição do útero na cavidade pélvica depende até certo ponto do estado da bexiga, localizada anteriormente, e do reto, localizado posteriormente. Se a bexiga contiver apenas uma pequena quantidade de urina, o útero pode estar antevertido, mas ele frequentemente se localiza em uma linha direta com a vagina (Figs. 78.9, 78.19).

Vagina

Ao comprimento cabeça-nádegas de aproximadamente 60 mm, uma proliferação epitelial – o bulbo sinovaginal – origina-se a partir da parede dorsal do seio urogenital na região do tubérculo sinusal (Figs. 78.7F e 78.14B). Sua origem marca o local do futuro hímen. A proliferação gradualmente se estende cranialmente como uma placa sólida achatada anteroposteriormente no interior da condensação tubular do primórdio uterovaginal, a qual finalmente se tornará a parede vaginal fibromuscular. A extremidade epitelial caudal do ducto paramesonéfrico retrocede até que, em torno de 140 mm de comprimento cabeça-nádegas, sua junção com a proliferação epitelial se encontre no canal cervical.

A partir de sua extremidade caudal e ao se estender gradualmente em direção cranial ao longo de toda a sua extensão, a placa sólida formada pela proliferação sinusal aumenta para formar uma estrutura cilíndrica. Após isso, as células centrais se descamam para estabelecer o lúmen vaginal. O grau ao qual os ductos mesonéfricos e paramesonéfricos contribuem diretamente para a formação da vagina é controverso. À medida que a extremidade superior da placa vaginal aumenta, ele cresce até envolver a cérvice e em seguida é escavada para produzir os fórnices vaginais. Anomalias da fusão dos ductos paramesonéfricos podem produzir anomalias vaginais correlacionadas (Fig. 78.15). O seio urogenital sofre um relativo encurtamento em direção craniocaudal para formar o vestíbulo, o qual se abre na superfície através da fenda entre as pregas genitais. A extremidade inferior da placa vaginal cresce caudalmente, de modo que em embriões de 109 mm, o primórdio vaginal se aproxime do vestíbulo. Em fetos de 162 mm, o lúmen vaginal está terminado, exceto na extremidade cefálica, onde os fórnices ainda estão sólidos; eles se tornam vazados por volta dos 170 mm de comprimento do feto. Em aproximadamente a meio caminho da gestação (180 mm), o canal genital estabelece continuidade com o meio externo. Durante os meses tardios da vida fetal, o epitélio vaginal se encontra grandemente hipertrofiado, aparentemente sob influência dos hormô-

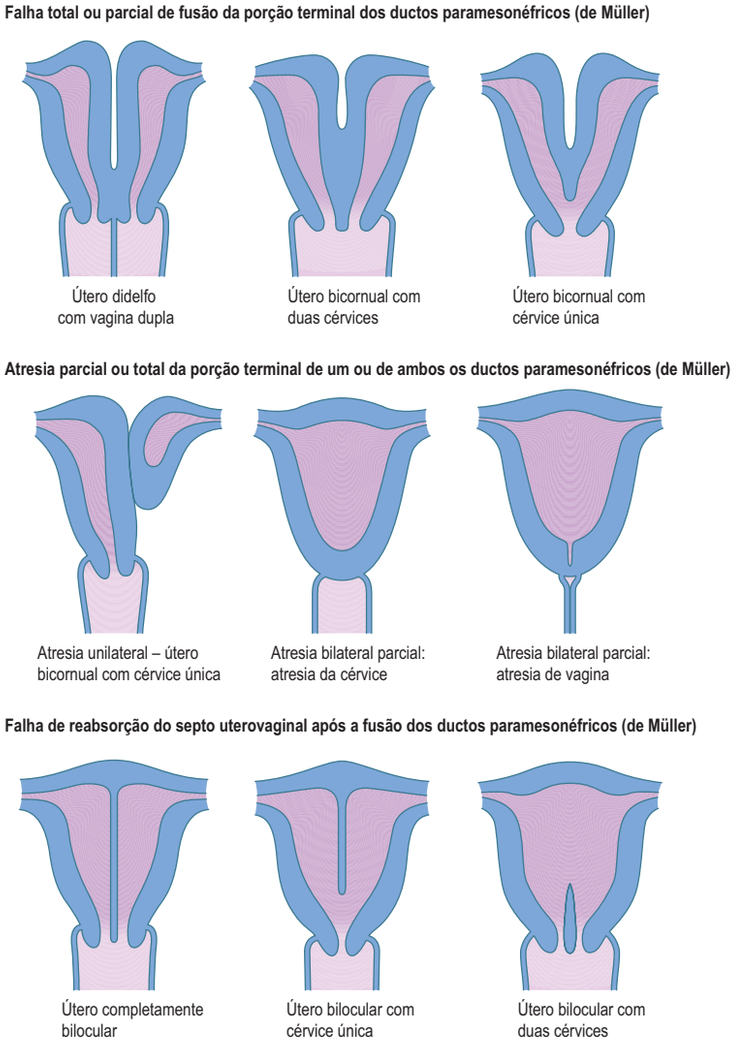


Fig. 78.15 Malformações uterovaginais. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2 Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

nios maternos: porém, após o nascimento ele assume a forma inativa da infância.

No recém-nascido, a vagina tem 2,5-3,5 cm de comprimento e 1,5 cm de largura nos fórnices, e a cérvice uterina se estende para a vagina por cerca de 1 cm. A parede vaginal posterior é mais longa que a parede anterior, o que dá à vagina uma curva distinta (Figs. 14.5, 78.9, 78.19). A cavidade é preenchida com colunas longitudinais cobertas com uma espessa camada de um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado. Essas células descamam após o nascimento, quando o efeito dos hormônios maternos é removido.

O orifício da vagina é circundado por um espesso anel elíptico de tecido conjuntivo, o hímen (Fig. 78.9). Durante a infância, o hímen se torna uma prega membranosa ao longo da margem posterior do lúmen vaginal. Caso a prega forme um diafragma completo através do lúmen vaginal, ela é denominada membrana himenal imperfurada.

Ductos genitais no homem

No homem, a maior parte dos ductos paramesonéfricos atrofia (Fig. 78.13) sob a influência do hormônio anti-Mülleriano (HAM), o qual é liberado no ducto mesonéfrico pelas células de Sertoli dos testículos. Estruturas vestigiais são, portanto, mais prováveis de persistir cranial e/ou caudalmente nos limites dos efeitos endócrinos locais do HAM. Um vestígio da extremidade cranial do ducto persiste como o apêndice do testículo (Figs. 78.13, 78.19 e Tab. 78.1). As extremidades caudais fundidas dos dois ductos paramesonéfricos estão conectadas à parede do seio urogenital através de um sólido corão utricular de células, o qual logo se funde com uma proliferação do epitélio sinusal, o cordão sinoutricular. Este último é similar à proliferação sinusal na mulher, porém menos extensa. O epitélio em proliferação é considerado uma mistura de endoderma do seio urogenital com os epitélios de revestimento dos ductos mesonéfricos e paramesonéfricos, os quais se estenderam por sobre a superfície do tubérculo sinusal. À medida que o cordão sinoutricular cresce, o cordão utricular retrocede do tubérculo. Na segunda metade da vida fetal, o cordão composto adquire um lúmen e se torna dilatado para formar o utrículo prostático, cujo revestimento consiste em um epitélio estratificado pavimentoso hiperplásico (Figs. 78.13, 78.19). O tubérculo sinusal se torna o colículo seminal.

Os principais ductos genitais no homem são derivados dos ductos mesonéfricos; estes últimos persistem sob a ação de andrógenos que são provavelmente secretados ao longo dos próprios ductos e se tornam incluídos no sistema genital masculino à medida que o rim metanéfrico se desenvolve. Os ductos mesonéfricos dão origem aos ductos dos epidídimos, aos canais deferentes e aos ductos ejaculadores. A glândula seminal (vesícula seminal) e a ampola do ducto deferente aparecem como uma dilatação comum ao final do ducto mesonéfrico durante o final do terceiro mês e o início do quarto mês. Seu aparecimento coincide com a degeneração dos ductos paramesonéfricos, embora nenhuma relação causal entre os dois eventos tenha sido estabelecida. A separação em dois primórdios ocorre em torno do embrião com comprimento cabeça-nádegas de 125 mm. A glândula seminal se alonga, seu ducto é delineado e divertículos ocos brotam a partir de sua parede. Por volta do sexto mês (comprimento cabeça-nádegas de 300 mm), a taxa de crescimento tanto da glândula seminal como da ampola é grandemente incrementada. A Figura 78.10 mostra a posição da ampola do ducto deferente no recém-nascido, possivelmente em resposta à secreção aumentada de prolactina pela hipófise fetal ou materna, ou aos efeitos dos hormônios placentários. As porções secretoras da próstata apresentam um aumento similar da taxa de crescimento neste momento.

Células germinativas primordiais

As células germinativas primordiais são formadas muito precocemente a partir do epiblasto (Fig. 10.3). Elas são maiores (12 a 20 µm de diâmetro) do que a maioria das células somáticas e são caracterizadas por núcleos vesiculosos com envoltórios nucleares bem definidos e por uma tendência em reter inclusões vitelinas por muito tempo após estas terem desaparecido das células somáticas. Ainda não está claro se as células germinativas primordiais são derivadas a partir de blastômeros particulares durante a clivagem, se elas constituem uma linhagem clonal a partir de um único blastômero ou se elas são o produto de uma progressiva concentração do núcleo do ovo fertilizado por uma separação desigual em sucessivas mitoses. As células germinativas primordiais passam os estágios iniciais de desenvolvimento em meio aos tecidos extraembrionários próximo ao final da linha primitiva e no pedículo de conexão (Fig. 10.4). Nesta situação, elas se encontram distantes das influências indutivas às quais a maioria das células somáticas está sujeita durante o desenvolvimento inicial.

As células germinativas primordiais podem ser identificadas em embriões humanos no estágio 11, quando o número de células é provavelmente não mais do que 20-30. Quando a prega caudal se forma, elas aparecem em meio ao endoderma e ao mesênquima da esplancnopleura, no epitélio do intestino posterior, além da região adjacente à parede do saco vitelino. Elas migram dorsocranialmente no mesentério, através de movimentos ameboides e por deslocamento de crescimento, e seguem ao redor dos ângulos dorsais do celoma (baías celomáticas mediais) para atingir as cristas genitais a partir do estágio 15 (Fig. 78.16). Acredita-se que as cristas genitais exerçam efeitos de longo alcance sobre as células germinativas primordiais em migração, em termos de controlar sua direção de migração e de suportar a população de células germinativas primordiais.

As células germinativas primordiais proliferam durante e após a migração para as cristas gonadais. As células que não completam essa migração degeneram. Após a segregação, quando são frequentemente denominadas gonócitos, elas se dividem para formar gonócitos secundários.

Desenvolvimento das gônadas

Os fatores que levam à formação do testículo ou do ovário estão descritos a seguir e na Figura 78.16. Os eventos morfológicos que ocorrem em cada tipo de desenvolvimento gonadal estão descritos primeiramente.

Testículo

A maioria dos estudos sustenta a hipótese de que os túbulos seminíferos são formados a partir de cordões de células epiteliais derivadas do epitélio celomático em proliferação (Figs. 78.13 e 78.16). Os cordões se alongam, parcialmente por causa da adição derivada do epitélio celomático, e invadem a medula, onde eles se unem a uma rede de células derivada do mesênquima mesonéfrico destinada a se tornar a rede testicular. As células germinativas primordiais são incorporadas aos cordões, os quais mais tarde se tornam aumentados e canalizados para formar os túbulos seminíferos. As células derivadas da superfície da gônada primitiva formam as células de sustentação de Sertoli. Estas últimas proliferam durante todo o desenvolvimento e talvez pela infância; quando param de se dividir, elas amadurecem e não podem ser reativadas. Cada célula de Sertoli pode sustentar apenas um número fixo de células germinativas durante seu desenvolvi-

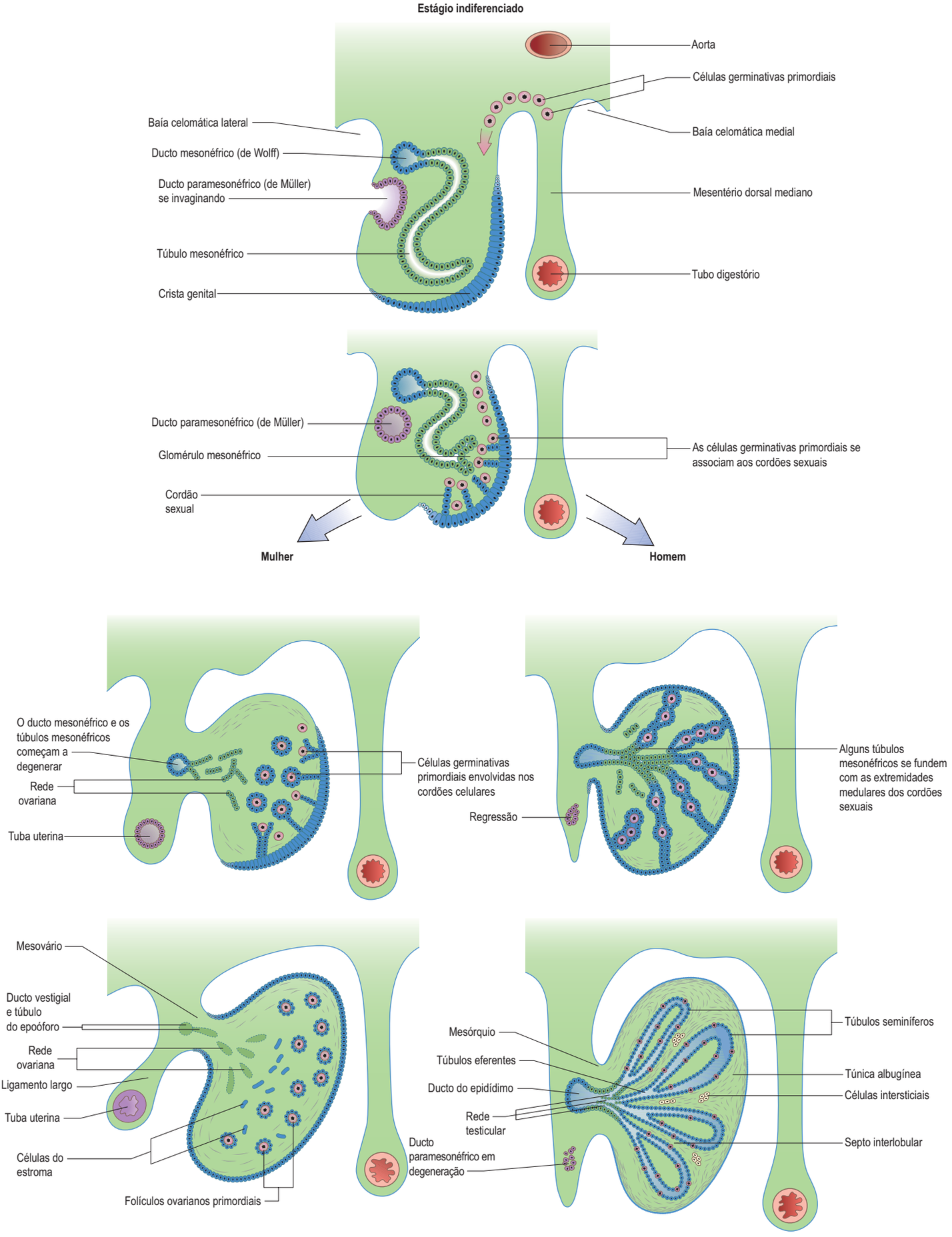


Fig. 78.16 Desenvolvimento das gônadas e dos ductos associados conforme visto em corte transversal para mostrar o destino das células germinativas primordiais, dos ductos e túbulos mesonéfricos e dos ductos paramesonéfricos em ambos os sexos. (Modificado com permissão a partir de Williams P L, Wendell-Smith C P, Treadgold S 1969. Basic Human Embriology, 2nd edn. Philadelphia: Lippincott.)

mento a espermatozoides; isto é, o número de células de Sertoli produzidas neste momento determina o limite máximo de liberação de espermatozoides. Como as células germinativas formam a maior parte do testículo adulto, o número de células de Sertoli é um determinante principal do tamanho ao qual os testículos crescerão (fatores que impedem o processo de espermatogênese, e que resultam na perda de células germinativas, também afetarão o tamanho testicular). Uma variação no número de células de Sertoli é provavelmente o fator mais importante em contabilizar a enorme variação nas contagens de espermatozoides entre homens individuais, se férteis ou inférteis. De fato, os dados disponíveis para homens adultos indicam que os números de células de Sertoli variam ao longo de uma faixa de cinquenta vezes. Embora algumas dessas variações possam resultar do desgaste do número de células de Sertoli em virtude do envelhecimento, as principais diferenças nos números de células de Sertoli terão sido determinadas por eventos na vida fetal e/ou na infância.

As células intersticiais do testículo são derivadas do mesênquima e possivelmente também de células do epitélio celomático que não se tornaram incorporadas aos túbulos. Entre outras linhagens celulares, elas formam as células embrionárias e fetais de Leydig, as quais secretam a testosterona e o fator semelhante à insulina 3 (Insl3). Uma migração mais tardia de mesênquima abaixo do epitélio celomático forma a túnica albugínea do testículo.

Os cordões da rede testicular se tornam conectados às cápsulas glomerulares na parte persistente do mesonefro. Definitivamente, elas se tornam conectadas ao ducto mesonéfrico pelos cinco a 12 túbulos mesonéfricos que persistem mais cranialmente. Estes se tornam intensamente contorcidos e formam os lóbulos da cabeça do epidídimo. O ducto mesonéfrico, que era o "ureter" primitivo do mesonefro, torna-se o canal do epidídimo e o ducto deferente associados ao testículo. Os túbulos seminíferos não adquirem lumens até o sétimo mês; os túbulos da rede testicular se tornam canalizados um pouco mais cedo.

Desordens do desenvolvimento do testículo e do trato reprodutor no feto masculino parecem estar aumentando em incidência. A não descida testicular (criptorquidismo) e as hipospadias parecem ter dobrado ou triplicado em incidência nos últimos 30-50 anos, enquanto o câncer testicular tem aumentado em uma margem até maior, e é agora o câncer mais comum de homens jovens. Embora o câncer testicular seja principalmente uma doença de homens jovens (95% dos casos afetam homens dos 15 aos 45 anos), agora está estabelecido que essa incidência etária reflete a ativação de células pré-malignas de *carcinomas in situ* (CIS), as quais estão presentes ao nascimento e que quase certamente se originam durante a vida fetal. Tem sido sugerido que as células CIS sejam células germinativas primordiais que tenham falhado em se desenvolver normalmente. Anormalidades do desenvolvimento do testículo e do trato reprodutor (p. ex., disgenesia gonadal, criptorquidismo, testículos pequenos) são importantes fatores de risco para o desenvolvimento de câncer testicular. Entretanto, a alteração mais dramática que parece ocorrer em um passado relativamente recente é uma queda nas contagens de espermatozoides ao redor de 40-50% (1% ao ano durante os últimos 50 anos). Embora essa dramática diminuição seja obviamente manifestada apenas na vida adulta, como é o caso do câncer testicular, considera-se que isto possa refletir o desenvolvimento testicular prejudicado durante a vida fetal ou na infância.

Ovário

O ovário se assemelha bastante ao testículo no início do desenvolvimento, exceto pelo fato de que seus aspectos caracteristicamente femininos sejam mais lentos para se diferenciar (Figs. 78.13 e 78.16). Poucos, se alguns, dos cordões epiteliais invadem a medula. A maioria permanece no córtex, onde eles podem se unir a uma segunda leva de proliferação a partir do epitélio celomático disposto sobre a gônada. Em cortes histológicos de ovários a partir do terceiro mês e meses subsequentes, os cordões epiteliais aparecem como agregados de células, as quais podem conter células germinativas primitivas, separados por delicados septos de mesênquima indiferenciado. Uma rede ovariana se condensa no mesênquima medular e alguns de seus cordões podem se unir a glomérulos mesonéfricos. Subsequentemente, a medula regride e tecido conjuntivo e vasos sanguíneos derivados desta região invadem o córtex para formar o estroma ovariano. Durante essa invasão, os aglomerados de células epiteliais corticais se rompem em grupos individuais de células de sustentação (agora identificadas como células foliculares), as quais circundam as células germinativas primordiais (agora identificadas como ovócitos primários) que entraram na prófase da primeira divisão meiótica. Os ovócitos primários são derivados de uma divisão mitótica das células germinativas primordiais (ovogônias desnudas). Suas cápsulas epiteliais consistem em células foliculares achatadas derivadas de proliferações do epitélio celomático. O ovário agora tem seu conjunto completo de ovócitos primários. A maioria sofre atresia, um processo apoptótico hormonalmente controlado, mas o restante reinicia o desenvolvimento após a puberdade, quando eles completam a primeira divisão meiótica um pouco antes da ovulação (pág. 1296). As células foliculares, neste momento, aumentam e se multiplicam para formar a camada granulosa; à medida que o fazem, elas se tornam circundadas por células das tecas foliculares, as quais se diferenciam a partir do estroma.

Apenas a parte média da crista gonadal produz o ovário. Sua parte cranial é estéril e se torna o ligamento suspensor do ovário (prega infundibulopélvica do peritônio). Sua região caudal, também estéril, é incorporada ao ligamento ovariano.

Determinação do sexo no embrião

Acreditava-se que as gônadas permaneciam indiferenciadas ou ambissexuais até a chegada das células germinativas primordiais na crista gonadal, em cujo ponto o sexo do embrião era "ligado" pela presença de células germinativas masculinas ou femininas. Atualmente, parece que as células germinativas podem ser essencialmente irrelevantes à determinação do testículo; embriões nos quais as cristas genitais sejam desprovidas de células germinativas ainda podem ter um desenvolvimento testicular normal sob o ponto de vista morfológico. Não está claro se as células germinativas são necessárias para a determinação ovariana. Elas são necessárias para a organização propriamente dita e para a diferenciação do ovário, e sua ausência resulta no desenvolvimento de "gônadas em fita", onde apenas linhas de células foliculares podem ser vistas, como na síndrome de Turner.

Os processos de determinação do sexo e diferenciação envolvem vias interagentes de atividade gênica, as quais levam à padronização total do embrião como masculino ou feminino.

No modelo atual e geralmente aceito de determinação sexual em seres humanos, a via feminina é considerada como a via padrão. De acordo com este modelo, o cromossoma Y de um embrião masculino desvia o desenvolvimento para a via testicular, e as modificações resultantes que convertem uma gônada indiferenciada a um testículo produzem uma gama de hormônios locais de atuação ampla, os quais coletivamente geram todas as características sexuais secundárias.

A posse de um cromossoma Y está normalmente associada a uma via de desenvolvimento masculino. O mapeamento da deleção do cromossoma Y em uma classe de homens XX que se origina de um intercâmbio X:Y anormal na meiose mostrou que a região determinante masculina do cromossoma era uma sequência conservada localizada próxima à sua extremidade, denominada fator determinante testicular (FDT). Essa sequência contém um gene que é considerado por alguns a "chave-mestra" que programa a direção do desenvolvimento sexual, o chamado gene SRY (região determinante do sexo no cromossoma Y). Acredita-se que ele seja genética e funcionalmente equivalente ao FDT. O gene SRY atua inicialmente nos cordões epiteliais de células derivadas do epitélio celomático da gônada ambissexual. Essas células podem potencialmente se diferenciar em células de Sertoli ou em células foliculares (as células de suporte para as células germinativas no testículo e no ovário, respectivamente). Estudos indicam que o SRY inicia a formação do testículo a partir da gônada indiferenciada por direcionar o desenvolvimento de precursores das células de sustentação como células de Sertoli, em vez de células foliculares (Albrecht & Eicher, 2001). A expressão gênica é primeiramente vista em células designadas como células pré-Sertoli, localizadas centralmente na gônada em desenvolvimento, e em seguida nos polos cranial e caudal. Uma vez que a via de desenvolvimento de células de Sertoli seja direcionada, esta influencia a diferenciação dos outros tipos celulares na via testicular, de modo que as células de Leydig apareçam mais tarde e o tecido conjuntivo se torne organizado em um padrão masculino. As células germinativas também são afetadas por este ambiente. Quando chegam, elas se tornam envolvidas pelas células de Sertoli e entram em suspensão da atividade mitótica (a qual é característica da espermatogênese), em vez de entrar em meiose e suspensão meiótica (o que caracteriza a ovogênese). Deste modo, o desenvolvimento das características masculinas segue a expressão do SRY, e as características femininas se desenvolvem em sua ausência.

A posse de um cromossoma Y que expressa o SRY pode, consequentemente, ser o fundamento para a mudança em direção ao desenvolvimento de um fenótipo masculino através da iniciação da diferenciação das células de Sertoli. Uma visão alternativa é de que a presença do SRY acelere de maneira geral o desenvolvimento das gônadas em embriões XY, de modo que os testículos sejam maiores e mais avançados que os ovários da mesma idade. Fetos humanos masculinos são geralmente maiores do que fetos femininos a partir de 12 semanas de gestação; de fato, fetos masculinos já se encontram ligeiramente à frente de fetos femininos às seis semanas de gestação, um pouco antes da diferenciação testicular. Tem sido sugerido que essa diferença no índice de crescimento seja codificada nos cromossomas sexuais. Uma vez o desenvolvimento gonadal tenha começado, a diferença no tamanho entre os testículos e os ovários se torna proporcionalmente muito maior do que a diferença de tamanho global entre fetos XX e XY. (De forma interessante, a gônada direita se desenvolve ligeiramente à frente da esquerda, uma observação que pode estar correlacionada ao achado de que testículos estejam localizados mais frequentemente do lado direito, e ovários do lado esquerdo, em hermafroditas.)

O desenvolvimento subsequente do fenótipo masculino requer a secreção fetal tanto de testosterona como de hormônio anti-Mülleriano (HAM)

(também chamado de substância inibidora dos ductos de Müller, SIM) e o desenvolvimento da apropriada proteína citoplasmática de ligação à testosterona. As células de Sertoli sintetizam o HAM, o que causa a regressão dos ductos de Müller; e as células de Leydig produzem a testosterona, a qual promove o desenvolvimento dos ductos mesonéfricos, põe em processo o desenvolvimento da genitália externa masculina e sensibiliza outros tecidos à testosterona. A ausência da proteína de ligação à testosterona na síndrome de insensibilidade total a andrógenos (SITA) resulta em indivíduos XY que têm testículos e ductos de Müller degenerados, mas não podem responder à testosterona circulante produzida por seus testículos; consequentemente, eles desenvolvem características sexuais secundárias femininas.

Embora fetos de ambos os sexos sejam expostos aos hormônios maternos, o desenvolvimento acelerado do testículo em estágios precoces do desenvolvimento assegura a suspensão da meiose das células germinativas e a produção de hormônios que masculinizam o embrião masculino antes do desenvolvimento do trato reprodutor e dos ovários do feto feminino. A gama de condições intersexuais, de sexo fenotípico que não está correlacionado ao genótipo, e o efeito de múltiplos cromossomas X em homens sugerem que a via de desenvolvimento masculino envolve muitos genes determinantes testiculares, enquanto apenas um único cromossoma X determina a via padronizada de desenvolvimento feminino. Uma vez que a diferenciação testicular e a secreção de hormônios masculinos tenham começado, outros genes do cromossoma Y são necessários para manter a espermatogênese e a completa espermiogênese. As consequências do dano à ovogênese por outras anormalidades cromossômicas são muito menos severas do que o dano à espermatogênese.

Descida das gônadas

As gônadas se desenvolvem na parede abdominal posterior bilateralmente, ao longo da porção central dos mesonefros. Esta região recebe um rico suprimento sanguíneo, o qual é direcionado para as gônadas à medida que os mesonefros involuem. Ambas as gônadas descem: os testículos para se disporem fora da cavidade abdominal, e os ovários para a pelve; entretanto, ambos retêm seu suprimento sanguíneo original a partir da aorta dorsal.

Descida dos testículos

O mecanismo da descida testicular não é completamente compreendido, e até certo ponto permanece controverso. Evidências recentes sugerem que ela envolve duas fases, a transabdominal e a inguinoescrotal, que são reguladas por distintos fatores morfológicos e endócrinos.

Fase transabdominal

Cada testículo inicialmente se localiza na parede abdominal dorsal. À medida que ele aumenta de tamanho, sua extremidade cranial degenera e o órgão remanescente consequentemente ocupa uma posição mais caudal. Ele está preso à prega mesonéfrica pelo mesórquio (o mesogenital da gônada indiferenciada), uma prega peritoneal que contém os vasos e nervos testiculares e uma quantidade de mesênquima indiferenciado. Ele também adquire uma fixação secundária à parede abdominal ventral, a qual tem uma considerável influência sobre seus movimentos subsequentes. No ponto em que a prega mesonéfrica se curva medialmente para formar o cordão genital (Fig. 78.3), ela se torna conectada à parte inferior da parede abdominal ventral por uma prega inguinal de peritônio. As células mesenquimais que ocupam a parte central da prega inguinal se condensam como outro cordão, o gubernáculo (Figs. 78.3, 78.13 e 78.17). Este se estende da parede abdominal inguinal, no local do futuro canal inguinal, através da prega inguinal e do mesórquio até o polo caudal do testículo. O futuro canal inguinal é formado ao redor dele pelos músculos em diferenciação da parede abdominal. Ao final do segundo mês, a parte caudal da parede abdominal ventral é horizontal, mas após o retorno do intestino para a cavidade peritoneal, ela cresce em comprimento e se torna progressivamente mais vertical. À medida que a artéria umbilical segue ventralmente da parede dorsal para a parede ventral, ela puxa para cima uma prega peritoneal falciforme que forma o limite medial de uma fossa peritoneal, o saco vaginal ou fossa inguinal lateral, para a qual o testículo se projeta. Esta extremidade inferior da fossa se projeta para baixo, em direção ao canal inguinal, para dentro da face ventrossuperior do gubernáculo, como o processo vaginal (Figs. 78.17, 78.19).

Até cerca de dez semanas, o gubernáculo em embriões masculinos e femininos é o mesmo, mas em seguida a produção do fator de crescimento semelhante à insulina 3 (Insl3) pelas células de Leydig estimula o aumento (conhecido como a "reação de inchaço") do gubernáculo em fetos masculinos. Isto serve para ancorar o testículo fetal próximo ao futuro canal inguinal à medida que a cavidade abdominal aumenta entre 10 e 15 semanas. Por comparação, o gubernáculo em fetos femininos permanece delgado e subsequentemente se desenvolve no ligamento redondo (veja adiante). A fixação cranial da crista urogenital, conhecida como o ligamento suspensor cranial, regride em fetos masculinos sob a ação de andrógenos.

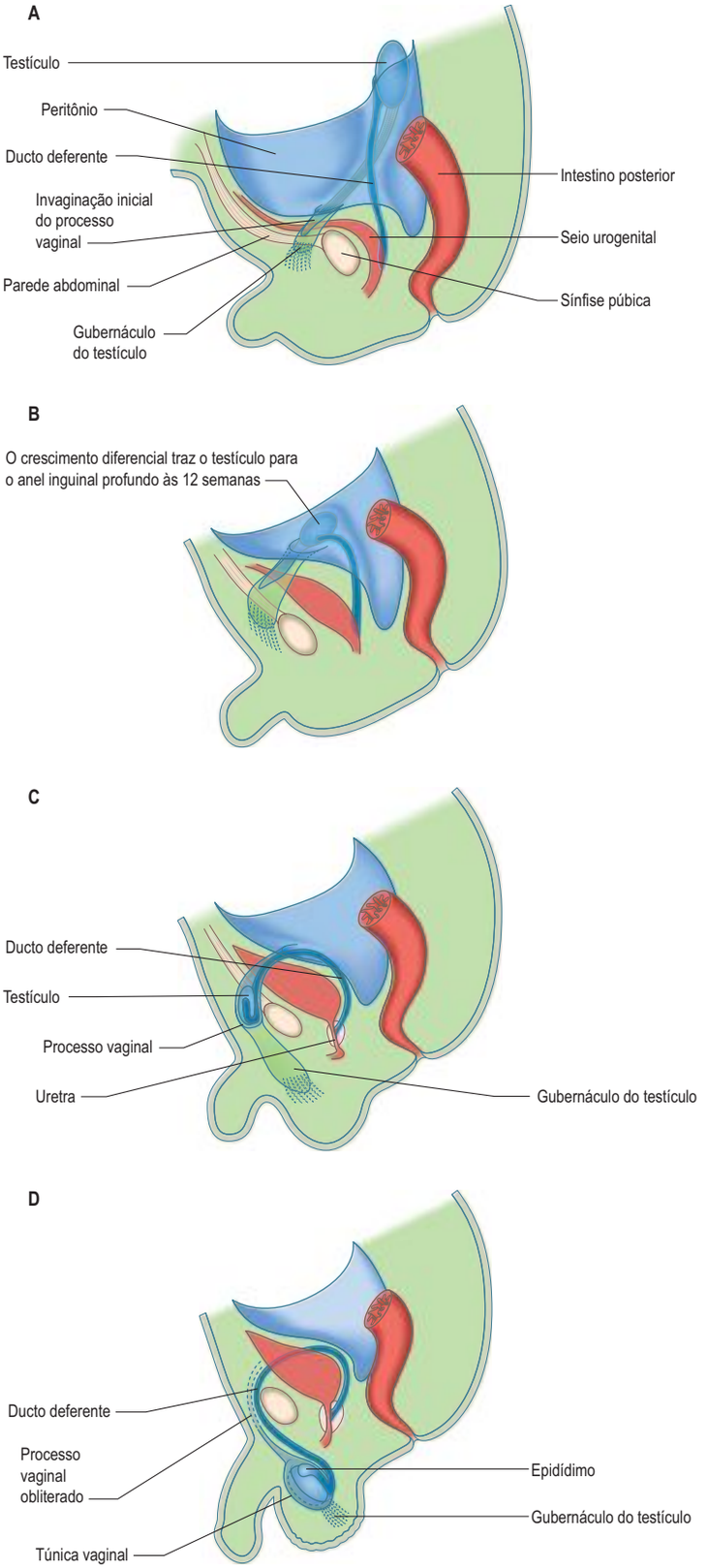


Fig. 78.17 A descida do testículo. O testículo é retroperitoneal durante todo o desenvolvimento, **A**. Ele é mantido em aposição ao anel inguinal profundo a partir do quarto mês e desce para o interior do escroto circundado pelo processo vaginal durante o sétimo mês, após cujo período a parte proximal do processo vaginal se oblitera. As camadas da parte distal do processo vaginal que permanecem ao redor do testículo formam a túnica vaginal, **B-D**. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2, Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

Fase inguinoescrotal

A extremidade caudal do gubernáculo inicialmente permanece embebida na parede abdominal (daí o nome antigo de ligamento genitoinguinal). À medida que o feto cresce, a distância entre o futuro escroto e a região inguinal aumenta. Entre 25 e 35 semanas, o gubernáculo masculino

começa a se projetar para fora dos músculos abdominais e o processo vaginal se alonga em seu interior para criar o canal inguinal. O alongamento da extremidade macia e gelatinosa do gubernáculo, que no estágio inicial é formada principalmente por ácido hialurônico, é controlado por andrógenos. O exato mecanismo que medeia o alongamento em seres humanos é incerto. Em modelos de roedores, existem boas evidências de que os andrógenos causam um dimorfismo sexual nos ramos sensitivos do nervo genitofemoral, o qual supre o gubernáculo, o músculo cremaster que se desenvolve em seu interior e parte do escroto. O ramo genital do nervo libera o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP, *calcitonin gene-related peptide*), que estimula o crescimento da extremidade gubernacular ao longo de um gradiente quimiotático para o escroto.

O testículo permanece em aposição com o anel inguinal profundo, seguro pelo gubernáculo durante o quarto ao sexto meses. Durante a fase inguinoescrotal, o testículo desce, circundado pelo processo vaginal em alongamento, em meio ao gubernáculo em migração. Isto ocorre de modo relativamente rápido em torno do sétimo mês e o testículo esquerdo usualmente desce à frente do direito. Em recém-nascidos masculinos a termo, mais de 95% apresentam testículos descidos, embora em bebês prematuros a descida pode não estar completa. Após a descida, a parte distal do processo vaginal persiste como uma "minúscula cavidade peritoneal satélite" ao redor do testículo como a túnica vaginal, a qual se torna firmemente presa ao escroto circunjacente dentro de poucas semanas. A parte proximal do processo vaginal em seguida se oblitera, e existem evidências de que isto também é controlado indiretamente por andrógenos através do peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP) liberado pelo nervo genitofemoral. Tanto o CGRP exógeno como o fator de crescimento de hepatócitos podem causar a obliteração *in vitro* do processo vaginal em sacos herniários retirados de bebês com hérnia inguinal indireta.

Ao nascimento, o processo vaginal é estreitado e colapsado, mas não necessária e completamente obliterado. Ele permanece patente por duas semanas em quase 70% dos bebês masculinos; porém, em torno de três semanas após o nascimento, ele se encontra pelo menos parcialmente obliterado em 80% dos bebês masculinos; o lado esquerdo se oblitera antes do lado direito.

A patência persistente do processo vaginal leva a uma hérnia inguinal indireta (amplamente patente e que permite o prolapso do intestino) ou a uma hidrocele (patência estreita que permite apenas que líquido intraperitoneal escorra para dentro da túnica vaginal). Durante a obliteração, pode haver um escorrimento de líquido apenas em parte do processo vaginal para produzir uma hidrocele encistada do cordão espermático. Isto é um estado relativamente comum, porém transitório, e que usualmente se resolve completamente dentro de poucas semanas pela obliteração subsequente. Em virtude da exposição perinatal a andrógenos, o cordão espermático e o escroto são relativamente grandes no recém-nascido, assim como as glândulas seminais e as ampolas dos canais deferentes adjacentes.

Em uma descida testicular aberrante, o testículo pode permanecer no abdome, embora isto seja considerado incomum porque os aspectos hormonais e morfológicos da fase transabdominal são relativamente simples. Em contraste, a regulação endócrina indireta e o complexo processo migratório do gubernáculo durante a fase inguinoescrotal é frequentemente anormal, o que leva o testículo a se posicionar na região púbica ou na região inguinal em 2-5% dos recém-nascidos. Raramente, o testículo pode se localizar no períneo, na parte superior da coxa ou na raiz do pênis. A causa para essas localizações aberrantes é desconhecida, mas é mais provável que seja secundária à migração aberrante do gubernáculo, talvez causada por um nervo genitofemoral mal localizado.

Descida do ovário

Os movimentos relativos do ovário são menos extensos do que os do testículo e não são hormonalmente regulados. Como o testículo, o ovário atinge definitivamente um nível mais baixo do que ocupa nos meses iniciais da vida fetal, mas ele não sai da pelve para entrar no canal inguinal, exceto em certas anomalias. O ovário está conectado à face medial da prega mesonéfrica pelo mesovário (homólogo ao mesórquio) e à parede abdominal ventral pela prega inguinal (Figs. 78.13 e 78.18). Um gubernáculo mesenquimal se desenvolve nesta prega; porém, à medida que atravessa a prega mesonéfrica, ele adquire uma fixação adicional à margem lateral do

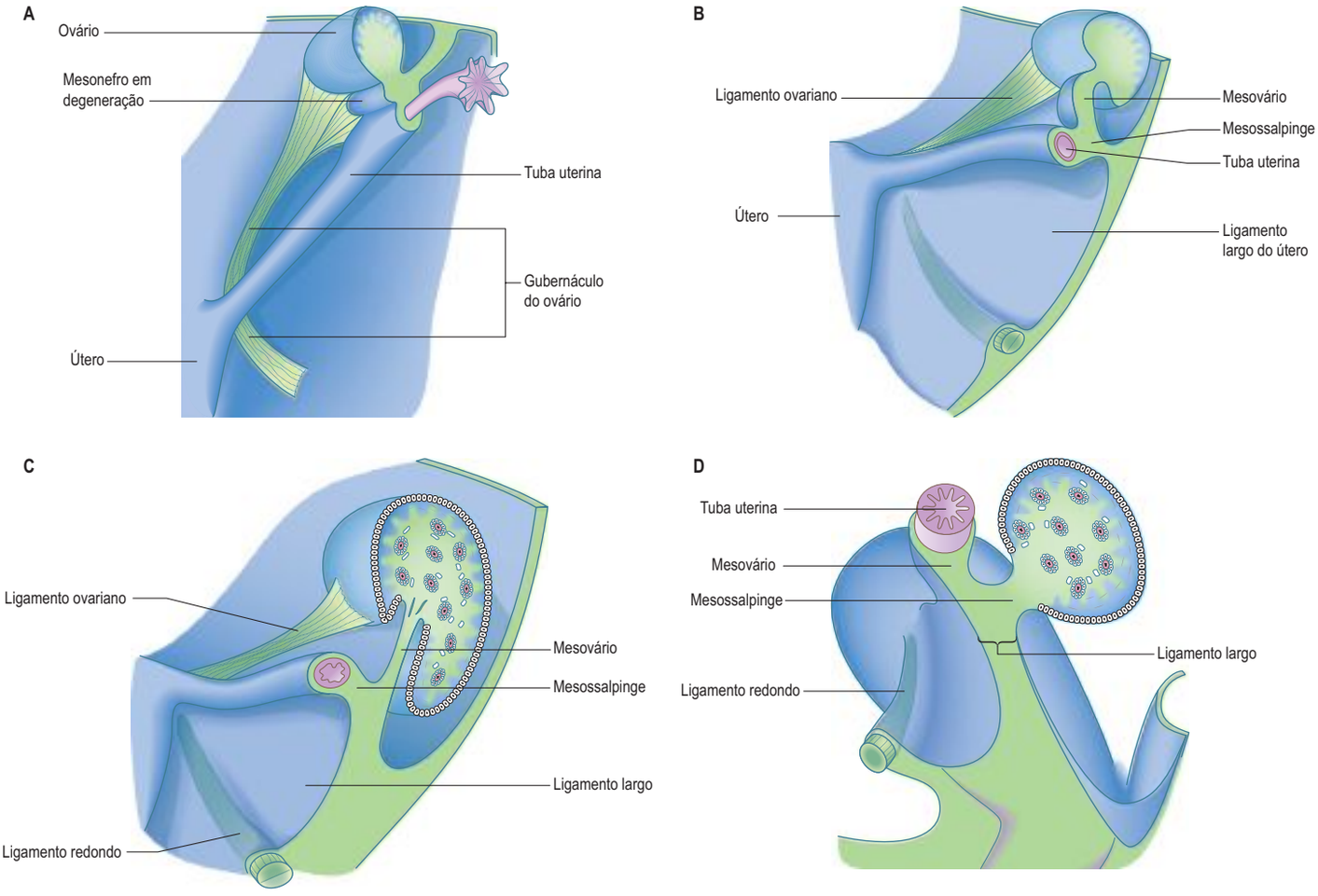


Fig. 78.18 Descida do ovário. **A,** Desenvolvimento inicial do ovário e tuba uterina esquerdo. **B,** Início do movimento posterior do ovário. **C,** Ovário esquerdo na posição posterior definitiva. **D,** Corte sagital dos ligamentos associados ao ovário vistos a partir de uma posição lateral esquerda. (Redesenhado com permissão de Tuchmann-Duplessis H, Haegel P 1972 Illustrated Human Embriology, Vol 2, Organogenesis. London: Chapman and Hall. Com a gentil permissão de Springer Science+Business Media.)

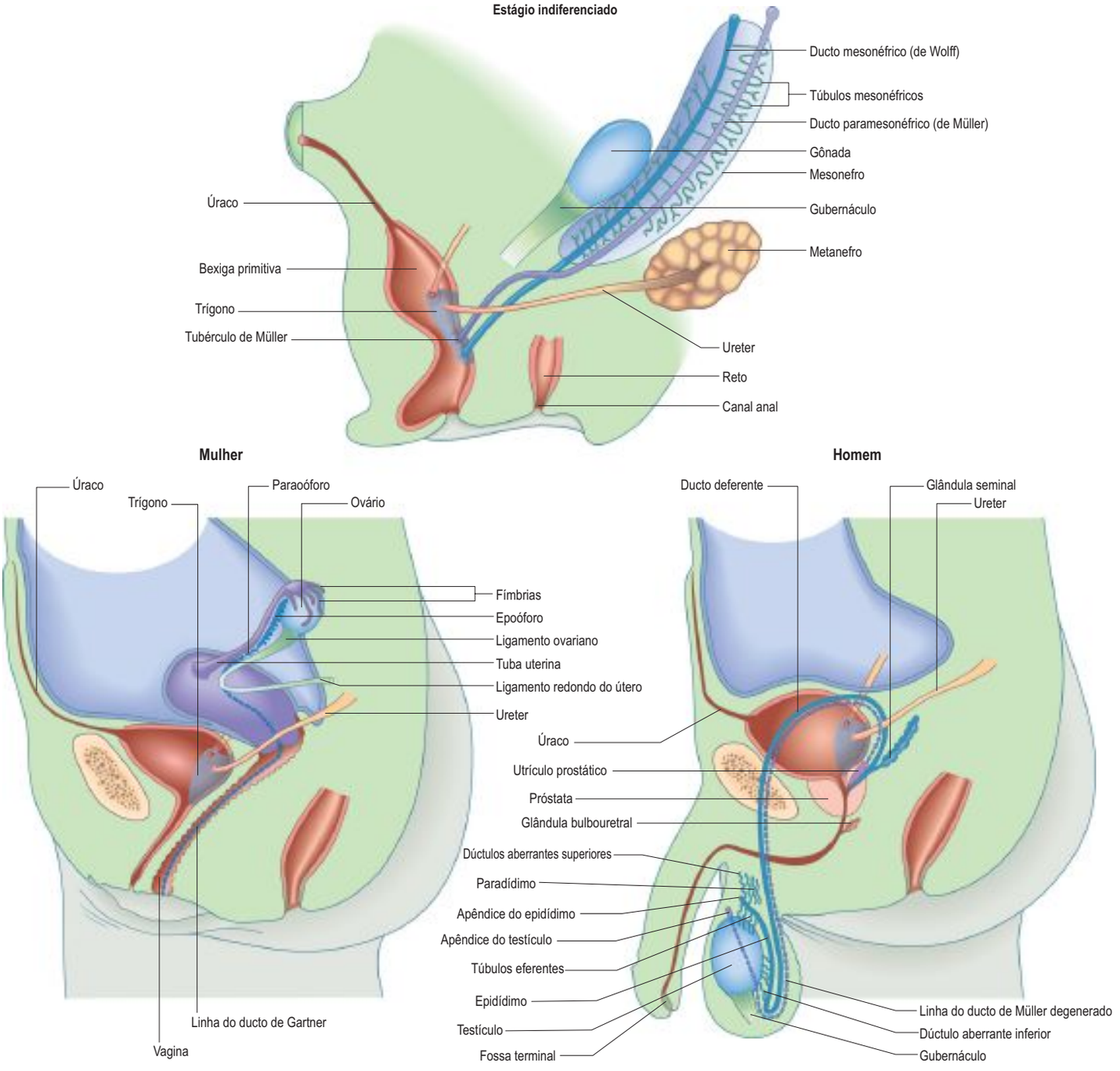


Fig. 78.19 O desenvolvimento do sistema urogenital a partir do estágio indiferenciado até as condições masculina e feminina definitivas (Modificado com permissão de Williams, P L, Wendell-Smith C P, Treadgold S 1969 Basic Human Embriology, 2nd edn. Philadelphia: Lippincott.)

útero próximo à entrada da tuba uterina. Sua parte inferior, caudalmente a esta fixação uterina, torna-se o ligamento redondo do útero, e a parte cranial a este se torna o ligamento ovariano. Coletivamente, essas estruturas são homólogas ao gubernáculo do testículo no feto masculino (Figs. 78.17-78.19). Esta nova fixação uterina pode estar correlacionada à descida ovariana restrita. Primeiramente, o ovário encontra-se preso à face medial da prega mesonéfrica; porém, de acordo com a maneira na qual as duas pregas mesonéfricas formam o cordão genital, ele fica finalmente conectado à camada posterior do ligamento largo do útero (Figs. 78.3, 78.13 e 78.14B). Desse modo, os gubernáculos desenvolvem-se no feto feminino, ao contrário do feto masculino, como faixas ou ligamentos fibrosos bilaterais na ausência de Insl3. Eles não se estendem até os lábios maiores, mas terminam no tecido conjuntivo justamente externo ao anel externo do canal inguinal, pois na ausência de andrógenos não há fase migratória análoga à migração inguinoescrotal no feto masculino. O saco vaginal está presente no feto feminino. Seu prolongamento para o canal inguinal (às vezes chamado de canal de Nuck) é em geral completamente obliterado, mas pode permanecer patente e formar o saco de uma hérnia inguinal potencial indireta.

No recém-nascido, os ovários se localizam na parte inferior das fossas ilíacas. O longo eixo do ovário é quase vertical. Ele se torna temporariamente horizontal durante a descida, mas recupera a vertical quando atinge a fossa ovariana. Os ovários terminam sua descida para as fossas ovarianas no início da infância. Desse modo, ao nascimento, o ovário e a extremidade lateral da tuba uterina correspondente se localizam acima da margem pélvica. Eles não se aprofundam para dentro da pelve menor até que esta última aumente o suficiente para conter ambos os órgãos e as outras vísceras pélvicas, incluindo a bexiga. O peso combinado dos ovários ao nascimento é de 0,3 g, o qual é relativamente grande, e muito maior que o peso combinado dos testículos (Figs. 14.4, 78.9). Os ovários dobram de peso durante as primeiras seis semanas pós-natais. Eles apresentam sulcos na superfície, os quais desaparecem durante os segundo e terceiro meses pós-natais. Todos os ovócitos primários para a vida reprodutiva de uma mulher estão presentes em seus ovários ao final do primeiro trimestre da gestação. Dos 7.000.000 de ovócitos primários estimados como presentes ao quinto mês de gestação, 1.000.000 permanecem ao nascimento, 40.000 em torno da puberdade e apenas 400 são ovulados durante a vida reprodutiva.

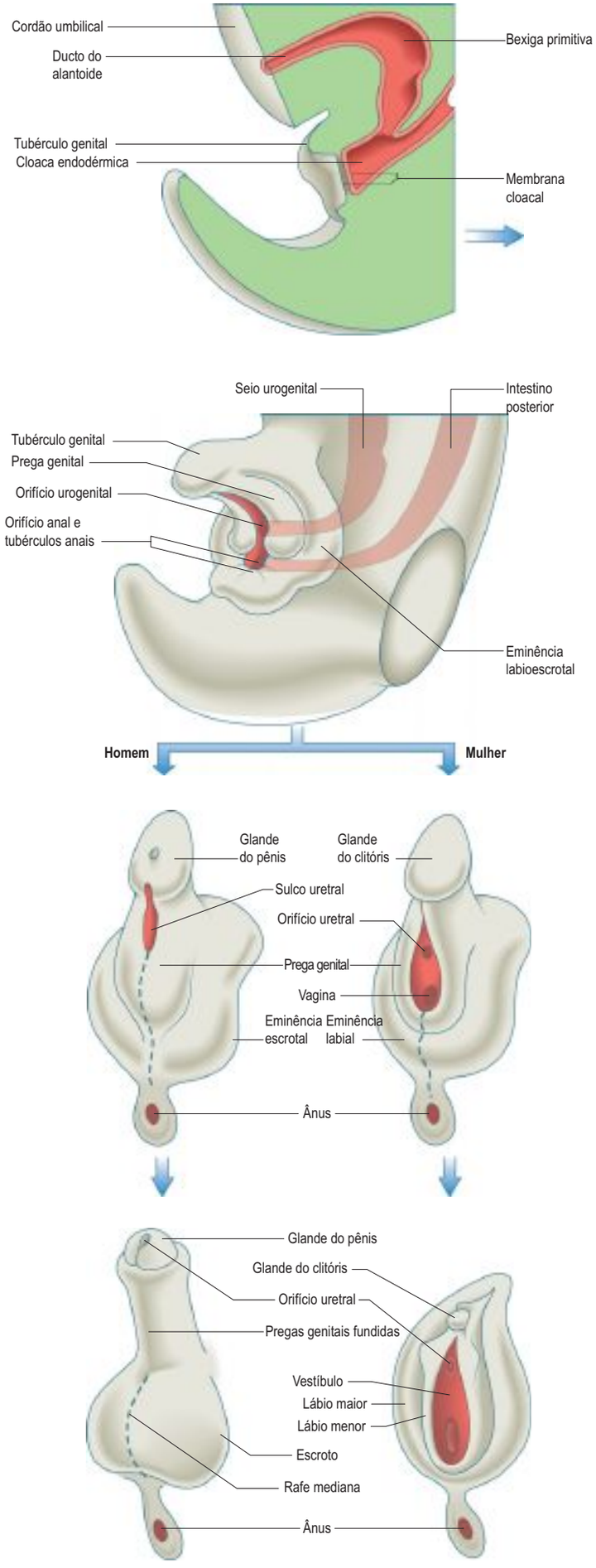


Fig. 78.20 O desenvolvimento da genitália externa a partir do estágio indiferenciado até as condições masculina e feminina definitivas.

Cloaca e genitália externa

A cloaca é aquela região ao final do intestino posterior primitivo que é contínua com o alantoide (Figs. 78.4 e 78.7). O alantoide, um divertículo ventral, segue no interior do pedículo de conexão do embrião primitivo antes do pregueamento caudal e em seguida é direcionado para dentro da cavidade corporal após o estágio 10. Ele retém uma extensão para dentro do pedículo de conexão, e mais tarde para dentro do umbigo, durante toda a vida embrionária. A cloaca é uma cavidade levemente dilatada, revestida pelo endoderma. A princípio, ela está conectada cranialmente ao intestino posterior entérico e ventrocaudalmente está em contato com o ectoderma suprajacente na membrana cloacal. A proliferação de mesênquima no ângulo da junção do intestino posterior com o alantoide produz um septo urorretal, o qual cresce caudalmente e promove o movimento – mas não a fusão – do epitélio endodérmico em direção à membrana cloacal (Figs. 78.4, 78.7 e 78.20). A cloaca se torna separada em presumíveis reto e canal anal dorsalmente, e presumíveis bexiga urinária e seio urogenital ventralmente; a membrana cloacal está dividida em partes anal e urogenital, respectivamente. O centro nodal de divisão é o local do futuro corpo perineal. O seio urogenital recebe os ductos mesonéfricos e paramesonéfricos.

Anomalias do desenvolvimento da cloaca podem resultar em uma gama de defeitos. Na extroversão da cloaca (ectopia da cloaca), o septo urorretal não se desenvolve e existe falha de migração mesenquimal ao redor da parede corporal ventral para sustentar o cordão umbilical: isto resulta em um grande defeito abdominal, com uma porção central do colo (intestino grosso) e porções bilaterais de componentes da bexiga. Com o desenvolvimento apenas parcial do septo urorretal, o seio urogenital pode permanecer com uma alta confluência da bexiga, da vagina e do reto. A membrana cloacal pode estar anormalmente alongada e prematuramente rompida ao longo de toda a sua extensão, antes da formação do septo urorretal, ou, em alguns casos, pode haver apenas um pequeno seio que se abre externamente à pele. A musculatura anal está frequentemente presente, mas não associada ao canal anal.

Assoalho pélvico

O assoalho pélvico consiste nos suportes ligamentosos da cérvice e nos diafragmas pélvico e urogenital, e constitui outra partição que atravessa a cavidade do corpo. Pouco se sabe sobre o desenvolvimento do assoalho pélvico no ser humano. A musculatura estriada é derivada dos dermomiótomos de uma maneira similar aos músculos da parede ventrolateral do corpo. O músculo puborretal aparece em embriões de 20-30 mm, após a abertura da membrana anal, e as fibras musculares estriadas podem ser vistas às 15 semanas. A musculatura lisa do esfíncter uretral também está presente neste momento.

Uretra

A uretra é derivada do endoderma, assim como são a próstata, a vagina (ambos evaginações da porção inferior do seio urogenital) e as outras pequenas estruturas glandulares que se desenvolvem ao redor dos orifícios corporais caudais.

No homem, a uretra prostática proximal ao orifício do utrículo prostático é derivada da parte vesicouretral da cloaca e das extremidades caudais incorporadas dos ductos mesonéfricos. O restante da parte prostática, a parte membranosa e provavelmente a parte no interior do bulbo são todos derivados do seio urogenital. A parte anterior da uretra, na região da glande, é formada por canalização da placa uretral (veja adiante). A invaginação secundária do mesênquima funde as pregas genitais sobre a uretra (Fig. 78.20). O curto segmento no interior da glande pode ser formado pelo ectoderma, o qual se invagina para a glande.

Na mulher, a uretra é derivada inteiramente da região vesicouretral da cloaca, incluindo a região dorsal derivada dos ductos mesonéfricos. Ela é homóloga à parte da uretra prostática proximal aos orifícios do utrículo prostático e dos ductos ejaculadores. A região da uretra primitiva permanece aberta para formar o vestíbulo, no qual a uretra definitiva e a vagina se abrem (Fig. 78.20). Acredita-se que essas regiões sejam invadidas por ectoderma porque são inervadas por nervos somáticos.

Defeitos uretrais causados pelo desenvolvimento anômalo não são incomuns no homem. Ocorre epispadia quando a uretra se abre na face dorsal do pênis, em sua junção com a parede abdominal anterior. Esta anomalia é considerada uma forma menos severa de extrofia da bexiga. Na forma mais simples de hipospadia, relacionada a uma canalização incompleta da placa uretral, a uretra pode se abrir na face ventral (perineal) do pênis, na base da glande, e a parte da uretra que se localiza normalmente no interior da glande encontra-se ausente. Em casos mais severos, as pregas genitais falham em se fundir, e a uretra se abre na face ventral de um pênis malformado, logo em frente ao escroto. Um grau ainda maior desta malformação é acompanhado pela falha de união entre as eminências labioescrotais. Nestes casos, o escroto é separado e, uma vez que os testículos também com frequência não tenham descido, a semelhança com os lábios menores é muito marcante, o que leva a uma ambiguidade genital. Em tais casos, é importante determinar o mais rápido possível não somente o status

Fig. 78.21 Eletromicrografias de varredura da genitália externa humana primitiva. **A,** Estágio indiferenciado em um embrião humano estimado como de 42 dias pós-ovulatórios. **B,** Um embrião humano feminino às 12 semanas de desenvolvimento. As pregas genitais não estão fundidas. **C,** Um embrião humano masculino às 12 semanas. A fusão das pregas genitais já ocorreu. (Fotografias de P Collins.)

cromossômico do bebê, mas também a anatomia interna e o estado de desenvolvimento do trato genital interno. A atribuição do sexo e a educação dependerão desses fatores.

O esfíncter uretral primeiramente se forma como uma condensação mesenquimal ao redor da uretra em embriões de 12-15 mm (estágio 18), após a divisão da cloaca. O mesênquima prolifera e se torna definido no colo da bexiga em embriões de 31 mm, e ao longo da parte anterior da uretra por volta dos 69 mm. As fibras musculares se diferenciam após 15 semanas de desenvolvimento, em cujo momento tanto fibras musculares lisas como fibras musculares estriadas estão presentes. Em mulheres, existe uma continuidade entre a musculatura lisa da parede uretral e a da bexiga. Em homens, as fibras musculares são menos abundantes por causa do desenvolvimento local da próstata. Fibras musculares estriadas se formam ao redor da musculatura lisa inicialmente na parede anterior da uretra e mais tarde envolvem a camada de músculo liso. A origem da musculatura estriada não é conhecida: ela poderia ser derivada das células miogênicas que dão origem ao músculo puborretal. Os componentes musculares lisos e estriados do esfíncter uretral estão intimamente relacionados, mas não há mistura de fibras como ocorre no esfíncter anorretal.

Próstata

A próstata se origina durante o terceiro mês a partir de interações entre o mesênquima do seio urogenital e o endoderma da parte proximal da uretra. Evaginações iniciais, de 14 a 20, originam-se do endoderma ao redor de toda a circunferência do tubo, mas principalmente em suas faces laterais e excluindo a parede dorsal acima da placa utricular. Elas dão origem à zona glandular externa da próstata. Evaginações mais tardias, derivadas da parede dorsal acima dos ductos mesonéfricos, originam-se do epitélio de origem mista urogenital, mesonéfrica e possivelmente paramesonéfrica, que cobre a extremidade cranial do tubérculo sinusal. Elas produzem a zona interna de tecido glandular. As evaginações, as quais são inicialmente sólidas, se ramificam, tornam-se tubulares e invadem o mesênquima circunjacente. Este último se diferencia em tecido muscular liso, vasos sanguíneos e linfáticos associados e tecido conjuntivo, e é invadido por nervos autônomos.

Evaginações similares ocorrem no feto feminino, porém permanecem rudimentares na ausência de estimulação androgênica. As glândulas uretrais correspondem às glândulas da mucosa ao redor da parte superior da uretra prostática, e as glândulas parauretrais correspondem às verdadeiras glândulas prostáticas da zona externa.

As glândulas bulbouretrais no homem, e as glândulas vestibulares maiores na mulher, originam-se como divertículos derivados do revestimento epitelial do seio urogenital.

Genitália externa

A padronização da genitália externa pode ser alcançada por mecanismos similares àqueles que padronizam a face e os membros. Na região cranial, o mesênquima das cristas neurais perfaz uma importante contribuição para a organização dos arcos faríngeos e das regiões ao redor dos esfíncteres superiores. A crista neural também se forma a partir da região do broto da cauda, especificamente a partir de uma população de células denominada de "dobradiça caudoneural", a qual compartilha dos mesmos marcadores moleculares que o nó primitivo. O tubo neural neste nível é derivado de uma transformação mesenquimal/epitelial das células da dobradiça caudoneural, as quais formam um cilindro. Células da crista neural se delaminam da superfície dorsal do cilindro em uma direção rostrocaudal. Não se sabe se a crista neural neuronal que se origina desses processos de neurulação secundária contribui para a interface caudal entre o endoderma e o ectoderma.

A genitália externa, como as gônadas, passa por um estado indiferenciado antes da distinção dos caracteres sexuais (Fig. 78.20). A partir do estágio 13, os primórdios da genitália externa, compostos de mesênquima subjacente em proliferação coberto por ectoderma, originam-se ao redor da membrana cloacal, entre o cordão umbilical primitivo e o limite caudal do embrião. Durante o estágio 15, a membrana cloacal é dividida pelo septo urorretal em uma membrana urogenital cranial e uma membrana anal caudal (Figs. 78.4 e 78.14). Interações locais entre o ectoderma e o mesênquima dão origem ao esfíncter anal, que se desenvolverá mesmo sem a presença do canal anal. Uma elevação superficial, o tubérculo genital, aparece na extremidade cranial da membrana urogenital e duas cristas laterais, as pregas genitais ou uretrais, formam-se a cada lado da membrana (Fig. 78.20). O tubérculo genital forma um primórdio distinto que se tornará a glande do pênis ou do clitóris. O alongamento das pregas genitais e da membrana urogenital produz um falo primitivo. À medida que esta estrutura cresce, ela é descrita com uma superfície cranial análoga ao dorso do pênis e uma superfície caudal análoga à superfície perineal de ambos os sexos. O seio urogenital, contíguo com a face interna da membrana urogenital, torna-se atenuado no interior do falo em alongamento e forma a uretra primitiva. A membrana urogenital se rompe em torno do estágio 19 e permite a comunicação entre o ectoderma e o endoderma nas bordas da membrana rompida e a continuidade do seio urogenital com a cavidade amniótica. A urina pode escapar do trato urinário a partir deste momento. A camada endodérmica da porção distal atenuada do seio urogenital, que agora se encontra disposta sobre a face caudal do falo, é denominada placa uretral. À medida que o mesênquima prolifera no interior das pregas genitais, a placa uretral se aprofunda no corpo do falo e forma um sulco uretral primário. As pregas genitais se encontram proximalmente em uma crista transversal imediatamente ventral à membrana anal.

Enquanto essas modificações estão em progresso, duas eminências labioescrotais (genitais) aparecem, uma a cada lado da base do falo, e se estendem caudalmente, separadas das pregas genitais por sulcos distintos (Figs. 78.20 e 78.21).

Como uma regra geral, o epitélio, que pode ser palpado facilmente e tem uma inervação somática, é derivado do ectoderma. Na cavidade bucal e na faringe, a zona entre ectoderma e endoderma encontra-se em direção ao terço posterior da língua – o toque aqui usualmente provoca o reflexo do vômito. No canal anal, a porção externa – distalmente às valvas anais – é derivada do ectoderma e tem uma inervação somática, enquanto o epitélio proximalmente às valvas é derivado do endoderma e tem uma inervação autônoma.

As homologias das partes do sistema urogenital estão mostradas na Tabela 78.1.

Genitália masculina

O crescimento das características externas masculinas é estimulado por andrógenos, independentemente do sexo genético. O falo masculino aumenta para formar o pênis. As eminências genitais se encontram uma com a outra ventralmente ao ânus e se unem para formar o escroto (Fig. 78.20). As pregas genitais se fundem uma com a outra de trás para a frente, envolve a parte fálica do seio urogenital atrás para formar o bulbo da uretra e fecha o sulco uretral definitivo em frente para formar a maior parte da uretra esponjosa. A fusão das pregas resulta na formação de uma rafe mediana e ocorre de tal modo que o revestimento da uretra pós-glandular seja principalmente, talvez totalmente, de origem endodérmica, formado pela canalização da placa uretral. Deste modo, à medida que o falo se alonga, o orifício urogenital é carreado para a frente, até que ele atinja a base da glande no ápice do pênis. A partir da ponta do falo, uma invaginação do ectoderma superficial ocorre na glande para se encontrar e se fundir com a uretra peniana. A canalização subsequente do ectoderma permite uma continuação da uretra no interior da glande.

A glande e a haste (ou corpo) do pênis são reconhecíveis por volta do terceiro mês. O prepúcio também começa a se desenvolver no terceiro mês, quando o orifício externo principal da uretra ainda se encontra na base da glande. Uma crista que consiste em um eixo mesenquimal coberto por epitélio aparece proximalmente ao colo do pênis e se estende para a frente sobre a glande. Uma sólida lamela de epitélio abaixo desta crista se estende para trás em direção à base da glande. As extremidades ventrais da crista se curvam para trás para se tornar contínuas com as pregas genitais às margens do orifício uretral. À medida que as pregas uretrais se encontram para formar a parte terminal da uretra, os cornos ventrais da crista se fundem para formar o frênulo. A lamela epitelial se rompe sobre o dorso e os lados da glande para formar o saco prepucial e assim liberar o prepúcio da superfície da glande. Depois disso, o prepúcio cresce como uma prega livre de pele que cobre a parte terminal da glande. Embora o prepúcio e a glande comecem a se separar a partir do quinto mês *in utero*, eles ainda podem estar unidos ao nascimento. O saco prepucial pode não estar com-

pleto até 6-12 meses ou mais após o nascimento e, mesmo depois, a presença de algumas faixas de conexão podem ainda interferir com a retratibilidade do prepúcio.

O eixo mesenquimal do falo é comparativamente indiferenciado nos dois primeiros meses, mas os blastemas dos corpos cavernosos se tornam definidos durante o terceiro mês. Os nervos estão presentes no mesênquima em diferenciação a partir da sétima semana. Apesar de conter menos músculo liso e menos componentes do sistema elástico do que o adulto, o pênis neonatal é capaz de ereção.

O escroto é formado pela proliferação das eminências genitais. As eminências genitais se fundem através da linha média e cobrem a base do pênis. Os testículos descem para dentro do escroto antes do nascimento. A matriz gelatinosa do gubernáculo é em seguida reabsorvida e a túnica vaginal se torna aderida ao tecido conjuntivo do escroto. No recém-nascido, o pênis e o escroto são relativamente grandes. O escroto tem uma base larga que não se estreita até após o primeiro ano. Tanto o septo escrotal (*i.e.*, o mesênquima que permanece entre a túnica vaginal de cada lado) como as paredes do escroto são relativamente mais espessas do que em adultos.

Genitália feminina

O falo feminino, que excede o masculino em comprimento nos estágios precoces, torna-se o clitóris. As eminências genitais permanecem separadas como os lábios maiores; as pregas genitais também permanecem separadas e formam os lábios menores (Fig. 78.20). O orifício perineal do seio urogenital é retido como a fenda entre os lábios menores, acima dos quais a uretra e a vagina se abrem. O prepúcio do clitóris se desenvolve da mesma maneira que seu homólogo masculino. Por volta do quarto mês, a genitália externa feminina não pode ser mais masculinizada por andrógenos.

Ao nascimento, meninas recém-nascidas têm lábios menores, clitóris e lábios maiores relativamente aumentados. Os lábios maiores estão unidos por uma comissura labial posterior. A extremidade distal do ligamento redondo do útero, o gubernáculo do ovário, termina justamente fora do anel inguinal externo.

Existem evidências de que em certos tecidos (p. ex., no seio urogenital e nas eminências genitais) a testosterona é convertida em 5α-di-hidroxitestosterona. Em indivíduos XY com uma deficiência genética da enzima responsável por essa conversão, não somente testículos funcionantes, mas também uma genitália externa feminina com um clitóris aumentado e uma pequena bolsa vaginal estão presentes, sugerindo que o desenvolvimento da genitália externa está sob o controle da 5α-di-hidroxitestosterona. Tais indivíduos são frequentemente criados como meninas; entretanto, na puberdade, a genitália externa se torna responsiva à testosterona, o que causa a masculinização neste momento.

Maturação dos órgãos reprodutores na puberdade

Até o estirão de crescimento da adolescência, os órgãos reprodutores crescem muito lentamente. Geralmente as modificações ocorrem ao longo de um período de tempo denominado puberdade. A sequência desses eventos é muito menos variável do que a idade na qual eles ocorrem. A sequência da puberdade em meninos e meninas está mostrada na Figura 78.22.

Em meninas, o aparecimento do brotamento mamário é usualmente o primeiro sinal de puberdade. O útero e a vagina se desenvolvem simultaneamente com a mama. A menarca ocorre após o pico do estirão de altura – o início está mais intimamente relacionado à idade radiológica do que à idade cronológica. Tem sido sugerido que a menarca ocorra à medida que um peso crítico de 50 kg seja atingido; e certos esportes e uma restrição

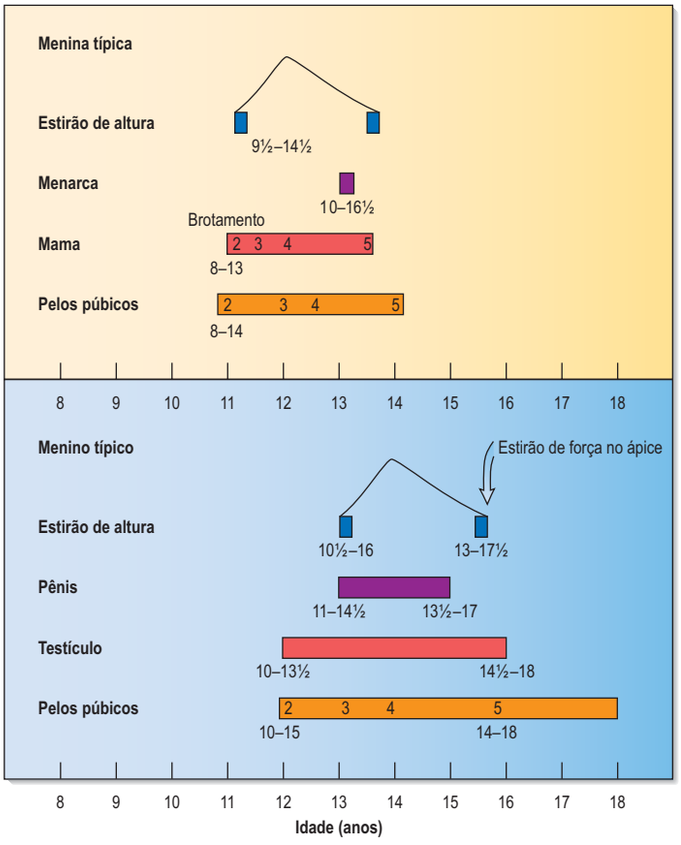


Fig. 78.22 Idades médias às quais os eventos de maturação ocorrem em meninos e meninas adolescentes. Os números abaixo das barras indicam a faixa de idades dentro da qual cada evento pode começar e terminar. Os números dentro das barras indicam o estágio de desenvolvimento. (Adaptado com permissão de Tanner J M 1962, Growth at Adolescence, 2nd edn. Oxford: Blackwell Publishing.)

excessiva da dieta, que podem reduzir o peso abaixo deste nível, podem causar amenorreia em mulheres que previamente menstruavam normalmente. Meninas altas atingem a maturidade sexual mais precocemente que meninas baixas, porém meninas com um estirão de crescimento tardio na adolescência e puberdade tardia são definitivamente mais altas em média do que aquelas que passam pela menarca precocemente, uma vez que elas têm mais a crescer. Pode-se prever que uma menina que tenha começado a menstruar cresça, no máximo, mais 7,5 cm. A menarca marca um estágio definitivo do desenvolvimento uterino, mas não significa a obtenção da função reprodutiva total. Muitos dos ciclos menstruais iniciais podem não envolver uma ovulação.

O sinal mais inicial de puberdade em meninos é o crescimento dos testículos e do escroto. O volume dos testículos pode ser calculado: o volume adulto médio é de 20 ml, e um volume de 6 ml indica que a puberdade começou. Mais tarde, o pênis, a próstata e as glândulas seminais começam a aumentar. Níveis aumentados de testosterona produzida pelas células de Leydig dos testículos promovem mudanças na laringe, na pele e na distribuição dos pelos corporais.

REFERÊNCIAS

Albrecht KH, Eicher EM 2001 Evidence that SRY is expressed in pre-Sertoli cells and Sertoli and granulosa cells have a common precursor. Dev Biol 240: 92–107.

Barteczko KJ, Jacob MI 2000 The testicular descent in human. Origin, development and fate of the gubernaculum Hunteri, processus vaginalis peritonei and gonadal ligaments. Adv Anat Embryol Cell Biol 156: III–X, 1–98. Heidelberg: Springer.

Chauvet V, Qian F, Boute N et al 2002 Expression of PKD1 and PKD2 transcripts and proteins in human embryo and during normal kidney development. Am J Pathol 160: 973–83.

Favorito LA. Klojda CA, Costa WS, Sampaio FJ 2003 Is there a relationship with anomalous insertions of the distal gubernaculum testis and testicular ectopia? Analysis in human fetuses and patients with cryptorchidism. J Urol 170: 554–7.

Heyns CF 1987 The gubernaculum during testicular descent in the human fetus. J Anat 153: 92–112.

Hutson JM, van der Putte SCJ, Penington E, Kluth D, Fiegel H 2006 The embryology of anorectal malformations. In: Holschneider AM, Hutson JM (eds) Anorectal Malformations in Children. Embryology, Diagnosis, Surgical Treatment, Follow-up. Heidelberg: Springer.

Hutson JM, Hasthorpe S 2005 Testicular descent and cryptorchidism: the state of the art in 2004. J Pediatr Surg 40: 297–302.

O'Connell HE, Hutson JM, Anderson CR, Plenter RJ (1998) Anatomical relationship between urethra and clitoris. J Urol 159: 1892–7.

Sharpe RM, McKinnell C, Kivlin C, Fisher JS 2003 Proliferation and functional maturation of Sertoli cells, and the relevance to disorders of testis function in adulthood. Reproduction 125: 769–84.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

SEÇÃO
9

CÍNGULO DO MEMBRO INFERIOR E MEMBRO INFERIOR

79 Cíngulo do membro inferior e membro inferior: visão geral e anatomia de superfície 1329
Pele, fáscia e tecidos moles 1329
Ossos e articulações 1331
Músculos 1331
Suprimento vascular e drenagem linfática 1333
Inervação 1336
Visão geral dos plexos lombar e sacral 1336
Visão geral dos principais nervos do membro inferior 1336
Inervação autônoma 1338
Movimentos, músculos e inervação segmentar 1338
Anatomia de superfície 1340

80 Cintura pélvica, região glútea e coxa 1349
Pele e tecidos moles 1349
Fáscia 1349
Compartimentos fasciais 1350
Bainha femoral 1350
Fáscia ilíaca 1350
Membrana obturatória 1351
Osso do quadril 1352
Púbis 1354
Ílio 1355
Ísquio 1356
Sacro 1357
Cóccix 1357
Esqueleto da pelve como um todo 1357
Diferenças sexuais na pelve 1359
Fêmur 1360
Articulações 1365
Sínfise púbica 1365
Articulação sacroilíaca 1365
Músculos 1366
Suprimento vascular e drenagem linfática 1378
Vasos ilíacos e artérias e veias ilíacas externas 1378
Artérias 1378
Vasos glúteos 1378
Artéria que acompanha o nervo isquiático 1378
Artéria femoral 1378
Anastomoses arteriais ao redor do quadril 1380
Retalhos com base nas perfurantes no quadril e na coxa 1380
Veias 1381
Veia femoral 1381
Drenagem linfática 1381
Nodos inguinais superficiais 1382
Nodos inguinais profundos 1382
Inervação 1382
Plexo lombar e ramos 1382
Plexo sacral e ramos 1383

81 Quadril 1387
Superfícies articulares 1387
Cápsula fibrosa 1387
Ligamentos 1388
Membrana sinovial 1389
Bolsas sinoviais 1389
Suprimento vascular e drenagem linfática 1390
Inervação 1390
Fatores para a manutenção da estabilidade 1390
Biomecânica da articulação do quadril 1390

82 Joelho 1393
Pele e tecidos moles 1393
Fossa poplítea 1393
Ossos 1394
Patela 1394
Articulações 1395
Articulação tibiofibular proximal 1395
Articulação patelofemoral 1396
Articulação tibiofemoral 1396
Movimentos 1402
Biomecânica do joelho 1403
Cinemática da articulação do joelho 1403
Mecânica dos tecidos moles 1407
Músculos 1407
Suprimento vascular e drenagem linfática 1408
Artérias 1408
Artéria poplítea 1408
Veias 1409
Veia poplítea 1409
Veia safena magna 1409
Veia safena parva 1409
Linfonodos poplíteos 1409
Inervação 1409
Nervo safeno 1409

83 Perna 1411
Pele e tecido mole 1411
Pele 1411
Tecidos moles 1411
Ossos 1412
Tíbia 1412
Fíbula 1415
Músculos 1417
Compartimento anterior ou extensor 1417
Compartimento lateral (fibular) 1419
Compartimento posterior (flexor) 1420
Grupo flexor superficial 1420
Grupo flexor profundo 1422
Suprimento vascular 1424
Artérias 1424
Artéria tibial anterior 1424
Artéria tibial posterior 1425
Artéria plantar medial 1425
Artéria plantar lateral 1425
Artéria fibular 1425
Sistema venoso superficial e profundo 1426
Veias tibiais posteriores 1426
Veias fibulares 1426
Veias tibiais anteriores 1426
Veia safena parva e veia safena magna 1426
Doença venosa 1426
Inervação 1426
Nervo tibial 1426
Nervo fibular comum 1427
Nervo safeno 1428

84 Pé e tornozelo 1429
Pele e tecidos moles 1429
Retináculos do tornozelo 1429
Bainhas sinoviais no tornozelo 1430
Fáscia plantar 1430
Compartimentos fasciais do pé 1431
Tecido adiposo especializado (coxins do calcanhar e metatarsal) . . 1432
Ossos 1432
Tíbia distal 1432
Fíbula distal 1432
Tarso 1433
Metatarsais 1439
Falanges do pé 1440
Sesamoides 1441
Articulações 1442
Articulação do tornozelo (talocrural) 1442
Articulação tibiofibular inferior (distal) 1444
Articulação talocalcânea 1444
Articulação talocalcaneonavicular 1446

Articulação calcaneocubóidea. 1446
Articulações naviculocuneiformes 1446
Articulação cuboideonavicular. 1447
Articulações intercuneiforme e cuneocuboide 1448
Articulações tarsometatarsais 1448
Articulações intermetatarsais 1448
Articulações metatarsangeanos 1449
Articulações interfalangeanas 1449
Arcos do pé 1450
Músculos 1450
Músculos extrínsecos 1450
Grupo anterior 1450
Grupo lateral 1450
Grupo posterior 1451
Músculos intrínsecos. 1451
Músculos plantares do pé: primeira camada. 1451
Músculos plantares do pé: segunda camada 1452
Músculos plantares do pé: terceira camada 1454
Músculos plantares do pé: quarta camada 1454
Músculos extensores do pé 1455
Suprimento vascular 1455
Artérias 1455
Artéria dorsal do pé 1455
Arco plantar 1456
Artéria tibial posterior 1457
Retalhos perfurantes na região do tornozelo e do pé 1457
Sistemas venosos profundo e superficial 1457
Inervação do pé 1457
Nervo fibular superficial. 1457
Nervo fibular profundo. 1457
Nervo tibial 1457
Nervo calcâneo medial 1457
Nervo plantar medial. 1457
Nervo plantar lateral 1458
Síndromes de encarceramento nervoso no pé 1458
Biomecânica da postura ereta, da deambulação e da corrida 1458

85 Desenvolvimento da cintura pélvica e do membro inferior. 1463
Estágios do desenvolvimento do membro inferior. 1463
Vasos no membro inferior 1463
Membro inferior neonatal 1463
Anomalias do membro inferior 1463

Cíngulo do membro inferior e membro inferior: visão geral e anatomia de superfície

CAPÍTULO 79

Este capítulo é composto de duas partes. A primeira é uma visão geral da organização do membro inferior, com ênfase particular no esqueleto fascial, na distribuição dos grandes vasos sanguíneos e vasos linfáticos e nos ramos dos plexos lombar e sacral: pretende-se complementar a anatomia regional detalhada descrita nos Capítulos 80 a 84. A segunda parte descreve a anatomia de superfície do membro inferior.

A estrutura do membro inferior é determinada pelas suas adaptações para a sustentação do peso, locomoção e manutenção do equilíbrio (estabilidade). De fato, as adaptações para o suporte de peso e para a estabilidade, assim como as histórias diferenciadas de desenvolvimento dos membros contribuem para as grandes diferenças estruturais e funcionais entre os membros superiores e inferiores. As regiões inguinal e glútea são importantes zonas anatômicas de junção entre o tronco e o membro inferior, através das quais nervos e vasos que seguem longitudinalmente podem passar em uma ou outra direção. A região inguinal inclui as zonas de junção entre o membro e a cavidade abdominal, via orifício miopectíneo (o hiato entre o ligamento inguinal e o osso do quadril), e entre o membro e a cavidade pélvica, via forame obturado. A região glútea inclui as zonas de junção entre o membro e a cavidade abdominopélvica, via forame isquiático maior, e entre o membro e o períneo, via forame isquiático menor (Fig. 79.1).

PELE, FÁSCIA E TECIDOS MOLES

A pele do membro inferior no adulto jovem geralmente é mais forte e mais espessa que a pele do membro superior: a pele que sustenta peso, por exemplo a pele da planta do pé, é particularmente mais espessada. A pele da região glútea e da parte posterior da coxa suporta peso na posição sentada, consequentemente tem maior espessura. A pele ao redor da face anteromedial da perna é particularmente frágil e vulnerável na velhice. O pelo do corpo é usualmente bem desenvolvido em todas as áreas, exceto na planta do pé e na face posterior do tornozelo.

Esqueleto fascial

O "esqueleto fascial" (fáscia profunda) do membro inferior é bem definido e forma uma estrutura circunferencial resistente e compartimentada que contém os músculos (Fig. 79.2). O septo passa da superfície profunda da bainha fascial para o interior dos ossos e confina os grupamentos musculares funcionais dentro dos compartimentos osteofasciais. A fáscia rígida fornece áreas de inserção adicionais para os músculos e assegura-lhes um efeito máximo de trabalho. Espessamentos nas camadas fasciais podem agir como tendões adicionais (p. ex., trato iliotibial). Em outras

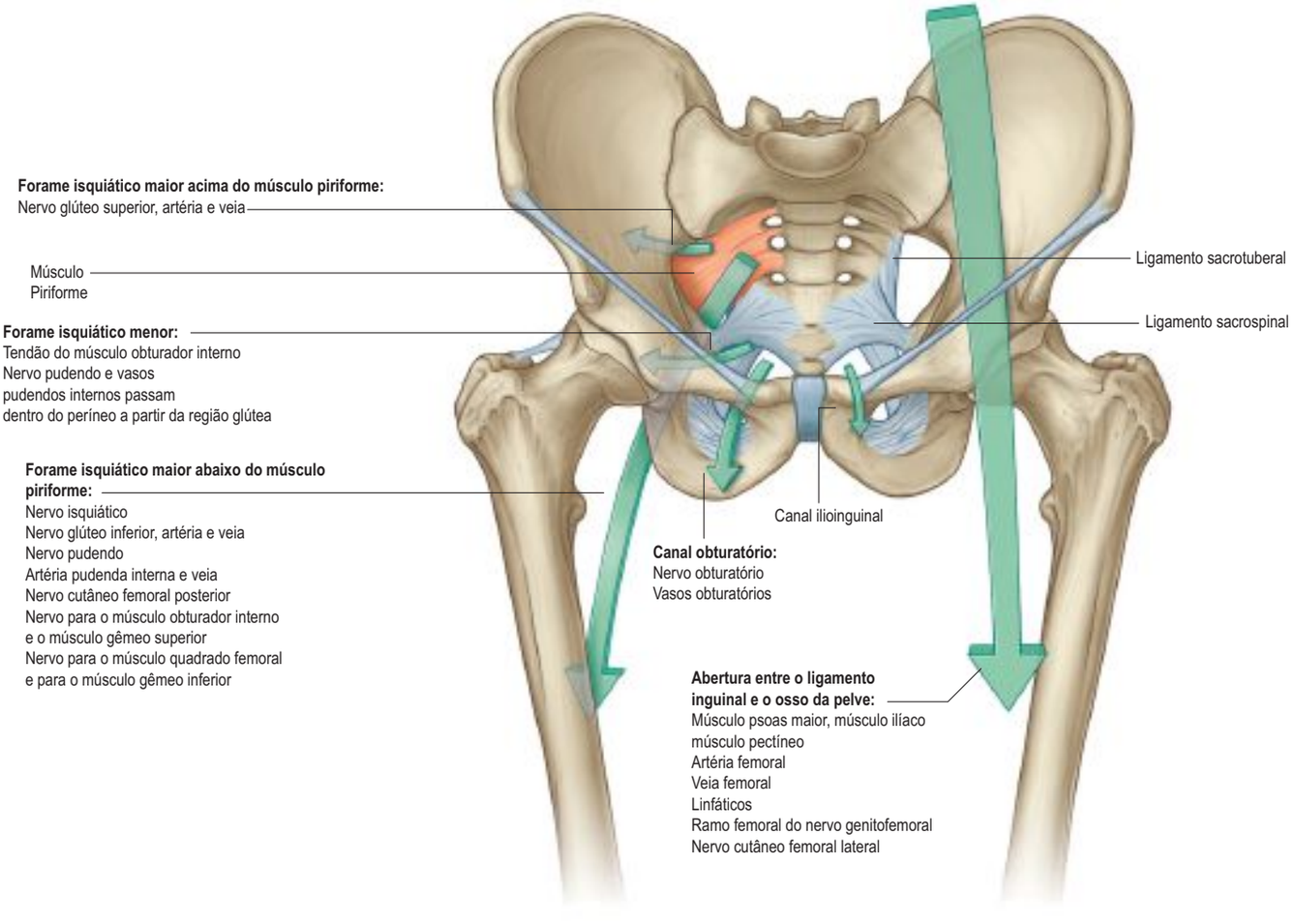


Fig. 79.1 Passagens do abdome, pelve e períneo para o membro inferior. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

partes, espessamentos no esqueleto fascial formam retináculos fibrosos em que tendões cruzam articulações. Embora as fáscias sejam particularmente notáveis nos cadáveres embalsamados, as camadas fasciais também são prontamente demonstráveis nos seres viventes, com considerável significado funcional. O padrão de organização de tecido mole exerce funções nos efeitos fisiológicos dos músculos e é crucial para o retorno venoso eficiente do membro inferior. Os planos fasciais também controlam e direcionam por onde os fluidos patológicos se espalham (sangue, pus) dentro do membro e têm um importante papel na determinação do grau e da direção do deslocamento observado em fraturas de ossos longos.

Sistema fasciocutâneo

Os septos fasciais ditam os trajetos das artérias cutâneas, que, subsequentemente, os perfuram e se ramificam nos compartimentos fasciais antes de suprir a pele.

Compartimentos osteofasciais no membro inferior

Os músculos da coxa podem ser agrupados em três compartimentos, de acordo com suas funções: anterior (extensor), posterior (flexor) e medial (adutor); somente os compartimentos anterior e posterior possuem limites fasciais distintos. Na perna existe uma separação fascial muito bem definida em compartimentos anterior (extensor), posterior (flexor) e lateral (eversor); a síndrome do compartimento (ou compartimental) é muito comum nesta região (ver adiante). Os compartimentos osteofasciais do pé encontram-se descritos no Capítulo 84.

Vasos e nervos seguem através de todos os compartimentos osteofasciais e suprem os músculos contidos dentro destes. Ao agirem dentro desses compartimentos fechados, os músculos ajudam na manutenção do fluxo do sangue venoso contragravidade.

Síndrome do compartimento As divisas fasciais que limitam os compartimentos osteofasciais apresentam baixa elasticidade, o que significa que qualquer condição que leve a um aumento no volume dos conteúdos compartimentais (p. ex., edema muscular causado por trauma ou uso excessivo de forma não habitual, hemorragia e infecção local) pode causar um aumento na pressão intracompartimental. Caso não seja aliviada, essa pressão aumentada levará à oclusão compressiva dos vasos no compartimento e ao consequente dano isquêmico de nervos e músculos da região, um fenômeno conhecido como síndrome do compartimento.

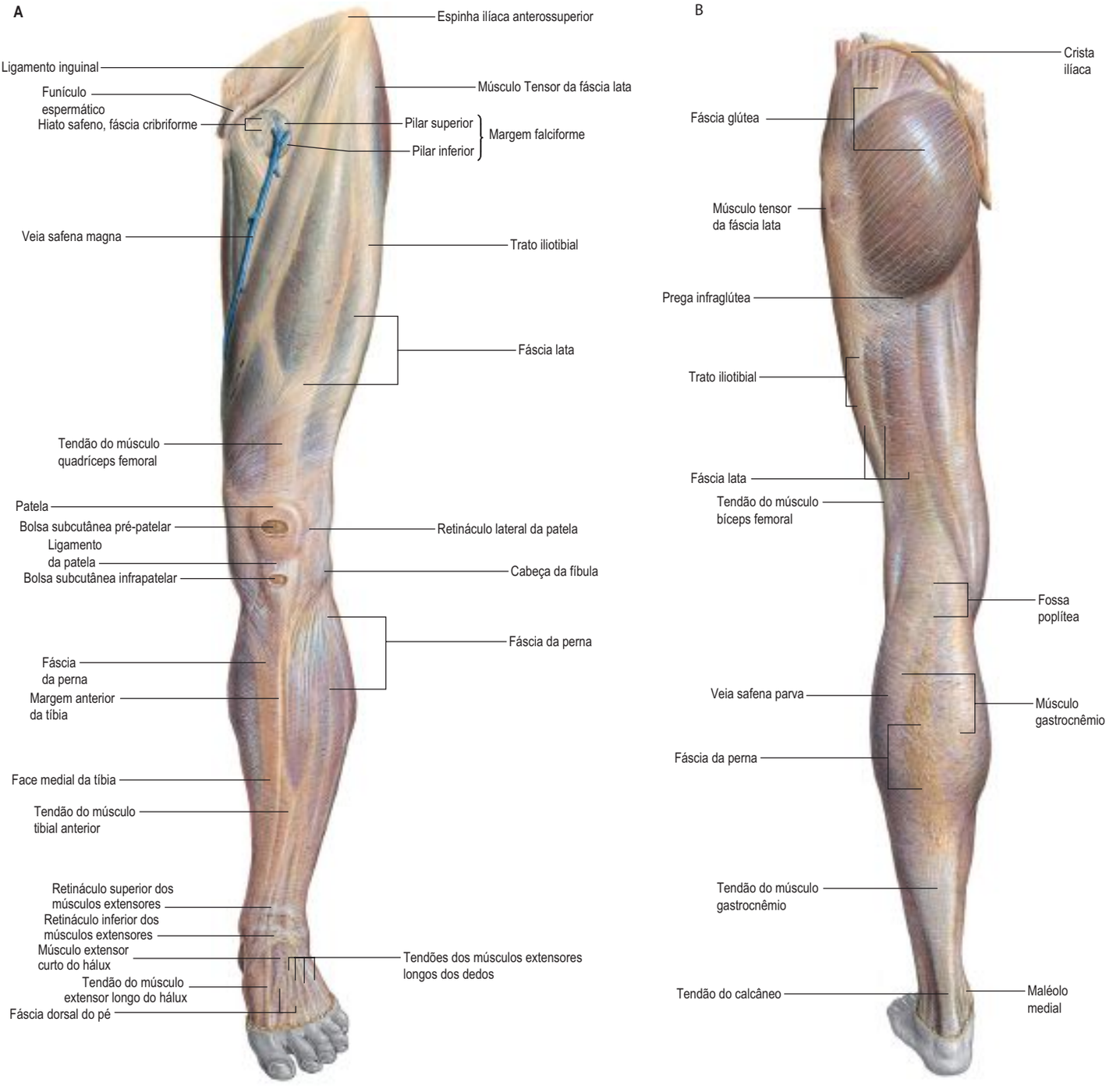


Fig. 79.2 Fáscia profunda do membro inferior. **A**, vista anterior. **B**, vista posterior. (De Sobotta 2006.)

OSSOS E ARTICULAÇÕES

Os ossos do membro inferior são os três componentes fundidos do cíngulo do membro inferior: o fêmur e a patela (coxa); a tíbia e a fíbula (perna); o tarso, o metatarso e as falanges (pé) (Fig. 79.3). Os ossos do quadril (especialmente o ílio e o ísquio), o fêmur, a tíbia e os ossos do dorso do pé são fortes, e suas estruturas externa (cortical) e interna (trabecular) são adaptadas para o suporte de peso.

O cíngulo do membro inferior conecta o membro inferior ao esqueleto axial via articulação sacroilíaca, uma articulação sinovial na qual a mobilidade foi sacrificada em favor da estabilidade e da força, a fim de permitir uma transmissão efetiva do peso do tronco para o membro inferior. Anteriormente, o cíngulo do membro inferior articula-se com o cíngulo contralateral na sínfise púbica, uma articulação secundária cartilagínea que pode exibir um mínimo grau de mobilidade durante os movimentos do quadril, da articulação sacroilíaca e durante o parto. A articulação do quadril, uma articulação sinovial esferóidea, exibe uma solução conciliatória muito útil entre mobilidade e estabilidade que permite movimentos nos três planos ortogonais. As articulações mais distais ganharam mobilidade às expensas da estabilidade. A articulação do joelho inclui a articulação patelofemoral, que permite o deslizamento da patela sobre o a epífise distal do fêmur. Entretanto, o componente principal da articulação do joelho é uma articulação sinovial bicompartimentada entre o fêmur e a tíbia que permite flexão, extensão e alguma rotação medial e lateral da perna. Esta não é uma verdadeira articulação gínglimo (em dobradiça), porque seus eixos de flexão e extensão são variáveis e existe rotação acoplada. A tíbia e a fíbula articulam-se entre uma e outra através das articulações tibiofibulares proximal e distal. A articulação proximal, uma articulação sinovial plana, permite somente um pequeno movimento de deslizamento. A articulação distal, uma articulação fibrosa, localiza-se logo acima do tornozelo e permite algum grau de rotação fibular ligada à movimentação do tornozelo. A articulação talocrural (do tornozelo) é formada pelas extremidades distais da tíbia e da fíbula fixadas no tálus e permite flexão dorsal e flexão plantar. Existem múltiplas articulações no pé que podem ser classificadas topograficamente, levando-se em conta se elas se encontram na parte posterior, na parte média ou na parte anterior do pé. Coletivamente, essas articulações permitem os movimentos complexos exigidos enquanto o pé desempenha seus papéis funcionais, como servir de plataforma para ficar em posição ortostática, para absorver choque e fazer a propulsão durante a marcha.

Tanto o joelho como o tornozelo comumente são alvos de lesões fechadas, e a localização relativamente superficial do joelho o torna mais suscetível às lesões abertas e infecções. Embora o tornozelo seja frequentemente lesionado e seja uma articulação de grande suporte de carga, a incidência de artrite degenerativa clinicamente significativa nesta articulação é surpreendentemente baixa quando comparada àquela encontrada no quadril e no joelho.

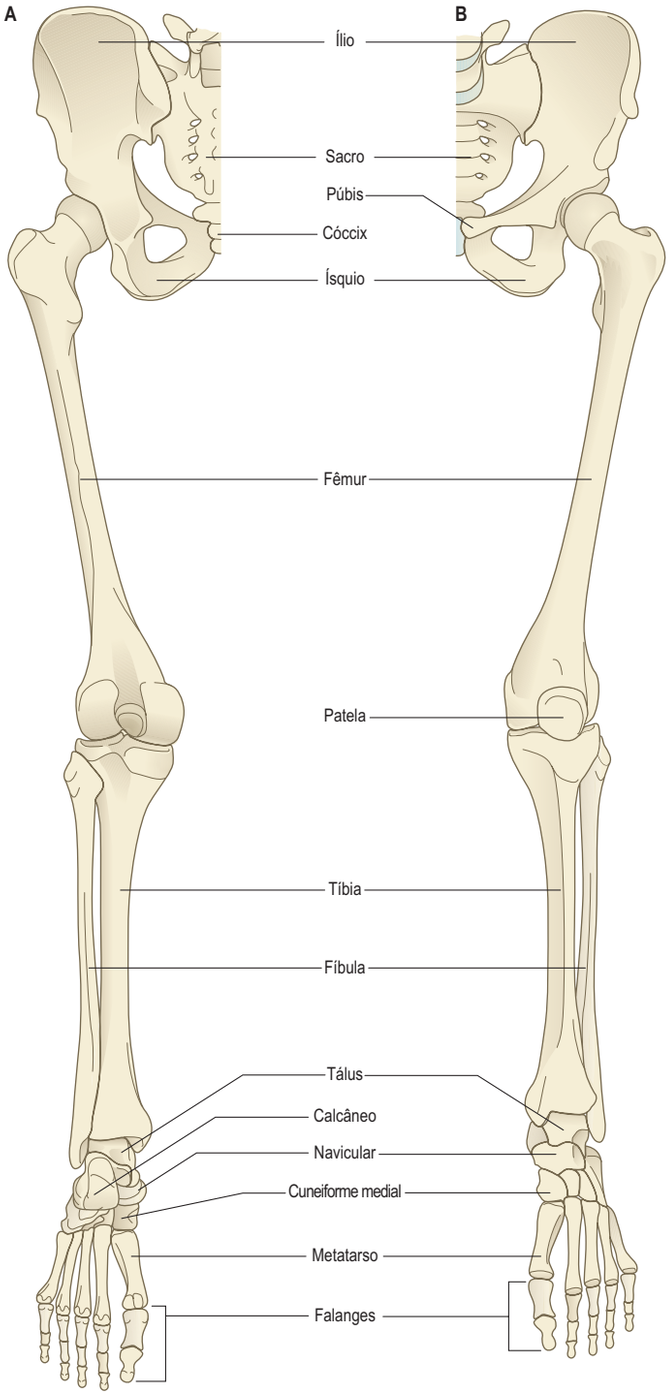


Fig. 79.3 Visão geral dos ossos do membro inferior. **A**, face posterior. **B**, face anterior.

MÚSCULOS

Os efeitos da extensão e da rotação medial do membro que ocorrem durante o desenvolvimento fetal se manifestam nas posições relativas dos grupos musculares no quadril e na coxa e no padrão adulto de inervação segmentada (dermátomos). De forma geral, a face anterior do membro adulto é a face extensora, enquanto os flexores localizam-se posteriormente; o oposto ocorre no quadril.

O papel dos músculos do membro inferior é a manutenção do equilíbrio durante a locomoção, e seu papel raramente é enfatizado o suficiente na postura. Muitos dos músculos agem frequentemente, ou predominantemente, a partir de suas inserções distais. Durante a manutenção da postura e a locomoção, a inserção distal geralmente encontra-se fixa e a inserção proximal encontra-se móvel; por exemplo, a ação predominante do músculo glúteo médio é estabilizar a pelve, em vez de abduzir o quadril. (Em contraste, no membro superior, as inserções musculares proximais geralmente estão fixas e as inserções distais estão móveis, um arranjo que é compatível com a função de preensão da mão.) O membro inferior contém muitos músculos que agem em mais de uma articulação e é pouco usual a ação isolada de uma articulação do membro inferior.

Os músculos do membro inferior podem ser subdivididos em: músculos das regiões ilíaca e glútea, da coxa, da perna e do pé. (Observe que na nomenclatura anatômica "perna" se refere à parte do membro inferior localizada entre o joelho e o tornozelo.) Os principais músculos da região ilíaca são o psoas maior e o ilíaco, os principais flexores do quadril que se dirigem da região lombar da coluna vertebral e da face interna do ílio para o trocanter menor do fêmur. O músculo psoas menor, muito menos importante, quando presente, dirige-se da região lombar da coluna vertebral para o púbis. Os músculos da região glútea incluem os três músculos denominados músculos glúteos e os rotadores laterais curtos, profundos na articulação do quadril. O músculo glúteo máximo localiza-se mais superficialmente, dirigindo-se da região posterior da pelve para a região proximal do fêmur e a fáscia lata. É um potente extensor da articulação do quadril e age com mais frequência para estender o tronco sobre o fêmur do que para estender o membro em relação ao tronco. Os músculos glúteos médio e mínimo, que se inserem proximalmente na face ilíaca externa e distalmente no trocanter maior do fêmur, são abdutores do quadril; sua ação mais importante é estabilizar a pelve no fêmur durante a locomoção e são ajudados nesta função pelo músculo tensor da fáscia lata (um músculo localizado mais anteriormente que surge na porção anterolateral do ílio e se insere na fáscia lata). Dois dos rotadores laterais curtos do quadril, o músculo piriforme e o músculo obturador interno, originam-se na parte interna das paredes da pelve, enquanto os demais (músculo obturador externo, músculos gêmeos e músculo quadrado femoral), inserem-se externamente: todos esses músculos têm suas inserções distais na região proximal do fêmur.

Os músculos da coxa localizam-se em três compartimentos funcionais. O compartimento anterior (extensor) inclui o músculo sartório e o músculo quadríceps femoral. O músculo sartório e o músculo reto femoral têm suas inserções proximais na pelve e podem, desta forma, agir tanto na articulação do quadril como na articulação do joelho; os músculos vastos estão inseridos proximalmente na diáfise do fêmur e, agindo como uma unidade, são potentes extensores dos joelhos. O compartimento medial (adutor) contém os músculos denominados adutores e o músculo

grácil; o músculo pectíneo também pode ser incluído. Esses músculos têm suas inserções proximais na face anterior da pelve e as distais no fêmur; o músculo grácil não se insere distalmente no fêmur e tem sua inserção distal na região proximal da tíbia, enquanto uma parte do músculo adutor magno insere-se proximalmente no túber isquiático. O compartimento posterior ('jarrete') inclui o músculo semimembranáceo, o músculo semitendíneo e o músculo bíceps femoral. Esses músculos inserem-se proximalmente no túber isquiático e agem para estender o tronco em relação ao fêmur e para flexionar e realizar a rotação do joelho. O músculo adutor magno, como se pode deduzir pelo alcance de sua inserção proximal e sua dupla inervação, divide a primeira destas funções com os músculos posteriores da coxa. O músculo bíceps femoral é o único músculo da coxa que tem inserção distal na fíbula e não na tíbia.

Na perna, o compartimento anterior (extensor) inclui os músculos extensores do tornozelo (dorsiflexores) e os músculos extensores longos dos dedos. O músculo tibial anterior, o principal dorsiflexor do tornozelo, também faz a inversão do pé na articulação subtalar, enquanto o menor músculo do compartimento, o músculo fibular terceiro, é um dorsiflexor que everte o pé. O compartimento flexor (flexão plantar) tem componentes superficiais e profundos. O componente superficial contém o músculo gastrocnêmio e o músculo sóleo, ambos potentes flexores plantares do tornozelo, e o músculo plantar, bem delgado. O músculo gastrocnêmio e o músculo sóleo estão inseridos distalmente através do tendão do calcâneo. O componente profundo do compartimento flexor contém o músculo poplíteo (um rotador do joelho), os músculos flexores longos dos dedos e o músculo tibial posterior, o principal músculo responsável pela inversão do pé. O compartimento lateral contém os principais eversores do pé, os músculos fibulares longo e curto; ambos os músculos são flexores plantares no tornozelo.

Os músculos gastrocnêmio, plantar e poplíteo são os únicos músculos da perna que têm inserção proximal no fêmur, e são capazes de agir tanto no joelho como no tornozelo. Os músculos restantes na perna inserem-se proximalmente na tíbia, na fíbula, ou em ambas, e na membrana interóssea. Os músculos intrínsecos da planta do pé organizam-se em camadas. Eles facilitam a ação dos músculos flexores longos dos dedos e, através de súbitas mudanças na forma do pé, ajudam a controlar a posição do mesmo na postura e na locomoção.

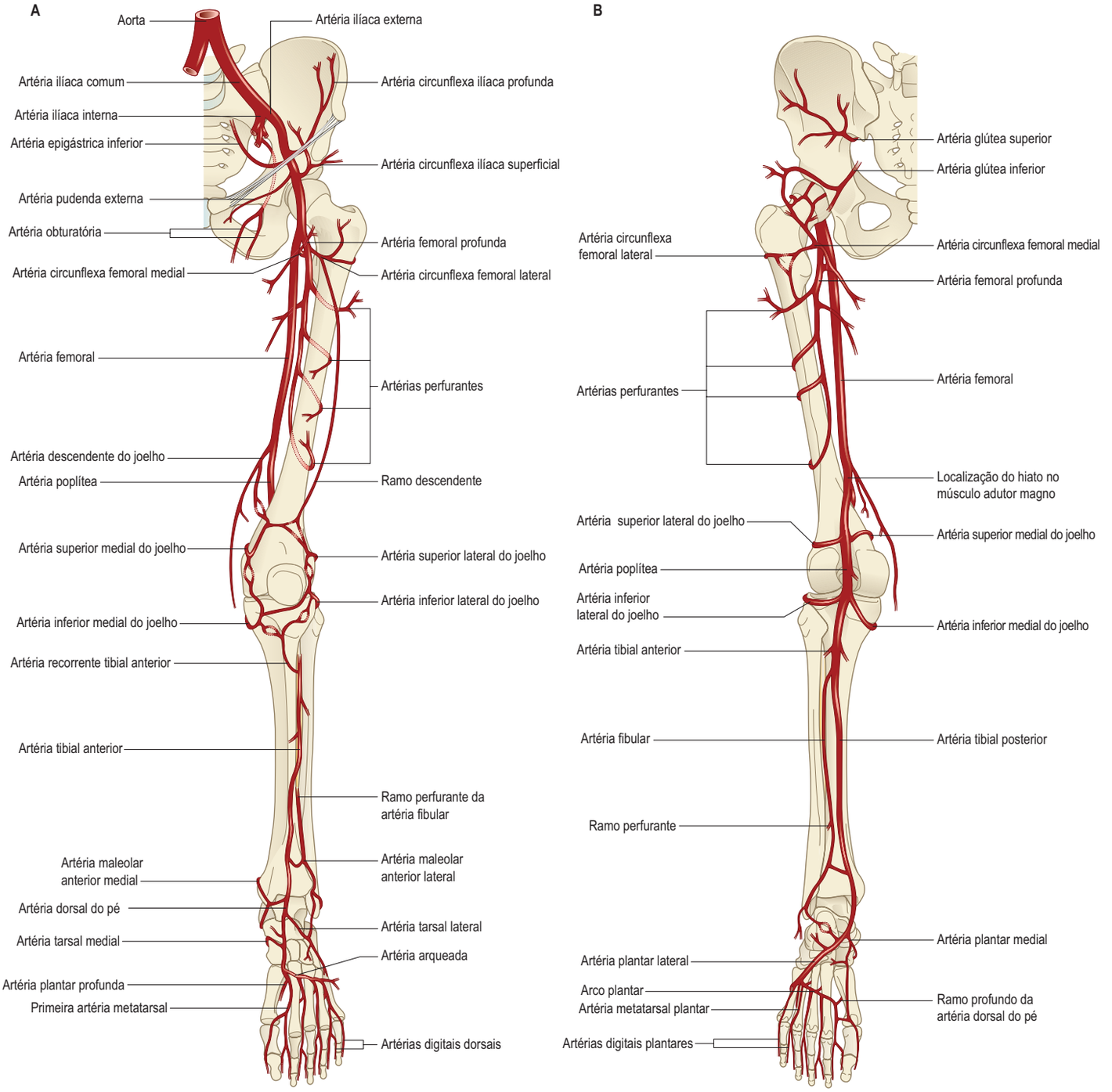


Fig. 79.4 Visão geral das artérias do membro inferior. **A**, Face anterior. **B**, Face posterior.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

SUPRIMENTO ARTERIAL

A artéria femoral (a continuação da artéria ilíaca externa) fornece o principal suprimento arterial para o membro inferior, distalmente ao ligamento inguinal e ao sulco infraglúteo (Figs. 79.4 e 79.5). A artéria femoral passa por dentro da face anteromedial da coxa, transforma-se na artéria poplítea ao entrar no compartimento posterior do quadril e divide-se em seus dois ramos terminais no compartimento posterior da perna. As artérias obturatória e glútea inferior também contribuem para o suprimento da parte proximal do membro. No embrião, a artéria glútea inferior supria a principal artéria axial do membro; no adulto ela é representada pela artéria acompanhante do nervo isquiático.

Os ossos do membro inferior recebem seu suprimento arterial através de vasos nutrícios, ramos arteriais metafisários de anastomoses periarticulares, bem como das artérias que suprem os músculos que se inserem no periósteo. O padrão do suprimento arterial é particularmente relevante para o reparo de fraturas, para a expansão de infecções e malignidades e para o planejamento de procedimentos cirúrgicos reconstrutivos. Para maiores detalhes, consulte Cormack & Lamberty (1994), Taylor & Razaboni (1994) e Crock (1996).

Artérias perfurantes do membro inferior

Conseguir retalhos de pele e tecidos moles adequados e satisfatoriamente estéticos para cobrir grandes defeitos teciduais superficiais é um desafio no campo da cirurgia plástica e reconstrutiva, e responde por uma parte substancial da carga de trabalho do cirurgião plástico. Geralmente, enxertos de pele de espessura parcial ou total são apropriados somente para defeitos muito superficiais. Para conseguir uma cobertura de tecido para defeitos teciduais extensos e profundos, o cirurgião plástico emprega um dentre uma variedade de retalhos (*flaps*) de tecido autólogos. A viabilidade de um retalho transplantado de uma parte do corpo para a outra é crucialmente dependente do seu suprimento sanguíneo. Uma avaliação do conceito do angiosoma (Capítulo 6), utilizada juntamente com os avanços tecnológicos em microcirurgia reconstrutiva, estimulou o desenvolvimento e o uso de retalhos com base em vasos perfurantes. São retalhos de pele ou tecido subcutâneo, supridos por um ou mais vasos perfurantes; por exemplo, artérias que alcançam o plexo suprafascial diretamente (por um vaso que as alimenta) ou indiretamente (através de tecidos vizinhos) (Fig. 79.6). Os retalhos baseados em vasos perfurantes são tipicamente coletados com a dispensa do tecido muscular subjacente, com mínimo trauma: seu uso reduz a dor no pós-operatório, a morbidade do sítio doador e a perda funcional.

O membro inferior é o maior sítio doador no corpo para este tipo de técnica de retalho com base nas perfurantes. Os retalhos usados mais comumente são os da porção anteromedial da coxa que oferecem uma grande quantidade de pele: retalhos obtidos a partir da artéria glútea inferior para reconstrução de mama; retalhos vascularizados da fíbula para reconstrução de osso deficiente; retalhos vascularizados do músculo tensor da fáscia lata para reconstituição de tendão; retalhos vascularizados do nervo sural para reconstrução de nervo; retalho do músculo grácil, utilizado na reanimação de músculos paralisados.

No contexto da cirurgia de retalho com base nas perfurantes o membro inferior pode ser considerado conforme quatro regiões anatômicas: glútea; quadril e coxa (anterior); joelho e perna; tornozelo e pé. Cada membro inferior contribui para aproximadamente 23% da área total de superfície corporal (coxa 10,5%; perna 6,5%; nádega 2,5%; pé 3,5%) e contém uma média de 90 artérias perfurantes (Fig. 79.7).

DRENAGEM VENOSA

As veias do membro inferior podem ser subdivididas, como as do membro superior, em grupos superficial e profundo (Figs. 79.8 e 79.9). As veias

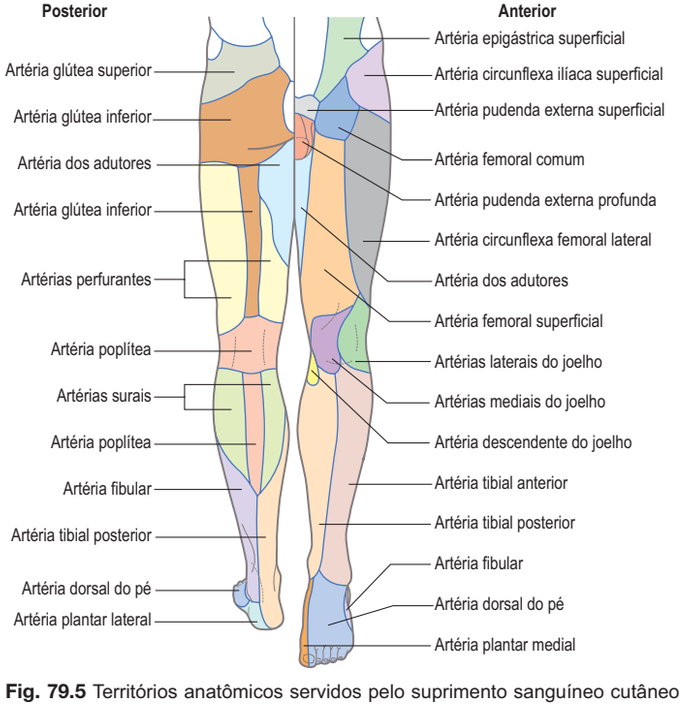


Fig. 79.5 Territórios anatômicos servidos pelo suprimento sanguíneo cutâneo para o membro inferior.

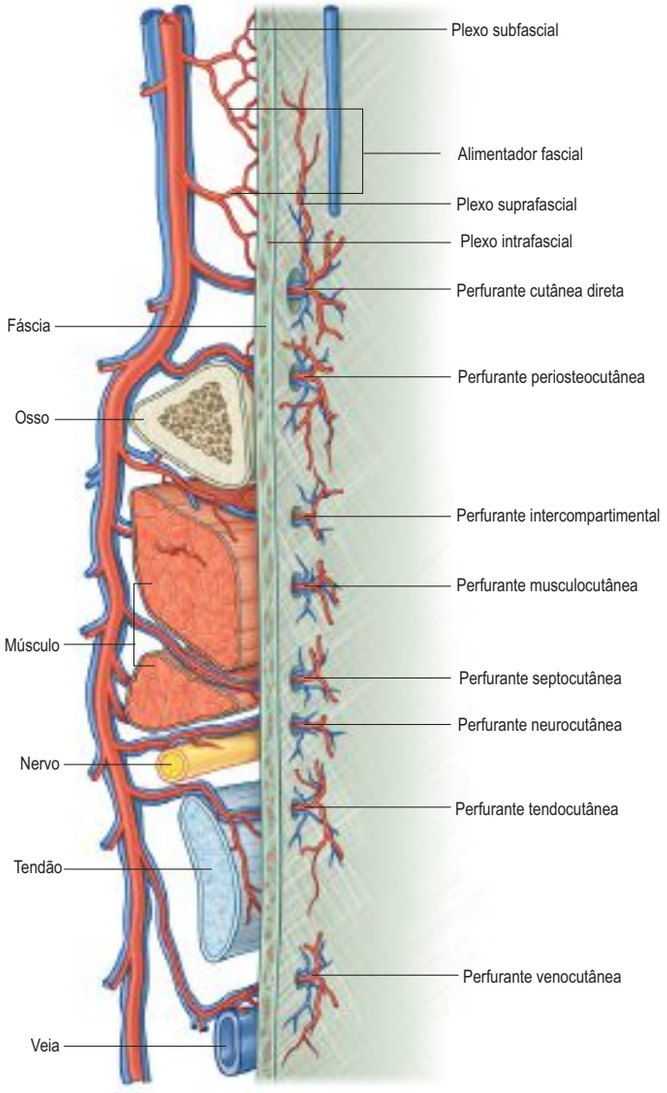


Fig. 79.6 Tipos de artérias perfurantes.

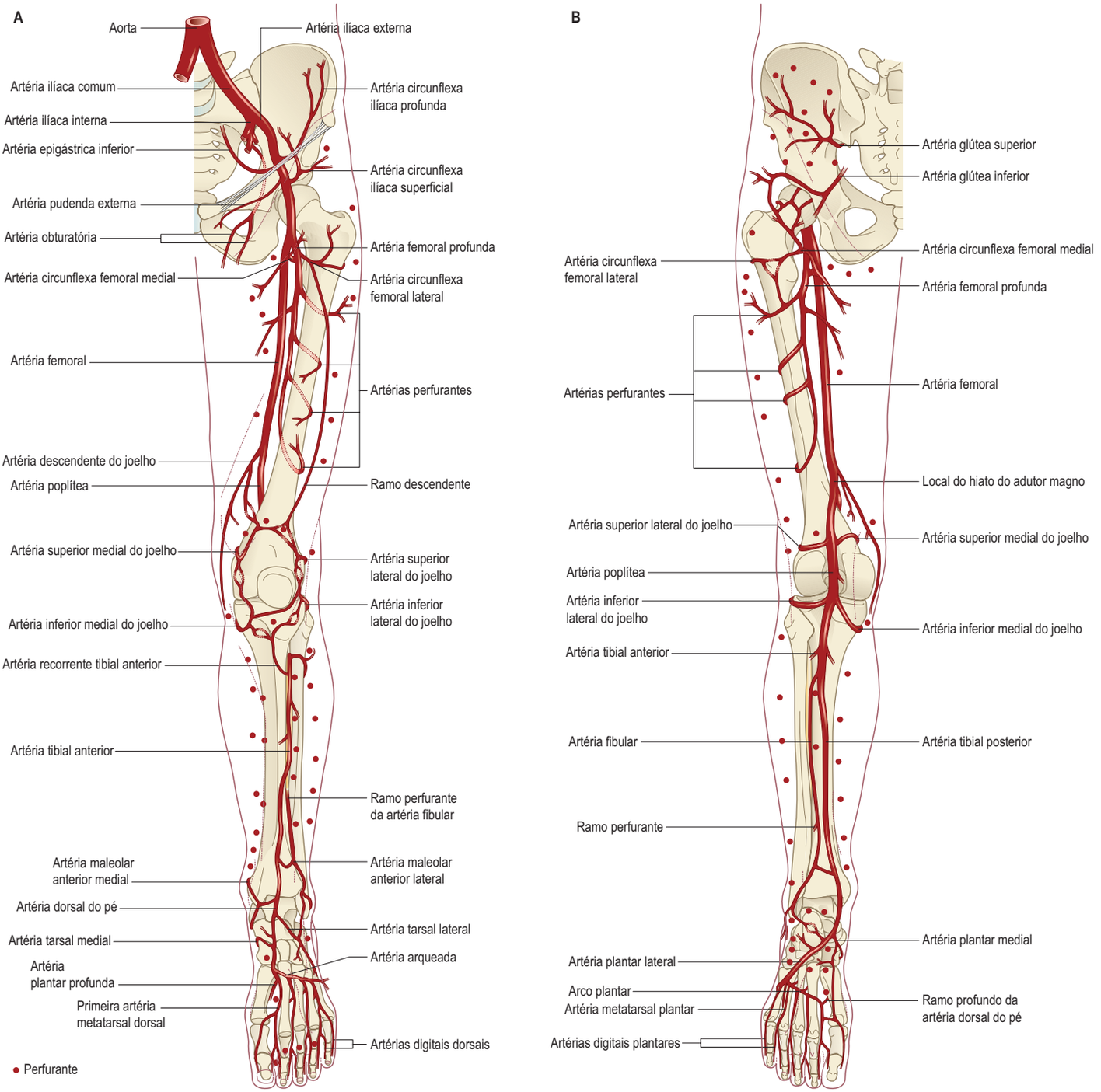


Fig. 79.7 Tipo e localização das artérias perfurantes do membro inferior. **A**, Face anterior. **B**, Face posterior.

superficiais são subcutâneas e repousam na fáscia superficial; as veias profundas (abaixo da fáscia profunda) acompanham as grandes artérias. As válvulas estão presentes nos dois grupos, mas são mais numerosas nas veias profundas. (Válvulas são mais numerosas nas veias do membro inferior que nas veias do membro superior.) Os plexos venosos ocorrem no interior e entre alguns músculos do membro inferior. Os principais, denominados veias superficiais, são as veias safenas magna e parva; suas numerosas tributárias, em sua maioria, não são nomeadas. Para detalhes e variações, consulte Kosinski (1926).

Veias profundas dos membros inferiores acompanham as artérias e seus ramos. As veias digitais plantares se originam a partir de plexos nas regiões plantares dos dedos, conectam-se às veias digitais dorsais e se unem para formar quatro veias metatarsais plantares. Estas seguem pelos espaços intermetatarsais e se conectam às veias dorsais, através de veias perfurantes. Depois, conectam-se umas às outras para formar o arco venoso plantar profundo. A partir deste arco, veias plantares mediais e laterais seguem próximas das suas artérias correspondentes: essas veias se comunicam com as veias safenas magna e parva (antes de formar as veias tibiais posteriores, atrás do maléolo medial). As veias tibiais posteriores acompanham a artéria tibial posterior. Elas recebem veias dos músculos da panturrilha, especialmente do plexo venoso no músculo sóleo, e se unem às veias superficiais e às veias fibulares. Estas últimas, que seguem juntamente com suas artérias, recebem tributárias do músculo sóleo e das veias superficiais.

As veias tibiais anteriores são continuações das veias satélites da artéria dorsal do pé. Elas deixam a região extensora entre a tíbia e a fíbula, passam através da extremidade proximal da membrana interóssea e unem-se às veias tibiais posteriores, na borda distal do músculo poplíteo, para formar a veia poplítea.

Bomba venosa (muscular)

Na posição de pé, o retorno venoso do membro inferior depende amplamente da atividade muscular, especialmente da contração dos músculos da panturrilha e do pé. Isso é conhecido como "bomba muscular", cuja eficiência é auxiliada pela fáscia profunda, firme. Veias perfurantes conectam a veia safena magna às veias profundas (particularmente próximo ao tornozelo, à parte distal da panturrilha e ao joelho). Suas válvulas são organizadas de modo a prevenir o refluxo sanguíneo das veias profundas para as superficiais. Em repouso, a pressão em uma veia superficial é igual à altura

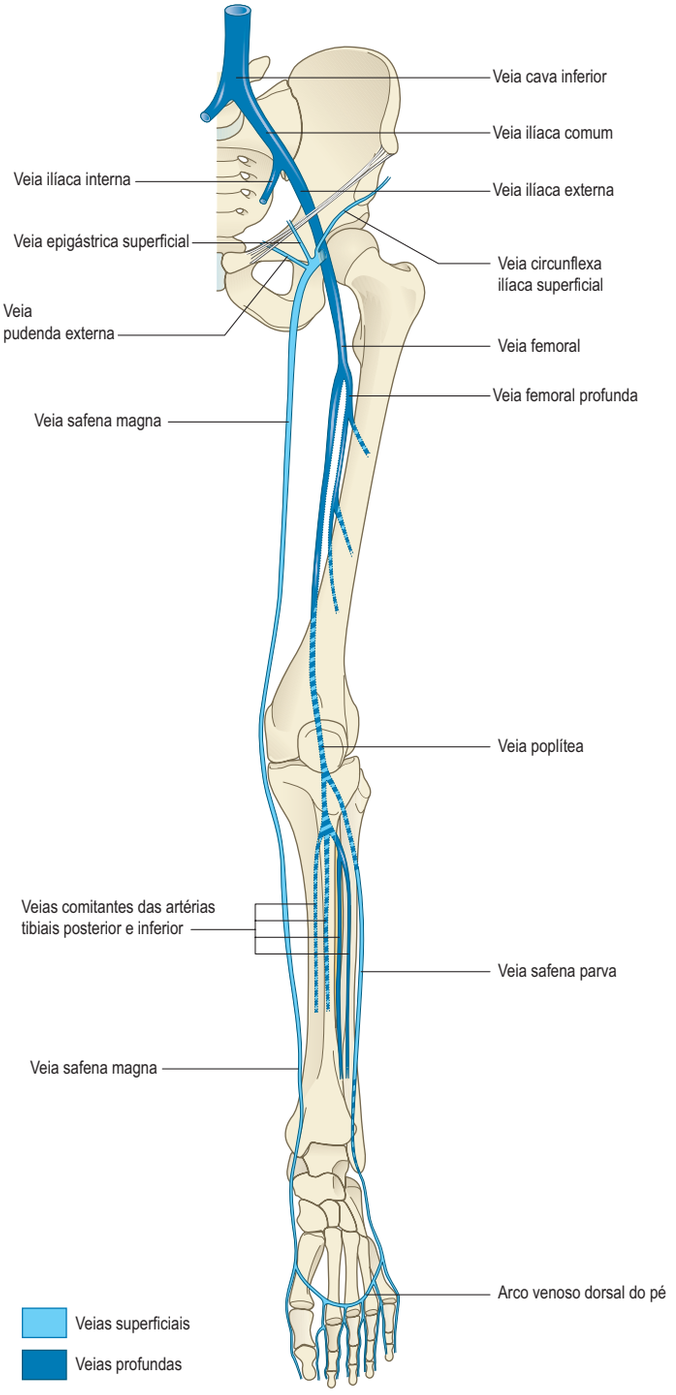


Fig. 79.8 Visão geral das veias do membro inferior.

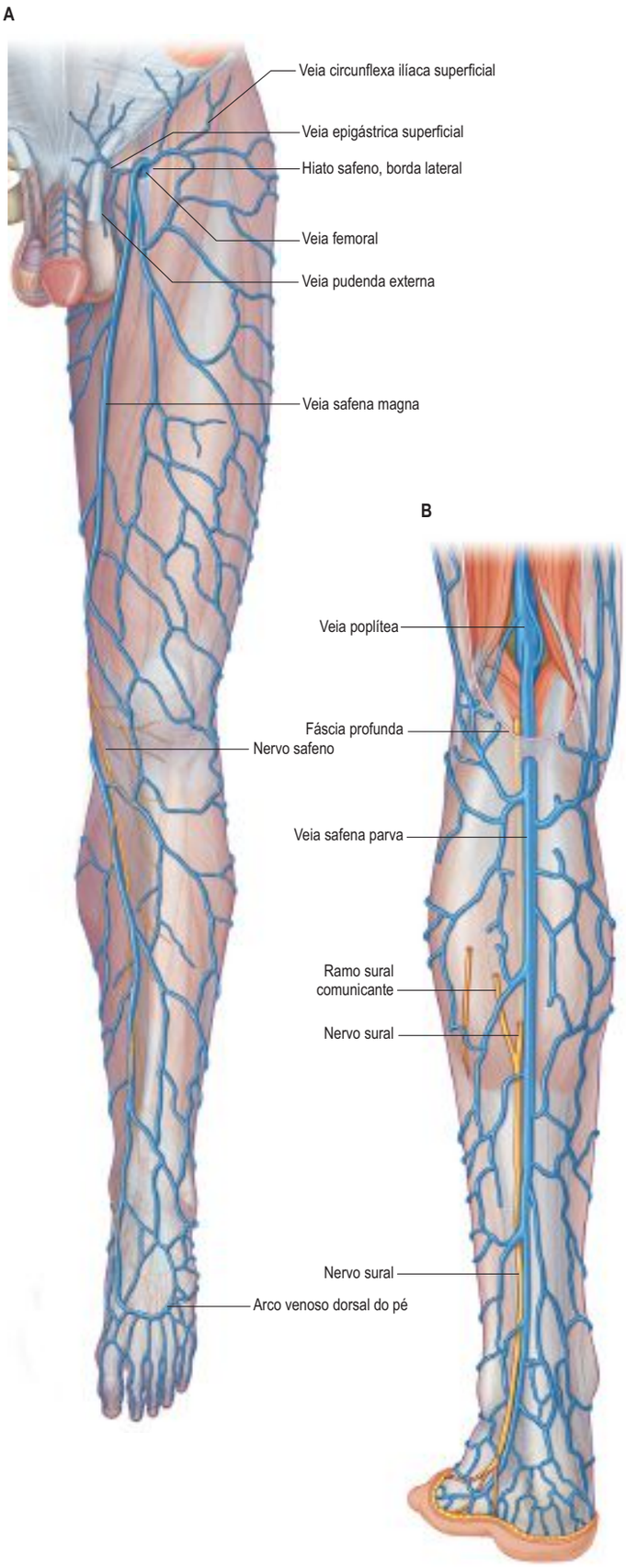


Fig. 79.9 A, A veia safena magna e suas tributárias. **B,** A veia safena parva e suas tributárias.

da coluna de sangue que se estende daquela veia até o coração. Quando os músculos da panturrilha se contraem, o sangue é bombeado em direção proximal nas veias profundas e é normalmente impedido de dirigir-se às veias superficiais pelas válvulas nas veias perfurantes. Durante o relaxamento muscular, o sangue é direcionado para dentro das veias profundas pelas veias superficiais. Se as válvulas das veias perfurantes tornarem-se incompetentes, essas veias tornam-se lugares de "vazamentos de alta pressão" durante a contração muscular, e as veias superficiais tornam-se dilatadas e varicosas. Conexões perfurantes similares ocorrem na região anterolateral, em que varicosidades também podem ocorrer. A incompetência das válvulas nas veias de conexão entre a veia safena magna e a veia femoral no canal dos adutores podem predispor ao aparecimento de varicosidades superficiais na face medial da coxa (Dodd & Cockett, 1976).

Plexos venosos

Os plexos venosos podem ser intramusculares (sóleo) ou intermusculares (pé e região glútea). Os plexos se comunicam com as veias profundas que seguem axialmente e são componentes do mecanismo de "bomba muscular".

DRENAGEM LINFÁTICA

A maior parte da linfa do membro inferior atravessa um grande grupo de linfonodos inguinais intermediários (Fig. 79.10). Os linfonodos periféricos são poucos e localizam-se profundamente. À exceção de um linfonodo

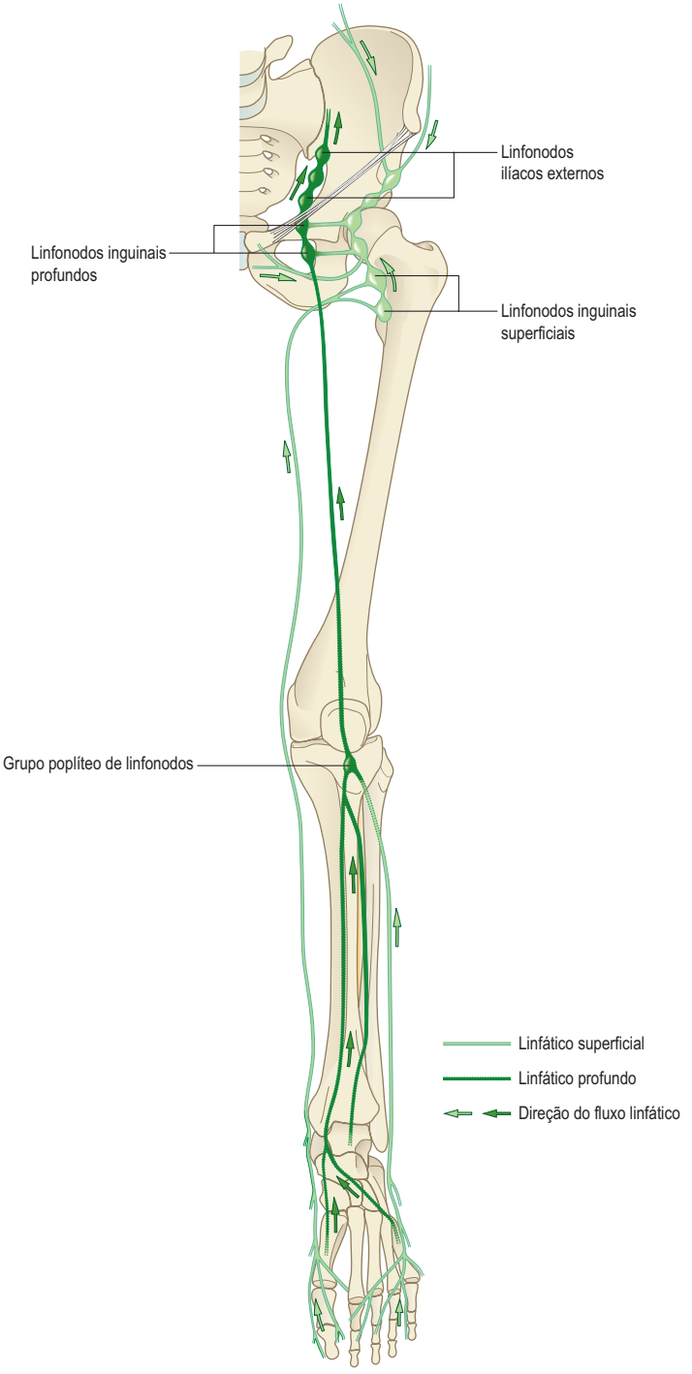


Fig. 79.10 Visão geral dos linfáticos do membro inferior.

inconsistente localizado proximalmente na membrana interóssea (próximo aos vasos tibiais anteriores), estes ocorrem somente na fossa poplítea. Linfonodos poplíteos dilatados podem ser palpados ao longo da linha dos vasos poplíteos ao suportar o peso do joelho e movimentar o mesmo passivamente da extensão para a semiflexão. Linfonodos inguinais são encontrados superficial e profundamente em relação à fáscia profunda. Os linfonodos profundos são poucos e se localizam ao longo da face medial da veia femoral. Os linfonodos superficiais podem ser divididos em um grupo vertical mais baixo, que cobre a porção proximal da veia safena magna, e um grupo mais alto que repousa paralelamente ao ligamento inguinal (porém, abaixo), que está relacionado à veia circunflexa ilíaca superficial e aos vasos pudendos externos superficiais. A linfa do membro inferior passa dos linfonodos inguinais para os linfonodos ilíacos comum e externo, e drenam, em última instância, para o grupo aórtico lateral. A linfa da região glútea profunda alcança o mesmo grupo através das cadeias ilíacas comum e interna.

Tecidos superficiais

Os vasos linfáticos superficiais iniciam-se em plexos subcutâneos. Vasos reunidos deixam o pé medialmente, ao longo da veia safena magna, ou lateralmente, com a veia safena parva. Os vasos mediais são maiores e mais numerosos; eles têm início na margem tibial do dorso do pé, ascendem anterior ou posteriormente ao maléolo medial e acompanham a veia safena magna. Eles drenam para os linfonodos inguinais superficiais distais. Os vasos laterais se iniciam na margem fibular do dorso do pé; alguns cruzam em sentido anterior e medial na perna para se unirem aos vasos mediais e depois passam para os linfonodos inguinais superficiais distais. Outros acompanham a veia safena parva e drenam para os linfonodos poplíteos. Vasos linfáticos superficiais da região glútea dirigem-se anteriormente para os linfonodos inguinais superficiais proximais.

Tecidos profundos

Os vasos linfáticos profundos acompanham os vasos tibial, fibular, poplíteo e femoral (anteriores e posteriores). Os vasos profundos da perna e do pé são interrompidos por linfonodos poplíteos; aqueles da coxa passam para os linfonodos inguinais profundos. Os vasos profundos das regiões glútea e isquiática seguem seus vasos sanguíneos correspondentes. Aqueles que acompanham os vasos glúteos superiores terminam em um linfonodo próximo à parte intrapélvica da artéria glútea superior (adjacentes à margem superior do forame isquiático maior), enquanto aqueles que seguem os vasos glúteos inferiores atravessam um ou dois dos pequenos linfonodos abaixo do músculo piriforme e passam para os linfonodos ilíacos internos.

INERVAÇÃO

VISÃO GERAL DOS PLEXOS LOMBAR E SACRAL

Os nervos derivados dos plexos lombar e sacral inervam o membro inferior (Fig. 79.11). O plexo lombar está localizado profundamente por dentro do músculo psoas maior, anteriormente aos processos transversos das três primeiras vértebras lombares. O plexo sacral localiza-se na pelve, na face anterior do músculo piriforme, externamente à fáscia da pelve, que o separa dos vasos pudendo e glúteo inferior. O tronco lombossacral (L4 e L5) emerge medialmente ao músculo psoas maior (na parede abdominal posterior) e repousa sobre a asa do sacro, antes de cruzar a extremidade pélvica para unir-se ao ramo anterior de S1.

Lesões dos plexos lombar e sacral

A localização profunda e protegida dos plexos significa que lesões nos mesmos não são comuns. O plexo lombar pode estar envolvido em patologias retroperitoneais e o plexo sacral pode ser invadido por uma malignidade pélvica em expansão. Ambos podem estar envolvidos em reticuloses, podem ser afetados por neuromas plexiformes ou podem ser danificados em fraturas da região lombar da coluna vertebral e da pelve (ou em outras condições que causam severa hemorragia retroperitoneal e pélvica). Lesões temporárias podem ocorrer após a gravidez e o parto; por exemplo, após um parto de um bebê grande com utilização de fórceps. A dor (que pode ser difusa) é a característica mais comum e, normalmente, ocorre envolvimento clínico de várias raízes.

VISÃO GERAL DOS PRINCIPAIS NERVOS DO MEMBRO INFERIOR

Nervo femoral (L2-4)

O nervo femoral é o nervo do compartimento anterior da coxa. Origina-se das divisões posteriores do segundo ao quarto ramos anteriores lombares, desce através do músculo psoas maior e emerge em sua borda lateral para passar entre os músculos psoas e ilíaco. Esse nervo entra na coxa por trás do ligamento inguinal, lateralmente à bainha femoral. Seus ramos terminais formam-se no trígono femoral, aproximadamente 2 cm distais ao ligamento inguinal. No abdome, o nervo emite pequenos ramos para o músculo ilíaco e um ramo para a parte proximal da artéria femoral. Subsequentemente, supre uma vasta área cutânea nas partes anterior e medial da coxa, parte medial da perna e pé; também emite ramos articulares para o quadril e o joelho. O nervo femoral é descrito em detalhes na página 1383.

Nervo obturatório (L2-4)

O nervo obturatório é o nervo do compartimento medial da coxa. Surge a partir das divisões anteriores do segundo ao quarto ramos anteriores lombares, desce através do músculo psoas maior e emerge de sua borda medial na extremidade pélvica. Este nervo cruza a articulação sacroilíaca por trás da artéria ilíaca comum e lateralmente aos vasos ilíacos internos, segue ao longo da parede lateral da pelve (medialmente ao músculo

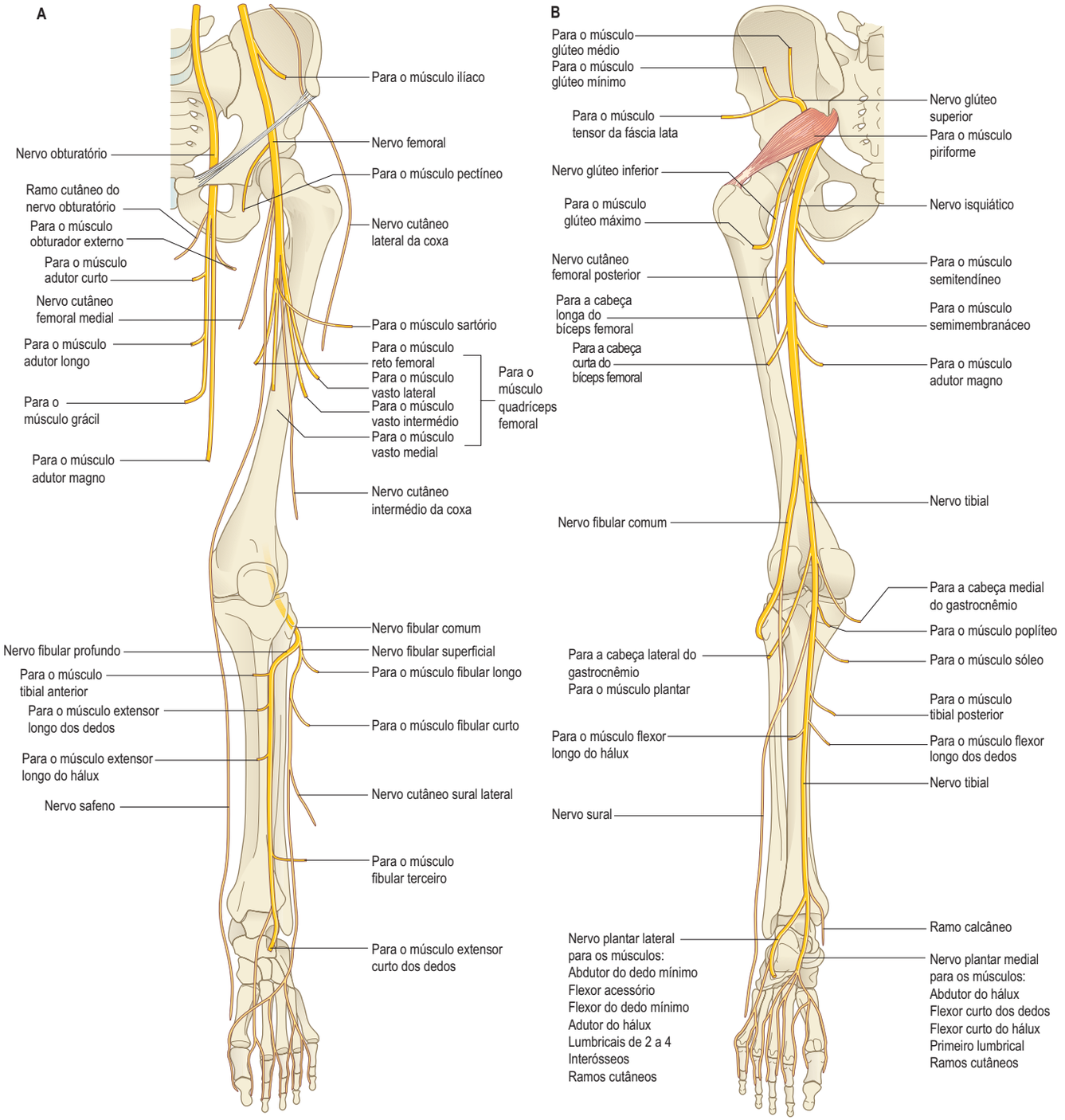


Fig. 79.11 Nervos do membro inferior, seus ramos cutâneos e ramos musculares. **A**, Face anterior. **B**, Face posterior. O adutor magno tem inervação dupla.

obturador interno) e entra na coxa pela parte superior do forame obturado. Próximo ao forame divide-se nos ramos anterior e posterior que são separados, primeiramente, por parte do músculo obturador externo e, mais distalmente, pelo músculo adutor curto. Emite ramos articulares para o quadril e o joelho, e pode suprir a pele na região medial da coxa e na perna. O nervo obturatório é descrito em detalhes na página 1383.

Nervo isquiático (L4, L5, S1-3)

O nervo isquiático é o nervo do compartimento posterior da coxa e, através de seus grandes ramos, de todos os compartimentos da perna e do pé. Formado na pelve pelos ramos anteriores do quarto nervo espinal lombar ao terceiro nervo espinal sacral, tem tipicamente 2 cm de largura em sua origem e é o nervo mais espesso do corpo. Esse nervo entra no membro inferior via forame isquiático maior (abaixo do músculo piriforme) e desce entre o túber isquiático e o trocanter maior. O nervo passa ao longo da parte posterior da coxa, onde é cruzado pela cabeça longa do músculo bíceps femoral, e divide-se nos nervos tibial e fibular comum (próximo ao joelho): o nível da bifurcação é variável. Os nervos tibial e fibular comum são estruturalmente separados e somente frouxamente unidos dentro do nervo isquiático. O nervo tibial deriva das divisões anteriores do plexo sacral, já o nervo fibular comum é formado pelas divisões posteriores do plexo. O nervo isquiático emite ramos articulares que suprem a articulação do quadril, através de sua cápsula posterior (esses ramos são, algumas vezes, derivados diretamente do plexo sacral), e a articulação do joelho. Todos os músculos do jarrete, incluindo a porção isquiática do músculo adutor magno (mas não a cabeça curta do músculo bíceps femoral), são supridos pelo componente medial (tibial) do nervo isquiático. A cabeça curta do músculo bíceps femoral é suprida pelo com-

ponente lateral do nervo (fibular comum). O nervo isquiático é descrito em detalhes na página 1384.

Nervo tibial (L4, L5, S1-3)

O nervo tibial deriva das divisões anteriores do plexo sacral. Desce ao longo da parte posterior da coxa e da fossa poplítea para a borda distal do músculo poplíteo, depois passa anteriormente para o arco do músculo sóleo com a artéria poplítea e continua na perna. Na fossa poplítea, o nervo tibial localiza-se lateralmente aos vasos poplíteos, torna-se superficial a estes no joelho e cruza para a borda medial da artéria. Na perna, é o nervo do compartimento posterior e desce juntamente com os vasos tibiais posteriores para se posicionar entre o calcanhar e o maléolo medial. Este nervo termina abaixo do retináculo dos músculos flexores e ramifica-se nos nervos plantares, medial e lateral. O nervo tibial supre ramos articulares para o joelho e o tornozelo. Sua área cutânea de suprimento, inclusive seus ramos terminais, inclui a região posterior da panturrilha, a planta em sua totalidade, a borda lateral do pé e as bordas medial e lateral do calcanhar. O nervo tibial é descrito em detalhes na página 1427.

Nervo fibular comum (L4, L5, S1, S2)

O nervo fibular comum deriva-se das divisões posteriores do plexo sacral. Na perna, é o nervo dos compartimentos anterior e lateral. Desce obliquamente ao longo da borda lateral da fossa poplítea para a cabeça da fíbula, posiciona-se entre o tendão do músculo bíceps femoral e cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, depois se curva lateralmente para o colo da fíbula e repousa sobre o osso (profundamente ao músculo fibular longo); divide-se nos nervos fibulares superficial e profundo. Antes de se dividir, emite ramos articulares (para o joelho e para as articulações tibiofibulares superiores) e ramos cutâneos. A área cutânea suprida pelo nervo fibular comum e seus ramos terminais inclui as superfícies anterolateral e lateral da perna e a maior parte do dorso do pé. O nervo fibular comum é descrito em detalhes na página 1427.

Nervos glúteos

Os nervos glúteos surgem a partir das divisões posteriores do plexo sacral. O nervo glúteo superior (L4, L5, S1) deixa a pelve através da incisura isquiática maior (acima do músculo piriforme) e supre os músculos glúteos médio e mínimo, o músculo tensor da fáscia lata e a articulação do quadril. O nervo glúteo inferior (L5, S1, S2) passa através da incisura isquiática maior (abaixo do músculo piriforme) e supre o músculo glúteo máximo. Os nervos glúteos são descritos em detalhes na página 1384.

INERVAÇÃO AUTÔNOMA

O suprimento autônomo para os membros é exclusivamente simpático. O influxo simpático pré-ganglionar para o membro inferior é derivado de neurônios que se localizam no corno lateral dos segmentos torácicos inferiores da medula espinal (T10, T11 e T12) e lombares superiores (L1, L2). Fibras passam em ramos comunicantes brancos para a cadeia simpática e fazem sinapse nos gânglios lombar e sacral. Fibras pós-ganglionares passam em ramos comunicantes cinzentos para entrarem nos plexos lombares e sacrais; muitas dessas fibras são distribuídas via ramos cutâneos dos nervos derivados desses plexos. Os vasos sanguíneos do membro inferior recebem seu suprimento simpático através dos nervos periféricos adjacentes. Fibras pós-ganglionares que acompanham as artérias ilíacas destinam-se principalmente à pelve, mas podem suprir os vasos da região superior da coxa.

Simpatectomia lombar cirúrgica ou química pode ser indicada em doenças arteriais e no tratamento da hiperidrose plantar; também pode ser utilizada para tratar a dor no repouso, outros problemas sensoriais desagradáveis na doença arterial ou a causalgia. O segmento da cadeia que contém o segundo e o terceiro gânglios lombares é removido, mas a preservação do primeiro gânglio lombar parece diminuir o risco de problemas ejaculatórios.

MOVIMENTOS, MÚSCULOS E INERVAÇÃO SEGMENTAR

Muitos músculos dos membros são inervados por neurônios derivados de mais de um segmento da medula espinal. A origem segmentar predominante do suprimento nervoso para cada um dos músculos do membro inferior e para os movimentos que acontecem nas articulações desses membros encontra-se resumida nas Tabelas 79.1 – 79.4. A cor vermelha foi utilizada na Tabela 79.3 para chamar a atenção daqueles músculos ou movimentos que têm valor diagnóstico (ver adiante): danos nestes segmentos ou em suas raízes motoras resultam em paralisia máxima. Os resultados têm base em evidências clínicas (Sharrad, 1995). As informações a seguir devem ser mantidas em mente ao consultar essas tabelas.

Movimentos No nível de controle do sistema nervoso central, os músculos não são reconhecidos individualmente, mas como componentes de movimento, e podem, portanto, contribuir para vários tipos de movimento, agindo como motores primários, antagonistas, fixadores ou sinergistas. Alguns músculos foram incluídos em mais de um lugar na Tabela 79.3, com base no fato de que um músculo que age através de uma articulação pode produzir uma combinação de movimentos (p. ex., flexão com rotação medial ou extensão com adução) e que um músculo que cruza duas articulações pode produzir mais de um movimento. Deve-se lembrar também que essas listagens não são completas.

Raízes nervosas Não existe consenso universal no que diz respeito à contribuição das raízes nervosas individuais para músculos individuais: as identificações mais positivas, que são limitadas, foram obtidas através de estimulação elétrica de raízes espinais e gravações da atividade eletromiográfica evocada nos músculos. Muitas das informações nas Tabelas 79.1 – 79.4 têm, desta forma, base na experiência neurológica adquirida através dos exames dos efeitos das lesões e algumas dessas informações não são recentes. Raízes nervosas que apresentam a cor turquesa inervam um músculo em grau similar (ou a diferença em sua contribuição ainda não foi descrita). O azul mais forte foi utilizado para indicar as raízes nervosas que, sabidamente, têm contribuição dominante. Contribuições menores foram mantidas na tabela a fim de aumentar sua utilidade em outros contextos, como eletromiografia e anatomia comparada.

Localização neurológica de uma lesão

Na prática clínica é necessário testar somente um pequeno número de músculos a fim de determinar a localização de uma lesão. Cada músculo a ser testado deve satisfazer determinados critérios. Os sinais devem ser visíveis, de forma que debilidades e fasciculações possam ser observadas e, ainda, a consistência muscular durante a contração possa ser sentida. Deve haver uma ação isolada, para que a função seja testada separadamente. O teste também deve diferenciar as lesões em diferentes níveis no neuroeixo e no nervo periférico, bem como entre os nervos periféricos. Deve-se testar de uma maneira que o normal seja diferenciado do anormal, de modo que uma leve fraqueza seja detectada precocemente com confiabilidade. Alguma preferência deve ser dada aos músculos cujos reflexos

Tabela 79.1 Inervação segmentar dos músculos do membro inferior

L1	Psoas maior, psoas menor
L2	Psoas maior, ilíaco, sartório, grácil, pectíneo, adutor longo, adutor curto
L3	Quadríceps femoral, adutores (magno, longo, curto)
L4	Quadríceps femoral, tensor da fáscia lata, adutor magno, obturador externo, tibial anterior, tibial posterior
L5	Glúteo médio, glúteo mínimo, obturador interno, semimembranáceo, semitendíneo, extensor longo do hálux, extensor longo dos dedos, fibular terceiro, poplíteo
S1	Glúteo máximo, obturador interno, piriforme, bíceps femoral, semitendíneo, poplíteo, gastrocnêmio, solear, fibular longo, fibular curto, extensor curto dos dedos
S2	Piriforme, bíceps femoral, gastrocnêmio, sóleo, flexor longo dos dedos, flexor longo do hálux, alguns músculos intrínsecos do pé
S3	Alguns músculos intrínsecos do pé (exceto o abdutor do hálux, flexor curto do hálux, flexor curto dos dedos, extensor curto dos dedos)

Tabela 79.2 Inervação segmentar dos movimentos articulares do membro inferior

Quadril	Flexores, adutores, rotadores mediais	L1–3
	Extensores, abdutores, rotadores laterais	L5, S1
Joelho	Extensores	L3,4
	Flexores	L5, S1
Tornozelo	Dorsiflexores	L4, 5
	Flexores plantares	S1, 2
Pé	Inversores	L4, 5
	Eversores	L5, S1
	Músculos intrínsecos	S2, 3

Tabela 79.3 **Movimentos, músculos e inervação segmentar do membro inferior. Músculos e movimentos que têm valor diagnóstico estão escritos em vermelho**

Articulação	Movimento	Músculo	Inervação	L1	L2	L3	L4	L5	S1	S2	S3
QUADRIL	FLEXÃO	Psoas maior	nn. espinais								
		Ilíaco	n. femoral								
		Pectíneo	n. femoral								
		Reto femoral	n. femoral								
		Adutor longo	n. obturatório								
		Sartório	n. femoral								
	EXTENSÃO	Glúteo máximo	n. glúteo inferior								
		Adutor magno	nn. tibial e obturatório								
		Posteriores da coxa	nn. tibiais (principalmente)								
	ROTAÇÃO MEDIAL	Ilíaco	n. femoral								
		Glúteos médio e mínimo	n. glúteo superior								
		Tensor da fáscia lata	Superior gluteal n.								
	ROTAÇÃO LATERAL	Gêmeos superior e inferior	plexo lombossacral								
		Quadrado femoral	plexo lombossacral								
		Piriforme	plexo lombossacral								
		Obturador interno	plexo lombossacral								
		Obturador externo	n. obturatório								
		Sartório	n. femoral								
	ADUÇÃO	Grácil	n. obturatório								
		Adutor longo	n. obturatório								
		Adutor magno	nn. obturatório e tibial								
		Adutor curto	n. obturatório								
		Pectíneo	n. femoral								
	ABDUÇÃO	Tensor da fáscia lata	n. glúteo superior								
		Glúteos médio e mínimo	n. glúteo superior								
		Piriforme	plexo lombossacral								
JOELHO	FLEXÃO	Posteriores da coxa									
		Semimembranáceo	n. tibial								
		Semitendíneo	n. tibial								
		Bíceps femoral	nn. tibial e fibular comum								
		Gastrocnêmio	n. tibial								
	EXTENSÃO	Quadríceps femoral:									
		Reto femoral	n. femoral								
		Vasto lateral	n. femoral								
		Vasto intermédio	n. femoral								
		Vasto medial	n. femoral								
TORNOZELO	DORSIFLEXÃO	Tibial anterior	n. fibular profundo								
		Extensor longo dos dedos	n. fibular profundo								
		Extensor longo do hálux	n. fibular profundo								
		Fibular terceiro	n. fibular profundo								
	FLEXÃO PLANTAR	Gastrocnêmio	n. tibial								
		Sóleo	n. tibial								
		Flexor longo dos dedos	n. tibial								
		Flexor longo do hálux	n. tibial								
		Fibular longo	n. fibular superficial								
		Tibial posterior	n. tibial								
	INVERSÃO	Tibial anterior	n. fibular profundo								
		Tibial posterior	n. tibial								
	EVERSÃO	Fibular longo	n. fibular superficial								
		Fibular terceiro	n. fibular profundo								
		Fibular curto	n. fibular superficial								
DEDOS	FLEXÃO	Flexor longo dos dedos	n. tibial								
		Flexor longo do hálux	n. tibial								
		Flexor curto do hálux	n. plantar medial								
		Flexor curto dos dedos	n. plantar medial								
		Quadrado plantar	n. plantar lateral								
		Flexor curto do dedo mínimo	n. plantar lateral								
		Abdutor do hálux	n. plantar medial								
		Abdutor do dedo mínimo	n. plantar lateral								
		Lumbricais	nn. plantar medial e lateral								
	EXTENSÃO	Extensor longo dos dedos	n. fibular profundo								
		Extensor longo do hálux	n. fibular profundo								
		Extensor curto dos dedos	n. fibular profundo								
	ABDUÇÃO	Abdutor do hálux	n. plantar medial								
		Abdutor do dedo mínimo	n. plantar lateral								
		Interósseos dorsais	n. plantar lateral								
	ADUÇÃO	Interósseos plantares	n. plantar lateral .								
		Adutor do hálux	n. plantar lateral.								

As células sombreadas em azul mais forte indicam as rotas nervosas que certamente têm contribuição dominante. Aquelas sombreadas na cor turquesa indicam as rotas nervosas cujas contribuições são similares.

Tabela 79.4 Os movimentos e músculos testados para determinar a localização de uma lesão no membro inferior

Movimento	Músculo	Neurônio motor superior	Raiz	Reflexo	Nervo
Flexão de quadril	Iliopsoas	++	L1, 2		Femoral
Adução de quadril	Adutores		L2, 3	(+)	Obturatório
Extensão de quadril	Glúteo máximo		L5, S1		Isquiático
Flexão de joelho	Posteriores da coxa	+	S1		Isquiático
Extensão de joelho	Quadríceps femoral		L3, 4	++	Femoral
Dorsiflexão do tornozelo	Tibial anterior	++	L4		Fibular profundo
Eversão do tornozelo	Fibulares longo e curto		L5, S1		Fibular superficial
Inversão do tornozelo	Tibial posterior		L4, 5		Tibial
Flexão plantar do tornozelo	Gastrocnêmio e sóleo		S1, 2	++	Tibial
Extensão do hálux	Extensor longo do hálux		L5	Reflexo de Babinski	Fibular profundo

Os músculos que aparecem na coluna "neurônio motor superior" são aqueles preferencialmente afetados por lesões de neurônio motor superior. O nível da raiz é o principal suprimento para um músculo.

sejam facilmente obtidos. A Tabela 79.4 mostra uma lista de movimentos e músculos escolhidos de acordo com estes critérios: na prática, esses testes devem ser combinados com testes de função sensorial. O conhecimento da sequência na qual os ramos motores deixam o nervo periférico para inervar músculos específicos é de grande ajuda na localização do nível da lesão.

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE

PONTOS DE REFERÊNCIA ESQUELÉTICOS

Pelve

Uma prega de pele oblíqua, a dobra da virilha, marca a junção da frente da coxa com a parede anterior do abdome e localiza-se distalmente ao ligamento inguinal (Fig.79.12). A espinha ilíaca anterossuperior localiza-se acima da extremidade lateral desta dobra e pode sempre ser palpada. Em sua extremidade medial, esta dobra alcança o tubérculo púbico. A partir da espinha ilíaca anterossuperior, a crista ilíaca é facilmente palpável ao longo de todo seu comprimento. Ela termina posteriormente como a espinha ilíaca posterossuperior, que pode ser sentida na depressão vista logo acima da nádega. Essa depressão localiza-se no nível do segundo segmento sacral, na altura da metade da articulação sacroilíaca, e na terminação do saco dural. O túber isquiático pode ser palpado na parte inferior da nádega. É coberto pelo músculo glúteo máximo quando a articulação do quadril está estendida, mas pode ser identificada sem dificuldade quando o quadril está em flexão: por exemplo na posição sentada, onde o túber emerge por debaixo da borda inferior do músculo glúteo máximo e torna-se subcutâneo, separado da pele somente por um coxim de gordura e pela bolsa sinovial isquiática. Nesta posição, o peso do corpo é suportado pelos túberes isquiáticos.

Fêmur

O trocanter maior do fêmur, a única parte palpável da epífise proximal deste osso, localiza-se na extensão da mão do indivíduo abaixo do ponto médio da crista ilíaca. Pode ser visto e sentido como uma proeminência em frente ao espaço morto do lado da região glútea. A epífise distal do fêmur posiciona-se menos profundamente. Quando o joelho é flexionado passivamente, tanto a face medial do côndilo medial como a face lateral do côndilo lateral do fêmur podem ser palpadas; porções da face articular femoral podem ser examinadas em cada um dos lados da parte inferior da patela.

Patela

A patela pode ser identificada prontamente. Quando o músculo quadríceps femoral está relaxado com o joelho completamente estendido, a patela pode ser balançada e movimentada sobre a epífise distal do fêmur. O limite inferior da patela repousa mais de 1–2 cm acima da linha da articulação do joelho (Figs. 73.13 e 73.14).

Joelho

A patela e os côndilos medial e lateral do fêmur foram descritos anteriormente. Os côndilos da tíbia formam pontos de referência visíveis e palpáveis dos lados medial e lateral do tendão do músculo quadríceps femoral (Fig. 79.13). Este último pode ser traçado para baixo a partir do ápice da patela em direção à tuberosidade da tíbia e pode ser visto e sentido facilmente. Quando o joelho está flexionado, as margens anteriores dos côndilos da tíbia podem ser sentidas: cada uma delas forma o limite inferior da depressão ao lado do tendão do músculo quadríceps femoral. O côndilo lateral é o mais proeminente dos dois. A linha articular da articulação tibiofemoral corresponde às margens superiores dos côndilos da tíbia e pode ser representada por uma linha desenhada ao redor do membro inferior neste nível. Os cornos anteriores dos meniscos repousam nos ângulos formados entre esta linha e as bordas do tendão do músculo quadríceps femoral. O trato iliotibial insere-se em uma proeminência, o tubérculo do trato iliotibial (de Gerdy), na face anterior do côndilo lateral, que se localiza, geralmente, 1 cm abaixo da linha articular e 2 cm lateralmente à tuberosidade da tíbia .

A cabeça da fíbula forma uma elevação sutil na superfície da parte superior da face posterolateral da perna. Localiza-se verticalmente, abaixo da parte posterior do côndilo lateral do fêmur, não menos que 1 cm abaixo do nível da articulação do joelho.

Perna e tornozelo

A superfície medial subcutânea da tíbia corresponde à face anteromedial plana da perna. Acima, esta face une-se ao côndilo medial da tíbia; abaixo, é contínua com a proeminência do maléolo medial da tíbia (Fig. 79.14 A). A borda anterior sinuosa da tíbia pode ser sentida distintamente através da maior parte de sua extensão, mas inferiormente é um tanto mascarada pelo tendão do tibial anterior, que se localiza em sua face lateral. O maléolo lateral da fíbula forma uma projeção conspícua na região lateral do tornozelo: desce para um nível mais distal que o maléolo medial e localiza-se em um plano mais posterior (Fig. 79.14 B). A face lateral do maléolo lateral é contínua, superiormente, com uma área subcutânea triangular alongada da região inferior da fíbula. A parte lateral da margem anterior da extremidade inferior da tíbia pode ser imediatamente detectada, em frente à base do maléolo lateral; a linha da articulação do tornozelo pode ser estimada a partir da mesma.

Pé

A parte anterior da face superior do calcâneo pode ser identificada um pouco à frente do maléolo lateral no dorso do pé. Quando o pé é invertido passivamente, as partes lateral e superior da cabeça do tálus podem ser vistas e sentidas 3 cm anteriormente à extremidade distal da tíbia; na posição de dorsiflexão, os tendões dos músculos extensores dificultam a visualização do tálus.

As faces posteriores dos corpos dos ossos metatarsais podem ser sentidas com alguma distinção, embora elas possam ser obscurecidas pelos tendões dos músculos extensores dos dedos. A tuberosidade do quinto metatarsal forma uma projeção distinta, que pode ser vista e sentida a meio caminho da borda lateral do pé.

A superfície plana lateral do calcâneo pode ser palpada na face lateral do calcanhar e pode ser traçada para adiante abaixo do maléolo lateral, na qual se encontra escondida pelos tendões dos músculos fibulares longo e curto. O tubérculo fibular, quando suficientemente grande, pode ser sentido 2 cm abaixo da ponta do maléolo lateral. Uma depressão palpável logo antes do maléolo lateral leva à extremidade lateral do seio do tarso.

Na borda medial do pé, o sustentáculo do tálus no calcâneo pode ser sentido 2 cm, verticalmente, abaixo do maléolo medial. A face medial do calcâneo pode ser sentida (indistintamente) abaixo e para trás do susten-

táculo do tálus. O ponto de referência ósseo mais visível na borda medial do pé é a tuberosidade do navicular, que geralmente é visível e sempre pode ser sentida (2,5 cm anteriormente ao sustentáculo do tálus). Anteriormente ao navicular, o osso cuneiforme medial pode ser identificado ao seguir-se o tendão do músculo tibial anterior dentro deste. As porções superior e medial da articulação entre o cuneiforme medial e o primeiro metatarsal podem ser sentidas como um sulco estreito.

Quando o pé é colocado no solo, ele se apoia na parte posterior da face inferior do calcâneo, nas cabeças dos ossos metatarsais e, em menor grau, em sua borda lateral. O arco plantar, que corresponde à parte medial do arco longitudinal do pé, é elevado do solo. Os processos medial e lateral da tuberosidade do calcâneo podem ser identificados na parte posterior da face inferior do calcâneo, porém são obscurecidos pelo rígido coxim fibrogorduroso que os cobre. As cabeças dos ossos metatarsais são, similarmente, recobertas por um coxim espesso e formam a massa esférica do pé. Neste nível, o pé está em sua porção mais dilatada e refletem os ossos metatarsais ligeiramente chatos conforme passam anteriormente.

A articulação calcaneocubóidea localiza-se 2 cm atrás da tuberosidade do quinto osso metatarsal e está praticamente na mesma linha que a articulação talonavicular, cuja posição pode ser estimada através da posição da cabeça do tálus. As articulações tarsometatarsais posicionam-se em uma linha na direção da tuberosidade do quinto metatarsal até a articulação tarsometatarsal do hálux. Esta última, quando não pode ser sentida na borda medial do pé, pode ter sua posição indicada 2,5 cm à frente da tuberosidade do navicular. A articulação entre o segundo metatarsal e o cuneiforme intermédio repousa 2–3 mm atrás da linha das demais articulações tarsometatarsais. As articulações metatarsofalângicas ficam 2,5 cm atrás das membranas dos dedos.

PONTOS DE REFERÊNCIA MUSCULOTENDÍNEOS E LIGAMENTARES

Glúteo e quadril

A grande proeminência da nádega é causada pelo deslizamento anterior da pelve (que desloca o ísquio posteriormente), pelo tamanho do glúteo máximo e pela grande quantidade de gordura subcutânea.

O sulco infraglúteo horizontal marca o limite superior da face posterior da coxa. Ela não corresponde à borda inferior do glúteo máximo, mas é causada por conexões fibrosas entre a pele e a fáscia profunda. A fenda interglútea, que separa as nádegas inferiormente, inicia-se acima, na terceira ou quarta vértebra sacral. A borda superior do glúteo máximo tem início na crista ilíaca (3 cm lateralmente à espinha ilíaca posterossuperior) e dirige-se para baixo e lateralmente em direção ao ápice do trocanter maior. Sua borda inferior corresponde à linha traçada a partir do túber isquiático e passa pelo ponto médio do sulco infraglúteo, que se dirige para um ponto 9 cm abaixo do trâcanter maior (Fig. 79.15). Embora o glúteo máximo se sobreponha ao túber isquiático na posição de pé, na posição sentada este desliza superiormente por trás do túber isquiático e o deixa livre para suportar peso. Pode-se sentir a contração deste músculo quando o quadril é estendido contra resistência.

O músculo glúteo médio cobre completamente o músculo glúteo mínimo subjacente. Ambos os músculos repousam sobre uma suave depressão superior e lateral ao músculo glúteo máximo e inferior à porção anterior da crista ilíaca. Esses músculos constituem os principais abdutores do quadril e são percebidos quando se pede que o indivíduo fique de pé, em um pé só. Os músculos ipsilaterais contraem e balanceiam a pelve a fim de estabilizar o centro de gravidade; o sulco infraglúteo contralateral se eleva. Se os abdutores do quadril ficarem paralisados, por exemplo no deslocamento congênito do quadril ou em uma fratura continuada do colo do fêmur, este mecanismo é perturbado e o balanceio da pelve não acontece. Na verdade, quando o paciente apoia-se sobre o quadril afetado, a pelve desliza para baixo no lado contralateral (sinal de Trendelenburg).

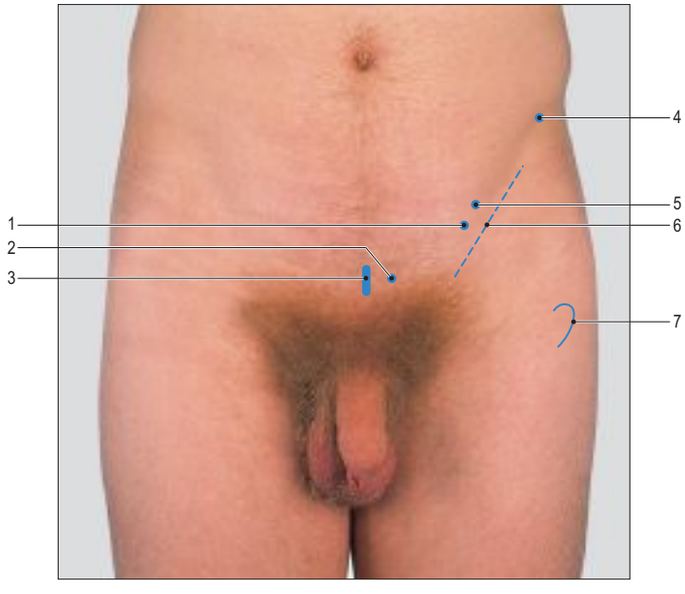


Fig. 79.12 Região inguinal. **1.** Ponto médio inguinal. **2.** Tubérculo púbico. **3.** Sínfise púbica. **4.** Espinha ilíaca anterossuperior. **5.** Ponto médio do ligamento inguinal. **6.** Prega da virilha. **7.** Trocanter maior. (Com permissão de Lumley JSP, 2002, Surface Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

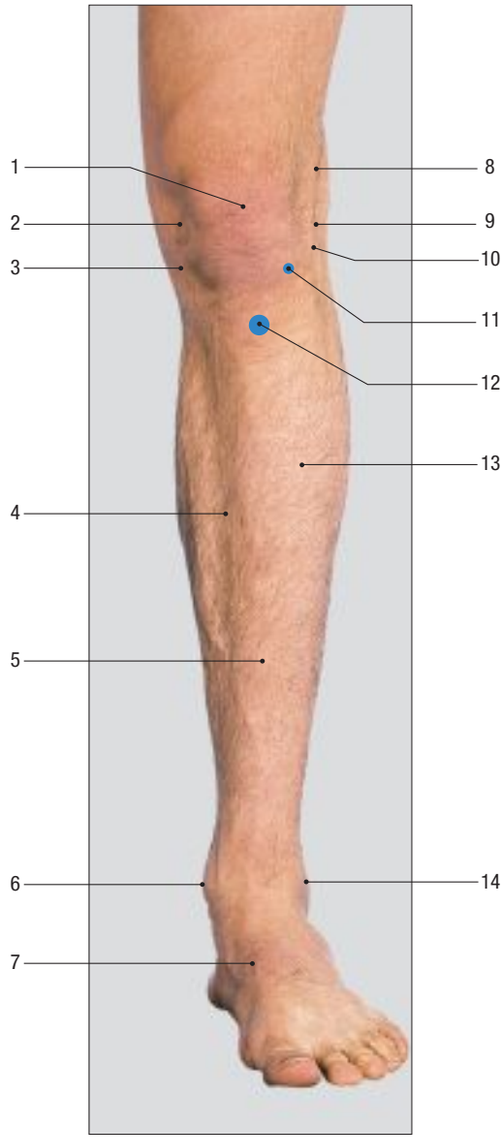


Fig. 79.13 Face anterior do joelho e da perna. **1.** Patela. **2.** Côndilo medial do fêmur. **3.** Côndilo medial da tíbia. **4.** Face medial da diáfise da tíbia. **5.** Borda anterior da tíbia. **6.** Maléolo medial. **7.** Tendão do músculo tibial anterior. **8.** Trato iliotibial. **9.** Côndilo lateral do fêmur. **10.** Linha articular do joelho. **11.** Tubérculo do trato iliotibial (de Gerdy) na face anterior do côndilo lateral da tíbia. **12.** Tuberosidade da tíbia. **13.** Compartimento anterior da perna. **14.** Maléolo lateral. (Com permissão de Lumley JSP, 2002, Surface Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

Coxa

O ligamento inguinal pode ser notado ao passar entre a espinha ilíaca anterossuperior e o tubérculo púbico quando a coxa é abduzida e rotacio-

nada externamente. Logo abaixo do ligamento inguinal, mas em sentido horizontal, encontra-se a linha de flexão do quadril (linha de Holden), onde a camada profunda da fáscia superficial do abdome encontra a fáscia lata da coxa.

A depressão rasa imediatamente abaixo da dobra da virilha corresponde ao trígono femoral. Este é limitado em sua borda lateral pelo músculo sartório (músculo semelhante a uma tira), que pode ser visto e palpado (em um indivíduo magro e com músculos desenvolvidos) quando o quadril é flexionado na posição sentada, enquanto se mantém o joelho em extensão (especialmente quando a coxa está ligeiramente abduzida e rotacionada lateralmente). Pode-se seguir o trajeto do músculo sartório para baixo e medialmente, a partir da espinha ilíaca anterossuperior até, aproximadamente, o ponto médio da borda medial da coxa; distalmente, pode ser identificado como uma crista longitudinal macia que passa em direção à parte posterior do côndilo medial do fêmur. O grupo dos músculos adutores forma a massa de carne proeminente na parte superior da região medial da coxa. A borda medial do músculo adutor longo forma o limite medial do trígono femoral e pode ser sentido como uma crista distinta quando a coxa é aduzida contra resistência. Em sua extremidade superior, seu tendão de origem, imediatamente abaixo do tubérculo púbico, pode ser identificado e palpado entre o polegar e o indicador, o que pode ser um ponto de referência útil.

A convexidade anterior da parte da frente da coxa é causada pela curvatura do fêmur coberta pela massa muscular do músculo quadríceps femoral. O músculo reto femoral aparece como uma crista e dirige-se caudalmente pela face anterior da coxa quando o indivíduo sentado flexiona o quadril com o joelho estendido. O músculo vasto medial constitui a saliência localizada acima e medialmente à patela. O músculo vasto lateral forma a elevação acima e lateralmente à patela, que é mais proximal e menos pronunciada que aquela do músculo vasto medial. O músculo vasto intermédio é escondido pelos outros três músculos que compõem o quadríceps femoral.

A aparência achatada da face lateral da coxa é produzida pelo trato iliotibial, que é uma porção espessada fáscia lata. O trato iliotibial aparece como uma crista forte visível na face lateral do joelho, tanto quando o joelho é estendido contra a gravidade, como quando o membro oposto é levantado do solo na posição de pé.

Joelho

A grande depressão que pode ser vista na parte de trás do joelho quando a articulação é flexionada ativamente contra resistência corresponde à fossa poplítea (Fig. 79.16). A dobra transversal de pele da fossa poplítea encontra-se 2–3 cm acima da linha da articulação tibiofemoral. A fossa é limitada em sua porção lateral pelo tendão proeminente do músculo bíceps femoral, que pode ser pinçado entre os dedos e seguido em direção caudal até a cabeça da fíbula. Três tendões podem ser percebidos na porção medial da fossa. O músculo semitendíneo é mais lateral e posterior, enquanto o músculo grácil é mais medial e anterior. Esses dois tendões aparecem distintamente e podem ser vistos quando o joelho é flexionado contra resistência e o membro é aduzido ativamente. O terceiro tendão é o do músculo semimembranáceo: localiza-se mais profundamente e pode ser sentido no espaço compreendido entre os tendões do músculo semitendíneo e do músculo grácil. É muito mais espesso que os dois outros tendões e alarga-se rapidamente conforme se dirige para cima. Distalmente, em indivíduos magros, a borda superior da pata de ganso pode ser palpada. As bordas superiores das duas cabeças do músculo gastrocnêmio formam os limites inferiores medial e lateral da fossa poplítea.

Fig. 79.14 A, Face medial do joelho, perna e pé. **1.** Linha articular do joelho. **2.** Tendão do músculo tibial posterior. **3.** Tuberosidade do navicular. **4.** Cuneiforme medial. **5.** Tendão do músculo quadríceps femoral. **6.** Face medial da tíbia. **7.** Borda anterior da tíbia. **8.** Maléolo medial. **9.** Tendão do músculo tibial anterior. **B,** Face lateral do joelho. **1.** Patela. **2.** Trato iliotibial. **3.** Tendão do músculo quadríceps femoral. **4.** Maléolo lateral. **5.** Tendão do músculo fibular terceiro. **6.** Tendão do músculo bíceps femoral. **7.** Cabeça da fíbula. **8.** Tendões dos músculos fibulares curto e longo. **9.** Tuberosidade do quinto metatarsal. (**A** e **B** com permissão de Lumley JSP, 2002, Surface Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

O ligamento colateral fibular pode ser sentido ao passar-se da ponta da cabeça da fíbula para o epicôndilo lateral do fêmur, quando o joelho está flexionado e uma pressão direcionada lateralmente é aplicada na região medial do mesmo. O ligamento patelofemoral medial pode ser percebido sobre o ponto médio entre a porção medial da patela e o epicôndilo medial do fêmur.

Perna

Os músculos no compartimento osteofascial anterior da perna formam uma pequena proeminência sobre os dois terços superiores de sua face anterolateral: essa proeminência é acentuada quando o pé faz dorsiflexão ativamente. No terço inferior da perna esses músculos são substituídos por seus tendões. O tendão do músculo tibial anterior pode ser visto lateralmente à borda anterior da tíbia, seguindo para baixo e medialmente através da parte anterior do tornozelo (Fig. 79.14 A). Os demais tendões não podem ser examinados satisfatoriamente acima do tornozelo. Imediatamente acima do maléolo medial e próximo à borda medial da tíbia, os tendões do músculo tibial posterior e do músculo flexor longo dos dedos podem ser sentidos (muito indistintamente) quando o pé é invertido ativamente em flexão plantar.

Na face lateral da perna, o músculo fibular longo pode ser visto como uma crista estreita durante a eversão ativa em flexão plantar do pé. Esse músculo recobre e esconde o músculo fibular curto. Ambos os músculos cobrem a face lateral da fíbula, o que significa que a diáfise deste osso só pode ser palpada indistintamente entre seu colo e sua área triangular subcutânea inferior.

A proeminência volumosa da panturrilha é formada pelos músculos gastrocnêmio e sóleo, que podem ser identificados tanto quando o pé faz flexão plantar contra resistência, como quando o calcanhar é elevado do solo ao ficar nas pontas dos pés. As duas cabeças do músculo gastrocnêmio se unem para formar o ângulo inferior da fossa poplítea. A cabeça medial do músculo gastrocnêmio desce a um nível mais baixo que a cabeça lateral. O músculo sóleo localiza-se profundamente ao músculo gastrocnêmio; quando contraído, expande-se abaixo do mesmo, particularmente na porção lateral, e seu ventre muscular estende-se para um nível mais distal. Ambos os músculos terminam no tendão proeminente do calcâneo, que pode ser pinçado entre os dedos e seguido até sua inserção na face posterior do calcâneo (Fig. 79.16).

Pé

Quando os dedos estão em dorsiflexão ativa, o ventre muscular do músculo extensor curto dos dedos forma uma pequena elevação no dorso do pé, um pouco à frente do maléolo lateral. Este é o único músculo intrínseco do pé que tem origem no dorso do mesmo. O tendão do músculo tibial anterior salienta-se visivelmente na face medial quando a dorsiflexão ativa dos dedos é combinada com inversão: este pode ser localizado abaixo e medialmente até o osso cuneiforme medial. Também em dorsiflexão, o tendão do músculo extensor longo do hálux pode ser identificado lateralmente ao músculo tibial anterior. Ainda mais lateralmente, e imediatamente à frente da parte lateral da extremidade inferior da tíbia, os tendões do músculo extensor longo dos dedos e do músculo fibular terceiro encontram-se emaranhados quando passam através do retináculo inferior dos músculos extensores. Mais distalmente, esses tendões divergem para suas inserções.

O tendão do músculo tibial posterior gira posteriormente ao maléolo medial e depois curva-se para a frente, no intervalo entre este ponto de referência ósseo e o sustentáculo do tálus, para atingir a tuberosidade do navicular. Esse tendão entra em posição de alívio quando o pé é colocado forçosamente em inversão e flexão plantar. O tendão do músculo flexor longo dos dedos localiza-se no ponto médio entre a margem medial do tendão do calcâneo e a margem do maléolo medial. Ele curva-se para a frente, abaixo do músculo tibial posterior e repousa na face medial do sustentáculo do tálus. A partir daí, passa adiante e lateralmente para a região central da planta do pé, onde se divide em tendões para os quatro dedos laterais. O tendão do músculo flexor longo do hálux localiza-se inferiormente ao sustentáculo do tálus, onde deixa uma impressão (ranhura). Conforme passa adiante em direção ao hálux, este cruza a linha

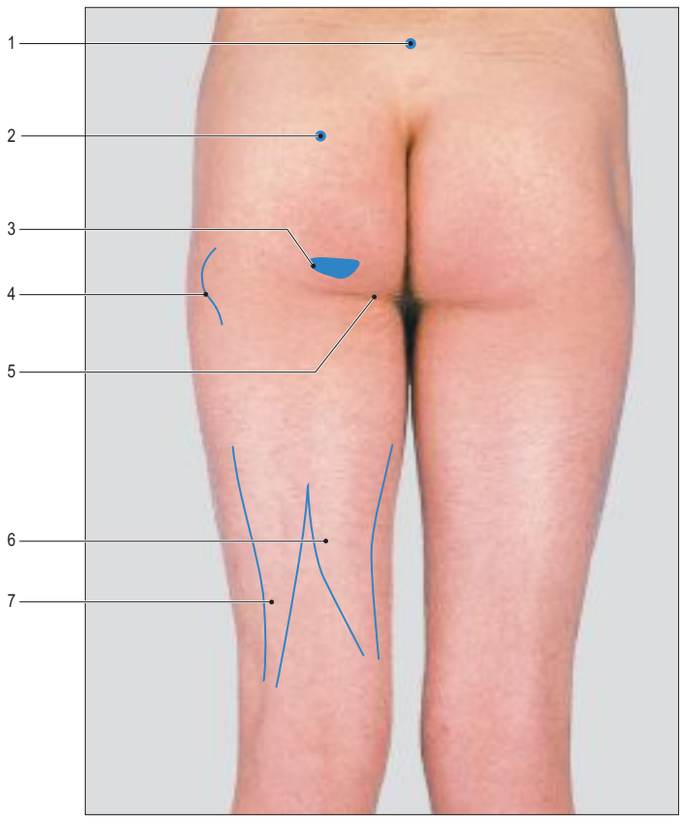


Fig. 79.15 Região glútea e face posterior da coxa. **1.** Quarto processo espinhoso lombar. **2.** Espinha ilíaca posterossuperior. **3.** Túber isquiático. **4.** Trocanter maior. **5.** Prega infraglútea. **6.** Semitendíneo e semimembranáceo. **7.** Músculo bíceps femoral. (Com permissão de Lumley JSP, 2002, Surface Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

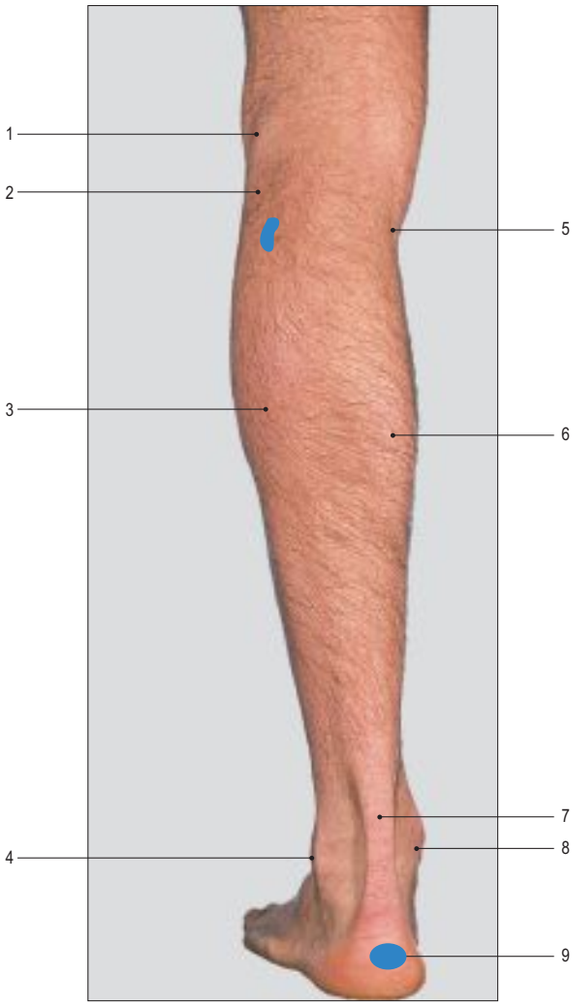


Fig. 79.16 Face posterior da perna e do calcanhar. **1.** Tendão do músculo bíceps femoral. **2.** Cabeça da fíbula. **3.** Cabeça lateral do músculo gastrocnêmio. **4.** Maléolo lateral. **5.** Semitendíneo. **6.** Cabeça medial do músculo gastrocnêmio. **7.** Tendão do calcâneo. **8.** Maléolo medial. **9.** Calcâneo. (Com permissão de Lumley JSP, 2002, Surface Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Examination, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

do músculo flexor longo dos dedos, oposta ao intervalo entre o sustentáculo do tálus e a tuberosidade do navicular. O músculo abdutor do hálux pode ser visto, em alguns indivíduos, como uma massa carnuda de lado a lado no peito do pé que passa do processo medial da tuberosidade do calcâneo até a elevação formada pelo hálux.

A fáscia plantar é mais facilmente palpável ao longo de sua borda medial, na planta do pé, quando os dedos estão em dorsiflexão máxima. Sua origem precisa é difícil de ser palpada por causa da espessura do coxim do calcanhar, mas é facilmente palpável logo após o coxim do calcanhar (distalmente) até a massa esférica do pé.

VASOS, PULSOS E NERVOS

Artérias

A artéria femoral entra na coxa no ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior e a sínfise púbica, diretamente anterior à articulação do quadril. Seu curso pode ser representado pelos dois terços superiores de uma linha traçada deste ponto médio até o tubérculo do adutor do fêmur, quando a coxa flexionada é suavemente abduzida e rotacionada lateralmente.

A artéria poplítea pode ser representada, aproximadamente, por uma linha que se estende da junção dos terços inferior e medial da coxa (2,5 cm medialmente à sua linha média posterior) até o ponto médio entre os côndilos do fêmur e continua inferolateralmente até o nível da tuberosidade da tíbia, medialmente ao colo da fíbula. A artéria bifurca-se em artérias tibiais anterior e posterior na borda inferior do músculo poplíteo.

A artéria tibial anterior pode ser representada por uma linha que se estende de um ponto a meio caminho entre a tuberosidade da tíbia e a cabeça da fíbula, para outro ponto a meio caminho entre as bordas anteriores dos dois maléolos.

A artéria tibial posterior corresponde à linha traçada do ponto médio axial na panturrilha (no nível do colo da fíbula) até um ponto localizado a um terço do caminho entre a borda posterior do maléolo medial e o tendão do calcâneo. Esta mesma linha representa o curso do nervo tibial. Primeiramente, o nervo repousa lateralmente à artéria poplítea; em seguida, cruza gradualmente este vaso para ganhar sua borda medial. O tronco da artéria plantar medial inicia-se a meio caminho entre o maléolo medial e o calcanhar (processo medial da tuberosidade do calcâneo) e estende-se em direção à primeira fissura interdigital, até o osso navicular.

Pulsos

Artéria femoral As pulsações da artéria femoral podem ser sentidas em sua origem, onde o vaso pode ser comprimido contra o ramo superior do púbis ou a cabeça do fêmur. Assim como o pulso da carótida, o pulso femoral é de grande valia para se avaliar se existe débito cardíaco significativo em casos de colapso circulatório. É um local comum para inserção de cateter radiológico e para punção arterial para análise de gases sanguíneos.

Artéria poplítea O pulso da artéria poplítea é o mais difícil de sentir dentre os pulsos periféricos, porque a artéria localiza-se profundamente na fossa poplítea. É mais bem examinado com o indivíduo deitado em posição prona ou supina, com o joelho flexionado, a fim de relaxar a fáscia poplítea tensa que recobre a fossa poplítea. Então, o pulso poplíteo é sentido por pressão profunda ao pressionar-se a linha mediana da fossa contra a face poplítea do fêmur.

Artéria tibial posterior O pulso da artéria tibial posterior pode ser sentido por uma palpação suave atrás do maléolo medial, já que a artéria localiza-se entre os tendões do músculo flexor longo do hálux e do músculo flexor longo dos dedos.

Artéria dorsal do pé O pulso da artéria dorsal do pé é encontrado por palpação ao se fazer pressão contra os ossos do tarso subjacentes, imediatamente lateral ao tendão do músculo extensor longo do hálux.

Veias

A marca de superfície para a veia femoral é imediatamente medial ao pulso femoral. A veia safena magna geralmente termina a 2 cm inferiormente ao pulso femoral. Seu curso pode ser marcado na coxa, por uma linha que passa deste ponto em direção inferoposterior até o ponto da largura de uma mão atrás da borda medial da patela.

A veia safena magna frequentemente pode ser vista, à medida que segue superiormente e para trás ao longo da face medial da tíbia, um pouco acima e em frente ao maléolo medial: este é um local útil para obter acesso venoso cirúrgico ou para coletar tecido venoso para cirurgias de desvio cardíaco. Nesta região, a veia é acompanhada pelo nervo safeno (que normalmente localiza-se anterolateralmente, mas pode ser posterior à veia). Então, a veia e o nervo seguem proximal e posteriormente ao longo da borda medial da tíbia para alcançar o ponto da largura de uma mão posteriormente à borda medial da patela. A veia safena parva pode ser representada por uma linha que segue superiormente da face posterior do maléolo lateral para a linha mediana da panturrilha, até chegar à fossa poplítea; juntamente com o nervo sural, constitui o principal guia anatômico para a dissecção cirúrgica da fossa poplítea.

O arco venoso dorsal do pé frequentemente é um traço proeminente no dorso do pé e curva-se com convexidade anterior para cruzar os metatarsais. A veia safena magna origina-se de sua extremidade medial e dirige-se superior e posteriormente, imediatamente à frente do maléolo medial. A veia safena parva origina-se da extremidade lateral do arco e passa primeiramente para trás e inferiormente e, depois, superior e posteriormente ao maléolo lateral.

Canulação da veia femoral

Enquanto a punção da veia femoral é relativamente fácil e fornece acesso direto ao átrio direito, a utilização deste procedimento por um longo período de tempo é pouco popular, por causa da grande incidência de trombose e sepse. Entretanto, é um local útil para amostragem venosa em um paciente com as veias colapsadas. Para canulação da veia femoral, o local de punção na pele é, aproximadamente, 1 cm medialmente à artéria femoral e logo abaixo do ligamento inguinal. Após a punção na pele, a agulha é avançada com a seringa em um ângulo de 30 graus com a mesma, com o objetivo de aproximar-se da direção da cabeça.

Nervos

As áreas de distribuição e os segmentos espinais de origem dos nervos cutâneos do membro inferior são mostrados na Figura 79.17.

O marcador de superfície do nervo femoral na região inguinal é imediatamente lateral ao pulso femoral. O marcador de superfície para o curso do nervo safeno é descrito juntamente com o curso da veia safena magna (ver anteriormente).

O curso do nervo isquiático pode ser representado por uma linha que se inicia em um ponto a meio caminho entre a espinha ilíaca posterossuperior e o túber isquiático que se curva externamente e para baixo, através de um ponto a meio caminho entre o trocanter maior e o túber isquiático (Fig. 79.8); depois, continua verticalmente para baixo na linha mediana da face posterior da coxa até o ângulo superior da fossa poplítea, onde se divide nos nervos fibular comum e tibial (se ainda não tiver se ramificado em um nível mais alto).

O curso do nervo fibular comum pode ser indicado por uma linha que segue do ângulo superior da fossa poplítea, ao longo da borda medial do tendão do músculo bíceps femoral, e depois curva-se para baixo e para a frente ao redor do colo da fíbula. O nervo é palpável medial e mais distalmente ao tendão do músculo bíceps femoral e além do colo da fíbula, embora neste ponto seja menos distinguível (ao passar profundamente pela origem do músculo fibular longo). No colo da fíbula, o nervo encontra-se particularmente sob o risco de dano, tanto por uma atadura de gesso muito apertada como por uma fratura.

O nervo fibular profundo tem início na face lateral do colo da fíbula, passa para baixo e medialmente e associa-se rapidamente à artéria tibial anterior, a qual acompanha até o tornozelo. O nervo fibular superficial também se inicia na face lateral do colo da fíbula. Esse nervo desce até um ponto na borda anterior do músculo fibular longo (na junção dos terços médio e inferior da perna), onde perfura a fáscia profunda e divide-se nos ramos medial e lateral. Este último diverge gradualmente enquanto descende a fim de alcançar o dorso do pé e pode ser visto se o pé for puxado em flexão plantar máxima e adução.

Com uma exceção, os nervos cutâneos do pé normalmente não são visíveis. O nervo fibular superficial frequentemente é visto e palpado sobre a face dorsolateral do tornozelo e no meio do pé, quando o tornozelo está em flexão plantar e o quarto dedo está flexionado passivamente. Isso é particularmente verdade em indivíduos com pouca gordura subcutânea. Enquanto o ramo lateral frequentemente é visto, o ramo medial raramente é visível. Esses nervos superficiais encontram-se em risco nas cirurgias da região anterior do tornozelo (especialmente durante a artroscopia): eles podem ser identificados com confiabilidade através da flexão plantar passiva e inversão do pé, enquanto se segue a extremidade sem corte de uma caneta esferográfica de lado a lado na região anterior do tornozelo. Um estalo facilmente palpável localizará os nervos, mesmo em pacientes que não são magros.

Dermátomos

Nosso conhecimento sobre a extensão dos dermátomos individuais, especialmente nos membros, é largamente baseado em evidências clínicas. Os dermátomos do membro inferior surgem dos nervos espinais T12 a S3 (Figs. 79.19 e 79.20).

A margem pré-axial inicia-se próxima ao ponto médio da coxa e desce para o joelho. Logo após, curva-se medialmente e desce para o maléolo medial e para a borda medial do pé e do hálux. A margem pós-axial tem

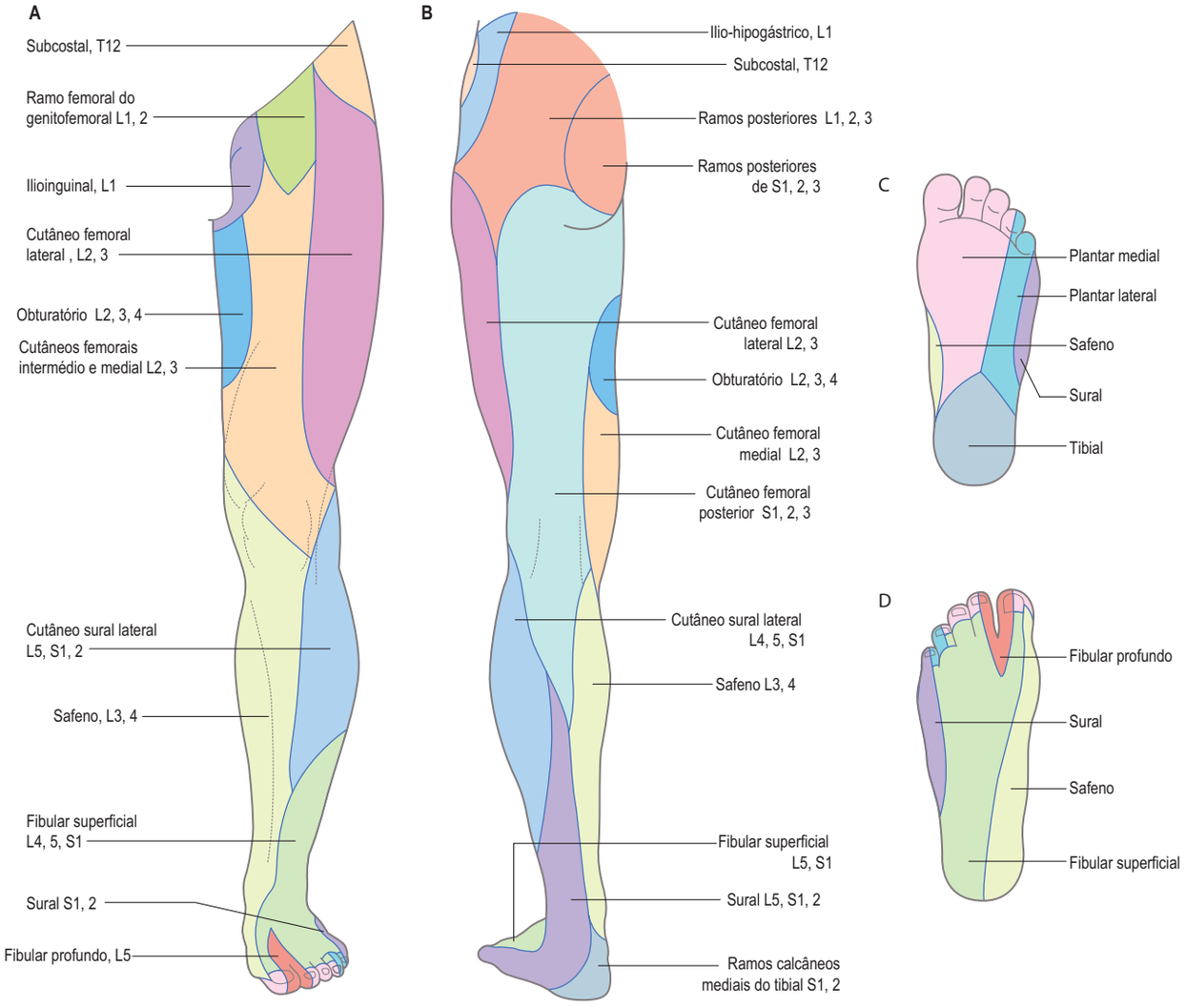


Fig. 79.17 Os nervos cutâneos do membro inferior: áreas de distribuição e segmentos espinais de origem. **A,** Face anterior; **B,** face posterior; **C,** planta do pé; **D,** dorso do pé.

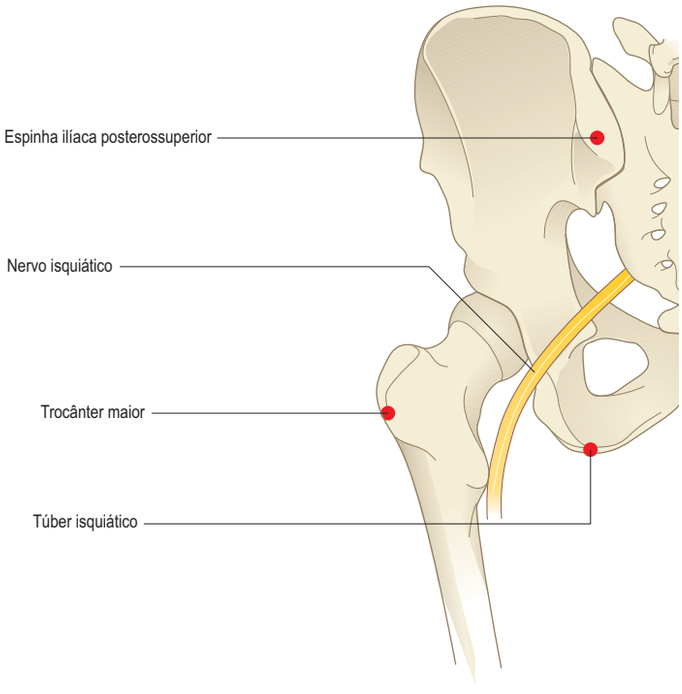


Fig. 79.18 Pontos de referência do nervo isquiático na anatomia de superfície. A linha do nervo une o ponto médio entre o túber isquiático e a espinha ilíaca posterossuperior com o ponto médio entre o túber isquiático e o trocanter maior; depois, continua verticalmente para baixo, na parte posterior da coxa.

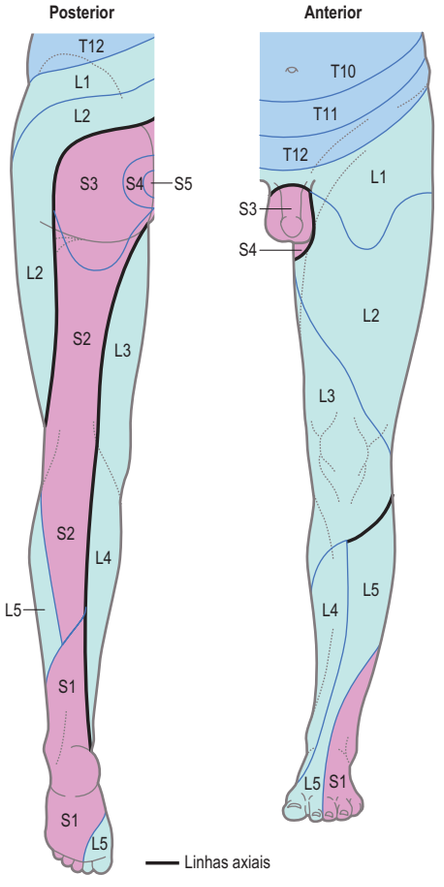


Fig. 79.19 Dermátomos do membro inferior. Existe variação e sobreposição considerável entre dermátomos, mas a sobreposição ao longo das linhas axiais é mínima (negrito).

início na região glútea, desce até o centro da fossa poplítea e desvia-se lateralmente para o maléolo lateral e para a borda lateral do pé. As linhas axiais anterior e posterior exibem uma obliquidade correspondente. A linha anterior inicia-se proximalmente na extremidade medial do ligamento inguinal, desce ao longo da face posteromedial da coxa e da perna e termina proximalmente ao calcanhar. A linha axial posterior começa na região glútea lateral e desce posterolateralmente na coxa e no joelho; inclina-se em sentido medial e termina proximalmente ao tornozelo. Existe uma sobreposição considerável entre dermátomos adjacentes supridos por nervos derivados de segmentos consecutivos da medula espinal.

Miótomos

As origens segmentares predominantes do suprimento nervoso para cada um dos músculos do membro inferior e para os movimentos que ocorrem nas articulações do membro inferior encontram-se resumidas nas Tabelas 79.1–79.4.

Reflexos

Reflexo patelar (L2-4) Com o paciente em posição supina e o joelho suportado e parcialmente flexionado, o tendão do músculo quadríceps femoral é golpeado em seu ponto médio: esta ação deve obter uma contração do músculo quadríceps femoral, que estende o joelho.

Reflexo do tendão do calcâneo (tríceps sural) (S1, 2) Paciente em posição supina e membro inferior em rotação lateral, com o quadril e o joelho parcialmente flexionados e o pé em dorsiflexão passiva a fim de estirar o tendão do calcâneo que, em seguida, é estimulado com o martelo de percussão. A contração dos músculos da panturrilha leva a flexão plantar do tornozelo. O reflexo também pode ser examinado com o paciente ajoelhado em uma cadeira.

Reflexo plantar O reflexo plantar é um reflexo superficial cuja obtenção forma uma parte importante do exame clínico do sistema nervoso central. Com o pé relaxado e aquecido, o limite externo da planta é estimulado longitudinalmente com um objeto rígido (tradicionalmente, a unha do examinador ou uma chave). Esta ação deveria obter a flexão dos dedos, embora a resposta adulta normal seja variável de acordo com o estímulo. Em adultos com lesão no neurônio motor superior, a resposta inclui a extensão do grande dedo (sinal de Babinski).

Bloqueios neurais

Os nervos podem ser eficientemente bloqueados com injeção de anestesia local para alívio da dor após cirurgia ou lesão. Os bloqueios úteis no membro inferior localizam-se ao redor do quadril (para dor na coxa ou no joelho) e ao redor do tornozelo (para cirurgias do pé). Para os nervos

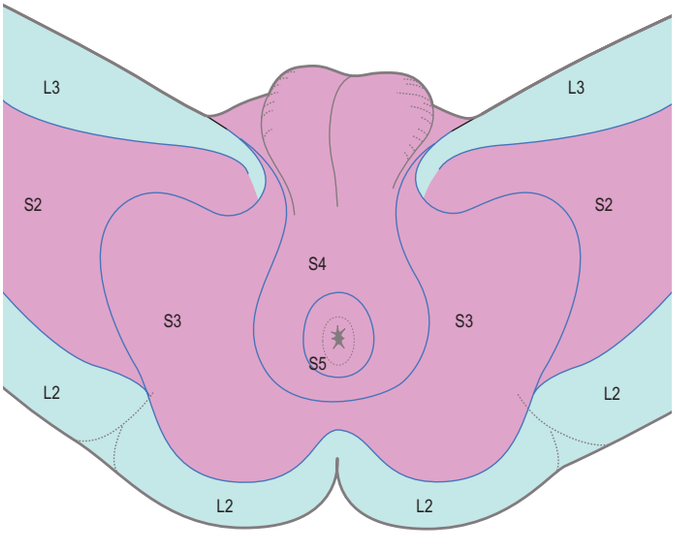


Fig. 79.20 Dermátomos do períneo.

profundos ao redor do quadril, a utilização de uma agulha estimuladora é de grande ajuda para localizar precisamente o nervo, antes de uma infiltração ou anestesia local. Por exemplo, o bloqueio do nervo isquiático na nádega, do nervo femoral na parte anterior da virilha e do nervo obturatório na porção medial da virilha, pode ser empregado para o alívio da dor em cirurgias de reconstituição total do joelho; o nervo tibial (na região posteromedial do tornozelo), o nervo sural (na região posterolateral do tornozelo) e os nervos fibulares superficiais (região anterior do tornozelo) podem ser bloqueados simultaneamente no tornozelo para permitir a recuperação após cirurgia do pé.

PROCEDIMENTOS CLÍNICOS

Injeção intramuscular

Injeções intramusculares nas nádegas deveriam ser evitadas a fim de prevenir dano iatrogênico no nervo isquiático. Se tiver de ser na nádega, a área segura é o quadrante superior lateral, que é identificado com a nádega totalmente exposta. Então, a injeção é dada principalmente no glúteo médio, em vez glúteo máximo (a agulha deve ser longa o suficiente): a maioria das chamadas injeções "intramusculares" dadas na nádega, na verdade, são dadas na gordura. Uma alternativa segura é dar a injeção na face lateral da coxa (vasto lateral).

Injeção na articulação e aspiração

Uma técnica de assepsia cuidadosa é essencial para todas as aspirações articulares e injeções.

Quadril Com o paciente em posição supina (depois das posições da artéria femoral e da espinha ilíaca anterossuperior terem sido marcadas), a agulha é introduzida anteriormente (5 cm distalmente à espinha ilíaca anterossuperior e 4 cm lateralmente ao pulso femoral) e depois é passada posteriormente, em direção cranial medial.

Joelho Utiliza-se a abordagem retropatelar lateral. Com o paciente em posição supina e o joelho estendido, a agulha é introduzida no nível da borda superior da patela e guiada na direção da bolsa suprapatelar.

Tornozelo A abordagem anterior acarreta em introduzir a agulha entre os tendões do músculo tibial anterior e do músculo extensor longo do hálux, com o tornozelo em flexão plantar parcial, com a agulha mantida tangencialmente à curva do tálus.

Portais artroscópicos

A localização dos portais artroscópicos é crítica, em parte para maximizar o acesso cirúrgico para visualização e para colocação dos instrumentos, mas também para evitar danos a estruturas como nervos e vasos sanguíneos.

Quadril A artroscopia do quadril ainda não é um procedimento comum, mas vem sendo cada vez mais utilizado. Uma variedade de portais de entrada já foi descrita. O portal anterolateral localiza-se na pele, 4 cm

lateralmente em relação ao pulso femoral e 4 cm inferiormente ao ligamento inguinal. Uma agulha que transpassa a pele de 30 a 45 graus em direção cranial é passada dentro da articulação com a ajuda de raios X. Uma vez atingida a cavidade articular, o vácuo se perde e as faces articulares podem ser separadas. Outros portais mais laterais podem ser utilizados: o nervo cutâneo lateral da coxa e o nervo isquiático entram potencialmente em risco.

Joelho O joelho é a articulação mais frequentemente examinada desta forma. As vias de entrada "padrão" são anteriores. Quando o joelho é flexionado em ângulo reto, trígonos limitados pelo tendão do músculo quadríceps femoral, pelos côndilos do fêmur e da tíbia e cornos anteriores dos meniscos, podem ser palpados em qualquer um dos lados do terço superior do tendão do músculo quadríceps femoral. Pequenas incisões perfurantes podem ser feitas nos ápices destas áreas triangulares, no nível do polo inferior da patela (para o portal anterolateral) e ligeiramente mais baixo para o portal anteromedial. Esses portais (vias de entrada) vão permitir a passagem do artroscópio e dos instrumentos, com um acesso satisfatório a toda articulação. O coxim de gordura localiza-se bem perto do portal; passar através do mesmo irá dificultar a vista e, subsequentemente, a cirurgia. O tendão do músculo quadríceps femoral e o ramo infrapatelar do nervo safeno entram em risco quando as incisões são feitas. O nervo é menos vulnerável do que o tendão: sua posição é variável, mas este geralmente se localiza abaixo dos locais de acesso apropriados. Entretanto, na época das cirurgias abertas de menisco, o nervo normalmente era seccionado e a formação de neuromas dolorosos não era incomum.

Os portais posteromedial e posterolateral são úteis quando se deseja um acesso melhor à parte posterior do joelho. Os nervos safeno e fibular comum, respectivamente, encontram-se em risco nestas abordagens, e o conhecimento anatômico é vital para a localização segura do portal. Lateralmente, a incisão deve ser anterior ao tendão do músculo bíceps femoral, que pode ser facilmente palpado. Medialmente, a situação é mais difícil, porque o nervo safeno e a veia passam sobre a região epicondilar medial do joelho (a largura de uma mão, posterior à borda medial da patela). É essencial que a incisão afiada inclua somente a pele, e que a dissecção dentro da cápsula articular seja sem corte. Se o menisco medial é suturado, a cápsula tem de ser exposta antes de apertar as suturas, para evitar atar o nervo. No reparo do menisco lateral, um guia útil para evitar lesão do nervo fibular comum é não permitir que as agulhas ou suturas passem medialmente ao tendão do poplíteo enquanto se observa com o artroscópio.

Tornozelo O uso da artroscopia no tornozelo já está bem estabelecido, especialmente nas lesões esportivas. As vias de acesso "padrão" são anteriores. O portal anteromedial pode ser criado para passar medialmente ao tendão do músculo tibial anterior, na região macia à palpação. Porém, este se localiza próximo à veia safena magna e ao nervo; ao limitar-se a incisão cortante à área da pele, seguida de uma dissecção profunda sem corte, reduz-se o risco de dano. O portal anteromedial pode ser escolhido alternativamente para passar entre o limite lateral do músculo tibial anterior e do músculo extensor longo do hálux. O portal anterolateral é posicionado com a ajuda do artroscópio na articulação, para checar a posição da agulha preliminar passada dentro da mesma. A via de acesso deve passar lateralmente ao músculo fibular terceiro e ao músculo extensor longo dos dedos. O nervo cutâneo dorsal intermédio, ramo do nervo fibular superficial, pode ser danificado no ponto em que cruza o tornozelo (anteriormente ao maléolo lateral); consequentemente, marcar os nervos e os vasos sanguíneos antes de fazer qualquer incisão é uma medida inteligente. Os nervos podem ser sentidos na região anterior do tornozelo, ainda que em pacientes obesos. Estes geralmente são observados se o tornozelo é puxado em flexão plantar máxima e podem ser vistos agitando-se, se puxados de um lado a outro na região anterior do tornozelo. A artroscopia na região posterior do tornozelo é controvertida: existe uma opinião de que a proximidade do feixe neurovascular (medialmente) e do nervo sural (lateralmente) a tornam muito arriscada. Manter-se lateralmente ao tendão do músculo flexor do hálux protegerá o feixe neurovascular medial.

Incisões cirúrgicas

Quadril A cirurgia na articulação do quadril habitualmente é utilizada para problemas pediátricos, trauma ou artroplastia na artrite. As abordagens anterior ou anterolateral, frequentemente utilizadas em crianças, expõem o nervo cutâneo lateral da coxa a um risco considerável. Mesmo nas entradas por vias de acesso mais laterais, os nervos cutâneo lateral da coxa, femoral e isquiático encontram-se em risco, por motivo de tração. Uma via de acesso anterolateral comum para a articulação do quadril envolve dividir e separar para a frente a porção anterior do músculo glúteo médio e do músculo vasto lateral como uma lâmina de tecido única para subsequente reinserção no trocanter maior. A técnica se baseia na continuidade anatômica deste tecido. Se a divisão do músculo glúteo médio ocorrer a um pouco mais de alguns centímetros superiormente à ponta do trocanter maior, o nervo glúteo superior e os vasos estarão em risco, o que pode resultar em fraqueza na abdução do quadril e claudicação. Na abordagem posterior na articulação do quadril, o músculo glúteo máximo é incisionado na linha das suas fibras. A isto se segue a divisão dos tendões dos músculos rotadores laterais curtos (piriforme, obturador interno e gêmeos) perto de suas inserções trocantéricas, a fim de expor a cápsula articular. O nervo isquiático é protegido ao refletir medialmente as extremidades do corte da divisão dos músculos rotadores laterais curtos.

Joelho A maior parte das cirurgias abertas de joelho podem ser feitas através de uma incisão longitudinal na linha mediana anterior, o que garante um bom acesso à articulação e significa que qualquer cirurgia futura pode ser realizada através da mesma ferida. Novas incisões correm o risco de necrose e reparo tecidual ruim da pele, como consequências da interferência no suprimento sanguíneo cutâneo. A interrupção inevitável dos nervos cutâneos, que inclui o ramo infrapatelar do nervo safeno, significa que sempre há dormência na região lateral à incisão longitudinal.

A abordagem extensa da região posterior do joelho é vasta. O mais importante é expor o nervo sural e a veia safena parva, traçando-os proximalmente. Isso irá guiar o cirurgião dentro da fossa poplítea e, após a abertura da fáscia profunda, o fará encontrar seguramente o feixe neurovascular. A lesão (ferida) cruza uma prega de flexão. Uma cicatriz perpendicular à prega pode induzir a uma contratura fixa de flexão da articulação; consequentemente (assim como na face anterior do cotovelo), uma incisão em forma de "s" pose ser empregada (onde o segmento transversal corre na linha da prega de flexão).

Tornozelo e pé Incisões ao redor do pé e do tornozelo, frequentemente expõem os nervos cutâneos ao risco e uma lesão deste tipo pode causar um neuroma doloroso. O nervo sural no tornozelo apresenta uma tendência notória a formar neuromas, frequentemente após o reparo de ruptura de tendão do calcâneo. A cirurgia de joanete também é problemática, pode ser feita através do plano internervoso, com uma incisão dorsomedial sobre a primeira articulação metatarsofalângica, em vez da abordagem dorsal tradicional.

REFERÊNCIAS

Cormack GC, Lamberty BGH 1994, see Bibliography.

Crock HV 1996 Atlas of Vascular Anatomy of the Skeleton and Spinal Cord. London: Martin Dunitz.

Dodd H, Cockett FB 1976 The Pathology and Surgery of the Veins of the Lower Limb, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Kosinski C 1926 Observations on the superficial venous system of the lower extremity. J Anat 60: 131–42.

Sharrard WJW 1955 The distribution of the permanent paralysis in the lower limb in poliomyelitis; a clinical and pathological study. J Bone Joint Surg Br 37-B(4): 540–58.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michel Salmon: Anatomic Studies, Book 1. Arteries of the Muscles of the Extremities and Trunk. St. Louis: Quality Medical Publishing.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 80

Cintura pélvica, região glútea e coxa

A cintura pélvica é composta pelos ossos pares do quadril (sendo cada um o ílio, o ísquio e o púbis) e pelo único osso sacro. Os dois ossos púbicos articulam-se anteriormente na sínfise púbica e o sacro articula-se posteriormente com os dois ossos ilíacos; os ossos são, entretanto, virtualmente incapazes de fazer movimentos independentes, à exceção do momento do parto nas mulheres. A cintura pélvica é solidamente construída, servindo como uma estrutura de proteção e de suporte de peso, como fixação para o tronco e os músculos dos membros e como arcabouço esquelético do canal de parto, capaz de acomodar um feto com uma grande cabeça.

A região glútea, ou nádega, é uma área demarcada inferiormente pela prega glútea, lateralmente por uma linha que une o trocanter maior à espinha ilíaca anterossuperior, superiormente pela crista ilíaca e medialmente pela linha média do corpo. Esta região contém um grande volume de músculo esquelético que recobre uma série de estruturas neurovasculares vulneráveis e une as zonas de junção entre o membro inferior, a pelve e o períneo ao forame isquiático. Lesões musculoesqueléticas diretas e indiretas nesta região podem danificar o nervo isquiático e os vasos glúteos.

A coxa consiste em um cilindro de osso compacto, a diáfise femoral, envolvido por grupamentos musculares atravessados por importantes estruturas neurovasculares. Os músculos são agrupados de acordo com suas funções e localizam-se dentro de compartimentos osteofasciais, que são definidos por septos fasciais que correm entre o fêmur e um tubo de fáscia resistente que os envolve, a fáscia lata. A artéria femoral emite seu maior ramo, a femoral profunda, no compartimento anterior; o nervo ciático habitualmente se divide em seus dois ramos principais, os nervos tibial e fibular comum, enquanto passa no compartimento posterior. O nervo femoral divide-se precocemente após entrar no compartimento anterior, abaixo do ligamento inguinal. O nervo obturador entra nesta região, proximal e medialmente a partir da pelve, e divide-se em seus ramos principais, que correm anterior e posteriormente em relação ao adutor curto.

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Ver também o Capítulo 79.

Suprimento vascular e drenagem linfática

Nádega

A maior parte da pele da nádega é irrigada por vasos perfurantes musculocutâneos das artérias glúteas superior e inferior. Também há pequenas contribuições periféricas de ramos similares das artérias pudenda interna, iliolombar e sacral.

Veias cutâneas são tributárias dos vasos que correspondem às artérias de mesmo nome. A drenagem linfática cutânea vai para os nodos inguinais superficiais.

Coxa

A pele da coxa que se localiza distalmente ao ligamento inguinal e à prega glútea é irrigada principalmente pelos ramos das artérias femoral e femoral profunda. Existe alguma contribuição das artérias obturatória, glútea inferior e poplítea e de vasos cutâneos, musculocutâneos e fasciocutâneos diretos. Para maiores detalhes, consulte Cormack & Lamberty (1994).

Veias cutâneas são tributárias dos vasos que correspondem às artérias de mesmo nome. A drenagem linfática cutânea vai para os nodos inguinais superficiais, principalmente via troncos coletores que acompanham a veia safena magna.

Inervação

Ver página 1346 e Figuras 79.17B e 79.19.

TECIDO MOLE

Fáscia

Fáscia superficial

A fáscia superficial da região glútea é contínua com aquela que recobre a região lombar e contém uma quantidade variável de gordura grossa. A fáscia superficial da coxa é formada, como em qualquer outro lugar nos membros, de tecido areolar frouxo contendo gordura. Em algumas regiões, particularmente perto do ligamento inguinal, ela divide-se em camadas reconhecíveis, dentro das quais podem ser encontrados os ramos dos vasos superficiais e dos nervos. A fáscia é espessa na região inguinal, onde suas duas camadas circundam os linfonodos inguinais superficiais, a veia safena magna e outros vasos menores. Nela, a camada superficial é contínua com aquela da fáscia abdominal. A camada profunda, um estrato fibroelástico fino, é bem evidente medialmente à veia safena magna e inferiormente ao ligamento inguinal, estando interposta entre os vasos subcutâneos, os nervos e a fáscia profunda, fundindo-se com esta última um pouco abaixo do ligamento. (A linha de fusão repousa no assoalho da linha de flexão ventral, também conhecida como sulco associado à articulação do quadril.) Esta camada membranosa de fáscia superficial sobrepõe-se à abertura safena, misturando-se com sua circunferência e com a bainha femoral. Além da abertura, a fáscia é perfurada pela veia safena magna, pelos ramos superficiais da artéria femoral (exceto a ilíaca circunflexa superficial, que perfura a fáscia lata separadamente) e pelos vasos linfáticos, daí o termo fáscia cribriforme (do latim *cribrum* = peneira).

Fáscia profunda

A fáscia profunda que recobre os músculos glúteos varia de espessura. A fáscia é fina sobre o glúteo máximo, mas sobre os dois terços anteriores ao glúteo médio a fáscia forma a forte e espessa aponeurose glútea. Superiormente, insere-se na borda lateral da crista ilíaca e divide-se anteriormente para envolver o tensor da fáscia lata e posteriormente para circundar o glúteo máximo.

Fáscia lata

A fáscia lata, a mais vasta fáscia profunda da coxa, é mais espessa nas partes proximal e lateral da coxa, onde o tensor da fáscia lata e uma expansão do glúteo máximo estão fixados a ela. Esta fáscia é mais fina sobre os músculos adutores e posteriormente a eles, porém mais espessa ao redor do joelho, onde é fortalecida pelas expansões do tendão do bíceps femoral (lateralmente), pelo sartório (medialmente) e pelo quadríceps femoral (anteriormente). A fáscia lata encontra-se fixada, superior e posteriormente, à face posterior do sacro e do cóccix; lateralmente, à margem externa da crista ilíaca; anteriormente, ao ligamento inguinal e ao ramo superior do púbis; medialmente, ao ramo inferior do púbis, à tuberosidade e ao ramo do ísquio e à borda inferior do ligamento sacrotuberal. Descende a partir da crista ilíaca, como uma camada densa sobre o glúteo médio, para a borda superior do glúteo máximo, onde se divide em duas camadas (uma que passa superficialmente e outra que passa profundamente ao músculo), que vão se unir novamente na borda inferior do mesmo.

Trato iliotibial

Sobre a face lateral achatada da coxa, a fáscia lata torna-se mais espessa para formar uma banda resistente, o trato iliotibial. A extremidade superior do trato divide-se em duas camadas, onde envolve e ancora o tensor da fáscia lata, além de receber (posteriormente) a maior parte do tendão

do glúteo máximo. A camada superficial ascende lateralmente ao tensor da fáscia lata para a crista ilíaca; a camada profunda passa para cima e medialmente (profundamente ao músculo), misturando-se com a parte lateral da cápsula da articulação do quadril. Distalmente, o trato iliotibial está fixado a uma suave faceta triangular (tubérculo de Gerdy) na face anterolateral do côndilo lateral da tíbia, onde é superficial à expansão aponeurótica do vasto lateral e com a qual se mistura. Quando o joelho é estendido contra resistência, ela aparece como uma crista forte e visível na face anterolateral da coxa e do joelho.

Distalmente, a fáscia lata está inserida em todos os pontos ósseos expostos ao redor da articulação do joelho, tais como os côndilos do fêmur e da tíbia e a cabeça da fíbula. A fáscia profunda é reforçada por fibras transversais em cada lado da patela que recebem contribuições dos vastos medial e lateral. As fibras laterais mais fortes são contínuas com o trato iliotibial.

Septos intermusculares

A superfície profunda da fáscia lata produz dois septos intermusculares que se fixam em toda a linha áspera e em seus prolongamentos proximal e distal. O septo lateral, mais forte e mais espesso que o medial, estende-se da inserção do glúteo máximo até o côndilo femoral lateral, localizando-se entre o vasto lateral (à frente) e a cabeça curta do bíceps femoral (atrás) aos quais fornece parte da fixação. O septo medial, mais fino e mais fraco, localiza-se entre o vasto medial e os adutores e o pectíneo. Numerosos pequenos septos, como aqueles que separam os adutores da coxa dos flexores, passam entre os músculos individuais, que são envolvidos e servem, algumas vezes, de inserção parcial para suas fibras.

Hiato safeno

O hiato safeno é uma abertura na fáscia profunda, inferolateral à extremidade medial do ligamento inguinal, que permite a passagem da veia safena magna e de outros vasos menores (Fig. 80.1). A fáscia cribriforme, que é perfurada por essas estruturas, preenche a abertura e deve ser removida para revelá-la. Podem ocorrer aberturas subsidiárias adjacentes para transmitir tributárias venosas. No adulto, o centro aproximado da abertura encontra-se a 3 cm laterais ao ponto imediatamente distal ao tubérculo púbico. O comprimento e a largura do hiato variam consideravelmente. Nesta parte da coxa, a fáscia lata apresenta os estratos superficial e profundo (que não podem ser confundidos com as camadas superficial e profunda da fáscia superficial que foram descritas anteriormente). Esses estratos localizam-se, respectivamente, anterior e posteriormente à bainha femoral; o hiato safeno situa-se onde as duas camadas estão em continuidade. Isso pode explicar a configuração um tanto oblíqua e espiral do hiato safeno.

O estrato superficial, lateral e superior ao hiato safeno, insere-se (em continuidade) na crista ilíaca e na espinha ilíaca anterossuperior, em todo o comprimento do ligamento inguinal, na linha pectínea do púbis e no ligamento lacunar. Reflete-se inferolateralmente a partir do tubérculo púbico como a margem falciforme arqueada, que forma os limites superior, lateral e inferior do hiato safeno: esta margem adere à camada anterior da bainha femoral e a fáscia cribriforme insere-se a ela. A margem falciforme apresenta os cornos superior e inferior. O corno inferior é bem definido, sendo contínuo com o estrato profundo da fáscia lata (atrás da veia safena magna).

O estrato profundo é medial ao hiato safeno e contínuo com o estrato superficial em sua margem inferior. Dirigindo-se para cima, esse estrato recobre o pectíneo, o adutor longo e o grácil, passa posteriormente à bainha femoral (com a qual se mistura) e continua até a linha pectínea do púbis.

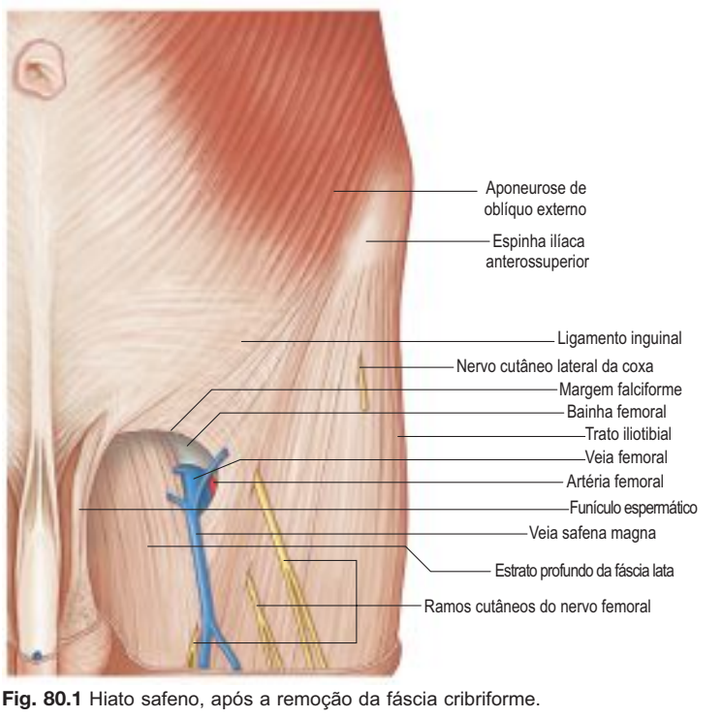


Fig. 80.1 Hiato safeno, após a remoção da fáscia cribriforme.

Compartimentos fasciais

Existem três grupos funcionais de músculos na coxa, denominados anteriores (extensores), posteriores (flexores) e mediais (adutores). Os grupos anterior e posterior ocupam compartimentos osteofasciais separados que são limitados perifericamente pela fáscia lata e separados uns dos outros pelo fêmur e pelos septos intermusculares medial e lateral (Fig. 80.2). Os músculos adutores, embora distintos em termos de função e inervação, não possuem um compartimento separado limitado por planos fasciais. Todavia, é comum falar em três compartimentos: o anterior, o posterior e o medial. Os músculos dos três compartimentos serão descritos adiante. Adutor magno, adutor longo e pectíneo poderiam ser considerados constituintes de dois compartimentos (adutor magno, dos compartimentos posterior e medial; adutor longo e pectíneo, dos compartimentos anterior e medial).

Basicamente, o suprimento nervoso para os compartimentos da coxa segue o princípio "um nervo – um compartimento". Desta maneira, o nervo femoral supre os músculos do compartimento anterior, o nervo obturador supre os músculos do compartimento medial e o nervo ciático supre aqueles do compartimento posterior. A dupla funcionalidade e atribuição compartimental do adutor magno, do adutor longo e do pectíneo refletem-se em seus suprimentos nervosos duplos.

Ao contrário da inervação motora, o suprimento arterial para os grupos musculares compartimentais não exibe uma relação tão direta. Todos os grupos recebem suprimento do sistema femoral, particularmente da femoral profunda e seus ramos. Os adutores recebem uma contribuição da artéria obturatória e os músculos posteriores da coxa recebem suprimento proximal da artéria glútea inferior. Maiores detalhes são mostrados nas descrições dos músculos individuais.

Bainha femoral

A bainha femoral é um prolongamento distal da fáscia extraperitoneal em forma de "funil", formado pela fáscia transversal anterior aos vasos femorais e pela fáscia ilíaca, posteriormente (Fig. 80.3). A bainha é mais ampla em sua porção proximal e sua extremidade distal cônica funde-se com a adventícia vascular (3 ou 4 cm distalmente ao ligamento inguinal). No nascimento, a bainha é mais curta e alonga-se quando a extensão dos quadris se torna habitual. O ramo femoral do nervo genitofemoral perfura sua parede lateral. A parede medial escapa lateralmente, sendo perfurada pela veia safena magna e por vasos linfáticos. Assim como a bainha carótica, a bainha femoral envolve uma massa de tecido conjuntivo, na qual os vasos estão mergulhados. Três compartimentos são descritos: um compartimento lateral, contendo a artéria femoral; um intermediário, para a veia femoral; e um compartimento medial, o canal femoral, que contém vasos linfáticos e um linfonodo ocasional incrustado em tecido frouxo. A presença deste canal permite a distensão da veia femoral. O canal é cônico e tem aproximadamente 1,25 cm de comprimento. Sua extremidade proximal (mais ampla), chamada de anel femoral, é limitada à frente pelo ligamento inguinal, atrás pelo pectíneo e sua fáscia e pelo ligamento pectíneo, medialmente pelo semilunar, borda lateral do ligamento lacunar, e lateralmente pela veia femoral. O funículo espermático (ou o ligamento redondo do útero) está imediatamente acima de sua margem anterior, enquanto os vasos epigástricos estão próximos da sua borda anterolateral. O canal é maior nas mulheres do que nos homens, o que se deve, em parte, à largura relativamente maior da pelve feminina e aos vasos femorais de menor tamanho. O anel é preenchido por tecido extraperitoneal condensado, o septo femoral, que é recoberto em sua face proximal pelo peritônio parietal. O septo femoral é transpassado por numerosos vasos linfáticos que conectam os nodos inguinais profundos aos linfonodos ilíacos externos.

Hérnia femoral

A hérnia femoral será descrita juntamente com outros tipos de hérnias da virilha na página 1067.

Fáscia ilíaca

A fáscia ilíaca recobre o psoas e o ilíaco. É fina superiormente, mas torna-se mais espessa em direção ao ligamento inguinal. A parte que cobre o psoas é mais espessada acima, formando o ligamento arqueado medial. Medialmente, a fáscia sobre o psoas está fixada aos discos intervertebrais, às margens dos corpos vertebrais e à porção superior do sacro através de uma série de arcos fibrosos. Lateralmente, mistura-se com a fáscia anterior do quadrado lombar, acima da crista ilíaca, e com a fáscia que recobre o ilíaco abaixo da crista.

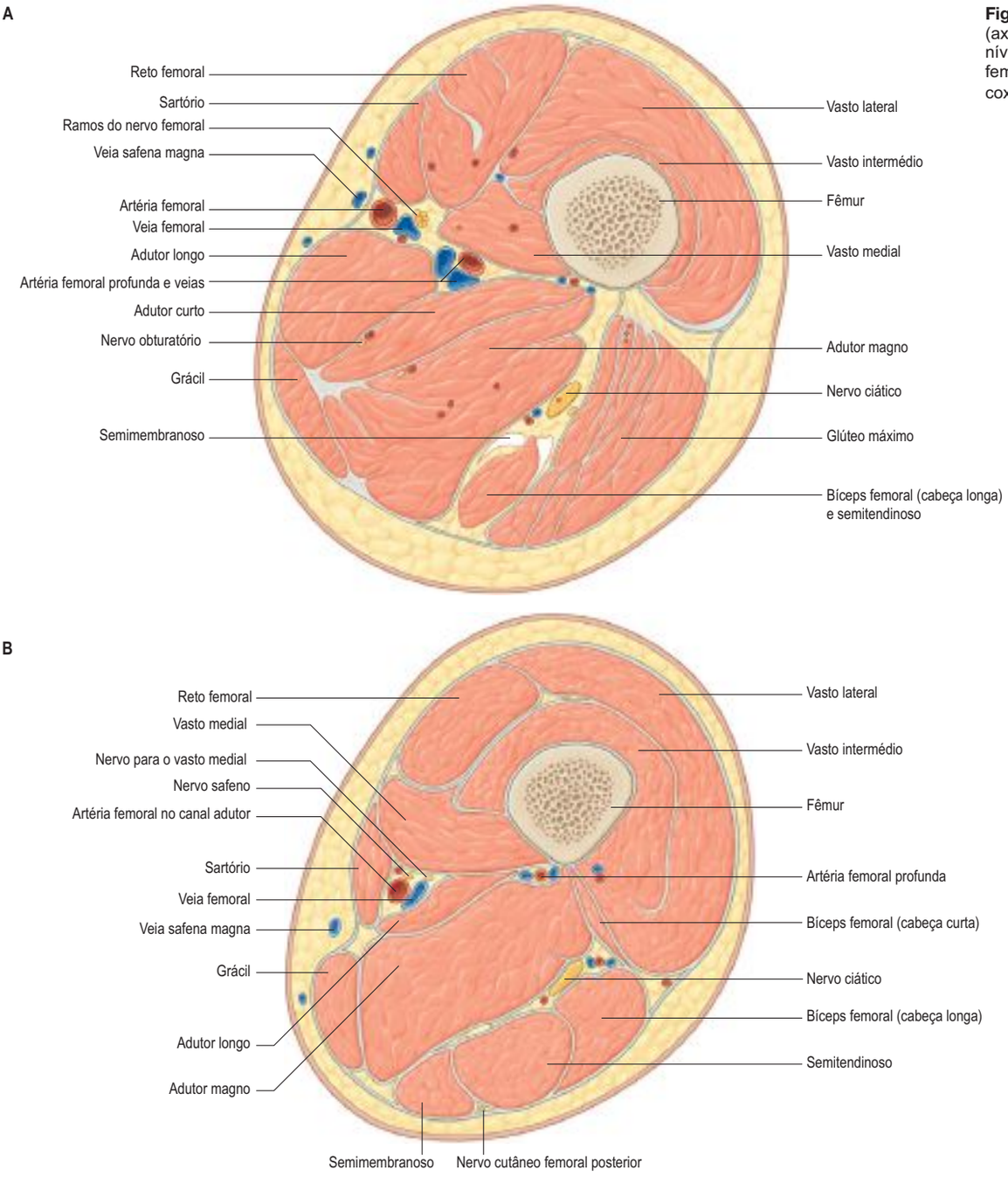


Fig. 80.2 Secção transversal (axial) através da coxa. **A,** No nível do ápice do trígono femoral; **B,** no nível médio da coxa.

Lateralmente, a porção ilíaca insere-se ao longo de todo o lábio interno da crista ilíaca, unindo-se à margem pélvica medialmente, onde se mistura com o periósteo. Insere-se no ramo iliopúbico, onde recebe uma banda estreita do tendão do psoas menor, quando este músculo está presente. Os vasos ilíacos externos são anteriores à fáscia, mas os ramos do plexo lombar são posteriores. A fáscia separa-se do peritônio através de um tecido extraperitoneal frouxo. Lateralmente aos vasos femorais, a fáscia ilíaca é contínua com a margem posterior do ligamento inguinal e a fáscia transversal. Medialmente, passa por trás dos vasos femorais para se tornar a fáscia pectínea, inserida na linha pectínea do púbis. Na junção das suas partes medial e lateral, insere-se no ramo iliopúbico e na cápsula da articulação do quadril. Desta maneira, forma um septo entre o ligamento inguinal e o osso de quadril, dividindo este espaço em uma parte lateral (o espaço muscular, contendo o psoas maior, o ilíaco e o nervo femoral) e uma parte medial (o espaço vascular, que conduz os vasos femorais) (Fig. 80.3). A fáscia ilíaca continua inferiormente para formar a parede posterior da bainha femoral.

Membrana obturatória

A membrana obturatória (Fig. 80.4) é uma fina aponeurose que oblitera a maior parte do forame obturado, deixando uma abertura superolateral, o canal obturatório, através do qual os vasos obturatórios e os nervos deixam a pelve e entram na coxa. A membrana está fixada à margem afilada do forame obturado, exceto em seu ângulo inferolateral, onde está fixada na face pélvica do ramo do ísquio, internamente ao forame. Suas

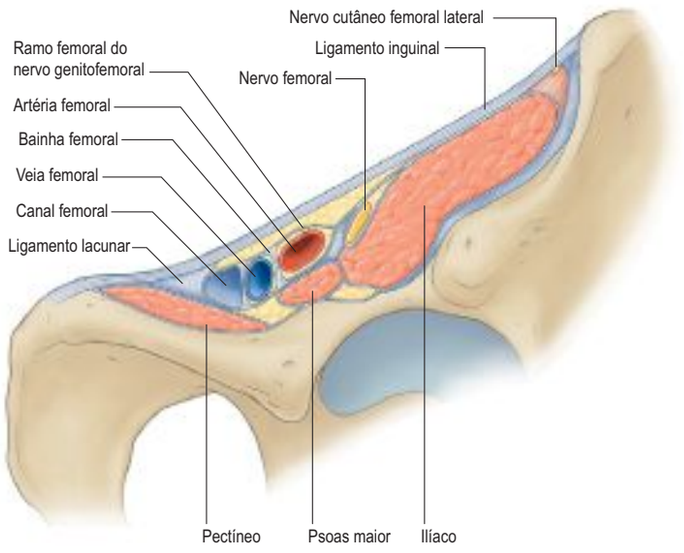


Fig. 80.3 Estruturas passando abaixo do ligamento inguinal.

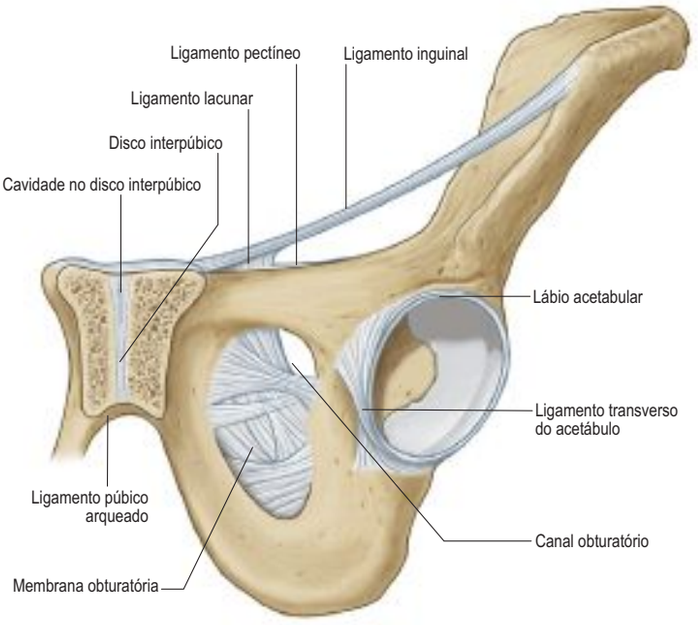


Fig. 80.4 Vista anterolateral da pelve óssea esquerda mostrando os ligamentos associados e a membrana obturatória. Observe a estrutura interna da sínfise púbica.

fibras são organizadas principalmente no sentido transversal, em bandas entrelaçadas; a banda mais de cima, que se insere nos tubérculos obturadores, completa o canal obturatório. As faces externa e interna da membrana obturatória fornecem fixação para os músculos obturatórios externo e interno, respectivamente. Algumas fibras do ligamento pubofemoral da articulação do quadril inserem-se na face externa da membrana.

OSSOS

A cintura pélvica é uma estrutura constituída pelos dois ossos do quadril e pelo sacro (estritamente falando, o sacro é parte da coluna vertebral). Esses ossos são virtualmente incapazes de fazer movimentos independentes, à exceção do momento do parto nas mulheres. A cintura pélvica é solidamente construída, servindo como uma estrutura de proteção e de suporte de peso, como fixação para o tronco e os músculos dos membros e como arcabouço esquelético do canal de parto.

OSSO DO QUADRIL

O osso do quadril é grande e irregular, estreito centralmente e estendido acima e abaixo (Fig. 80.5A,B). Sua face lateral tem um acetábulo profundo, em forma de xícara, que se articula com a cabeça do fêmur; anteroinferiormente a ele, encontra-se o forame obturado (triangular ou oval). Acima do acetábulo, o osso transforma-se em uma lâmina ondulada que é sobrepujada por uma crista ilíaca curvada sinuosamente.

O osso do quadril articula-se, à frente, com seu par e, posteriormente, com a região lateral do sacro para formar a cintura pélvica. Cada osso do quadril tem três partes: ílio, ísquio e púbis; essas partes conectam-se umas às outras através de cartilagem (na juventude), mas são unidas como um osso único no adulto. A união principal é no acetábulo. O ílio inclui a parte superior do acetábulo e a área que se expande acima dele; o ísquio inclui a parte inferior do acetábulo e a região óssea posteroinferior a ele; o púbis forma a parte anterior do acetábulo (separando o ílio do ísquio) e a região mediana anterior a qual os dois púbis se encontram.

Acetábulo

O acetábulo (Fig. 80.5A, C) é uma cavidade aproximadamente hemisférica situada mais ou menos no centro da face lateral do osso do quadril. Está voltado anteroinferiormente, sendo definido por uma margem irregular, deficiente inferiormente na incisura do acetábulo. A fossa acetabular forma o assoalho central, sendo rígida e não articular. A face semilunar articular é mais larga acima (a "cúpula"), onde o peso é transmitido para o fêmur. Consequentemente, fraturas nesta região normalmente se associam a resultados insatisfatórios. Todos os três componentes do osso do quadril contribuem para a formação do acetábulo, embora não igualmente. O púbis forma o quinto anterossuperior da superfície articular; o ísquio forma o assoalho da fossa e, além disso, os dois quintos posteroinferiores da superfície articular; o ílio forma o restante. Ocasionalmente, um defeito linear pode ser visto cruzando a superfície acetabular, da borda superior à fossa do acetábulo, o que não corresponde a nenhuma junção entre as partes morfológicas principais do osso do quadril.

Forame obturado

O forame obturado localiza-se abaixo e ligeiramente à frente do acetábulo, entre o púbis e o ísquio. É delimitado acima pela face obturatória sulcada do ramo superior do púbis, medialmente pelo corpo do púbis e pelo ramo inferior, inferiormente pelo ramo do ísquio e lateralmente pela borda anterior do corpo do ísquio (incluindo o limbo do acetábulo). O forame é quase totalmente fechado pela membrana obturatória (veja anteriormente), que se insere em suas margens (exceto superolateralmente), onde permanece a comunicação entre a pelve e a coxa. A borda livre da membrana está fixada no tubérculo obturatório anterior (na extremidade anterior da borda inferior do ramo superior do púbis) e no tubérculo obturatório posterior (na borda anterior da incisura acetabular); esses tubérculos são indiferenciados, algumas vezes. Já que os tubérculos se localizam em planos diferentes e o sulco obturatório cruza a borda superior do forame, a orla do acetábulo é realmente uma espiral. O forame é grande e oval nos homens, porém menor e quase triangular nas mulheres.

Estrutura

As partes mais espessas do osso do quadril são trabeculares, envolvidas por duas camadas (lâminas) de osso compacto, enquanto as partes mais finas (como no acetábulo e na fossa ilíaca central) frequentemente são translúcidas, constituídas por uma lâmina única de osso compacto. Na parte superior do acetábulo e ao longo da linha arqueada, ou seja, na rota de transmissão de peso do sacro para o fêmur, a quantidade de osso compacto é aumentada e o osso trabecular subjacente apresenta dois grupos de lamelas de pressão. Elas começam juntas, próximo da face auricular superior, e divergem a fim de se encontrarem com as duas fortes pilastras de osso compacto, de onde dois conjuntos semelhantes de arcos lamelares se iniciam e convergem para o acetábulo. A parte anterior da crista ilíaca tem sido muito estudada no que diz respeito à distribuição de osso cortical e trabecular. Para pesquisar melhor estes estudos, consulte Whitehouse (1977). As observações de Whitehouse, baseadas em micrografia eletrônica de varredura, indicam que o osso cortical é muito poroso (sendo apenas 75% de osso, decrescendo para 35% perto da espinha ilíaca anterossuperior). O osso cortical mais denso inicia-se nas margens da crista, espessando-se rapidamente abaixo dela, em ambas as faces da lâmina ilíaca.

Estudos sobre os estresses internos no osso do quadril revelaram um padrão de trabéculas que corresponde bem aos padrões teoricamente esperados das trajetórias de estresse (Holm 1980). Esses padrões são consideravelmente mais complexos que em qualquer outro osso principal. Os estresses são maiores na região acetabular do que na região ilíaca. No ílio, a face pélvica é submetida a um estresse consideravelmente menor do que a face glútea.

Inserções musculares

Veja os ossos individuais.

Suprimento vascular

Nas crianças (primeiros anos de vida), artérias nutrícias são claramente demonstráveis em cada componente do osso do quadril. Cada artéria nutrícia ramifica-se em forma de leque dentro do seu osso de suprimento (Crock 1996). Mais tarde, desenvolve-se uma rede arterial periostal, com contribuições de numerosas artérias locais (veja ossos individuais, adiante).

Inervação

A inervação do periósteo é feita através de uma rede de nervos derivados dos ramos de nervos locais. Esses nervos também suprem músculos inseridos no periósteo e as articulações envolvendo o osso do quadril. Nervos autônomos acompanham artérias nutrícias e ramificam-se dentro do osso.

Ossificação

A ossificação (Figs. 80.6 e 80.7) ocorre através de três centros primários para os ossos ílio, ísquio e púbis. O centro ilíaco aparece acima da incisura isquiática maior antes do nascimento, por volta da nona semana; o centro do ísquio aparece no corpo deste osso, no quarto mês, e o centro do púbis aparece em seu ramo superior, entre o quarto e o quinto mês. Ao nascimento, algumas partes ainda são cartilaginosas, como a crista ilíaca (em sua totalidade), o assoalho e a margem inferior do acetábulo. A ossificação gradual dos três componentes do acetábulo resulta em um tronco cartilaginoso trirradiado que se estende medialmente para a face pélvica como uma lâmina epifisária em forma de Y entre o ílio, o ísquio e o púbis, incluindo a espinha ilíaca anteroinferior. A cartilagem ao longo da margem inferior também recobre a tuberosidade isquiática, forma os ramos conjuntos do ísquio e do púbis, continuando para a superfície da sínfise púbica e ao longo da crista púbica até o seu tubérculo.

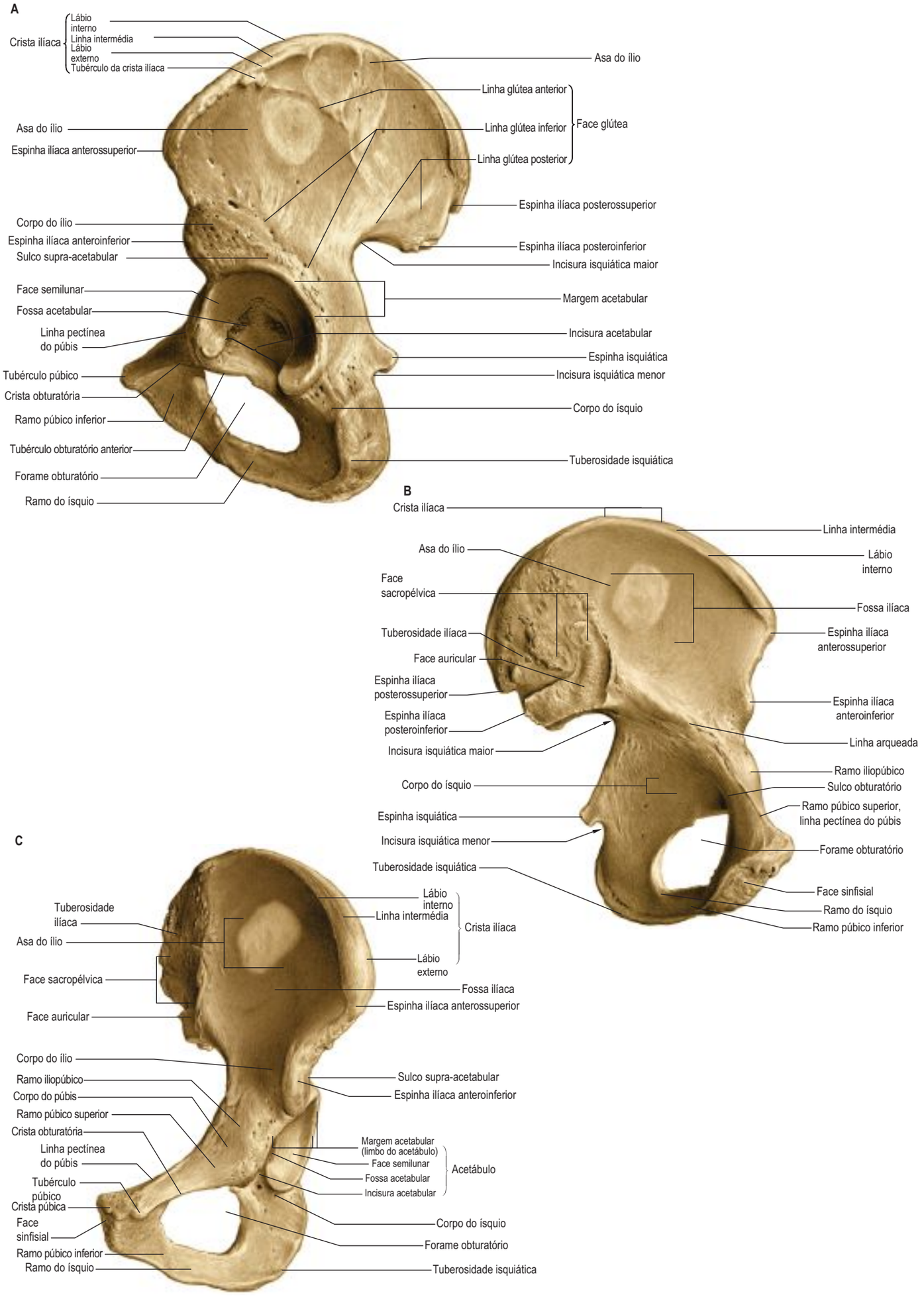


Fig. 80.5 Osso do quadril esquerdo. **A,** Face externa. **B,** Face interna. **C,** Vista anterossuperior. (De Sobotta 2006.)

O ísquio e o púbis em ossificação fundem-se para formar um ramo isquiopúbico contínuo, no sétimo ou no oitavo ano de vida. Centros secundários, além dos centros do acetábulo, aparecem por volta da puberdade e fundem-se entre o 15º e o 25º anos de vida. Geralmente, há dois centros para a crista ilíaca (que se fundem precocemente) e centros individuais para a tuberosidade isquiática (em uma cartilagem próxima da margem inferior do acetábulo que se espalha adiante), a espinha ilíaca anteroinferior (embora ela possa se ossificar a partir da cartilagem trirradiada) e a margem sinfisial do púbis (o tubérculo púbico e a crista podem ter centros de ossificação separados). A progressão da ossificação da crista ilíaca em meninas constitui um índice de maturidade esquelética, sendo de grande importância na determinação do tempo ideal para cirurgia de deformidade da coluna.

Entre os oito ou nove anos de idade, aparecem três grandes centros de ossificação na cartilagem acetabular. O maior aparece na parede anterior do acetábulo e funde-se com o púbis; o segundo aparece superiormente à cartilagem acetabular ilíaca e funde-se com o ílio; o terceiro surge posteriormente na cartilagem acetabular do ísquio e une-se ao ísquio. Na puberdade, essas epífises expandem-se na direção da periferia do acetábulo, contribuindo para sua profundidade (Ponseti 1978). A fusão dos três ossos dentro do acetábulo ocorre entre o 16º e o 18º anos de vida. Delaere *et al.* (1992) sugeriram que a ossificação do ílio é similar à do osso longo, apresentando três epífises cartilaginosas e um processo cartilaginoso, embora tenda a sofrer reabsorção osteoclástica comparável à dos ossos do crânio. Durante o desenvolvimento, o acetábulo aumenta mais rapidamente em largura do que em profundidade.

Podem ocorrer fraturas por avulsão das apófises pélvicas, devido à tração excessiva dos tendões, comumente em adolescentes atletas. Os exemplos mais frequentes deste tipo de lesão são aqueles da tuberosidade isquiática (posteriores da coxa) e da espinha ilíaca anteroinferior (reto femoral).

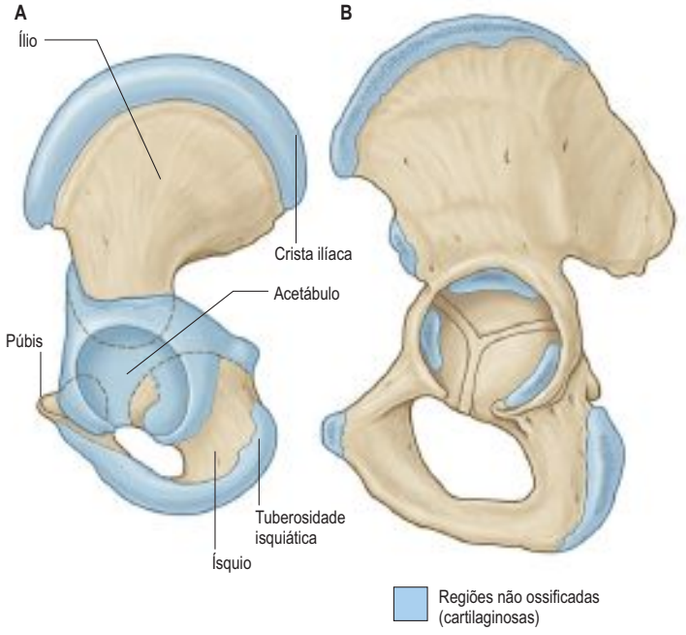


Fig. 80.6 O osso do quadril. **A,** Ao nascimento. **B,** Na adolescência; as áreas mais destacadas indicam os centros secundários de ossificação.

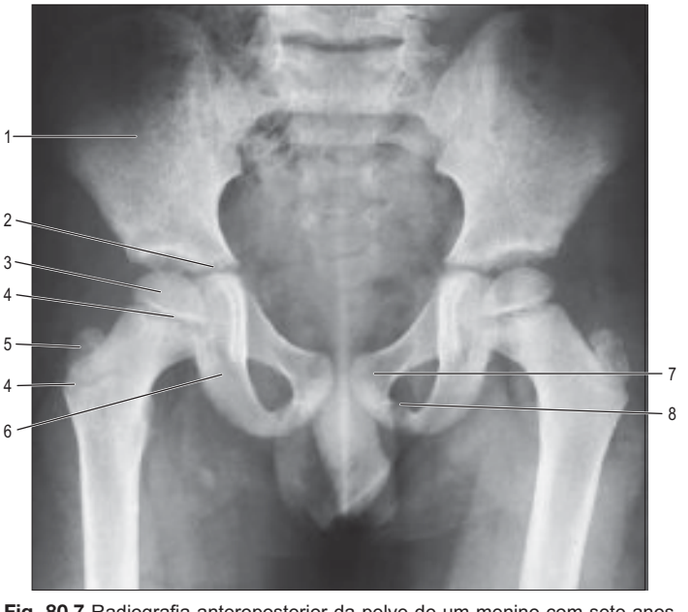


Fig. 80.7 Radiografia anteroposterior da pelve de um menino com sete anos de idade. **1.** Ílio. **2.** Parte da cartilagem de crescimento trirradiada. **3.** Epífise femoral superior. **4.** Placas de crescimento cartilaginosas. **5.** Trocanter maior em ossificação. **6.** Ísquio. **7.** Púbis. **8.** Cartilagem entre os ramos do púbis e do ísquio.

Púbis

Topografia

O púbis (Figs. 80.5 e 80.6) é a parte ventral do osso do quadril e forma uma sínfise púbica cartilaginosa com seu semelhante. O corpo do púbis ocupa a porção anteromedial do osso; a partir do corpo, um ramo superior dirige-se para cima e posteriormente para o acetábulo, e um ramo inferior passa para trás (inferolateralmente) para se unir ao ramo do ísquio (inferomedial ao forame obturado).

Corpo

O corpo, achatado anteroposteriormente, apresenta as faces anterior, posterior e medial (sinfisial) e uma borda superior, a crista púbica. A superfície anterior volta-se inferolateralmente. Ela é mais áspera superomedialmente e mais lisa nas demais partes, servindo de inserção para os músculos femorais mediais. A face posterior lisa volta-se para cima e para trás, formando a parede anterior oblíqua da pelve menor, relacionada à bexiga urinária. A face sinfisial é alongada e oval, unida por cartilagem ao seu par, através da sínfise púbica. Quando retirada a cartilagem articular, apresenta uma superfície irregular de pequenas cristas e sulcos (ou elevações nodulares) que variam consideravelmente com a idade, traços que têm relevância para a medicina forense. A crista púbica é a borda superior arredondada do corpo do púbis, que se projeta sobre a face anterior; sua extremidade lateral é o tubérculo púbico arredondado. Tanto a crista quanto o tubérculo são palpáveis, sendo que este fica parcialmente escondido pelo funículo espermático nos homens, que cruza acima dele do escroto até o abdome. Os ramos púbicos divergem posterolateralmente a partir dos ângulos laterais do corpo.

A face anterior do corpo do púbis volta-se para a região adutora femoral. O ligamento púbico anterior fixa-se à sua porção medial ao longo de uma faixa áspera, que é maior nas mulheres. A face posterior é separada da bexiga urinária através da gordura retropúbica. Os ligamentos puboprostáticos estão inseridos nesta face, medialmente ao elevador do ânus.

Ramo superior do púbis

O ramo superior do púbis passa para cima, para trás e lateralmente a partir de seu corpo, superolateralmente ao forame obturador, para alcançar o acetábulo. Triangular em secção, apresenta três faces e bordas. Sua face anterior, a face pectínea, inclina-se ligeiramente para cima, tem contorno triangular e estende-se do tubérculo púbico até o ramo iliopúbico. Limita-se, anteriormente, pela crista obturatória arredondada e, posteriormente, pela aguda linha pectínea do púbis que, com a crista, forma a parte púbica da linha terminal (a parte anterior da margem pélvica). A superfície pélvica, posterossuperior, inclinada medialmente, é lisa e estreita-se na face posterior do corpo do osso, limitando-se acima pela linha pectínea e abaixo pela borda inferior. A face obturatória, dirigida inferoposteriormente, é cruzada pelo sulco obturatório, inclinando-se para baixo e para a frente. Seu limite anterior é a crista obturatória e o seu limite posterior é margem inferior.

Ramo inferior do púbis

O ramo inferior do púbis, um processo inferolateral do corpo do osso, descende inferolateralmente para se unir ao ramo do ísquio, medialmente e abaixo do forame obturador. A junção pode ser localmente espessada, mas não tão obviamente em indivíduos adultos. O ramo possui duas faces e bordas. A face anterolateral, contínua acima com aquela do corpo do púbis, volta-se para a coxa, sendo marcada por músculos. Limita-se, lateralmente, pela margem do forame obturador e, medialmente, pela borda anterior áspera. A face posteromedial é contínua, acima, com aquela do corpo do púbis, sendo transversalmente convexa: sua parte medial frequentemente é evertida nos homens, servindo de fixação para a raiz do pênis. Esta face volta-se medialmente para o períneo, com sua parte lateral lisa inclinada superiormente, em direção à cavidade pélvica.

A superfície interna é indistintamente dividida em áreas medial, intermédia e lateral. A área medial volta-se inferomedialmente, em contato direto com a raiz do pênis ou do clitóris, limitando-se acima e atrás por uma crista para fixação da fáscia que recobre os músculos superficiais do períneo. A margem medial do ramo, fortemente evertida nos homens,

fornece fixação para a fáscia lata e para a camada membranosa da fáscia perineal superficial.

Tubérculo púbico
O tubérculo púbico fornece inserção para a extremidade medial do ligamento inguinal. Ele forma parte do assoalho do anel inguinal superficial, sendo cruzado pelo funículo espermático.

Linha pectínea do púbis
A linha pectínea do púbis é a borda superior afiada da face pectínea. Em sua extremidade medial estão inseridos o tendão conjunto e o ligamento lacunar, e o ligamento pectíneo forte e fibroso está inserido ao longo do resto de sua face. A face pélvica lisa separa-se do peritônio parietal unicamente pelo tecido areolar, no qual o ligamento umbilical lateral desce para a frente sobre o ramo e, lateralmente, o ducto deferente passa por trás dele. O sulco obturatório, que se converte em um canal através das bordas superiores da membrana obturatória e pelos músculos obturatórios, permite que os vasos obturatórios e o nervo passem da pelve para a coxa. Algumas fibras do ligamento pubofemoral estão inseridas na extremidade lateral da crista obturatória.

Inserções musculares
O tendão do adutor longo está inserido na face anterior (externa) do corpo, abaixo da crista púbica. Abaixo do adutor longo, o grácil está inserido em uma linha perto da margem inferior, estendendo-se para baixo sobre o ramo inferior. Acima do grácil, o adutor curto insere-se no corpo e no ramo inferior. Acima novamente, o obturador externo insere-se na superfície anterior, espalhando-se sobre o ramo púbico inferior e o ramo isquiático. O adutor magno geralmente se estende a partir do ramo do ísquio para a parte inferior do ramo inferior do púbis (entre o adutor curto e o obturador externo). O pectíneo insere-se na face pectínea do ramo superior, ao longo de sua borda superior. Alças ascendentes do cremaster fixam-se ao tubérculo púbico. A porção lateral do reto abdominal e do piramidal (inferiormente) está inserida lateralmente ao tubérculo, na crista púbica. Medialmente, a crista é cruzada pela porção medial do reto abdominal, que ascende a partir de fibras ligamentares que se entrelaçam à frente da sínfise púbica. Fibras anteriores do elevador do ânus estão fixadas na face posterior (interna) do corpo, próximas de seu centro. Mais lateralmente, o obturador interno insere-se em sua superfície, estendendo-se sobre ambos os ramos. O psoas menor, quando presente, insere-se perto do centro da linha pectínea do púbis.

Suprimento vascular
O púbis é irrigado por anastomoses periostais dos ramos das artérias obturatória, epigástrica inferior e femoral circunflexa medial. As artérias pudendas externas superficial e profunda também podem contribuir. Vários forames vasculares estão presentes, principalmente na extremidade lateral (acetabular) do osso, mas não há forame nutrício consistentemente localizado na região.

Inervação
O periósteo do púbis é inervado pelos ramos dos nervos que suprem os músculos inseridos neste osso, na articulação do quadril e na sínfise púbica.

Ossificação
A ossificação do púbis está descrita na página 1354.

Ílio

Topografia
O ílio possui as partes superior e inferior e três faces (Figs. 80.5 e 80.6). A parte inferior, menor, forma um pouco menos que os dois quintos superiores do acetábulo. A parte superior é bem expandida e possui faces glútea, sacropélvica e ilíaca (interna). A face glútea posterolateral é uma extensa área rugosa; a fossa ilíaca anteromedial é lisa e côncava; a face sacropélvica é medial e posteroinferior à fossa, dela separada pela borda medial.

Crista ilíaca
A crista ilíaca é a borda superior do ílio. É convexa para cima, mas sinuosa de um lado a outro, sendo internamente côncava na frente e convexa atrás. Suas extremidades projetam-se como as espinhas ilíacas anterossuperior e posterossuperior. A espinha ilíaca anterossuperior é palpável na extremidade lateral da prega inguinal e a extremidade lateral do ligamento inguinal insere-se na espinha ilíaca anterossuperior. A espinha ilíaca posterossuperior não é palpável, mas frequentemente é indicada por uma depressão de aproximadamente 4 cm, lateralmente ao processo espinhoso da segunda vértebra sacral, acima da região glútea medial (nádega).

A crista tem segmentos ventral e dorsal. O ventral ocupa ligeiramente mais que os dois terços anteriores da crista e sua proeminência está associada às mudanças na forma ilíaca, como resultado do surgimento da postura ereta; o segmento dorsal que ocupa, aproximadamente, o terço posterior nos humanos é um traço comum a todos os vertebrados terrestres. O segmento ventral da crista tem lábios externo e interno e a zona intermediária áspera é mais estreita centralmente. O tubérculo ilíaco projeta-se para fora do lábio externo, aproximadamente 5 cm posterossuperior à espinha ilíaca anterossuperior. O segmento dorsal tem duas faces inclinadas, separadas por uma crista longitudinal que termina na espinha ilíaca posterossuperior. O ápice da crista, um pouco atrás de seu ponto médio, está nivelado com o quarto corpo vertebral lombar. Os ligamentos interósseo e sacroilíaco posterior nascem da borda medial do segmento dorsal.

Borda anterior
A borda anterior desce para o acetábulo a partir da espinha ilíaca anterossuperior. Superiormente, ela é côncava para a frente. Inferiormente, imediatamente acima do acetábulo, tem-se a áspera espinha ilíaca anteroinferior, que se divide em uma área superior (para a parte reta do reto femoral) e uma área inferior, que por sua vez se estende lateralmente ao longo da margem superior do acetábulo para formar a impressão triangular da extremidade proximal do ligamento iliofemoral.

Borda posterior
A borda posterior é curvada irregularmente e descende da espinha ilíaca posterossuperior (primeiramente para a frente), com a concavidade posterior formando uma pequena incisura. Na extremidade inferior da incisura, há uma projeção baixa e larga, a espinha ilíaca posteroinferior. Neste local, a borda volta-se quase que horizontalmente para a frente (aproximadamente 3 cm), depois curva-se para baixo e para trás para se unir com a borda posterior do ísquio. Essas bordas, juntas, formam uma incisura profunda, a incisura isquiática maior (limitada superiormente pelo ílio e abaixo pelo ílio e pelo ísquio). As fibras superiores do ligamento sacrotuberal fixam-se na parte superior da borda posterior. A margem superior da incisura está relacionada com os vasos glúteos superiores e o nervo. A margem inferior da incisura isquiática maior é recoberta pelo piriforme e está relacionada ao nervo isquiático.

Borda medial
A borda medial separa a fossa ilíaca e a face sacropélvica. Não é distinguível facilmente perto da crista, é rugosa na sua parte superior, depois cortante onde delimita a face articular para o sacro e, finalmente, arredondada. Esta última parte é a linha arqueada, que alcança inferiormente a parte posterior da eminência iliopúbica, marcando a união do ílio com o púbis.

Face glútea
A face glútea volta-se para baixo em sua parte posterior, e lateral e ligeiramente para baixo na parte anterior. Ela é limitada acima pela crista ilíaca, abaixo pela borda superior do acetábulo e pelas bordas anterior e posterior. Essa face é rugosa e curvada, convexa na frente, côncava atrás, e marcada por três linhas glúteas. A linha glútea posterior é a menor, descendo a partir do lábio externo da crista (aproximadamente 5 cm à frente de seu limite posterior) e terminando em frente à espinha ilíaca posteroinferior. Acima, normalmente é bem distinguível, mas inferiormente é mal definida e frequentemente ausente. A linha glútea anterior, a mais longa, inicia-se próxima ao ponto médio da margem superior da incisura isquiática maior, subindo em direção anterior pelo lábio externo da crista (um pouco anterior ao seu tubérculo). A linha glútea inferior, raramente bem marcada, inicia-se na região posterossuperior à espinha ilíaca anteroinferior, curvando-se para trás e para baixo para terminar perto do ápice da incisura isquiática maior. Entre a linha glútea inferior e a margem do acetábulo, encontra-se um sulco raso e rugoso. Atrás do acetábulo, a face glútea inferior é contínua com a face posterior do ísquio, junção esta marcada por uma pequena elevação.

A cápsula articular está inserida em uma área contígua à margem (limbo) do acetábulo, e sua maior parte está recoberta pelo glúteo mínimo. Em direção posteroinferior, próximo à união do ílio e do ísquio, o osso relaciona-se com o piriforme.

Fossa ilíaca
A fossa ilíaca, a concavidade interna do osso ilíaco, volta-se em direção anterossuperior. Ela é limitada acima pela crista ilíaca, à frente pela borda anterior, atrás pela borda medial (separando-a da face sacropélvica). A fossa ilíaca forma a parede posterolateral lisa e ligeiramente côncava da pelve maior. Abaixo, é contínua com um sulco raso e largo, que é limitado lateralmente pela espinha ilíaca anteroinferior e medialmente pela eminência iliopúbica.

O sulco largo, entre a espinha ilíaca anteroinferior e a eminência iliopúbica, é ocupado lateralmente pelas fibras convergentes do ilíaco e medialmente pelo tendão do psoas maior: o tendão é separado do osso subjacente através de uma bolsa sinovial. A fossa ilíaca direita contém o ceco e, frequentemente, o apêndice vermiforme e a porção terminal do íleo. A fossa ilíaca esquerda abriga a porção terminal do cólon descendente e a proximal do cólon sigmoide.

Face sacropélvica

A face sacropélvica, a parte posteroinferior da face medial do ilíaco, limita-se posteroinferiormente pela borda posterior, anterossuperiormente pela borda medial, posterossuperiormente pela crista ilíaca e anteroinferiormente pela linha de fusão do ílio e do ísquio. A face sacropélvica é dividida em tuberosidade ilíaca e nas faces auricular e pélvica. A tuberosidade ilíaca, uma extensa área rugosa abaixo do segmento dorsal da crista ilíaca, apresenta as áreas cranial e caudal, separadas por uma crista oblíqua e conectadas ao sacro através do ligamento sacroilíaco interósseo. A face sacropélvica fornece fixação para o ligamento sacroilíaco posterior e, atrás da face auricular, para o ligamento sacroilíaco interósseo. O ligamento iliolombar está inserido na região anterior da face sacropélvica. A face auricular, imediatamente anteroinferior à tuberosidade, articula-se com a massa sacral lateral. Em forma de orelha, sua parte mais ampla é anterossuperior, seu "lóbulo" é posteroinferior e localiza-se na face medial da espinha ilíaca posteroinferior. Suas bordas são bem definidas, mas sua superfície, embora articular, é áspera e irregular. Articula-se com o sacro e exibe uma reciprocidade de forma em relação a este osso. O ligamento sacroilíaco anterior insere-se nas suas bordas anterior e inferior. A parte mais estreita da face pélvica (entre a face auricular e a margem superior da incisura isquiática maior) frequentemente exibe um sulco pré-auricular rugoso (que normalmente é mais bem definido nas mulheres) para as fibras inferiores do ligamento sacroilíaco anterior. Para observar a confiabilidade deste traço enquanto fator discriminante de gênero, reporte-se a Finnegan (1978) e Brothwell & Pollard (2001). A face pélvica é anteroinferior à região acentuadamente curvada da face auricular, contribuindo para a formação da parede lateral da pelve menor. Sua parte superior, voltada para baixo, está entre a face auricular e a incisura isquiática maior. Sua parte inferior, voltada medialmente, separa-se da fossa ilíaca através da linha arqueada. Estende-se anteroinferiormente para a linha de união entre o ílio e o ísquio. Embora seja normalmente obliterada, esta passa da região profunda do acetábulo para aproximadamente metade da parte inferior da incisura isquiática maior.

Inserções musculares

A inserção do sartório estende-se para baixo da margem anterior, abaixo da espinha ilíaca anterossuperior. A crista ilíaca serve de fixação para os músculos abdominais anterolaterais e dorsais, e para as fáscias e os músculos do membro inferior. A fáscia lata e o trato iliotibial inserem-se no lábio externo e no tubérculo de seu segmento ventral. O tensor da fáscia lata insere-se anteriormente ao tubérculo. As fibras inferiores do oblíquo externo e, imediatamente atrás do ápice da crista, as fibras inferiores do latíssimo do dorso (grande dorsal) encontram-se inseridas em seus dois terços anteriores. Há um intervalo variável entre a inserção mais posterior do oblíquo externo e a inserção mais anterior do latíssimo do dorso; neste local, a crista ilíaca forma a base do trígono lombar. O oblíquo interno do abdome está inserido na área intermediária da crista. O músculo transverso do abdome insere-se nos dois terços anteriores do lábio interno da crista e, atrás dele, inserem-se a fáscia toracolombar e o quadrado lombar. As fibras mais superiores do glúteo máximo estão fixadas no segmento dorsal da crista, em sua inclinação lateral. Os eretores da espinha originam-se no declive medial do segmento dorsal. A porção reta do reto femoral encontra-se inserida na região superior da espinha ilíaca anteroinferior. Algumas fibras do piriforme inserem-se à frente da espinha ilíaca posteroinferior, na borda superior da incisura isquiática maior.

A face glútea é dividida por três linhas glúteas que formam quatro áreas. Atrás da linha glútea posterior, a parte superior rugosa serve de inserção para as fibras superiores do glúteo máximo, e a parte inferior, lisa, fornece inserção para parte do ligamento sacrotuberal e para a cabeça ilíaca do piriforme. O glúteo médio encontra-se inserido entre as linhas glúteas posterior e anterior, abaixo da crista ilíaca; o glúteo mínimo encontra-se inserido entre as linhas glúteas anterior e inferior. A quarta área, abaixo da linha inferior, contém os forames vasculares.

A cabeça reflexa do reto femoral fixa-se em um sulco curvo, acima do acetábulo. O músculo ilíaco está inserido nos dois terços superiores da fossa ilíaca, além de estar relacionado ao terço inferior. A porção medial do quadrado lombar insere-se na parte anterior da face sacropélvica, acima do ligamento iliolombar. Algumas vezes o músculo piriforme encontra-se parcialmente inserido (lateralmente ao sulco auricular) e parte do obturador interno está inserida na porção restante mais extensa da face pélvica.

Suprimento vascular

Ramos da artéria iliolombar correm entre o músculo ilíaco e o osso; um ou mais ramos entram pelo grande forame nutrício localizado posteroinferiormente à fossa ilíaca. As artérias glútea superior, obturatória e ilíaca circunflexa superficial contribuem para a irrigação do periósteo. A artéria obturatória pode suprir um ramo nutrício. Forames vasculares na face glútea do ílio podem levar a grandes canais vasculares dentro do osso.

Inervação

O periósteo do osso ilíaco é inervado pelos ramos dos nervos que suprem os músculos inseridos neste osso, na articulação do quadril e na articulação sacroilíaca.

Ossificação

A ossificação do ílio está descrita na página 1354.

Ísquio

Topografia

O ísquio, a parte inferoposterior do osso do quadril, apresenta um corpo e um ramo. O corpo possui extremidades superior e inferior e faces femoral, posterior e pélvica (Figs. 80.5 e 80.6). Acima, forma a parte posteroinferior do acetábulo; abaixo, seu ramo ascende anteromedialmente, formando um ângulo agudo para encontrar o ramo inferior do púbis e completando, desta forma, os limites do forame obturado. O ligamento isquiofemoral insere-se na borda lateral, abaixo do acetábulo.

A face femoral volta-se para baixo, para a frente e lateralmente em direção à coxa. É limitada, à frente, pela margem do forame obturado. A borda lateral, pouco distinguível acima e bem definida abaixo, forma o limite lateral da tuberosidade isquiática. Em um nível mais alto, a face femoral é recoberta pelo piriforme, do qual está parcialmente separada pelo nervo isquiático e o nervo para o quadrado femoral. A face posterior, voltada superolateralmente, é contínua acima com a face glútea do osso ilíaco; neste ponto, uma pequena convexidade segue a curvatura do acetábulo. Inferiormente, esta face forma a porção superior da tuberosidade isquiática, acima da qual há um sulco raso e largo em suas faces medial e lateral. Acima da tuberosidade isquiática, a face posterior é cruzada pelos tendões do obturador interno e dos gêmeos. O nervo para o quadrado da coxa repousa entre essas estruturas e o osso. A tuberosidade isquiática é uma área áspera e grande na face dorsal inferior e na extremidade inferior do ísquio. Embora obscurecida pelo glúteo máximo na extensão de quadril, é palpável durante a flexão. Encontra-se a 5 cm da linha média e aproximadamente à mesma distância acima da prega glútea. A tuberosidade isquiática é alongada, mais larga acima e afilada inferiormente. A face posterior do ísquio localiza-se entre as bordas lateral e posterior. A borda posterior mistura-se, acima, com aquela do ílio, ajudando a completar a margem inferior da incisura isquiática maior (sua extremidade posterior apresenta uma espinha isquiática proeminente). Abaixo, a borda arredondada forma o assoalho da incisura isquiática menor, entre a espinha isquiática e a tuberosidade. A face pélvica é lisa e volta-se para a cavidade pélvica; inferiormente, forma parte da parede lateral da fossa isquioanal.

Ramo do ísquio

O ramo do ísquio possui faces anteroinferior e posterior, contínuas com as faces correspondentes do ramo inferior do púbis: a face anteroinferior é mais áspera em virtude da inserção dos músculos femorais mediais. A face posterior lisa é parcialmente dividida em áreas perineal e pélvica, assim como o ramo inferior do púbis. A borda superior completa o forame obturador; a borda inferior rugosa, juntamente com a borda medial do ramo inferior do púbis, contribui para a formação do arco púbico. A fáscia que recobre os músculos perineais superficiais está inserida abaixo da crista entre as áreas perineal e pélvica da face posterior do ramo do ísquio. Acima das áreas das cristas, fornece inserção para a raiz do pênis ou do clitóris e para o esfíncter uretral. A borda inferior do ramo fornece fixação para a fáscia lata e para uma camada membranosa da fáscia perineal superficial.

Tuberosidade isquiática

A tuberosidade isquiática é dividida quase que transversalmente em áreas superior e inferior. A área superior é subdividida por uma linha oblíqua em uma parte superolateral e outra inferomedial. A área inferior, que vai ficando mais estreita à medida que se curva sobre a face inferior do ísquio, é subdividida por uma crista vertical irregular em áreas medial e lateral. A área medial é coberta por tecido fibroadiposo, que normalmente contém a bolsa isquiática do glúteo máximo, que por sua vez suporta o peso do corpo na posição sentada. Medialmente, a tuberosidade é limitada por uma crista curva que passa em direção ao ramo, fornecendo fixação para o ligamento sacrotuberal e o seu processo falciforme.

Espinha isquiática

A espinha isquiática projeta-se inferiormente e um pouco medialmente (Fig. 80.8). O ligamento sacrospinal insere-se nas suas margens, separando o forame isquiático maior do menor. O ligamento é cruzado posteriormente pelos vasos pudendos internos, pelo nervo pudendo e pelo nervo para o obturador interno.

Inserções musculares

Parte do obturador externo está inserida na face femoral do corpo do ísquio. Parte do obturador externo, fibras anteriores do adutor magno e o grácil (próximo à borda inferior) encontram-se inseridos na face anterior do ramo do ísquio. A inserção do adutor curto pode descer a partir do ramo inferior do púbis, entre o adutor magno e o grácil. A face posterior é dividida em áreas pélvica e perineal. A área pélvica, voltada para trás, tem parte do obturador interno inserida em si. A área perineal está voltada medialmente; sua parte superior relaciona-se com a raiz do pênis ou do clitóris, e sua parte inferior serve de inserção para o esfíncter uretral, o isquiocavernoso e o músculo perineal superficial transverso.

A tuberosidade isquiática fornece inserção para os músculos femorais posteriores. O quadrado da coxa está inserido ao longo da parte superior de sua borda lateral. A área superior da tuberosidade é subdividida por uma linha oblíqua em uma parte superolateral (para o semimembranoso) e uma parte inferomedial (para a cabeça longa do bíceps femoral e para o semitendinoso). A área inferior é subdividida por uma crista vertical irregular em áreas lateral e medial. A área lateral maior é um aparte do adutor magno. Superomedialmente à tuberosidade, a face posterior tem um sulco raso, geralmente coberto por cartilagem hialina, com uma bursa entre a face e o obturador interno. O gêmeo inferior está inserido na margem inferior do sulco, perto da tuberosidade. O gêmeo superior insere-se na margem superior, perto da espinha isquiática.

A face pélvica da espinha isquiática fornece inserção para o coccígeo (extensiva ao ligamento sacrospinal) e para as fibras mais posteriores do elevador do ânus. O obturador interno encontra-se fixado na parte superior da face pélvica do ísquio e converge para a incisura isquiática menor, recobrindo o resto desta superfície (exceto a face pélvica da espinha isquiática): o músculo e sua fáscia separam o osso da fossa isquiorretal.

Suprimento vascular

Existem vários forames vasculares nas margens do acetábulo, alguns dos quais normalmente estão presentes na face pélvica. O osso é irrigado por ramos das artérias obturatória, circunflexa femoral medial e glútea inferior.

Inervação

O periósteo é inervado pelos ramos dos nervos que suprem a articulação do quadril e os músculos que estão inseridos no osso.

Ossificação

A ossificação do ísquio está descrita na página 1352.

SACRO

Ver a página 724.

CÓCCIX

Ver a página 728.

ESQUELETO DA PELVE COMO UM TODO

O termo pelve (bacia) é vagamente aplicado ao anel esquelético formado pelos ossos do quadril e pelo sacro, à cavidade dentro deles e até mesmo à região em que o tronco e os membros inferiores se encontram, como um todo. O termo é utilizado aqui no sentido esquelético, para descrever a cintura óssea irregular entre a cabeça do fêmur e a quinta vértebra lombar. Ela é grande porque sua função primária é resistir às forças do peso do corpo e dos músculos. Nesta seção, seus significados obstétrico, forense e antropológico serão considerados.

A pelve pode ser considerada composta por segmentos maior e menor, as pelves verdadeira e falsa. Os segmentos são arbitrariamente divididos por um plano oblíquo que passa através do promontório sacral (posteriormente) e pelas linhas terminais, nas demais partes. Cada linha terminal inclui a linha arqueada do osso ilíaco, a linha pectínea e a crista púbica. Os segmentos são contínuos e as partes das cavidades do corpo que envolvem também são contínuas através da entrada pélvica.

Pelve maior

A pelve maior é formada pelo ílio e pelo púbis acima das linhas terminais e da base do sacro. Esta zona de junção é estruturalmente maciça, formando poderosos arcos que se estendem a partir da fossa do acetábulo até a coluna vertebral em torno da cavidade visceral, que é parte do abdome. A pelve maior apresenta pouca parede anterior por causa da inclinação pélvica.

Estreito pélvico (abertura superior da pelve)

O estreito pélvico pode ser redondo ou oval, sendo invadido pelo promontório sacral posteriormente. A borda pélvica é obstetricamente importante e também foi medida durante muito tempo por motivos antropológicos, assim como ocorreu com a cavidade pélvica.

Por convenção, o estreito pélvico é descrito em três dimensões. O diâmetro anteroposterior (conjugado verdadeiro) é medido entre os pontos médios do promontório sacral e da borda superior da sínfise púbica; na média, tem-se 10 cm no homem adulto e 11,2 cm na mulher adulta. O diâmetro transverso é a distância máxima entre pontos semelhantes (estimados a olho nu) nos lados opostos da margem pélvica; tem-se a média de 12,5 cm para os homens e 13,1 cm para as mulheres. O diâmetro oblíquo é medido do ramo iliopúbico até a articulação sacroilíaca oposta; tem-se a média de 12 cm no homem adulto e 12,5 cm na mulher adulta. Essas medidas variam de pessoa para pessoa e de um grupo racial para outro.

Pelve óssea articulada

A pelve menor inclui uma bacia verdadeira quando os tecidos moles do assoalho pélvico estão no lugar. Em termos esqueléticos, ela consiste em

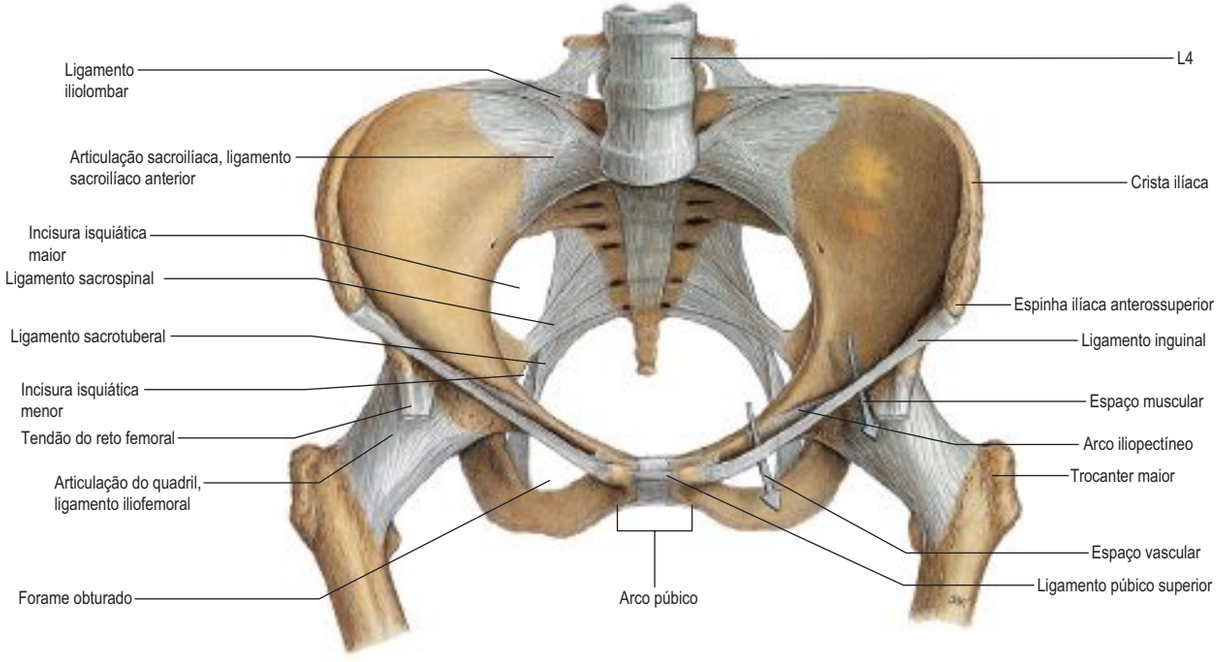


Fig. 80.8 Articulações e ligamentos da pelve: face anterior. Observe as setas indicando os espaços musculares e vasculares. (De Sobotta 2006.)

uma continuação mais estreita da pelve maior, com paredes menos regulares e mais completas ao redor da cavidade. De grande importância obstétrica, a pelve menor tem um eixo mediano curvo e apresenta aberturas superior e inferior. A abertura superior é ocupada pelas vísceras. O assoalho pélvico, as vísceras e os esfíncteres perineais adjacentes fecham a abertura inferior.

Cavidade da pelve menor

A cavidade da pelve menor é curta e curvada, além de ser marcadamente mais longa em sua parede posterior. Anteroinferiormente, ela é limitada pelos ossos púbicos, por seus ramos e pela sínfise. Posteriormente, é limitada pela face sacral anterior côncava e pelo cóccix. Lateralmente, de cada lado, suas margens são as faces pélvicas quadrangulares lisas dos ossos ílio e ísquio fusionados. Desta forma, a região envolvida é a cavidade pélvica própria, através da qual passam o reto, a bexiga e outras partes dos órgãos reprodutores. Nas mulheres, a cavidade também deve permitir a passagem da cabeça do feto.

Os diâmetros da cavidade pélvica são medidos aproximadamente no nível médio. O diâmetro anterossuperior é medido entre os pontos médios do terceiro segmento sacral e da face posterior da sínfise púbica, apresentando os valores médios de 10,5 cm e 13 cm para homens e mulheres, respectivamente. O diâmetro transverso é a distância transversal mais larga entre as paredes laterais da pelve, frequentemente a maior dimensão transversal de toda a pelve. Ele mede cerca de 12 cm no homem adulto e 12,5 cm na mulher adulta. O diâmetro oblíquo é a distância do ponto de uma articulação sacroilíaca até o ponto médio da membrana obturatória contralateral, medindo cerca de 11 cm no homem e 13,1 cm na mulher. Todas as medidas variam de pessoa para pessoa e de um grupo racial para outro.

Saída pélvica (abertura pélvica inferior)

Menos regular em contorno quando comparada à abertura pélvica superior, a saída pélvica é endentada, posteriormente, pelo sacro e pelo cóccix e, bilateralmente, pelas tuberosidades isquiáticas. Seu perímetro, portanto, consiste em três grandes arcos. Anteriormente, tem-se o arco púbico, que se localiza entre os ramos isquiopúbicos. Posterior e lateralmente, em ambos os lados, encontram-se as incisuras isquiáticas entre o sacro e as tuberosidades isquiáticas, que são divididos pelos ligamentos sacrotuberal e sacrospinal em forames isquiáticos maior e menor.

Incluindo os ligamentos, a abertura inferior é romboide (losângica). Seus ramos anteriores são os ramos isquiopúbicos (unidos pelo ligamento púbico inferior) e suas margens posteriores são formadas pelo ligamento sacrotuberal e pelo cóccix na linha mediana. Portanto, a saída pélvica não é tão rígida em sua metade posterior, sendo limitada por ligamentos e pelo cóccix, todos ligeiramente flexíveis. Mesmo considerando o sacro como o limite mediano posterior (mais confiável para medidas), ainda existe alguma mobilidade nas articulações sacroilíacas. Observe também que um plano da abertura pélvica inferior é meramente conceitual. A parte isquiopúbica anterior tem um plano que é inclinado para baixo e para trás até uma linha transversal entre os limites inferiores das tuberosidades isquiáticas, e a metade posterior tem um plano que aproxima os ligamentos sacrotuberais, inclinando-se para trás e para a frente na mesma linha.

Três medidas são feitas para a abertura pélvica inferior. O diâmetro anterossuperior geralmente é medido do ápice do cóccix até o ponto médio da margem inferior da sínfise. O ponto sacral mais inferior também pode ser usado (média de 8 cm em homens e 12,5 cm em mulheres). O diâmetro transverso (bituberal) é medido entre as tuberosidades isquiáticas, nas margens inferiores de suas faces mediais (em média 8,5 cm em homens e 11,8 cm em mulheres). O diâmetro oblíquo estende-se do ponto médio do ligamento sacrotuberal de um lado até a junção isquiopúbica contralateral (em média 10 cm nos homens e 11,8 cm nas mulheres). Todas as medidas variam de pessoa para pessoa e de um grupo racial para outro.

Outras medidas

Além dessas medidas principais, por consenso a base da osteometria pélvica, outros planos e medidas são utilizados na prática obstétrica. O plano das maiores dimensões pélvicas é um conceito obstétrico. Ele representa o nível pélvico de maior capacidade, entre a margem pélvica e o plano mediano, correspondendo com este último anteriormente (parte média da sínfise púbica) e com o nível do segundo e terceiro segmentos sacrais, posteriormente.

Consiera-se que o plano de menores dimensões está localizado no nível médio da pelve. Seu diâmetro transverso está entre os ápices das espinhas isquiáticas. Esta medida é de cerca de 9,5 cm em mulheres adultas, com largura suficiente somente para permitir a passagem do diâmetro biparietal da cabeça do feto (aproximadamente 9 cm). Obviamente, as maiores dificuldades no parto ocorrem nesta região.

Algumas vezes, as medidas anteriores são feitas na prática clínica através de radiografias ou de pelvimetria por ressonância magnética. Medidas precisas não são possíveis sem as técnicas radiológicas; ainda assim, esses exames não levam em consideração os tecidos moles. No passado, as medidas eram realizadas através de exames físicos e vaginais. Entretanto, essas medidas manuais mostraram-se de pouco valor clínico, tornando-se obsoletas nos dias de hoje.

Classificação morfológica das pelves

O interesse nas dimensões descritas anteriormente é primariamente obstétrico e, menos frequentemente, forense. Todas as medidas pélvicas mostram variação individual e os valores padronizados correspondem às médias de pesquisas limitadas. Diferenças raciais e sexuais também podem ocorrer. Essas medidas foram analisadas por diversos anatomistas, antropólogos, obstetras e radiologistas com o objetivo de classificar a pelve humana, principalmente a pelve feminina. Os quatro termos mais comuns utilizados atualmente são ginecoide, antropoide, platipeloide e androide. A pelve ginecoide é a pelve feminina tradicional do ocidente, com uma borda em forma de coração e com as medidas citadas anteriormente. Uma pelve antropoide tem uma cavidade média maior, uma larga passagem anteroposterior em forma oval, é mais comum em mulheres de origem africana e pode ser associada a uma "pelve de alta assimilação", na qual há uma vértebra lombar adicional. Uma pelve platipeloide é plana e oval de lado a lado das suas margens, é uma pelve contraída, raramente vista nos dias de hoje, associada anteriormente ao raquitismo. Uma pelve androide tem contorno triangular e apresenta a forma de uma pelve masculina.

Eixos pélvicos e inclinação

O eixo da abertura pélvica superior transpassa seu centro em ângulo reto, diretamente para baixo e para trás (Fig. 80.9). Quando prolongado (projetado), passa através da cicatriz umbilical e do ponto médio do cóccix. Um eixo é similarmente estabelecido para a abertura inferior: projetado para cima, encontra promontório sacral. Eixos podem ser igualmente construídos para qualquer plano; pode-se construir um para toda a cavidade, correspondendo a uma concatenação de uma série infinita destas linhas (Fig. 80.9). A cabeça fetal, entretanto, desce pelo eixo da abertura pélvica anterior até o nível das espinhas ilíacas, e depois, é direcionada anteriormente no eixo da vagina em ângulo reto com o eixo da mesma. A forma do eixo pélvico e a disparidade de profundidade dos contornos anterior e posterior são fatores primordiais no mecanismo de trânsito fetal dentro do canal pélvico.

Em posição ortostática, a posição do canal pélvico é curvada obliquamente para trás, em relação ao tronco e à cavidade abdominal. A pelve, como um todo, é inclinada para a frente com o plano da borda pélvica formando um ângulo de 50-60° com a horizontal. O plano da abertura pélvica inferior inclina-se cerca de 15°. Estritamente, a saída pélvica tem dois planos: um anterior, que passa para trás a partir da sínfise púbica, e outro posterior, que passa para a frente a partir do cóccix, ambos descendo para se encontrarem na linha intertuberal. Na posição de pé, a face pélvica da sínfise púbica volta-se para cima e para trás, com a concavidade do sacro dirigida no sentido anteroinferior. A frente da sínfise e as espinhas ilíacas anterossuperiores estão no mesmo plano vertical. Ao sentar, o peso do corpo é transmitido através das partes inferomediais das tuberosidades isquiáticas, com os tecidos moles interpostos. As espinhas ilíacas anterossuperiores estão em um plano vertical que passa através dos centros dos acetábulos, com toda a pelve se inclinando para trás e o ângulo lombossacral diminuído em relação ao promontório sacral.

Mecanismo pélvico

A pelve esquelética sustenta e protege as vísceras, mas constitui principalmente uma parte dos membros inferiores, permitindo uma grande fixação para as pernas e os músculos do tronco. Constitui o maior mecanismo para transmissão de peso da cabeça, tronco e membros superiores para os membros inferiores. Pode ser considerada como dois arcos divididos por um plano transacetabular coronal. O eixo posterior, prioritariamente envolvido com a transmissão de peso, é formado pelas três vértebras sacrais superiores e pelos fortes pilares de ossos das articulações sacroilíacas para a fossa do acetábulo. O arco anterior, formado pelos ossos púbicos e seus ramos superiores, conecta estes pilares para prevenir que se separem e também atua como uma escora compressora contra o impulso medial promovido pelo fêmur. O sacro, como o topo do arco posterior, é comprimido pela articulação lombossacral. Teoricamente, esta força tem dois componentes, um que impulsiona o sacro para baixo e

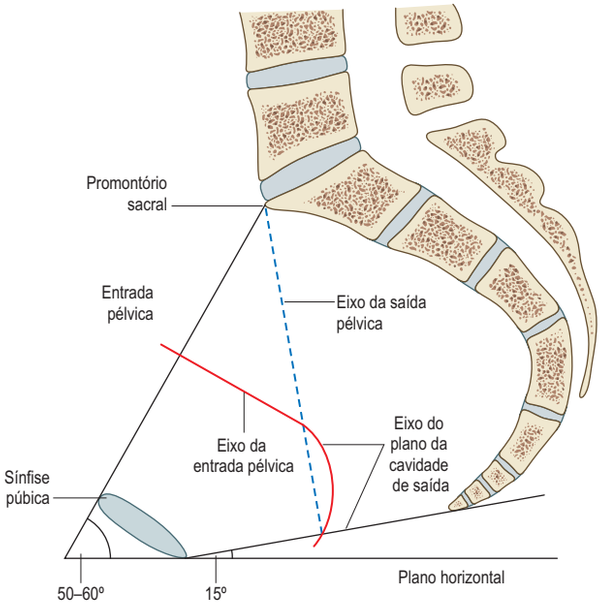


Fig. 80.9 Secção sagital mediana através da pelve feminina mostrando os planos de entrada e saída e o eixo da cavidade pélvica.

para trás entre os ossos ilíacos e outro que impulsiona sua porção superior para baixo e para a frente. Os movimentos sacrais são regulados pela forma óssea e pelos ligamentos maciços. Dessa forma, o primeiro componente age contra a estrutura em forma de cunha, tendendo a separar os ossos ilíacos, mas encontra a resistência dos ligamentos sacroilíaco e iliolombar e da sínfise púbica.

Secções coronais verticais através da articulação sacroilíaca sugerem divisão da região articular (sinovial) do sacro em três segmentos. No segmento anterossuperior, envolvendo a primeira vértebra sacral, as faces articulares são ligeiramente sinuosas e quase paralelas. No segmento medial, a profundidade posterior entre os marcadores articulares é maior que a anterior. Centralmente, a concavidade sacral encaixa-se com a convexidade ilíaca correspondente, um mecanismo de "trancamento" recíproco que alivia a tensão produzida pelo peso do corpo nos ligamentos. No segmento posteroinferior, a profundidade anterior do sacro é maior do que a posterior; nele, suas faces sacrais são ligeiramente côncavas. Consequentemente, o deslocamento sacral no sentido anteroinferior pelo segundo componente de força é prevenido principalmente pelo segmento medial, devido à sua forma de cunha e ao mecanismo de trancamento. Entretanto, uma pequena rotação acontece, na qual o segmento anterossuperior se inclina para baixo e o segmento posteroinferior se inclina para cima. O movimento segmentar superior é limitado a um pequeno grau através do formato cuneiforme, mas principalmente pela tensão nos ligamentos sacrotuberal e sacrospinal. Os ligamentos sacroilíaco e iliolombar e a sínfise púbica resistem à separação dos ossos ilíacos em todos os movimentos.

DIFERENÇAS SEXUAIS NA PELVE

A pelve proporciona as diferenças mais marcantes entre homens e mulheres. A distinção pode ser feita ainda na vida fetal, particularmente no arco subpúbico. No início da infância, as dimensões da pelve (em sua totalidade) são maiores nos meninos do que nas meninas, mas o tamanho da cavidade pélvica é geralmente maior nas meninas. Essa distinção prevalece durante toda a infância, mas a diferença é máxima aos 22 meses. Diferenças sexuais nos adultos são divisíveis em características métricas e não métricas: a maioria das características se sobrepõe entre os sexos.

As diferenças estão inevitavelmente relacionadas à função. Enquanto a função principal da pelve em ambos os sexos é a locomoção, a pelve menor (principalmente) é adaptada para o parto nas mulheres, sendo que estas mudanças afetam em graus variados as dimensões da pelve maior. Como os homens têm notoriamente maior quantidade de massa muscular e, subsequentemente, um esqueleto mais pesado, as dimensões pélvicas absolutas (como a medida da distância entre as duas cristas ilíacas) são maiores, as marcas para músculos e ligamentos são mais pronunciadas e a arquitetura geral, mais pesada. A crista ilíaca masculina é mais rugosa e mais inclinada em sua extremidade anterior; nas mulheres, as cristas são menos curvadas em todas as partes. As asas ilíacas são mais verticais nas mulheres, mas não se elevam tanto; dessa forma, as fossas ilíacas femininas são mais rasas e cada linha iliopectínea, mais vertical. Essas peculiaridades ilíacas provavelmente contribuem para os quadris mais proeminentes das mulheres.

Os homens têm a constituição relativa e absolutamente mais pesada acima da pelve, com consequentes diferenças nas articulações lombossacral e do quadril. A face articular da base do sacro para a quinta vértebra lombar e seu disco intervertebral constitui mais de um terço da largura total da base do sacro em homens, porém é menor do que um terço nas mulheres (nelas, o sacro é relativamente mais largo, acentuando esta diferença). As mulheres possuem asas sacrais relativamente mais largas. O acetábulo masculino é absolutamente maior e seu diâmetro é aproximadamente igual à distância entre sua borda anterior e a sínfise púbica. Nas mulheres, o diâmetro do acetábulo geralmente é menor do que essa distância, não somente porque é absolutamente menor, mas também porque a parede anterolateral da cavidade é comparativamente maior. A altura da sínfise feminina e das partes adjacentes do púbis e do ísquio (que formam a parede pélvica anterior) também são absolutamente menores, produzindo um forame obturador quase triangular, que é mais ovoide nos homens. O crescimento diferente do púbis também é expresso no arco subpúbico, abaixo da sínfise e entre os ramos púbicos inferiores. É mais anguloso nos homens, sendo de 50-60°, e nas mulheres é mais arredondado, mais difícil de ser medido, variando de 80-85°. Uma maior separação dos tubérculos púbicos nas mulheres contribui para a largura púbica. Os ramos isquiopúbicos também são muito mais levemente construídos e estreitados perto da sínfise; nos homens, eles carregam uma área evertida, distintamente rugosa para a inserção da raiz do pênis, com a inserção correspondente para o clitóris sendo pobremente desenvolvida. Nos homens, as espinhas isquiáticas são mais próximas e mais voltadas para dentro. A incisura isquiática maior geralmente é mais larga nas mulheres: os valores médios para homens e mulheres são de 50,4° e 74,4°, respectivamente. Nas mulheres, os valores maiores para os ângulos e as larguras estão associados à inclinação aumentada do sacro para trás e com o maior diâmetro pélvico anteroposterior (especialmente nos níveis mais baixos).

O sacro apresenta diferenças sexuais métricas. Os sacros das mulheres são menos curvados, com a curvatura sendo mais marcada entre o primeiro e o segundo segmentos e o terceiro e o quarto, com uma região achatada interposta. Os sacros masculinos são ainda mais curvados, relativamente longos e estreitos e, mais frequentemente, excedendo cinco segmentos (pela adição de uma vértebra lombar ou coccígea). O índice sacral compara a largura deste osso (entre os pontos mais anteriores das faces auriculares) com o comprimento (entre os pontos médios das margens anteriores do promontório e do ápice): os valores médios para homens e mulheres são, respectivamente, 105% e 115%. As faces auriculares são relativamente menores e mais oblíquas nas mulheres, mas estendem-se sobre as três vértebras sacrais superiores em ambos os sexos. A borda auricular dorsal é mais côncava nas mulheres. Muitas diferenças podem ser resumidas na generalização de que a cavidade pélvica é mais longa e mais cônica nos homens, e mais curta e mais cilíndrica nas mulheres; em ambos, o eixo é curvado. As diferenças são maiores na abertura inferior do que nas bordas, onde, em medidas absolutas, homens não são tão diferentes de mulheres como se afirma. A abertura superior é mais provavelmente antropoide ou androide nos homens e ginecoide ou androide nas mulheres.

Na prática forense, a identificação dos restos do esqueleto humano (algumas vezes fragmentados) geralmente envolve a determinação do sexo, que pode ser estabelecida com maior confiabilidade a partir do exame da pelve. Mesmo fragmentos da pelve podem ser úteis neste sentido. Foram feitos diversos estudos das características métricas em várias regiões pélvicas, levando ao estabelecimento de vários índices. O ilíaco recebeu particular atenção, como em um índice que compara as partes pélvica e sacroilíaca do osso. Uma linha é estendida para trás a partir do ramo iliopúbico em direção ao ponto mais próximo da margem auricular anterior, e daí para a crista ilíaca. O ponto auricular divide essa linha queilótica em segmentos anterior (pélvico) e posterior (sacral), cada um expresso como porcentagem do outro. Os índices queilóticos mostram alguns valores recíprocos nos sexos: a parte pélvica da linha queilótica é predominante nas mulheres e a parte sacral, nos homens. Estudos métricos detalhados do ilíaco indicaram sua confiabilidade limitada enquanto diferenciador de pelves (masculinas ou femininas). Entretanto, reconhece-se a maior incidência e definição do sulco pré-auricular na mulher. O desejo de correlacionar todos os dados métricos disponíveis deve ser enfatizado; quando um grupo de dados pélvicos pode ser combinado, especialmente se esses dados são métricos, 95% de exatidão podem ser alcançados. Exatidão completa tem sido demonstrada quando o restante do esqueleto está disponível. A determinação do sexo a partir de restos humanos isolados, frequentemente incompletos, é menos confiável. Para maiores detalhes, consulte Mays (1998) e Brothwell & Pollard (2001).

FÊMUR

Topografia

O fêmur é o osso mais longo e mais forte do corpo humano (Figs. 80.10 e 80.11). Seu comprimento está associado ao modo de andar, sua resistência ao peso e às forças musculares que este osso deve suportar. Sua diáfise, quase cilíndrica ao longo da maior parte de seu comprimento, é arqueada para a frente. Proximalmente, possui uma cabeça articular arredondada que se projeta medialmente de seu colo curto, que por sua vez é uma extensão medial da diáfise proximal. A extremidade distal é mais larga e mais compacta, apresentando côndilos duplos que se articulam com a tíbia. Na posição ortostática, as diáfises femorais mostram uma inclinação para cima e para fora a partir de suas articulações com a tíbia, com as cabeças femorais separadas pela largura da pelve. Já que a tíbia e a fíbula descendem verticalmente a partir dos joelhos, os tornozelos também estão na linha do peso do corpo na marcha ou na corrida. O grau de obliquidade femoral varia entre os indivíduos, mas geralmente é maior nas mulheres, refletindo a largura pélvica relativamente maior e os fêmures menores. Proximalmente, o fêmur é constituído por cabeça, colo, trocanter maior e trocanter menor.

Cabeça do fêmur

A cabeça do fêmur volta-se para cima e anteromedialmente para se articular com o acetábulo (Fig. 80.12). A cabeça, frequentemente descrita como ligeiramente maior que a metade de uma "esfera", na verdade não é uma esfera verdadeira, mas tem formato esferoidal. O aspecto liso (polido) da cabeça do fêmur é interrompido posteroinferiormente em seu centro, por uma fóvea pequena e áspera. A cabeça é intracapsular e está envolvida, distalmente à sua região central, pelo lábio do acetábulo. Sua margem articular é bem delimitada, exceto anteriormente, onde a face articular se estende até o colo. Há um ligamento preso à fóvea. A face anterior da cabeça separa-se da artéria femoral inferomedialmente através do tendão do psoas maior, da bolsa sinovial do psoas e da cápsula articular.

Colo do fêmur

O colo do fêmur (Fig. 80.12) tem aproximadamente 5 cm de comprimento, estreitado em sua parte média e mais largo lateralmente, conectando a cabeça à diáfise em um ângulo médio de 135° (ângulo de inclinação; ângulo colodiáfise), o que facilita o movimento na articulação do quadril, permitindo ao membro oscilar livre da pelve. O colo também funciona de alavanca para os músculos que têm ação na articulação do quadril e que estão inseridos no fêmur proximal. O ângulo colodiáfise é maior ao nascimento, diminuindo gradualmente até a adolescência, e é menor nas mulheres. O colo é rotacionado lateralmente em relação à diáfise (ângulo de anteversão), cerca de 10-15°, embora os valores desses ângulos variem entre diferentes indivíduos e populações (Eckhoff *et al.*, 1994). Os contornos do colo são arredondados: a parte superior é quase horizontal e ligeiramente côncava; a parte inferior é mais reta, porém oblíqua, dirigida inferolateralmente e para trás até a diáfise, perto do trocanter menor. Em todos os aspectos, o colo expande-se à medida que se aproxima da face articular da cabeça. A face anterior do colo é achatada e marcada, na junção com a diáfise, por uma linha intertrocantérica áspera. A face posterior, voltada para trás e para cima, é transversalmente convexa, e côncava em seu eixo longo; sua junção com a diáfise é marcada por uma crista intertrocantérica arredondada. Há numerosos forames vasculares, em especial anterior e posterossuperiormente.

A face anterior é intracapsular, com a cápsula inserindo-se lateralmente à linha intertrocantérica. Facetas frequentemente cobertas por prolongamentos da cartilagem articular e várias marcas ocorrem nesta face. Essas facetas algumas vezes podem estar associadas ao movimento de agachamento. A característica da fossa cervical pode ser uma característica racial. Na face posterior, a cápsula não atinge a crista intertrocantérica; um pouco mais da metade medial do colo é intracapsular. A face anterior adjacente à cabeça e coberta por cartilagem está relacionada ao ligamento iliofemoral. Um sulco produzido pelo tendão do obturador interno, quando este se aproxima da fossa trocantérica, forma uma espiral ao redor da face posterior do colo, em direção proximal e lateral.

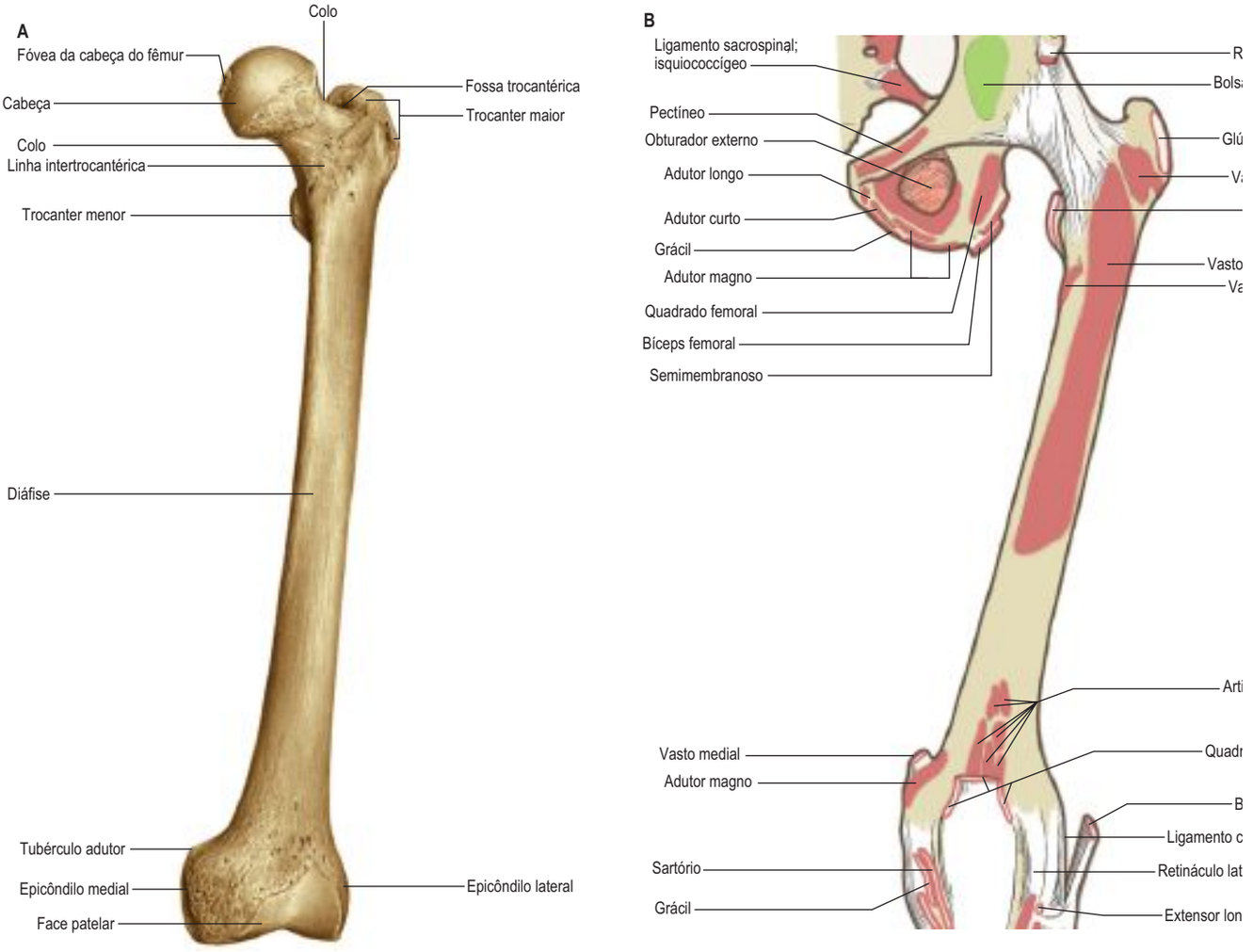


Fig. 80.10 Fêmur: face anterior. **A,** Características ósseas. **B,** Inserções musculares. (De Sobotta 2006.)

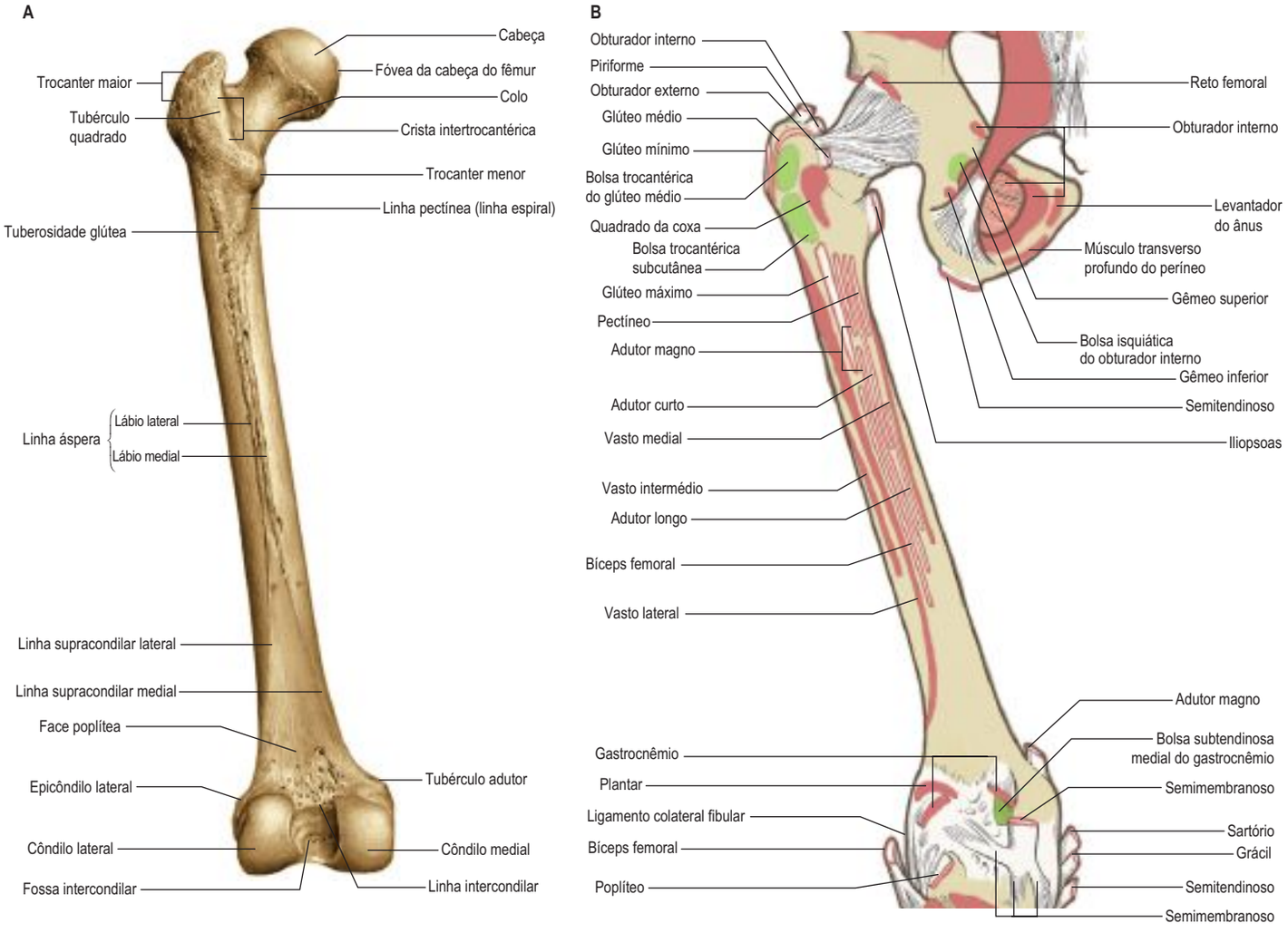


Fig. 80.11 Fêmur: face posterior. **A,** Características ósseas. **B,** Inserções musculares. (De Sobotta 2006.)

Fig. 80.12 Extremidade proximal do fêmur: face posterior. (De Sobotta 2006.)

Trocanter maior

O trocanter maior é grande e quadrangular, projetando-se para cima a partir da junção do colo com a diáfise (Fig. 80.12). Sua região posterossuperior projeta-se superomedialmente para se sobrepor à face posterior adjacente do colo; aqui, sua face medial apresenta a fossa trocantérica rugosa. A borda proximal do trocanter está aproximadamente na largura de uma mão abaixo do tubérculo ilíaco, em nível com o centro da cabeça do fêmur. Apresenta uma impressão rugosa anterior. Sua face lateral, contínua distalmente com a face lateral da diáfise femoral, é cruzada anteroinferiormente por uma faixa oblíqua e achatada, que é mais larga acima. Esta face é palpável, especialmente quando os músculos estão relaxados. Ocasionalmente, a fossa trocantérica apresenta um tubérculo (ou exostose).

Trocanter menor

O trocanter menor é uma projeção posteromedial cônica da diáfise, na face posteroinferior de sua junção com o colo. Seu ápice e sua face anterior são rugosos, mas a face posterior, na extremidade distal da crista intertrocantérica, é lisa. O trocanter menor não é palpável.

Linha intertrocantérica

A linha intertrocantérica, uma crista proeminente na junção das faces anteriores do colo e da diáfise, desce medialmente a partir de um tubérculo na parte superior da face anterior do trocanter maior para um ponto na margem inferior do colo, anterior ao trocanter menor, onde pode haver um segundo tubérculo. Essa linha é o limite lateral da cápsula da articulação do quadril, anteriormente. As bandas superior e inferior do ligamento iliofemoral estão inseridas nas extremidades proximal e distal e nos seus tubérculos associados. Distalmente, essa linha é contínua com a linha espiral.

Crista intertrocantérica

A crista intertrocantérica, uma crista lisa e proeminente na junção da face posterior do colo com a diáfise, descende medialmente a partir do ângulo posterossuperior do trocanter maior em direção ao trocanter menor. Um pouco acima do seu centro está o tubérculo quadrado, baixo e arredondado. Esse tubérculo é recoberto pelo glúteo máximo, do qual está separado (medialmente) através do quadrado da coxa e da porção superior do adutor magno.

Tuberosidade glútea

A tuberosidade glútea pode ser uma depressão alongada ou uma crista. Algumas vezes pode ser proeminente o suficiente para receber o nome não oficial de "terceiro trocanter".

Diáfise

A diáfise é circundada por músculos e não é palpável (Figs. 80.10 e 80.11). A face anterior distal, cerca de 5-6 cm acima da face articular da patela, é recoberta pela bolsa suprapatelar, entre o osso e o músculo. A face lateral distal é coberta pelo vasto intermédio. A face medial, destituída de inserções, é recoberta pelo vasto medial.

A diáfise é mais estreita centralmente, estendendo-se um pouco em sua extremidade proximal e substancialmente mais na sua extremidade distal. Seu longo eixo forma um ângulo de aproximadamente 10° com a vertical, divergindo 5-7° do eixo longo da tíbia. Seu terço médio tem três faces e bordas. A face anterior extensa, lisa e ligeiramente convexa encontra-se entre as bordas lateral e medial, que são arredondadas e indistintas. A face posterolateral é limitada posteriormente pela linha áspera larga e rugosa, geralmente uma crista com margens medial e lateral. Seu osso compacto subjacente é estruturado para suportar forças compressivas, que são concentradas ao longo da curvatura anterior da diáfise. A linha áspera fornece inserção para o adutor longo, para o septo intermuscular e para a cabeça curta do bíceps femoral, todos misturados inseparavelmente de suas inserções. Artérias perfurantes cruzam a linha áspera lateralmente, abaixo dos arcos tendíneos do adutor magno e do bíceps femoral. Forames nutrícios que se direcionam proximalmente aparecem na linha áspera, variando em número e localização, sendo um primeiro geralmente perto de sua extremidade proximal e um segundo geralmente próximo à sua extremidade distal. A face posteromedial, lisa como as demais, é limitada anteriormente pela borda medial indistinta e posteriormente pela linha áspera. Em seu terço proximal, a diáfise possui uma quarta face (face posterior) limitada medialmente por uma linha espiral áspera e estreita, contínua proximalmente com a linha intertrocantérica e distalmente com a borda medial da linha áspera. Lateralmente, essa face é limitada pela tuberosidade glútea, larga e áspera, ascendendo um pouco lateralmente ao trocanter maior e descendo pela borda lateral da linha áspera. Em seu terço distal, a face posterior da diáfise apresenta uma face adicional, a face poplítea (ver adiante), entre as linhas supracondilares medial e lateral. Essas linhas são contínuas superiormente com as margens correspondentes da linha áspera. A linha lateral é mais definida em seus dois terços proximais, onde a cabeça curta do bíceps femoral e o septo intermuscular lateral estão inseridos. Seu terço distal tem uma pequena área rugosa para inserção do músculo plantar, frequentemente incrustada na face poplítea. A linha medial é indistinta em seus dois terços proximais, onde se insere o vasto medial. Distalmente, a linha medial é cruzada obliquamente pelos vasos femorais que entram na fossa poplítea através do canal adutor. Mais distalmente, a linha com frequência é afiada nos 3 ou 4 cm proximais ao tubérculo adutor.

A face poplítea, triangular na forma, localiza-se entre as linhas supracondilares medial e lateral. Em sua porção mediodistal, a face poplítea é levemente elevada e áspera. Formando a porção proximal do assoalho da fossa poplítea, a face poplítea é recoberta por uma quantidade variável de gordura que separa a artéria poplítea do osso. A artéria superior medial do joelho, um ramo da artéria poplítea, arqueia-se medialmente, acima do côndilo medial. Está separada do osso através da cabeça medial do gastrocnêmio, que está inserida um pouco acima do côndilo; mais distalmente, pode ocorrer uma faceta lisa subjacente à bolsa sinovial para a cabeça medial do gastrocnêmio. Mais medialmente, há com frequência uma marca proximal à face articular: na flexão, localiza-se próximo a um tubérculo rugoso no côndilo tibial medial, para inserção do semimembranoso. A artéria genicular lateral superior arqueia-se lateralmente, próximo ao côndilo lateral, mas está separada do osso pela inserção do músculo plantar, na porção distal da linha supracondilar lateral.

Extremidade distal

A extremidade distal do fêmur é largamente expandida, como uma superfície de transmissão de peso para a tíbia (Fig. 80.13). Essa extremidade apresenta dois côndilos maciços que, em parte, são articulares. Anteriormente, os côndilos são confluentes e contínuos dentro da diáfise; posteriormente, são separados por uma fossa intercondilar profunda, projetando-se para fora do plano da face poplítea. A face articular é uma área extensa (como um "U" invertido) para a patela e a tíbia. A face patelar estende-se anteriormente em ambos os côndilos, mas especialmente no lateral. É transversalmente côncava, verticalmente convexa e sulcada para receber a face patelar posterior. A face tibial é dividida pela fossa intercondilar, mas é contínua anteriormente com a face patelar. Sua porção medial é uma faixa larga na face inferoposterior convexa do côndilo medial, ligeiramente curvada com uma convexidade medial. Sua porção lateral apresenta características similares às do côndilo lateral, porém é mais larga e dirige-se para trás. As faces tibiais são convexas em todas as direções. As faces tibiais medial e lateral têm curvaturas anteroposteriores diferenciadas. Entretanto, as opiniões divergem em relação à representação exata dessas diferenças. Há um ponto de vista que defende que, em ambas as porções tibiais dos côndilos femorais, o raio sagital da curvatura é sempre decrescente ("hélice fechada"). Mais recentemente, sugeriu-se que a face articular medial descreve os arcos de dois círculos. O mais posterior apresenta um raio menor. Lateralmente, só é possível haver um arco de curvatura fixa, com um raio similar ao raio do arco posterior da face articular femoral medial. Acredita-se que essas diferenças sejam determinantes importantes da movimentação da articulação do joelho.

Face patelar (sulco troclear) A face patelar expande-se mais proximalmente na parte lateral. Portanto, sua borda proximal é oblíqua e corre distal e medialmente, separando-se das faces tibiais através de dois sulcos débeis que cruzam os côndilos obliquamente. O sulco lateral é mais facilmente distinguível. Ele corre lateralmente e um pouco para a frente a partir da região anterior da fossa intercondilar, expandindo-se para formar uma leve depressão triangular que repousa na margem anterior do menisco lateral quando o joelho está completamente estendido. O sulco medial está restrito à porção medial do côndilo medial, repousando no limite anterior do menisco medial na extensão completa. No ponto em que termina o sulco medial, a face patelar continua para trás da parte lateral do côndilo medial, como uma área semilunar adjacente à região anterior da fossa intercondilar. Esta área articula-se com a faceta vertical medial da patela na flexão completa; seu contorno não é distinguido facilmente na maior parte dos fêmures. Em indivíduos que se agacham habitualmente, a cartilagem pode se estender até a face lateral do côndilo lateral, abaixo do vasto lateral.

O sulco troclear ajuda na estabilização da patela. Um sulco anormalmente raso predispõe à instabilidade articular.

Fossa intercondilar A fossa intercondilar separa os dois côndilos, distal e posteriormente. Na frente, é limitada pela borda distal da face patelar e atrás pela linha intercondilar, separando-a da face poplítea. A fossa intercondilar é intracapsular, mas largamente extrassinovial. Sua parede lateral, a face medial do côndilo lateral, carrega uma impressão posterossuperior achatada que se espalha pelo assoalho da fossa (próximo à linha intercondilar) para a inserção do ligamento cruzado anterior. A parede medial da fossa, ou seja, a parede lateral do côndilo medial, também apresenta uma impressão larga similar, embora mais anterior, para a inserção proximal do ligamento cruzado posterior. Ambas as impressões são lisas e amplamente destituídas de forames vasculares, enquanto as demais partes da fossa são ásperas e perfuradas por forames vasculares. O recesso da bolsa entre os ligamentos pode subir até a fossa. O ligamento capsular e, lateralmente, o ligamento poplíteo oblíquo estão inseridos na linha intercondilar. O ligamento mucoso (prega sinovial infrapatelar, ou plica) insere-se na borda anterior da fossa.

Côndilo lateral O côndilo lateral (Figs. 80.13 e 80.14) é maior anteroposteriormente do que o côndilo medial. Seu ponto mais proeminente é o epicôndilo lateral, no qual o ligamento colateral lateral está inserido. Um sulco curto, profundo na frente, separa o epicôndilo lateral da borda articular, inferiormente. Esse sulco permite que o tendão do poplíteo corra profundamente ao ligamento colateral lateral, fixando-se inferoanteriormente à inserção do ligamento. Há uma banda do côndilo, com cerca de 1 cm de largura, que divide a borda articular, é intracapsular e está coberta pela membrana sinovial, exceto na inserção do poplíteo.

A face medial é a parede lateral da fossa intercondilar. Sua face lateral projeta-se para além da diáfise. Parte da cabeça lateral do gastrocnêmio está inserida em uma impressão posterossuperior ao epicôndilo lateral.

Côndilo medial O côndilo medial possui uma face medial convexa e saliente, facilmente palpável. Proximalmente, seu tubérculo adutor (que pode ser somente uma faceta em vez de uma projeção) recebe o tendão do adutor magno. A proeminência medial do côndilo, o epicôndilo medial, é anteroinferior ao tubérculo. A face lateral do côndilo é a parede medial da fossa intercondilar. O côndilo projeta-se distalmente, de modo que, apesar da obliquidade da diáfise, o perfil da extremidade distal é quase horizontal. Uma banda curvada do côndilo, com 1 cm de largura, dividindo a borda articular medial, está coberta pela membrana sinovial

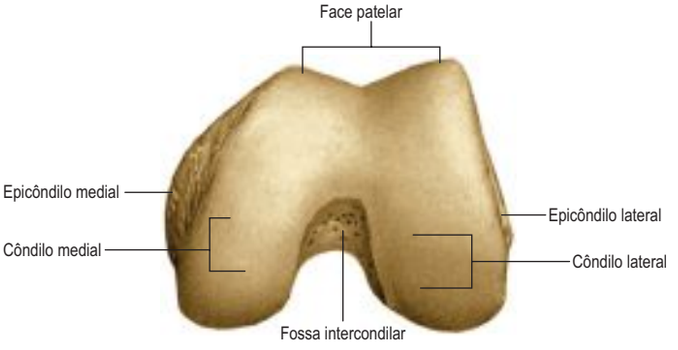


Fig. 80.13 Extremidade distal do fêmur: face articular. (De Sobotta 2006.)

e encontra-se dentro da cápsula articular. Proximalmente a ela, o epicôndilo medial recebe o ligamento colateral medial.

Estrutura

A diáfise femoral é um cilindro de osso compacto com uma grande cavidade medular. Sua parede é espessa no terço medial, onde o fêmur é mais estreito e a cavidade medular tem maior capacidade. Proximal e distalmente, a parede compacta torna-se progressivamente mais fina e a cavidade preenche o espaço gradualmente com osso trabecular. As extremidades, especialmente onde são articulares, são formadas por osso trabecular dentro de um fino revestimento de osso compacto; estas trabéculas são dispostas ao longo das linhas de estresse. Na extremidade proximal, as trabéculas principais formam uma série de lâminas ortogonais à face articular, convergindo para uma cunha densa central sustentada por fortes trabéculas que passam para os lados do colo, especialmente ao longo de seus perfis superior e inferior (Fig. 80.15). Consequentemente, a força aplicada na cabeça femoral é transmitida para essa cunha e, daí, para a junção do colo com a diáfise. Essa junção é fortalecida por trabéculas densas que se estendem lateralmente a partir do trocanter menor para o final da face superior do colo, resistindo às forças de tensão ou cisalhamento aplicadas ao colo através da cabeça (Fig. 80.16). Testes de tensão e compressão indicam que as trabéculas axiais da cabeça do fêmur são capazes de suportar muito mais carga que as trabéculas periféricas. Uma pequena barreira, de lado a lado da junção do trocanter maior com o colo e a diáfise, resiste ao cisalhamento produzido pelos músculos inseridos no local. Essas duas barreiras são camadas proximais dos arcos localizados entre os lados da diáfise, transmitindo para ela as forças aplicadas em sua extremidade proximal. Uma lâmina vertical fina, o calcar femoral, ascende a partir da parede compacta (próximo à linha áspera) e dirige-se para dentro das trabéculas do colo. Medialmente, ela junta-se à parede posterior do colo; lateralmente, continua para dentro do trocanter maior, onde se dispersa sob a forma de osso trabecular geral. Consequentemente, esta lâmina está em um plano anterior ao da crista trocantérica e ao da base do trocanter menor. Newell (1997), em uma revisão sobre o calcar femoral, descreveu sua anatomia tridimensional baseado nos estudos de Dixon (1910), que foi o primeiro a reconhecer as deficiências da descrição clássica bidimensional da arquitetura do fêmur proximal. Dixon sugeriu que o arcabouço trabecular do fêmur proximal era espiral e que os "arcos" eram perfis seccionais simplificados dessa espiral. Na extremidade distal do fêmur, as trabéculas saltam de toda a superfície interna de osso compacto, descendo perpendicularmente à face articular. Proximalmente aos côndilos, elas são mais fortes e ainda mais perpendiculares. Planos horizontais do osso trabecular, organizados como vigas entrelaçadas, formam uma série de compartimentos cúbicos.

Fig. 80.14 Extremidade distal do fêmur: face lateral. **1.** Inserção do músculo plantar. **2.** Inserção da cabeça lateral do gastrocnêmio. **3.** Epicôndilo lateral. **4.** Inserção do ligamento colateral lateral. **5.** Sulco para o poplíteo em flexão completa. **6.** Inserção do poplíteo.

Inserções musculares

O trocanter maior serve de inserção para os glúteos mínimo e médio. O glúteo mínimo está inserido em sua impressão anterior rugosa e o glúteo médio em sua borda lateral mais oblíqua. O osso é separado do tendão do glúteo médio através de uma bolsa sinovial. A área que se localiza logo atrás é recoberta por fibras profundas do glúteo máximo, com parte da sua bolsa intertrocantérica interposta. O tendão do piriforme encontra-se inserido na borda superior do trocanter e o tendão comum do obturador interno e dos gêmeos está fixado em sua face medial. A fossa trocantérica recebe o tendão do obturador externo. O psoas maior insere-se no ápice da face anteromedial do trocanter menor. O ilíaco está inserido na superfície medial ou anterior de sua base, descendo um pouco para trás da linha espiral, enquanto seu tendão se funde com o tendão do psoas. O adutor magno (porção superior) ultrapassa sua superfície posterior, algumas vezes separado por uma bursa interposta.

As fibras mais proximais do vasto lateral estão inseridas na extremidade proximal da linha intertrocantérica; as fibras do vasto medial inserem-se na extremidade distal. O quadrado femoral fixa-se no tubérculo quadrado e no osso imediatamente distal. O vasto intermédio insere-se nas faces anterior e lateral dos três quartos proximais da diáfise femoral. Feixes do músculo articular do joelho estão inseridos distalmente ao vasto intermédio.

A tuberosidade glútea recebe as fibras profundas da metade distal do glúteo máximo e, em sua margem medial, as fibras mais superiores do adutor magno. Mais abaixo, o adutor magno insere-se na linha áspera e, por aponeurose, à parte proximal da crista supracondilar medial. Suas fibras remanescentes formam um largo tendão que se fixa no tubérculo adutor, com uma expansão aponeurótica para a porção distal da crista supracondilar medial.

O pectíneo e o adutor curto encontram-se inseridos na face femoral posterior, entre a tuberosidade glútea e a linha espiral. A inserção do pectíneo é uma linha, às vezes um pouco rugosa, que se estende da base do trocanter menor até a linha áspera. O adutor curto insere-se lateralmente ao pectíneo, para além do qual se estende até a porção proximal da linha áspera, medial ao adutor magno. O adutor longo, os septos intermusculares e a cabeça curta do bíceps femoral também estão inseridos na linha áspera. O vasto lateral tem uma inserção linear que se estende da face anterior da base do trocanter maior até a extremidade proximal

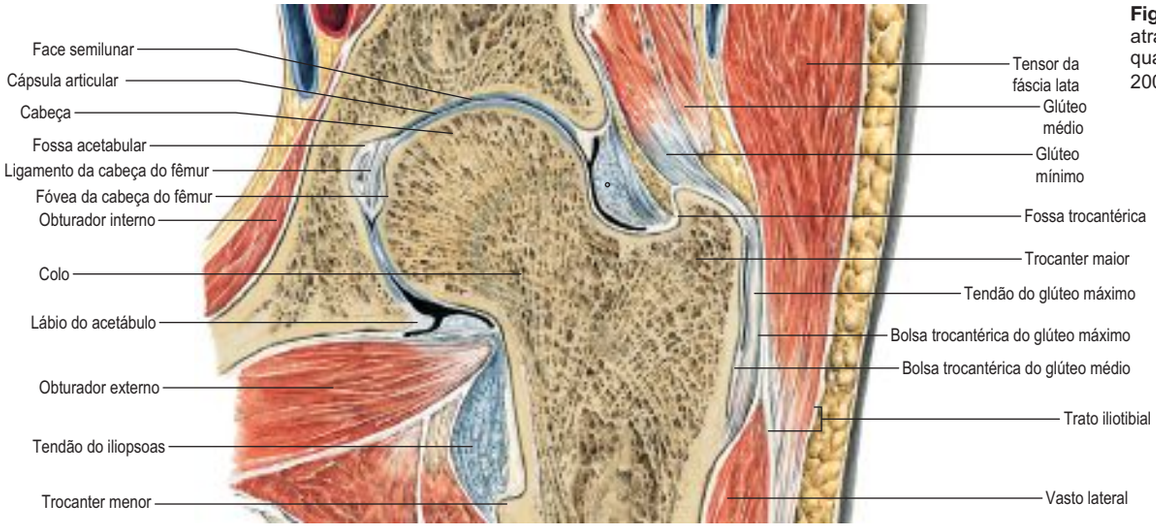


Fig. 80.15 Secção coronal através da articulação do quadril esquerdo. (De Sobotta 2006.)

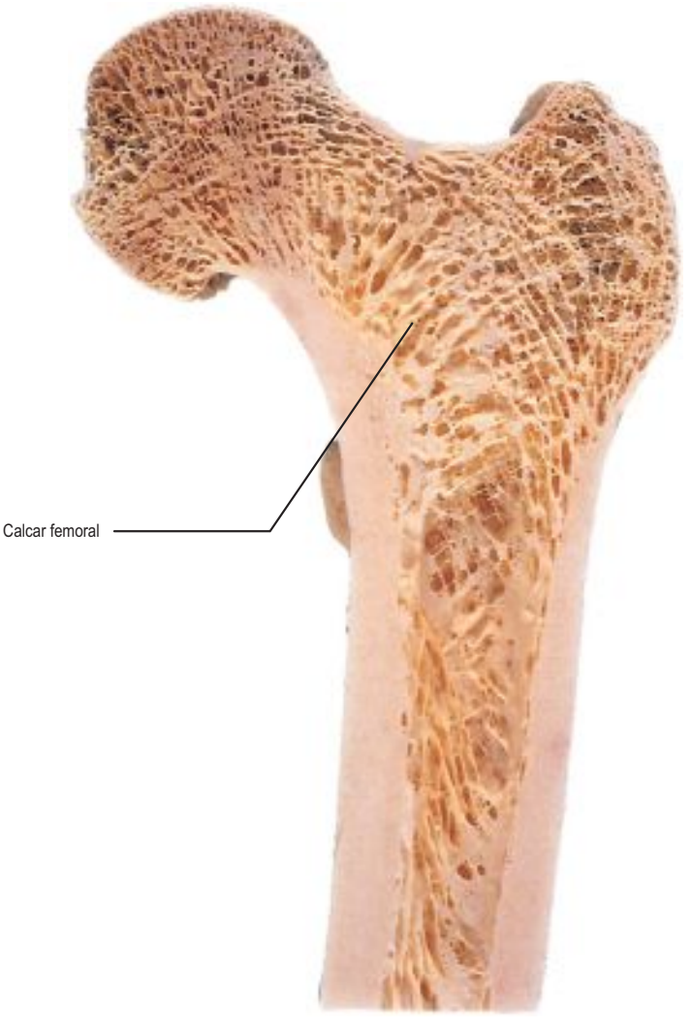


Fig. 80.16 Secção coronal através da extremidade proximal do fêmur mostrando a arquitetura trabecular, o calcar femoral e as variações na espessura cortical. (De Sobotta 2006.)

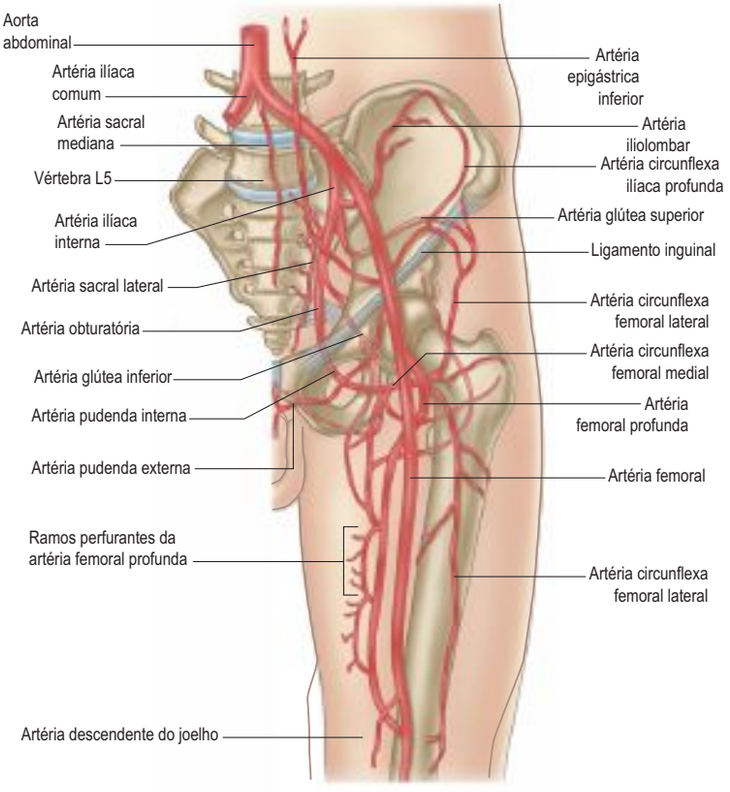


Fig. 80.17 Circulação colateral ao redor do quadril e da região superior da coxa, vista anterior.

da tuberosidade glútea e ao longo da margem lateral da tuberosidade glútea até a metade proximal da borda lateral da linha áspera. O vasto medial fixa-se da extremidade distal da linha intertrocantérica (ao longo da linha espiral) até a borda medial da linha áspera e, depois, para a linha supracondilar medial, que também recebe muitas fibras oriundas das inserções aponeuróticas do adutor magno.

A cabeça medial do gastrocnêmio insere-se na face posterior do fêmur, um pouco acima do côndilo medial. A cabeça curta do bíceps femoral insere-se nos dois terços proximais da linha supracondilar lateral. O músculo plantar insere-se distalmente nesta mesma linha. A inserção do vasto medial localiza-se nos dois terços proximais da linha supracondilar medial.

Parte da cabeça lateral do gastrocnêmio está inserida posterossuperiormente no epicôndilo lateral. O músculo poplíteo está fixado anteriormente no sulco da face externa do epicôndilo lateral. Seu tendão passa profundamente ao ligamento colateral lateral (Fig. 80.14). O tendão repousa no sulco, na flexão total do joelho; durante a extensão, ele cruza a margem articular, podendo deixar uma impressão neste local.

Suprimento vascular

O suprimento sanguíneo da cabeça do fêmur (Fig. 80.17) deriva de um anel arterial que circunda o colo, logo por fora da inserção da cápsula fibrosa, e que é constituído pelas artérias femorais circunflexas medial e lateral, com uma pequena contribuição dos vasos glúteos superior e inferior (veja anastomose trocantérica). A partir do anel, ramos cervicais ascendentes perfuram a cápsula (abaixo da zona orbicular) para chegar ao colo por baixo da membrana sinovial refletida. Esses vasos tornam-se as artérias do retináculo e formam uma anastomose intracapsular subsinovial. Neste local, esses vasos correm riscos em casos de fraturas do colo do fêmur. A interrupção do suprimento sanguíneo pode levar a uma necrose avascular da cabeça do fêmur. Se a fratura for intracapsular, não somente o suprimento sanguíneo intraósseo fica prejudicado; neste caso, os vasos do retináculo também ficam vulneráveis. Se a fratura for extracapsular, os vasos do retináculo permanecem intactos e a necrose avascular da cabeça do fêmur é bem menos provável. Os vasos cervicais ascendentes emitem ramos metafisários que entram no colo, enquanto o anel intracapsular emite ramos epifisários laterais e inferiores. Um pequeno suprimento epifisário medial, importante na infância, alcança a cabeça do fêmur ao longo do ligamento redondo pelos ramos acetabulares das artérias obturatória e femoral circunflexa medial, que se anastomosam com os outros vasos epifisários. Durante o crescimento, a placa epifisária separa os territórios dos vasos metafisários e epifisários, que se anastomosam livremente após a união óssea da cabeça e do colo. Observações sobre o padrão do desenvolvimento do suprimento sanguíneo nos períodos fetal tardio e pós-natal precoce revelaram que, embora as artérias femorais circunflexas medial e lateral contribuam igualmente no início, dois grandes ramos da circunflexa medial fornecem o suprimento final, ambos posteriores ao colo. O suprimento da artéria circunflexa lateral diminui e o anel arterial é interrompido. À medida que o colo femoral se alonga, o círculo extracapsular torna-se mais distante da porção epifisária da cabeça.

As regiões trocantéricas e a diáfise subtrocantérica são irrigadas pelas anastomoses trocantérica e arterial cruzada. Em um ponto mais distal da diáfise, forames nutrícios direcionados em sentido proximal são encontrados na linha áspera, variando em número e localização: um geralmente fica próximo da extremidade proximal e o outro geralmente fica próximo da extremidade distal. A artéria nutrícia principal normalmente é derivada da segunda artéria perfurante (ver artéria profunda do fêmur). Se duas artérias nutrícias aparecerem, elas podem ser ramos da primeira e da terceira perfurantes. Os vasos do periósteo surgem a partir das perfurantes e da profunda, correndo circunferencialmente (em vez de longitudinalmente). A metáfise distal tem muitos forames vasculares. O suprimento arterial desta região ocorre através da anastomose genicular. Para maiores detalhes, consulte Crock (1980, 1996).

O padrão de drenagem venosa da cabeça e do colo do fêmur corresponde, em geral, ao padrão arterial, embora possa ocorrer uma grande veia cervical única, posteroinferiormente.

Inervação

Proximalmente, a inervação do periósteo deriva dos nervos que suprem a articulação do quadril e, distalmente, daqueles que suprem a articulação do joelho. Em todas as áreas, a inervação também é proveniente dos nervos que inervam os músculos inseridos no fêmur.

Ossificação

O fêmur ossifica-se a partir de cinco centros: diáfise, cabeça, trocanter maior, trocanter menor e extremidade distal (Fig. 80.10, 80.11 e 80.18). À exceção da clavícula, é o primeiro osso longo a ossificar. O processo tem início no centro da diáfise, na sétima semana pré-natal, e estende-se para formar uma diáfise em miniatura que é bastante ossificada ao nascimento.

Fig. 80.18 Estágios da ossificação do fêmur (fora de escala).

Centros secundários aparecem na extremidade distal (a partir da qual os côndilos e os epicôndilos são formados) durante o nono mês; na cabeça, durante os seis primeiros meses após o nascimento; no trocanter maior, durante o quarto ano de vida; no trocanter menor, entre o 12º e o 14º anos de vida. O centro de ossificação na cabeça cartilaginosa fica restrito a ela até o 10º ano, de forma que a linha epifisária (Fig. 80.7) é horizontal e a porção inferomedial da face articular localiza-se no colo. Mais tarde, a margem epifisária medial cresce sobre esta porção da face articular. Deste modo, a epífise madura é uma "xícara oca" no ápice do colo. A linha epifisária segue a margem articular, exceto no ponto em que ela é separada superiormente da face articular através de uma área não articular, onde os vasos sanguíneos entram na cabeça do fêmur (Trueta 1957). As epífises fundem-se independentemente: o trocanter menor logo após a puberdade, seguido pelo trocanter maior. As epífises fundamentais fundem-se no 14º ano em indivíduos do gênero feminino e no 17º ano em indivíduos do gênero masculino. As epífises na extremidade distal fundem-se no 16º ano em mulheres e no 18º ano em homens. A placa epifisária distal atravessa o tubérculo adutor.

Considerações sobre a placa de crescimento

O trauma em qualquer placa epifisária pode levar à união óssea entre epífise e metáfise, cessando prematuramente o crescimento. Em crianças, qualquer cirurgia na região do quadril pode danificar a placa de crescimento, resultando no desenvolvimento femoral proximal anormal. No caso das fraturas envolvendo as epífises, a restauração do alinhamento ósseo normal é essencial, a fim de minimizar o risco de crescimento anormal subsequente.

A placa de crescimento representa uma região mais fraca e predispõe à fratura a partir da injúria. São pouco comuns estas injúrias agudas que afetam as epífises principais. Entretanto, uma fratura mais crônica através de uma epífise fundamental ocorre na "epífise femoral superior deslizada". A condição afeta púberes, especialmente do gênero masculino. Anormalidades endocrinológicas podem estar relacionadas. A epífise da cabeça femoral desloca-se posteriormente, para fora do colo femoral. Se for curada nesta posição, pode acarretar deformidade do membro inferior e movimentação restrita do quadril. Uma marca clássica é a rotação externa obrigatória do fêmur quando o quadril é flexionado. Os tratamentos variam de acordo com o tempo que leva para o "deslizamento" ocorrer. A restauração anatômica normal não é tentada por causa da incidência aumentada de necrose avascular. A posição da cabeça do fêmur pode ser aceita da forma como está e fixada com parafusos na posição em que se encontra, a fim de impedir novos deslocamentos. O tratamento causará o fechamento prematuro das placas de crescimento deliberadamente, prevenindo, então, futuros "deslizamentos". Como a placa de crescimento femoral distal contribui para o aumento normal no crescimento longitudinal da diáfise do fêmur, este procedimento geralmente resulta em uma diferença aceitável no comprimento do membro.

Infecções ósseas em neonatos e crianças pequenas tendem a surgir através de bactérias na circulação sanguínea que em geral se alojam na região metafisária, provavelmente como uma consequência da organização vascular em "arcada" das artérias nesta parte do osso. A placa de crescimento proximal do fêmur é intra-articular. Como resultado, uma infecção na metáfise femoral proximal pode se espalhar dentro da articulação e resultar em uma artrite séptica, que pode destruir a articulação do quadril permanentemente.

A extremidade distal do fêmur é a única epífise na qual a ossificação tem início consistentemente antes do nascimento: o fenômeno, consequentemente, serve como um indicador confiável da maturidade gestacional de um bebê natimorto. Como a placa epifisária está no nível do tubérculo adutor, a epífise é, em parte, extra-articular. Cirurgias neste local podem danificar a cartilagem epifisária distal em crianças, resultando em encurtamento subsequente do membro inferior.

ARTICULAÇÕES

SÍNFISE PÚBICA

Os ossos púbicos encontram-se na linha média através da sínfise púbica, uma articulação cartilaginosa secundária (Fig. 80.4).

Faces articulares As faces articulares são as faces mediais dos ossos púbicos (faces sinfisiais), cada uma das quais recobertas por uma fina camada de cartilagem hialina fortemente aderente (cartilagem de crescimento de superfície, em jovens). A junção não é plana, mas marcada por cristas recíprocas e papilas. Teoricamente, esta articulação é resistente ao cisalhamento. As superfícies de cartilagem hialina são conectadas por fibrocartilagem, variando em espessura e constituindo o disco interpúbico. Com frequência, a sínfise contém uma cavidade, provavelmente em virtude de absorção. É raro aparecer antes do 10º ano e não é sinovial. A cavidade, que é mais desenvolvida em mulheres, geralmente é posterossuperior, mas pode alcançar a frente ou até mesmo ocupar a maior parte da cartilagem.

Ligamentos O disco interpúbico é fortalecido anteriormente por várias camadas de fibras colágenas entrelaçadas, passando obliquamente de osso a osso, cruzando com fibras da aponeurose do oblíquo externo e tendões mediais do reto abdominal. Essas camadas constituem o ligamento púbico anterior. Existem ainda fibras posteriores não tão bem desenvolvidas (às vezes denominadas de ligamento púbico posterior). Os principais ligamentos da articulação são os ligamentos púbico superior e arqueado. O ligamento púbico superior conecta os ossos acima, estendendo-se para os tubérculos púbicos. O ligamento púbico arqueado, um fino arco de fibras, conecta as bordas inferiores das faces púbicas sinfisiais limítrofes ao arco púbico. Superiormente, mistura-se com o disco interpúbico e estende-se lateralmente, inserido ao ramo púbico inferior. Sua margem inferior separa-se da borda anterior da membrana perineal através de uma abertura, que é atravessada pela veia dorsal profunda do pênis ou do clitóris.

Suprimento vascular A sínfise púbica é suprida pelos ramos púbicos das artérias obturatória, pudenda externa superficial e epigástrica inferior.

Inervação A sínfise púbica é inervada pelos ramos dos nervos ílio-hipogástrico, ilioinguinal e pudendo.

Fatores que mantêm a estabilidade O disco interpúbico e os ligamentos superior e arqueado são os principais fatores estabilizadores da sínfise púbica.

Movimentos Angulação, rotação e deslizamento são possíveis, porém mínimos; são prováveis durante os movimentos das articulações sacroilíaca e do quadril. Movimentação excessiva pode ocorrer como consequência de lesão esportiva. Alguma separação ocorre tardiamente na gestação e durante o parto: de vez em quando, isto é considerável.

Relações Anteriormente, a sínfise púbica relaciona-se com a fáscia superficial e a pele. Por causa da obliquidade da articulação, as extremidades proximais dos ramos do pênis ou do clitóris repousam anteriormente à metade inferior da articulação. Inferiormente, a uretra localiza-se por volta de 2,5 cm de distância nos homens e um pouco mais perto nas mulheres, à medida que passa através da membrana do períneo. Mais perto da articulação, a veia dorsal profunda do pênis ou do clitóris passa entre o ligamento arqueado e a borda anterior da membrana perineal. Posteriormente, a porção superior da articulação é separada das faces inferolaterais da bexiga e do coxim de gordura retropúbica. Inferiormente, no homem, o plexo venoso prostático separa a próstata da parte inferior da articulação. A região, às vezes, é denominada de espaço retropúbico. Essas relações explicam por que rupturas traumáticas da pelve óssea anterior podem estar associadas a sérias lesões urogenitais.

ARTICULAÇÃO SACROILÍACA

A articulação sacroilíaca é uma articulação sinovial entre as faces auriculares do sacro e do ílio. Adesões fibrosas e obliteração gradual ocorrem em ambos os sexos e após a menopausa em mulheres. Evidências radiológicas de obliteração em indivíduos normais são vistas, ocasionalmente, em indivíduos com menos de 50 anos, mas não são incomuns depois desta faixa: a articulação pode estar completamente fibrosada em idosos (em alguns casos, pode até estar ossificada).

Faces articulares As faces são quase planas em crianças, enquanto em adultos são irregulares e frequentemente marcadas (algumas vezes, onduladas). As curvaturas e irregularidades, maiores em adultos, são recí-

procas: elas restringem movimentos e contribuem para a considerável força da articulação em transmitir peso da coluna vertebral para os membros inferiores. A face sacral é coberta por cartilagem hialina, que é mais espessa anterior que posteriormente em adultos. A cartilagem mais fina na face ilíaca também é do tipo hialina, o que é confirmado pela presença de colágeno tipo II.

Cápsula fibrosa A cápsula está inserida perto de ambas as margens articulares.

Ligamentos Os ligamentos da articulação sacroilíaca são o sacroilíaco anterior, o sacroilíaco interósseo, o sacroilíaco posterior, o iliolombar, o sacrotuberal e o sacrospinal.

Ligamento sacroilíaco anterior O ligamento sacroilíaco anterior (Fig. 80.8), um espessamento capsular anteroinferior, é particularmente bem desenvolvido perto da linha arqueada e da espinha ilíaca posteroinferior, onde conecta o terceiro segmento sacral à borda lateral do sulco pré-auricular. O ligamento é fino nos demais lugares.

Ligamento sacroilíaco interósseo O ligamento sacroilíaco interósseo é o principal vínculo entre os ossos, preenchendo o espaço irregular posterossuperior da articulação. Superficialmente, é recoberto pelo ligamento sacroilíaco posterior. Sua porção mais profunda possui bandas superior e inferior passando das depressões posteriores à face auricular do sacro para aquelas da tuberosidade ilíaca. Essas bandas são cobertas por (e misturadas com) uma lâmina fibrosa mais superficial que conecta a margem posterossuperior da área rugosa posterior da face auricular do sacro às margens correspondentes da tuberosidade ilíaca. A lâmina é dividida parcialmente em porções superior e inferior, a primeira unindo o processo articular superior e a crista lateral nos dois primeiros segmentos sacrais ao ílio, como um ligamento ilíaco posterior curto (Fig. 42.52).

Ligamento sacroilíaco posterior O ligamento sacroilíaco posterior (Fig. 42.52) sobrepõe-se ao ligamento interósseo: os ramos dorsais dos nervos e vasos espinais sacrais estão interpostos. O ligamento consiste em vários fascículos débeis que conectam as cristas sacrais mediana e lateral à espinha ilíaca posterossuperior e à extremidade posterior do lábio interno da crista ilíaca. Fibras inferiores do terceiro e do quarto segmentos sacrais ascendem para a espinha ilíaca posterossuperior e para extremidade posterior do lábio interno da crista ilíaca: elas podem formar um ligamento sacroilíaco posterior longo, separadamente. Esse ligamento é contínuo, lateralmente, com parte do ligamento sacrotuberal e, medialmente, com a lâmina posterior da fáscia toracolombar.

Ligamento iliolombar Ver página 735.

Ligamento sacrotuberal O ligamento sacrotuberal (Figs. 80.8 e 42.52) está inserido através de sua larga base à espinha ilíaca posterossuperior; os ligamentos sacroilíacos posteriores, que estão parcialmente misturados com o ligamento sacrotuberal, inserem-se nos tubérculos sacrais transversos inferiores e nas margens laterais da região inferior do sacro e superior do cóccix. Suas fibras oblíquas descendem lateralmente, convergindo para formar uma banda fina e estreita que se alarga novamente abaixo, inserindo-se na margem medial da tuberosidade isquiática. Depois, espalha-se ao longo do ramo do ísquio, como processo falciforme, cuja borda côncava mistura-se com a bainha fascial dos vasos pudendos internos e nervo pudendo. As fibras inferiores do glúteo máximo estão inseridas na face posterior do ligamento; fibras superficiais da porção inferior do ligamento continuam para dentro do tendão do bíceps femoral. O ligamento é perfurado pelos ramos coccígeos da artéria glútea inferior, pelos nervos cutâneos perfurantes e por filamentos do plexo coccígeo.

Ligamento sacrospinal O ligamento sacrospinal triangular e fino (Fig. 80.8) estende-se da espinha isquiática para as margens laterais do sacro e cóccix, anteriores ao ligamento sacrotuberal, com o qual se mistura em parte. Sua face anterior é, de fato, o músculo coccígeo (extensivo ao músculo e ao ligamento). O ligamento sacrospinal é frequentemente considerado uma parte degenerada do coccígeo.

Forame isquiático Os ligamentos sacrotuberal e sacrospinal convertem as incisuras isquiáticas em forame (Fig. 80.8).

Forame isquiático maior O forame isquiático maior é limitado anterossuperiormente pela incisura isquiática maior, posteriormente pelo ligamento sacrotuberal e inferiormente pelo ligamento sacrospinal e pela espinha isquiática. Ele é parcialmente preenchido pelo piriforme emergente, acima do qual os vasos glúteos superiores e o nervo deixam a pelve. Abaixo, os vasos e o nervo glúteos inferiores, os vasos pudendos internos e o nervo pudendo, o ciático e os nervos cutâneos femorais posteriores, bem como os nervos para o obturador interno e o quadrado femoral deixam a pelve.

Forame isquiático menor O forame isquiático menor limita-se anteriormente pelo corpo do ísquio, superiormente por sua espinha e pelo ligamento sacrospinal e posteriormente pelo ligamento sacrotuberal. Ele conduz o tendão do obturador interno, o nervo para o obturador interno, e os vasos pudendos internos e nervo pudendo.

Suprimento vascular O suprimento arterial da articulação sacroilíaca deriva das artérias iliolombar, glútea superior e sacrais laterais superiores, com drenagem venosa correspondente. A drenagem linfática segue as artérias, alcançando os nodos ilíaco e lombar.

Inervação Fibras nervosas ramificam-se dentro da cápsula articular e de ligamentos adjacentes, mas sua origem é incerta. Considera-se que a articulação provavelmente receba ramificações dos ramos anterior e posterior dos dois primeiros nervos espinais sacrais, assim como do nervo glúteo superior; também pode haver contribuições do nervo obturatório e do tronco lombossacral: parece que a lei de Hilton não é prontamente aplicável para esta articulação.

A articulação sacroilíaca tem sido envolvida no aparecimento de dor na região lombar e nas nádegas em aproximadamente 15% da população. Diagnosticar a dor proveniente da articulação sacroilíaca é difícil, porque as queixas apresentadas são similares às de outras causas de dor lombar. Pacientes com dor sacroilíaca raramente relatam dor acima de L5; muitos localizam a dor na área que circunda a espinha ilíaca posterossuperior.

Fatores que mantêm a estabilidade A articulação sacroilíaca é uma das mais estáveis do corpo, suportando o peso do tronco. A irregularidade recíproca das faces articulares permite muito pouco movimento. A tendência do sacro em ser forçado para baixo pelo tronco é resistida pelos ligamentos posteriores extremamente fortes, enquanto os ligamentos iliolombares ajudam a resistir ao deslizamento da quinta vértebra lombar sobre o sacro. Os ligamentos sacrotuberal e sacrospinal opõem-se para cima, inclinando a parte inferior do sacro quando uma força de cima para baixo é aplicada à sua extremidade superior.

Movimentos A movimentação primária da articulação sacroilíaca é mínima. Todos os músculos que cruzam a articulação agem na coluna lombar e no quadril. Os movimentos que ocorrem são impostos secundariamente na articulação, enquanto a pelve se movimenta. Dados *in vivo* são tecnicamente difíceis de obter e os baseados em planos radiográficos não são confiáveis. Estudos utilizando esferas de tântalo implantadas e radiografias biplanares mostraram valores rotacionais médios menores que dois graus. Mesmo quando há movimento que possa ser gravado, a direção do movimento é irregular. A radiografia biplanar também mostrou que os eixos de movimento da articulação sacroilíaca são oblíquos e que tais eixos diferem durante a flexão e extensão.

Durante a gestação, as articulações pélvicas e os ligamentos afrouxam-se sob a influência do hormônio relaxina, por isso as amplitudes de movimento das articulações aumentam. O relaxamento das articulações faz com que o mecanismo de trancamento sacroilíaco seja menos eficiente, permitindo maior rotação e, talvez, alterações nos diâmetros pélvicos durante o parto, embora o efeito seja pequeno. O mecanismo de trancamento impedido redireciona a pressão do peso do corpo para os ligamentos, com frequente compressão sacroilíaca após a gravidez.

Relações As articulações sacroilíacas têm muitas relações anteriores importantes. As veias ilíacas interna e externa unem-se para formar as veias ilíacas comuns imediatamente anteriores, separando as articulações das bifurcações das artérias ilíacas comuns e, mais anteriormente, dos ureteres. O tronco lombossacral e o nervo obturatório cruzam a face anterior da articulação, atrás dos vasos. O piriforme encontra-se inserido na porção anterior da cápsula, separando a articulação da parte superior do plexo sacral.

Variantes Articulações sacroilíacas acessórias não são pouco comuns. Elas desenvolvem-se atrás da face articular, entre a crista sacral lateral e espinha ilíaca posterossuperior e tuberosidade ilíaca; desta forma, são adquiridas articulações fibrocartilaginosas, que resultam do estresse de suportar peso. Elas têm uma cápsula articular em forma de sela e podem ser únicas, duplas, unilaterais ou bilaterais (Weisl 1954).

MÚSCULOS

MÚSCULOS DA REGIÃO ILÍACA

Embora não haja "região ilíaca" desta forma, este título descreve convenientemente um grupo de três músculos que têm origem na coluna

lombar (psoas maior e menor) e no ílio (ilíaco). Dois músculos (psoas maior e menor) estão inseridos juntos no fêmur, como flexores da articulação do quadril, sendo frequentemente considerados uma unidade funcional, o iliopsoas. O psoas menor só alcança o púbis, agindo na coluna e na articulação sacroilíaca.

Psoas maior

Inserções O psoas maior é um músculo localizado em ambos os lados da coluna vertebral e da borda pélvica (Fig. 80.19). Suas inserções proximais são complexas. Elas incluem as faces anteriores e bordas inferiores dos processos transversos de todas as vértebras lombares. Há cinco digitações, cada uma proveniente dos corpos de duas vértebras adjacentes e de seus discos intervertebrais. A mais alta dessas digitações origina-se da margem inferior do corpo da 12ª vértebra torácica, da borda superior do corpo da primeira vértebra lombar e do disco toracolombar interposto. A mais baixa das digitações surge a partir das margens adjacentes dos corpos da quarta e da quinta vértebras lombares e do disco interposto. Uma série de arcos tendíneos estende-se através das partes mais estreitas dos corpos das vértebras lombares, entre as digitações descritas anteriormente. As artérias e as veias lombares, bem como os filamentos do tronco simpático, passam medialmente a esses arcos. Os quatro forames intervertebrais lombares superiores mantêm relações importantes com as inserções deste músculo. O forame repousa anteriormente aos processos transversos e posteriormente às inserções dos corpos vertebrais, dos discos e dos arcos tendíneos. Desta forma, as raízes do plexo lombar entram diretamente neste músculo; o plexo encontra-se alojado dentro deste músculo e seus ramos emergem através de suas bordas e superfícies.

O músculo desce ao longo da borda pélvica, continua posteriormente ao ligamento inguinal e anteriormente à cápsula da articulação do quadril, convergindo para um tendão que, tendo recebido em sua porção lateral quase todas as fibras do ilíaco, insere-se no trocanter menor do fêmur. A grande bolsa ilíaca subtendinosa, que ocasionalmente se comunica com a cavidade da articulação do quadril, separa o tendão do púbis e da cápsula articular.

As complexas inserções vertebrais do psoas maior apresentam algumas vezes variações numéricas mínimas.

Relações O limite superior do psoas maior é posterior ao diafragma na parte mais baixa do mediastino posterior. Pode estar em contato com a extremidade posterior do saco pleural. No abdome, sua face anterolateral relaciona-se com o ligamento arqueado medial (um arqueamento linear espessado, na fáscia do psoas), com tecido extraperitoneal, rim, psoas menor, vasos renais, ureter, vasos testiculares ou ovarianos e nervo genitofemoral. Anteriormente, a veia cava inferior sobrepõe-se ao psoas direito, que, por sua vez, é cruzado pelo íleo terminal; o psoas esquerdo é cruzado pelo cólon. Sua face posterior está relacionada aos processos transversos das vértebras lombares e à borda medial do quadrado lombar. Posteriormente, o plexo lombar está mergulhado na substância do psoas maior. Medialmente, o músculo mantém relações com os corpos das vértebras e dos vasos lombares. Ao longo de sua margem anteromedial, ele está em contato com o tronco simpático, os linfonodos aórticos e, ao longo da borda pélvica, com a artéria ilíaca externa. Essa margem é recoberta pela veia cava inferior (do lado direito), localizando-se posterolateralmente à aorta abdominal (do lado esquerdo). Na coxa, o psoas relaciona-se anteriormente com a fáscia lata e a artéria femoral; posteriormente, relaciona-se com a cápsula da articulação do quadril (da qual está separado por uma bolsa sinovial). Em sua borda medial, está relacionado ao pectíneo, à artéria femoral circunflexa medial e à veia femoral, que pode sobrepor ligeiramente o músculo em questão. Em sua borda lateral, relaciona-se com o nervo femoral e o ilíaco. Primeiramente, o nervo femoral descende através das fibras do psoas maior e, depois, no sulco entre ele e o ilíaco.

Ramos do plexo lombar divergem a partir da porção abdominal do psoas. Emergindo das bordas laterais, de cima até embaixo, estão os nervos ílio-hipogástrico, ilioinguinal, cutâneo femoral lateral e femoral. Emergindo da face anterolateral, está o nervo genitofemoral. Os nervos obturatório e obturatório acessório, bem como a raiz superior do tronco lombossacral, emergem da borda medial.

Suprimento vascular O psoas maior é suprido por uma rica rede de artérias derivadas das artérias lombar, iliolombar, obturatória, ilíaca externa e femoral. Em termos gerais, a porção superior do músculo é suprida pelas artérias lombares; a porção medial, pelo ramo anterior da artéria iliolombar (a principal artéria para o músculo), com contribuições das artérias ilíaca circunflexa profunda e ilíaca externa; a porção distal, pela artéria femoral e seus ramos. A bainha do psoas tem suprimento arterial independente daquele do músculo, embora os mesmos vasos contribuam.

Inervação O psoas maior é inervado pelos ramos ventrais dos nervos espinais lombares, principalmente L1 e L2, com alguma contribuição de L3.

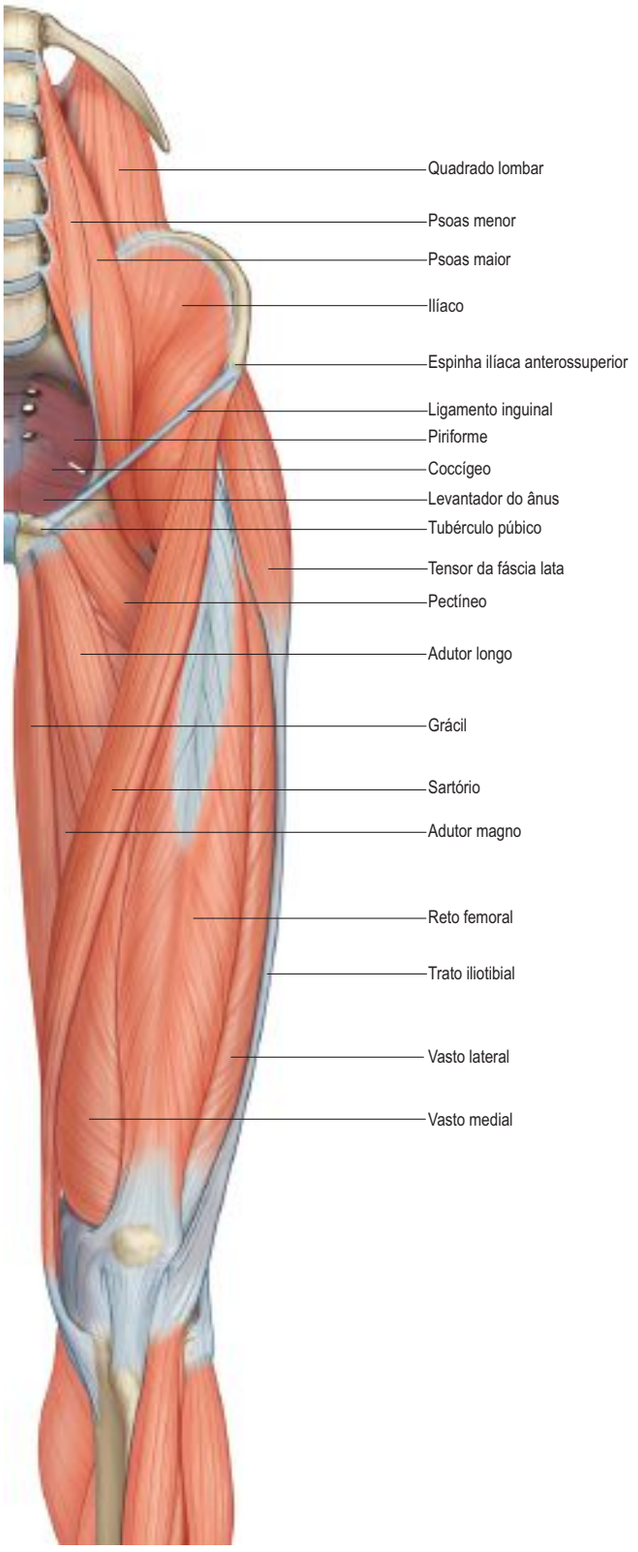


Fig. 80.19 Flexores do quadril e músculos superficiais da coxa.

Ações O psoas maior age em conjunto com o ilíaco; geralmente, nos referimos à combinação como iliopsoas. Veja adiante com o ilíaco.

Teste Veja adiante com o ilíaco.

Psoas menor

Inserções O psoas menor (Fig. 80.19) está ausente em quase 40% dos indivíduos. Quando presente, localiza-se anteriormente ao psoas maior, todo dentro do abdome. Surge a partir dos lados dos corpos da 12ª vértebra torácica e da primeira vértebra lombar (e dos discos intervertebrais).

Ele termina em um tendão longo e achatado que se insere na linha pectínea e no ramo iliopúbico e, lateralmente, na fáscia ilíaca.

Relações O psoas menor repousa sobre o psoas maior; suas relações anteriores proximais são as das faces anterior ou anteromedial deste músculo.

Suprimento vascular O principal suprimento arterial do psoas menor é proveniente das artérias lombares, embora possa haver contribuições menores de outros vasos e da rede que supre o psoas maior.

Inervação O psoas menor é inervado por um ramo de L1.

Ação O psoas menor é, provavelmente, um débil flexor do tronco.

Teste O psoas menor não pode ser testado clinicamente.

Ilíaco

Inserções O músculo ilíaco (Fig. 80.19) é uma lâmina triangular de músculo que surge a partir dos dois terços superiores da concavidade da fossa ilíaca, do lábio interno da crista ilíaca, dos ligamentos sacroilíaco e iliolombar ventrais, e da face superior da borda lateral do sacro (Fig. 42.36). Na frente, ele alcança as espinhas ilíacas anterossuperior e anteroinferior, recebendo algumas fibras da porção superior da cápsula da articulação do quadril. A maior parte de suas fibras converge para a porção lateral do forte tendão do psoas maior; depois, esses músculos inserem-se juntos no trocanter menor, embora algumas fibras estejam inseridas diretamente no fêmur, 2,5 cm abaixo e à frente do trocanter menor.

Relações No abdome, a face anterior do ilíaco está relacionada com sua fáscia (que o separa do tecido extraperitoneal e do peritônio), com o nervo cutâneo femoral lateral, com o ceco (do lado direito) e com a porção ilíaca do cólon descendente (lado esquerdo). Em sua face posterior, está a fossa ilíaca; em sua borda medial, estão o psoas maior e o nervo femoral. Na coxa, sua face anterior está em contato com fáscia lata, reto femoral, sartório e artéria femoral profunda; em sua face posterior, está em contato com a cápsula da articulação do quadril, da qual está parcialmente separado pela bolsa sinovial que este músculo divide com o psoas maior.

Suprimento vascular O ilíaco é suprido pela mesma rede arterial que o psoas maior, havendo uma sobreposição mútua dos territórios arteriais de cada músculo. O suprimento principal provém dos ramos ilíacos da artéria iliolombar, com contribuições das artérias ilíaca circunflexa profunda e obturatória, bem como dos ramos da artéria femoral.

Inervação O ilíaco é inervado pelos ramos do nervo femoral, L2 e L3.

Ações O psoas maior, agindo em sua inserção proximal junto com o ilíaco, flexiona a coxa sobre a pelve. Estudos eletromiográficos não sustentam a visão comum de que o psoas maior age como um rotador medial do quadril, mas a atividade eletromiográfica tem sido descrita na rotação lateral (particularmente nos jovens). Quando o psoas maior e o ilíaco agem a partir de suas inserções distais, eles contraem-se com potência para curvar o tronco e a pelve para a frente contra resistência, como no movimento de levantar o tronco da posição de decúbito para a posição sentada.

A eletromiografia também não sustenta a teoria muito acreditada de que a ação unilateral do psoas causa flexão anterior e lateral do tronco para o lado ipsilateral.

Na postura de pé simétrica, o iliopsoas tem alguma ação em sua inserção distal para manter a coluna vertebral ereta. O psoas maior está ativo no equilíbrio do tronco na posição sentada.

Testes Tanto o psoas quanto o ilíaco podem ser sítios de coleção patológica de fluido. Um abscesso (tipicamente tuberculoso) de origem vertebral pode descer através do psoas e apresentar-se como uma massa ou uma deformidade de flexão do quadril.

O iliopsoas pode ser testado clinicamente através da flexão ativa do quadril contra resistência, na posição supina com o quadril e o joelho flexionados.

MÚSCULOS DA REGIÃO GLÚTEA

Tensor da fáscia lata

Inserções O tensor da fáscia lata (Fig. 80.19) surge a partir dos 5 cm anteriores do lábio externo da crista ilíaca, da face lateral da espinha ilíaca anterossuperior e da parte da borda da incisura abaixo, entre o glúteo médio e o sartório, assim como da face profunda da fáscia lata. As inserções proximais podem se estender para a fáscia aponeurótica superficial ao glúteo médio. Ela descende entre (e está inserida a) as duas camadas do trato iliotibial da fáscia lata e geralmente se estende para aproximadamente um terço da distância para baixo (na coxa), embora possa se estender ocasionalmente até o côndilo femoral lateral.

Suprimento vascular O músculo propriamente dito é irrigado principalmente por um grande ramo ascendente da artéria circunflexa femoral lateral. A porção musculocutânea do tensor da fáscia lata origina-se neste pedículo. A porção superior do músculo recebe ramos da artéria glútea superior. A fáscia que circunda o músculo é irrigada em sua face superficial pela artéria circunflexa ilíaca superficial e, em sua face profunda, pela artéria circunflexa femoral lateral.

Inervação O tensor da fáscia lata é inervado pelo nervo glúteo superior, L4, L5 e S1.

Ações O tensor da fáscia lata, agindo através do trato iliotibial, estende o joelho fazendo rotação lateral da perna; também pode auxiliar na abdução e na rotação medial da coxa, embora seu papel como abdutor seja controvertido. O músculo ajuda a manter a postura ereta, enquanto minimiza o gasto energético na atividade muscular: quando o indivíduo está de pé, ele age a partir da porção inferior, a fim de estabilizar a pelve na cabeça do fêmur, e, através do trato iliotibial, para estabilizar os côndilos do fêmur nos côndilos tibiais, enquanto os extensores do joelho estão relaxados. Este músculo ajuda o glúteo médio na abdução postural do quadril. O controle postural é a sua principal função.

Aproximadamente nos últimos 20° de extensão, a ação de puxar do trato iliotibial é anterior ao eixo de flexão do joelho, fazendo do tensor da fáscia lata, nesta situação, um fraco extensor. A flexão maior que 20° leva o trato iliotibial a passar posteriormente ao eixo de flexão, de modo que o músculo se torna um fraco flexor.

Testes Quando a coxa está flexionada contra a gravidade e o joelho está estendido, uma depressão angular aparece imediatamente abaixo da espinha ilíaca anterossuperior: seu limite lateral é o tensor da fáscia lata. Se a coxa está abduzida contra resistência, o músculo pode ser palpado e, algumas vezes, visto.

Glúteo máximo

Inserções O glúteo máximo (Fig. 80.20) é o maior e mais superficial músculo na região glútea. É uma massa quadrilátera espessa e larga que, com sua fáscia adiposa sobrejacente, forma a familiar proeminência da nádega. O glúteo máximo é mais espesso e mais extenso no homem do que em qualquer outro primata não humano, traço que provavelmente tem correlação com a transição evolucionária para o bipedismo e uma postura permanentemente ereta. O músculo tem uma arquitetura fascicular grossa, com largas bandas de fibras separadas por septos fibrosos. Origina-se na linha glútea posterior do ílio e na área rugosa do osso (incluindo a crista), imediatamente acima e atrás dela, na aponeurose do eretor da espinha, na face dorsal da porção inferior do sacro e da lateral do cóccix, no ligamento sacrotuberal e na fáscia que recobre o glúteo médio (aponeurose glútea). Podem ocorrer faixas adicionais oriundas da aponeurose lombar ou da tuberosidade isquiática. O músculo também pode ser bilaminar. As fibras descendem lateralmente; a porção superior do músculo (juntamente com as fibras superficiais da porção inferior) termina em uma lâmina tendinosa espessa que passa lateralmente ao trocanter maior e se insere no trato iliotibial da fáscia lata. As fibras mais profundas da porção inferior do músculo estão inseridas na tuberosidade glútea, entre o vasto lateral e o adutor magno.

Relações Uma fáscia fina separa a face superficial do glúteo máximo do tecido adiposo subcutâneo adjacente. A face profunda do músculo relaciona-se com ílio, sacro, cóccix, ligamento sacrotuberal, parte do glúteo médio, piriforme, gêmeos, obturador interno, quadrado da coxa, tuberosidade isquiática, trocanter maior e inserções dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso e adutor magno na tuberosidade isquiática. A bolsa sinovial localiza-se profundamente ao glúteo máximo: a trocantérica, sobre o trocanter maior; a gluteofemoral, entre os tendões do glúteo máximo e do vasto lateral; a bolsa isquiofemoral, sobre a tuberosidade glútea (o que é menos comum).

A divisão superficial da artéria glútea superior alcança a face profunda do músculo, entre o piriforme e o glúteo médio. Os vasos glúteo inferior e pudendo interno, o isquiático, os nervos pudendo e cutâneo femoral posterior, os ramos musculares dos nervos cutâneos femorais sacrais e os ramos musculares do plexo sacral, todos deixam a pelve abaixo do piriforme. A primeira artéria perfurante e os ramos terminais da artéria femoral circunflexa medial também são profundos à porção inferior do

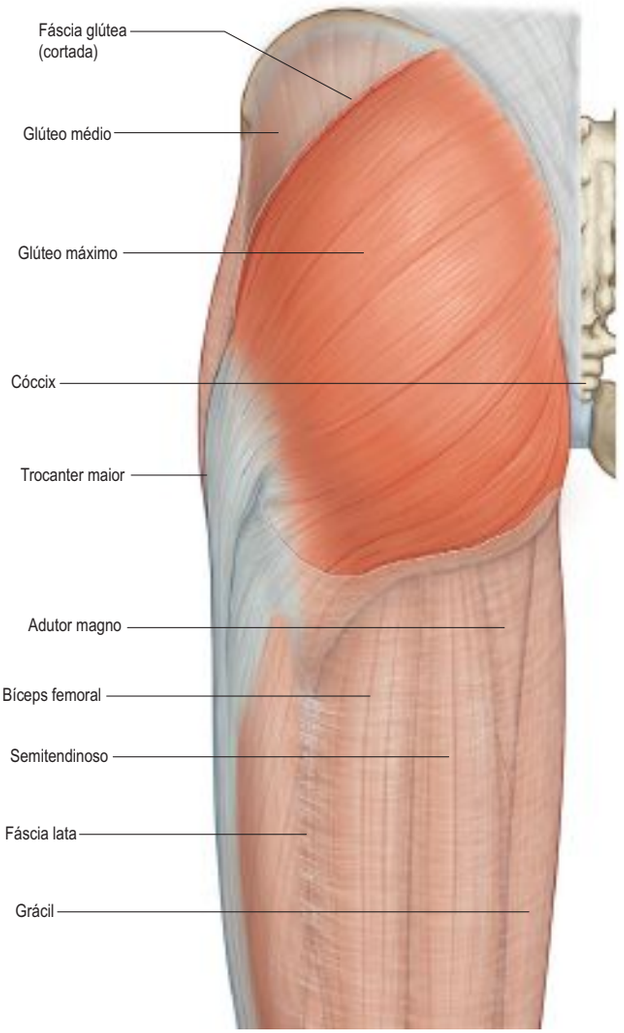


Fig. 80.20 Glúteo máximo, vista posterior.

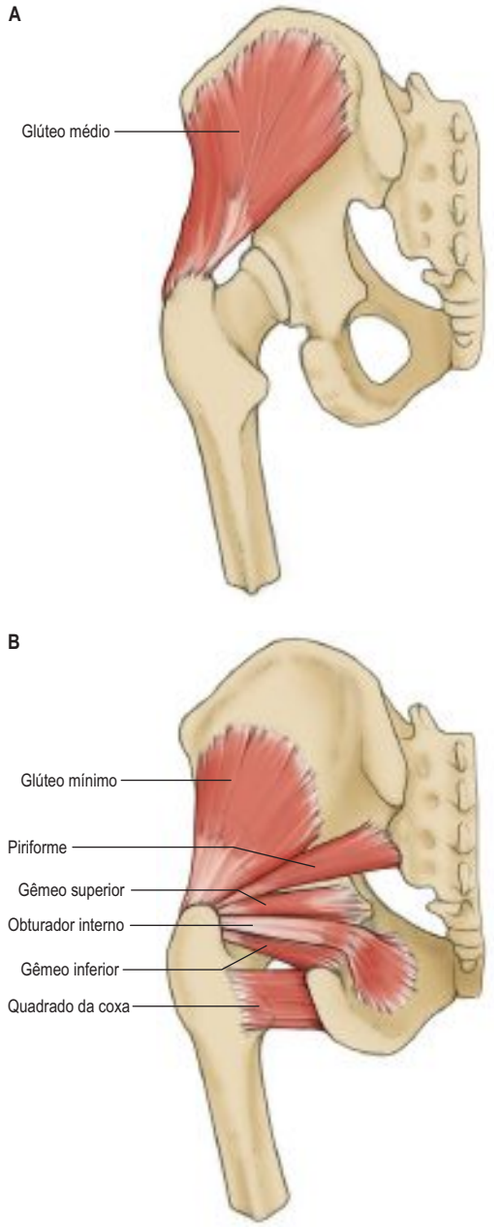


Fig. 80.2 A, Glúteo médio. **B,** Glúteo mínimo e rotadores externos curtos do quadril. (De Sobotta 2006.)

glúteo máximo. Sua borda superior é fina e sobrepõe-se ao glúteo médio. Sua borda inferior proeminente é livre, dirigindo-se lateralmente e para trás. Essa borda é cruzada pela prega glútea horizontal (a linha de flexão posterior da articulação do quadril), que marca o limite superior da parte posterior da coxa na superfície.

Suprimento vascular O pedículo vascular dominante geralmente é o da artéria glútea inferior, que irriga aproximadamente dois terços do músculo. O restante é irrigado principalmente pela artéria glútea superior, embora ela possa ser o vaso dominante algumas vezes. As bordas lateral e distal do músculo recebem suprimento da primeira perfurante profunda e da artéria circunflexa femoral medial. Ramos menores podem derivar das artérias circunflexa femoral lateral, sacral lateral e pudenda interna.

Retalhos musculocutâneos do glúteo máximo podem ter suprimento proveniente dos vasos glúteos ou da primeira perfurante profunda, dependendo do local e do tamanho do defeito a ser recuperado.

Inervação A inervação do glúteo máximo é feita por nervo glúteo inferior, L5, S1 e S2.

Ações Agindo a partir da pelve, o glúteo máximo pode estender a coxa flexionada e trazê-la para a linha do tronco. Agindo a partir de sua inserção distal, pode prevenir o momento de flexão anterior do tronco no suporte do quadril nos bípedes. O músculo fica inativo na posição ortostática, ao balançar-se para a frente sobre os tornozelos ou ao curvar-se para a frente sobre o quadril para tocar os dedos dos pés. Entretanto, ele age junto com os posteriores da coxa ao se levantar o tronco depois de se abaixar (através da rotação da pelve para trás, na cabeça do fêmur). Encontra-se intermitentemente ativo no ciclo da marcha e ao subir escadas e está continuamente ativo na rotação lateral da coxa (com potência). Suas fibras superiores estão ativas na abdução potente da coxa. É um tensor da fáscia lata e, através do trato iliotibial, estabiliza o fêmur sobre a tíbia quando os músculos extensores do joelho estão relaxados.

Testes Extensão do quadril contra resistência, na posição supinada ou na posição pronada.

Glúteo médio

Inserções O glúteo médio é um músculo largo e fino (Figs. 80.20 e 80.21A). Este músculo surge na face externa do ílio, entre a crista ilíaca e a linha glútea posterior (acima) e na linha glútea anterior (abaixo); também forma a resistente fáscia superficial à sua parte superior. As fibras convergem para um tendão chato, que se insere em uma crista que por sua vez inclina para baixo e para a frente, na face lateral do trocanter maior.

Um feixe profundo do músculo pode se inserir na borda superior do trocanter. O limite posterior do glúteo médio algumas vezes se mistura com o piriforme.

Relações O terço posterior do glúteo médio é recoberto pelo glúteo máximo, mas é superficial em seus dois terços anteriores, onde é coberto por uma grossa camada de fáscia profunda. Sua face profunda relaciona-se com o glúteo mínimo. Ramos das divisões profundas da artéria e do nervo glúteo superior correm entre os glúteos médio e mínimo; são vulneráveis em procedimentos nos sentidos anterolateral e lateral do quadril, que envolvem a separação do glúteo médio (Fig. 80.22). No local em que o tendão desliza na parte anterossuperior da face lateral do trocanter, uma

bolsa (bolsa trocantérica ou do glúteo médio) separa o músculo do osso.

Suprimento vascular O suprimento principal para o glúteo médio é proveniente do ramo profundo da artéria glútea superior. A parte distal do músculo é suprida pela anastomose trocantérica.

Inervação O glúteo médio é inervado por nervo glúteo superior, L4, L5 e S1.

Ações Consideradas adiante com o glúteo mínimo.

Testes Considerados adiante com o glúteo mínimo.

Glúteo mínimo

Inserções O glúteo mínimo repousa profundamente ao glúteo médio (Fig. 80.21B). O músculo em forma de leque surge a partir da face externa do ílio, entre as linhas glúteas anterior e inferior e, posteriormente, da margem da incisura isquiática maior. As fibras convergem abaixo para a face profunda de uma aponeurose que termina em um tendão que se insere em uma crista anterolateral no trocanter maior, contribuindo para a expansão da cápsula da articulação do quadril.

O músculo pode se dividir em partes anterior e posterior. Feixes separados podem passar para o piriforme, gêmeos superiores ou vasto lateral.

Relações Ramos da divisão profunda da artéria e do nervo glúteos superiores correm na face superficial do músculo. O tendão refletido do reto femoral e a cápsula da articulação do quadril são profundos ao glúteo mínimo. Uma bolsa (bolsa trocantérica ou do glúteo mínimo) separa o tendão da parte medial da face anterior do trocanter maior.

Suprimento vascular O glúteo mínimo é irrigado por suas duas faces, a partir do tronco principal e do ramo profundo da artéria glútea superior, com uma contribuição em sua inserção femoral proveniente da anastomose trocantérica (Fig. 80.22).

Inervação O glúteo mínimo é inervado por nervo glúteo superior, L4, L5 e S1.

Ações dos glúteos médio e mínimo

Ambos os glúteos (médio e mínimo), quando agem a partir da pelve, fazem a abdução da coxa, que sofre rotação medial das fibras anteriores dos glúteos. Agindo a partir do fêmur, os glúteos têm importante papel na manutenção do tronco em posição ereta quando o pé do lado contralateral é elevado do solo durante a marcha ou a corrida. Nesta fase, o peso do corpo tende a fazer a pelve cair para o lado que está sem apoio. Isto é contrabalançado pelos glúteos médio e mínimo do lado ipsilateral ao apoio do peso, que, agindo pela frente, fazem tamanha força de tração sobre o osso do quadril que a pelve é, na verdade, ligeiramente levantada do lado que não está com peso. Na posição de pé com apoio bilateral do peso (com os pés ligeiramente afastados), os músculos abdutores geralmente ficam "silenciosos" na eletromiografia, mas com os pés unidos e em posição paralela esses músculos ficam ativos.

Testes

O efeito de suporte dos glúteos (médio e mínimo) sobre a pelve, quando o pé contralateral é levantado, depende das seguintes condições: ambos os músculos e suas inervações devem estar funcionando normalmente; os componentes da articulação do quadril, que formam o fulcro, devem estar em suas relações usuais; o colo do fêmur deve estar intacto, com sua angulação normal em relação à diáfise.

Quando alguma dessas condições não é preenchida (p. ex., na paralisia dos glúteos, no deslocamento congênito do quadril ou na coxa vara), o mecanismo de suporte é danificado e a pelve cai para o lado sem suporte no momento em que o paciente tenta ficar de pé e apoiar o peso no membro. Isto é conhecido clinicamente como sinal de Trendelenburg. Indivíduos com paralisia dos glúteos médio e mínimo apresentam uma marcha cambaleante bem característica. Caso esses dois músculos estejam intactos, a paralisia de outros músculos que agem na articulação do quadril produz um déficit notoriamente menor na marcha, ou até mesmo na corrida.

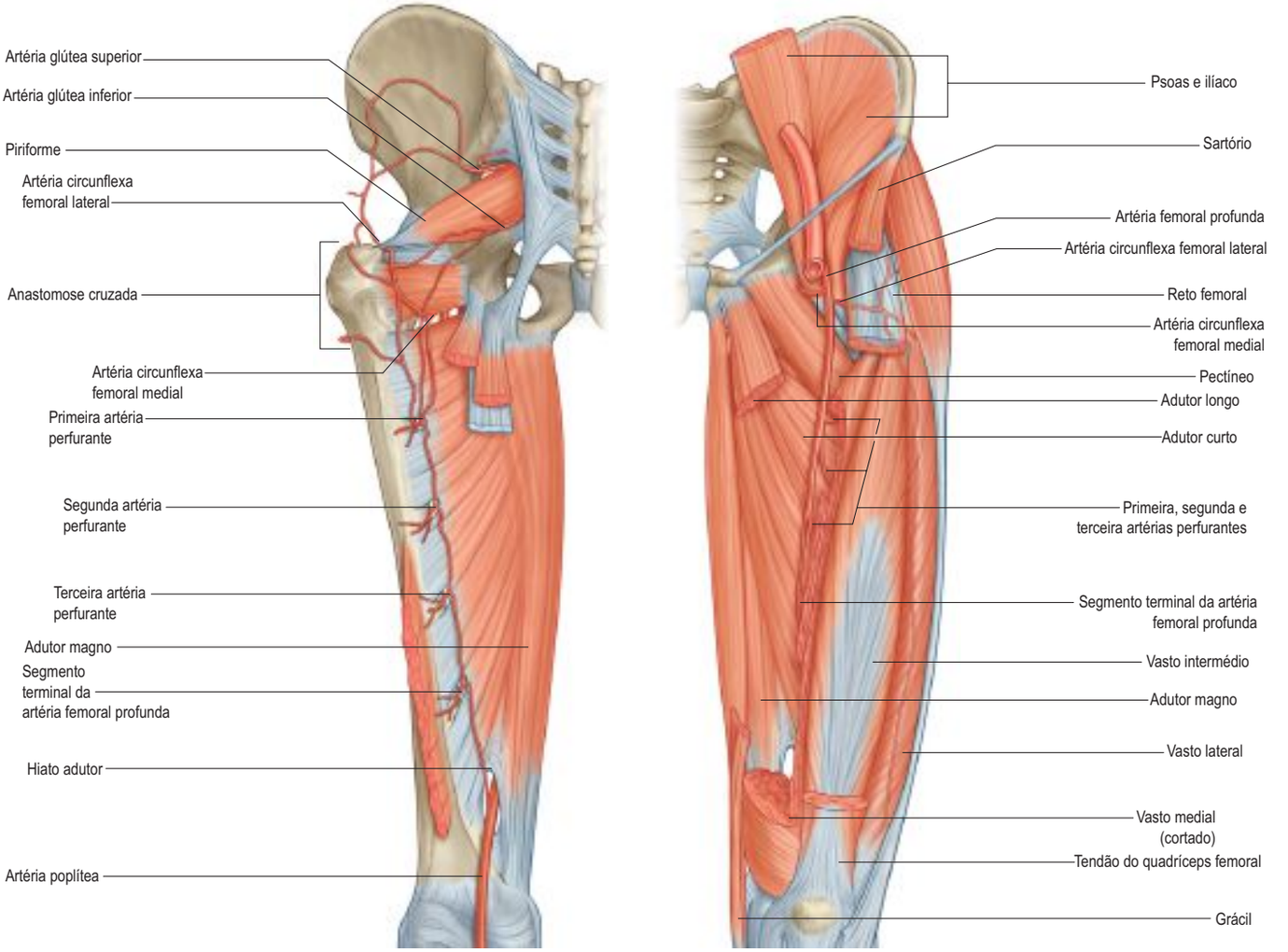


Fig. 80.22 Artérias e músculos das regiões glútea e femoral esquerdas. **A,** Face posterior. **B,** Face anterior. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

Os glúteos médio e mínimo podem ser testados juntamente através do movimento de rotação medial da coxa contra resistência, em posição supina, com o quadril e o joelho flexionados. Ambos os músculos podem ser testados em conjunto com o tensor da fáscia lata através da abdução do membro inferior contra resistência, em posição supina, com o joelho estendido.

Piriforme

Inserções O músculo piriforme (Figs. 63.1 e 80.21B) ocupa uma posição central na nádega, onde se localiza no mesmo plano que o glúteo médio. Ele surge a partir de três digitações na face anterior do sacro, que estão inseridas nas porções de osso entre os forames sacrais pélvico e nos sulcos formados por esses forames (Fig. 42.36). Ele também emerge da face glútea do ílio, próximo à espinha ilíaca posteroinferior, da cápsula da articulação sacroilíaca adjacente e, algumas vezes, da porção superior da face pélvica do ligamento sacrotuberal. O músculo passa para fora da pelve através do forame isquiático maior, que o músculo preenche substancialmente. Neste caso, esse músculo representa um importante ponto de referência cirúrgico para a identificação das estruturas que emergem abaixo e acima dele. Insere-se na parte medial da borda superior do trocanter maior do fêmur, através de um tendão que repousa atrás e acima de (mas está frequentemente misturado com) o tendão comum do obturador interno e dos gêmeos. Este músculo pode estar fundido com o glúteo médio.

Relações Dentro da pelve, a face anterior do piriforme relaciona-se com o reto (especialmente do lado esquerdo), com o plexo sacral de nervos e com os ramos dos vasos ilíacos internos. A face posterior localiza-se de encontro ao sacro. Fora da pelve, sua face anterior está em contato com a face posterior do ísquio e com a cápsula da articulação do quadril, e sua face posterior está em contato com o glúteo máximo. Sua borda superior está em contato com o glúteo médio e com os vasos glúteos superiores e o nervo, assim como sua borda inferior está em contato com o coccígeo e com o gêmeo superior. Os vasos glúteos inferiores e pudendo interno, os nervos isquiático, cutâneo femoral posterior e pudendo, e os ramos musculares do plexo sacral aparecem na nádega no intervalo entre o piriforme e o gêmeo superior. A relação entre o piriforme e o nervo isquiático é variável. O nervo sem divisões pode surgir acima ou por dentro do músculo. Ou as divisões principais do nervo podem se localizar de cada lado do músculo, ou (a variação mais comum) uma divisão passa entre as cabeças de um músculo dividido e outra divisão passa acima ou abaixo.

Ocasionalmente, o piriforme pode causar a compressão do nervo isquiático na nádega, dando origem à condição conhecida como "síndrome do piriforme".

Suprimento vascular Na nádega, o piriforme é irrigado principalmente pela artéria glútea superior, com contribuições dos ramos geminais da pudenda interna. Pode haver um ramo separado da artéria glútea inferior. Na pelve, o suprimento principal provém da artéria sacral lateral, com contribuições de ambos os vasos glúteos.

Inervação O piriforme é inervado pelos ramos de L5, S1 e S2.

Ações O piriforme é responsável pela rotação lateral quando a coxa está estendida, mas faz abdução quando a coxa está flexionada.

Testes Não é possível fazer o teste clínico somente do piriforme; entretanto, para uma suspeita de lesão do piriforme, o teste mais provocativo é pedir que o indivíduo em posição sentada abduza as coxas. Dor nas nádegas sugere lesão do piriforme.

Obturador interno

Inserções O obturador interno (Figs. 63.1 e 80.21B) situa-se parcialmente dentro da pelve verdadeira e parcialmente posterior à articulação do quadril. Ele tem origem na face interna da parede anterolateral da cavidade da pelve menor. Suas inserções, que quase circundam o forame obturador, são do ramo inferior do púbis, do ramo do ísquio e da face pélvica do osso do quadril (abaixo e atrás da margem pélvica) para a parte superior do forame isquiático maior (acima e atrás) e para o forame obturador (abaixo e à frente) (Fig. 80.5 B). Ele também surge da parte medial da face pélvica da membrana obturatória, do arco tendíneo que completa o canal obturatório e, em menor escala, da fáscia obturatória que recobre o músculo. As fibras convergem em direção ao forame isquiático menor e terminam em quatro ou cinco faixas tendinosas na face profunda do músculo. Estas bandas formam uma volta lateral em ângulo reto ao redor da face sulcada do ísquio, entre sua espinha e sua tuberosidade. A face sulcada é coberta por uma fina camada de cartilagem hialina e está separada do tendão por uma bolsa: as cristas na face correspondem aos sulcos entre as bandas tendíneas. Essas bandas deixam a pelve através do forame isquiático menor e unem-se para formar um único tendão achatado que passa horizontalmente através da cápsula da articulação do quadril. O gêmeo mistura-se com este tendão antes de se inserir em uma impressão anterior na face medial do trocanter maior, em posição anterossuperior à fossa trocantérica. Uma bolsa estreita e alongada geralmente está interposta entre o tendão e a cápsula da articulação do quadril, comunicando-se ocasionalmente com a bolsa entre o tendão e o ísquio.

Relações Dentro da pelve, a face anterolateral do músculo está em contato com a membrana obturatória e a superfície interna da parede lateral da pelve. Sua face posteromedial relaciona-se com a fáscia obturatória, com a origem do levantador do ânus e com a bainha que envolve os vasos pudendos internos e o nervo pudendo, formando a parede lateral da fossa isquiorretal. Por fora da pelve, o músculo está coberto pelo glúteo máximo, é cruzado posteriormente pelo nervo isquiático e passa posteriormente à articulação do quadril. Como o tendão do obturador interno surge do forame isquiático menor, ele interpõe-se (abaixo e acima) aos dois gêmeos, que formam um canal muscular para esse músculo. Próximo de sua terminação, os gêmeos passam anteriormente ao tendão e formam um sulco onde este se localiza.

Suprimento vascular O suprimento vascular principal da porção extrapélvica do obturador interno é proveniente dos ramos geminais da artéria pudenda interna. A porção intrapélvica é irrigada pela artéria obturatória, que emite ramos para ambas as faces do músculo, que também é suprido por pequenos ramos da artéria pudenda interna.

Inervação O obturador interno é inervado por nervo obturador interno, L5 e S1.

Ações Ver adiante, com o músculo obturador externo.

Obturador externo

Inserções O obturador externo (Fig. 80.23) é um músculo triangular plano que recobre a face externa da parede pélvica anterior. Ele surge nos dois terços anteromediais da face externa da membrana obturatória e no osso adjacente dos ramos do púbis e do ísquio, estendendo-se por uma curta distância sobre as faces pélvicas desses ossos (entre a margem do forame obturador e da membrana obturatória). O músculo como um todo e o tendão para o qual suas fibras convergem formam uma espiral para trás, depois para o lado e para cima e, finalmente, cruzam a face inferior e a parte posterior do colo do fêmur e a porção inferior da cápsula da articulação do quadril, terminando na fossa trocantérica do fêmur.

Relações Uma bolsa que se comunica com a articulação do quadril pode se interpor entre o tendão e a cápsula da articulação do quadril e o colo do fêmur. Os vasos obturatórios localizam-se entre o músculo e a

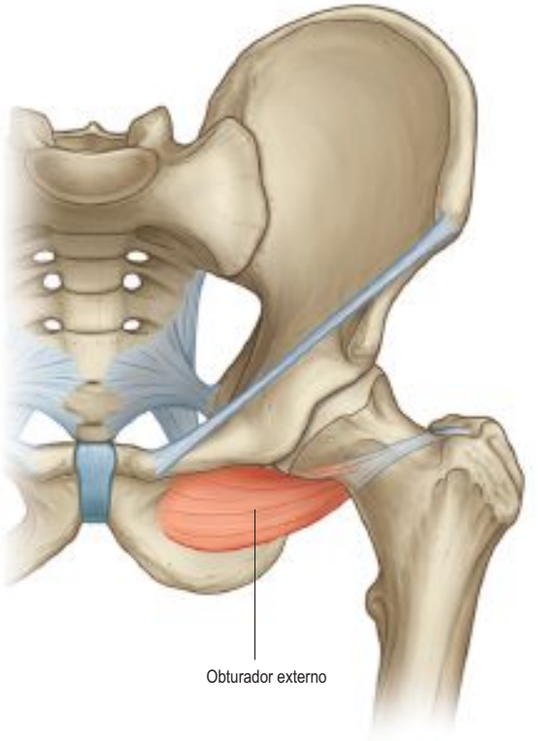


Fig. 80.23 Obturador externo: face anteroinferior. (Adaptado de Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

membrana obturatória. O ramo anterior do nervo obturatório alcança a coxa ao passar pela frente do músculo, e o ramo posterior, ao perfurar o mesmo.

Suprimento vascular O obturador externo recebe um padrão variado de irrigação das artérias obturatória e circunflexa femoral medial.

Inervação A inervação do músculo obturador externo é oriunda do ramo posterior do nervo obturador, L3 e L4.

Ações Tem sido sugerido que os músculos curtos ao redor da articulação do quadril (pectíneo, piriforme, obturadores, gêmeos e quadrado da coxa) são mais importantes como músculos posturais do que como motores primários, agindo como ligamentos ajustáveis para manter a estabilidade e a integridade do quadril. Contudo, esses músculos são largamente inacessíveis à observação direta e, em virtude dos perigos apresentados por suas relações próximas com importantes estruturas neurovasculares, há uma escassez completa de dados eletromiográficos em humanos. Tanto na marcha bípede como no ato de escalar, o obturador externo é recrutado durante a fase inicial da fase de balanço: na escalada, ele causa a rotação lateral da coxa e, na caminhada, ele provavelmente contrabalança a tendência à rotação medial produzida pelos músculos adutores anteriores neste estágio do ciclo. O obturador interno difere do externo em seu padrão de uso, mas seu papel na marcha bípede permanece pouco claro. As inserções do obturador externo sugerem que, assim como os gêmeos, esse músculo faz rotação lateral quando a coxa está estendida e abdução quando ela está flexionada. Estas ações podem ser utilizadas para antagonizar os componentes de movimento indesejados produzidos pelos músculos motores primários da locomoção.

Testes Os rotadores curtos não podem ser testados individualmente, mas a rotação externa com o quadril estendido e abdução com o quadril flexionado contra resistência testam esses músculos em grupo.

Gêmeos inferior e superior

Inserções O gêmeo inferior tem origem na porção superior da face lateral da tuberosidade isquiática, imediatamente abaixo do sulco para o tendão do obturador interno. Este músculo mistura-se com a borda inferior do tendão e insere-se com ele na face medial do trocanter maior.

O gêmeo superior, o menor dos dois gêmeos, origina-se na face dorsal da espinha isquiática, mistura-se com a borda superior do tendão do obturador interno e insere-se com ele na face medial do trocanter maior. Algumas vezes está ausente.

Ambos os gêmeos podem ser considerados acessórios do obturador interno (Fig. 80.21B).

Relações As relações anatômicas dos gêmeos são as mesmas que aquelas da porção extrapélvica do obturador interno.

Suprimento vascular O gêmeo superior é irrigado pela artéria pudenda interna e seus ramos geminais, pela artéria glútea inferior e, algumas vezes, também pela artéria glútea superior. O gêmeo inferior é suprido principalmente pela artéria circunflexa femoral medial.

Inervação O gêmeo superior é inervado pelo nervo do obturador interno, L5, S1 e S2. O gêmeo inferior é inervado pelo nervo para o quadrado femoral, L4, L5 e S1.

Ações Os gêmeos fazem rotação externa da coxa estendida e abdução da coxa flexionada.

Testes Veja os testes para o obturador externo (anteriormente).

Quadrado da coxa

Inserções O quadrado da coxa (Fig. 80.21B) é um músculo quadrilátero achatado localizado entre o gêmeo inferior e a margem superior do adutor magno, do qual está separado através do ramo transversal da artéria circunflexa femoral medial. Ele surge da porção superior da face externa da tuberosidade isquiática e insere-se em um pequeno tubérculo ligeiramente acima do ponto médio da crista trocantérica do fêmur e ao longo do osso por uma pequena distância abaixo. Pode estar ausente.

Relações O músculo passa por trás da articulação do quadril e do colo do fêmur, separado deles pelo tendão do obturador externo e pelo ramo ascendente da artéria circunflexa femoral medial (que pode causar um sangramento problemático, se lesionada em cirurgia que utilize acesso posterior no quadril). O nervo isquiático cruza o músculo posteriormente. Uma bolsa frequentemente está presente entre o músculo e o trocanter menor.

Suprimento vascular Ramos passam para a face superficial do músculo a partir da artéria glútea inferior e da artéria femoral circunflexa medial. Esta última também irriga a face profunda.

Inervação O quadrado da coxa é inervado pelo nervo para o quadrado da coxa, L5 e S1.

Ação O quadrado da coxa produz a rotação lateral da coxa.

Testes Veja os testes para o obturador externo.

MÚSCULOS DA COXA

A presença e a posição do colo do fêmur fazem com que a diáfise femoral seja oblíqua, o que significa que os músculos anteriores (extensores), ou seja, o quadríceps corra obliquamente em direção distal e medial, tracionando a patela (que é direcionada lateral e proximalmente). Os músculos adutores ocupam a região entre o quadríceps e a margem medial da coxa. Eles estão inseridos distalmente na face posterior do fêmur, localizando-se mais posteriormente do que o quadríceps. O grupo de músculos posteriores, os flexores, localiza-se atrás dos adutores. As inserções desses músculos determinam a natureza e a direção do deslocamento da diáfise femoral em casos de fratura.

Compartimento anterior

Os músculos do compartimento anterior (Figs. 80.2 e 80.19) incluem o sartório e o reto femoral, que podem agir nas articulações do quadril e do joelho, e os vastos medial, lateral e intermédio, que agem somente na articulação do joelho. O articular do joelho, um derivado do vasto intermédio, completa o grupo: ele retrai a cápsula sinovial na articulação do joelho. O reto femoral e os vastos estendem-se da articulação do joelho através de um tendão comum, sendo denominados coletivamente músculo quadríceps femoral. O adutor longo e o pectíneo algumas vezes são considerados partes dos compartimentos anterior e adutor.

Sartório

Inserções O sartório é uma faixa estreita de músculo e o mais longo músculo do corpo. Surge através de fibras tendíneas na espinha ilíaca anterossuperior e na metade superior da incisura abaixo desta. Ele cruza a coxa obliquamente em direção medial, depois desce mais verticalmente para a borda medial do joelho. As fibras musculares terminam neste ponto, e um tendão fino e achatado curva-se obliquamente para a frente, expandindo-se em uma larga aponeurose. A aponeurose é inserida na parte proximal da face medial da tíbia, na frente do grácil e do semitendinoso, formando, juntamente com esses músculos, a "pata de ganso" (Fig. 80.24). Uma tira estreita de sua margem superior mistura-se com a cápsula articular do joelho e uma outra, de sua margem inferior, mistura-se com a camada superficial da fáscia profunda na borda medial da perna. Esta lâmina de tecido passa inferiormente para se localizar superficialmente e sobre as inserções distais do grácil e do semitendinoso. Tal lâmina tem de ser separada por dissecção "cega" para revelar estes dois tendões, caso eles precisem ser coletados (p. ex., em cirurgias de ligamento cruzado anterior) (Fig. 80.24).

Em alguns casos, o sartório está ausente, enquanto em outros o músculo pode ter uma cabeça a mais: quando esta última situação ocorre, a cabeça extra insere-se na linha pectínea ou na bainha femoral. Variações na inserção distal do sartório, nas adjacências do joelho, já foram relatadas.

Relações As relações do sartório são descritas no trígono femoral (ver adiante).

Suprimento vascular O suprimento arterial principal do sartório deriva-se de múltiplos ramos do sistema femoral, entrando na metade medial do músculo a partir de sua face profunda. Vasos que suprem o terço proximal do sartório podem surgir do tronco femoral comum, o principal tronco da artéria profunda, da artéria do quadríceps, da femoral superficial ou da artéria circunflexa femoral lateral. Pode haver um suprimento proximal adicional da artéria circunflexa ilíaca superficial. Aquelas que irrigam o terço medial do músculo têm origem na artéria femoral superficial. Os vasos distais surgem da femoral superficial dentro do canal adutor e da artéria descendente do joelho.

Inervação A inervação do sartório é proveniente do nervo femoral, L2 e L3.

Ações O sartório auxilia na flexão da perna sobre o joelho e da coxa sobre a pelve, particularmente quando esses dois movimentos estão combinados. Também ajuda a abduzir a coxa e produz sua rotação lateral. (Juntamente com a inversão do pé, esses movimentos trazem a planta do pé para a visão direta.) O fato de que o sartório representa somente 1% da área de secção transversa fisiológica de todos os músculos que cruzam as articulações do quadril ou do joelho parece sugerir que esse músculo tem um pequeno papel na marcha. Em um indivíduo subindo escadas, a

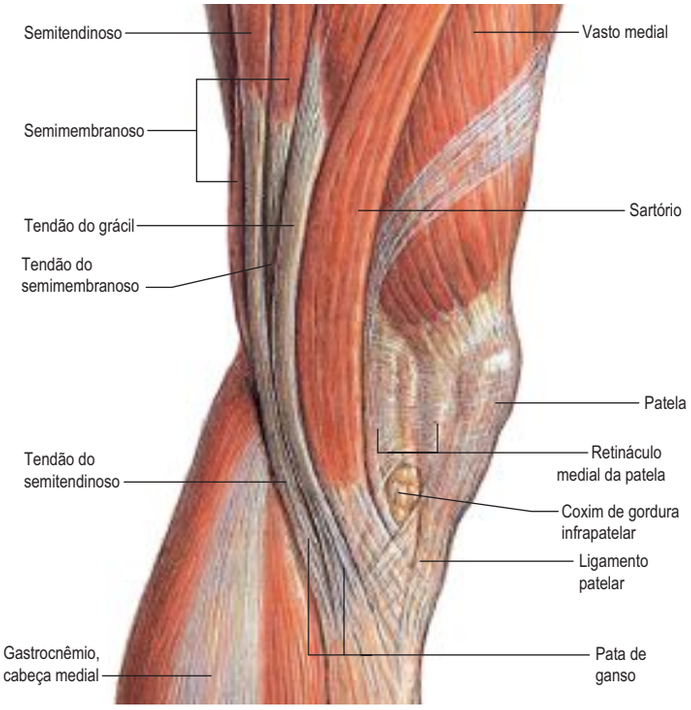


Fig. 80.24 Inserção distal dos músculos da coxa: face medial. (De Sobotta 2006.)

atividade eletromiográfica do sartório aumenta durante a rotação lateral da coxa (no final da fase de balanço que precede imediatamente o apoio do calcanhar), o que provavelmente desacelera o membro. O sartório pode, portanto, ter um importante papel na escalada.

Testes Ao contrair contra a gravidade, como faz usualmente, o sartório pode ser visto e palpado em humanos.

Trígono femoral

O trígono femoral é um espaço intermuscular deprimido, na face anteromedial da coxa proximal, imediatamente distal ao ligamento inguinal, que, por sua vez, constitui a base do contorno triangular invertido do trígono femoral. Seu limite lateral é a margem medial do sartório. Seu limite medial é a borda medial do adutor longo. Sua extremidade distal, o ápice, é o local em que o sartório se sobrepõe ao adutor longo. Seu assoalho é fornecido lateralmente pelo ilíaco e pelo psoas maior, medialmente pelo pectíneo e pelo adutor longo. Seu "teto" é a fáscia lata sobrejacente. Os vasos femorais, que passam do ponto médio da base para o ápice, estão na parte mais profunda do trígono. Localizado lateralmente à artéria e externamente à bainha femoral está o nervo femoral, que, ao entrar no trígono femoral, divide-se em múltiplos ramos. O trígono também contém gordura e linfonodos.

Quadríceps femoral

O quadríceps femoral (Figs. 80.2 e 80.19), o maior músculo extensor da perna, recobre quase toda a parte anterior e os lados do fêmur. Pode ser dividido em quatro porções, cada uma nomeada individualmente. Uma das porções, o reto femoral, tem origem no ílio e dirige-se para baixo em linha reta pelo meio da coxa; seu nome foi determinado de acordo com sua forma e direção. As outras três porções têm origem na diáfise do fêmur e envolvem-no (exceto na linha áspera) desde os trocanteres até os côndilos: o vasto lateral é lateral ao fêmur, o vasto medial é medial ao fêmur e o vasto intermédio localiza-se anteriormente ao fêmur. O reto femoral cruza tanto a articulação do quadril quanto a do joelho, ao passo que os três vastos cruzam somente a articulação do joelho.

Os tendões dos quatro componentes do quadríceps unem-se na parte proximal da coxa para formar um forte tendão único que se insere na base da patela; algumas fibras continuam sobre ele para se misturarem ao tendão patelar. A patela é um osso sesamoide no tendão do quadríceps, e o tendão patelar, que se estende do ápice da patela até a tuberosidade da tíbia, é a continuação do tendão principal. Os retináculos patelares medial e lateral são expansões de suas bordas. A bolsa suprapatelar (uma extensão sinovial da articulação do joelho) localiza-se entre o fêmur e a porção suprapatelar do tendão do quadríceps. A bolsa infrapatelar profunda repousa entre o tendão patelar e a extremidade proximal da tíbia.

Tradicionalmente, o suprimento arterial do quadríceps tem sido atribuído a um único ramo da femoral profunda ou da circunflexa femoral lateral, a "artéria do quadríceps". Este vaso, que pode ser grande, ocasionalmente emerge diretamente da artéria femoral. Entretanto, de acordo com Taylor & Razaboni (1994), esta artéria não supre os quatro componentes do quadríceps: o vasto medial é irrigado diretamente pela artéria femoral superficial. O suprimento dos componentes musculares individuais está descrito adiante: suas bainhas podem ter suprimento adicional e variável.

O quadríceps, como um grupo, mostra variação anatômica mínima.

Reto femoral

Inserções O reto femoral é fusiforme. Suas fibras superficiais são bipenadas (as fibras profundas são paralelas). Ele tem origem dupla no ilíaco: um tendão reto surge a partir da espinha ilíaca anteroinferior e um tendão fino e achatado surge a partir de um sulco acima do acetábulo e da cápsula fibrosa da articulação do quadril. Os dois unem-se em ângulo reto e espalham-se em uma aponeurose que se prolonga para baixo, na face anterior do músculo: as fibras musculares emergem desta aponeurose. As fibras terminam em uma aponeurose fina e larga que se forma sobre os dois terços inferiores da face posterior do músculo, estreitando-se gradualmente em um tendão fino e achatado, através do qual se inserem na base da patela. Isto constitui a porção central superficial do tendão do quadríceps.

O reto femoral pode originar-se da espinha ilíaca anterossuperior e sua cabeça reflexa pode estar ausente.

Relações Proximalmente, o músculo está coberto pelo tensor da fáscia lata, ilíaco e sartório. A cabeça reflexa localiza-se abaixo do glúteo mínimo. A cápsula articular do quadril, o vasto intermédio, as margens anteriores dos vastos lateral e medial, a artéria circunflexa femoral lateral e alguns ramos do nervo femoral localizam-se profundamente ao reto femoral.

Suprimento vascular Há dois pedículos principais, um superior e um inferior. O superior entra no reto femoral na junção de seus terços superior e médio, emergindo da "artéria do quadríceps". O ramo inferior, maior, emerge da "artéria do quadríceps" aproximadamente no nível médio da coxa, entrando no músculo poucos centímetros abaixo. Há contribuições adicionais da circunflexa femoral lateral e, menos frequentemente, das artérias circunflexas ilíacas superficiais.

Vasto medial e vasto medial oblíquo

Inserções O vasto medial origina-se na parte inferior da linha intertrocantérica, linha espiral, lábio medial da linha áspera, porção proximal da linha supracondilar medial, tendões dos adutores longo e magno e septo intermuscular medial. Suas fibras passam para baixo e para a frente em um ângulo médio de 15° com o eixo longo do fêmur, a maior parte destas em uma aponeurose na face profunda do músculo, que se insere na borda medial da patela e no tendão do quadríceps. Uma expansão desta aponeurose reforça a cápsula articular do joelho, inserindo-se abaixo no côndilo medial da tíbia.

As fibras mais inferiores estão dispostas quase horizontalmente, formando uma saliência, medialmente à metade superior da patela. Alguns autores distinguem esta parte do músculo como o "vasto medial oblíquo", com fibras que se originam largamente no tendão do adutor magno e se inserem na borda medial da patela. O vasto medial oblíquo tem um importante papel no funcionamento da articulação patelofemoral.

Relações O vasto medial é parcialmente coberto pelo reto femoral e pelo sartório. Na parte central da coxa, forma a parede lateral do canal adutor (canal de Hunter).

Suprimento vascular O vasto medial é suprido por três ramos da artéria femoral superficial. Os ramos superior e médio emergem, algumas vezes, de um tronco comum, proximal ao canal adutor, enquanto o inferior nasce dentro do canal. Também podem ocorrer ramos menores da femoral profunda e da artéria descendente do joelho.

Vasto lateral

Inserções O vasto lateral é o maior componente do quadríceps femoral. Ele nasce de uma larga aponeurose da parte superior da linha intertrocantérica, das bordas anterior e inferior do trocanter maior, do lábio lateral da tuberosidade glútea e da metade proximal do lábio lateral da linha áspera. Essa aponeurose recobre os três quartos proximais do músculo; muitas fibras adicionais também nascem no tendão do glúteo máximo e no septo intermuscular lateral, entre o vasto lateral e a cabeça curta do bíceps femoral. Consequentemente, a massa muscular formada insere-se em uma forte aponeurose na superfície profunda da porção inferior do músculo, que se estreita em um tendão achatado, que se insere na base e na borda lateral da patela, misturando-se no tendão composto do quadríceps femoral. O vasto lateral contribui com uma expansão para a cápsula da articulação do joelho, que descende para o côndilo lateral da tíbia, misturando-se com o trato iliotibial.

Relações O vasto lateral é parcialmente coberto pela fáscia lata e pelas inserções aponeuróticas do tensor da fáscia lata e do glúteo máximo. Está

separado do vasto intermédio pelos ramos do nervo femoral e da artéria circunflexa femoral lateral. Posteriormente, está separado do bíceps femoral pelo septo intermuscular lateral.

Suprimento vascular Há três artérias principais de suprimento: a artéria medial superior emerge diretamente da circunflexa femoral lateral, a medial inferior (a maior das três) surge da "artéria do quadríceps" e a medial lateral surge do primeiro ramo perfurante da artéria femoral profunda.

Vasto intermédio

Inserções O vasto intermédio nasce nas faces anterior e lateral dos dois terços superiores da diáfise femoral, e da parte inferior do septo intermuscular lateral. Suas fibras terminam na face anterior do músculo em uma aponeurose que forma a porção profunda do tendão do quadríceps, inserindo-se na borda lateral da patela e no côndilo lateral da tíbia.

O vasto intermédio parece inseparável do vasto medial. Entretanto, quando o reto femoral é refletido, uma fenda estreita pode ser vista estendendo-se para cima a partir da borda medial da patela entre os dois músculos, algumas vezes chegando até a parte inferior da linha intertrocantérica (proximalmente a ela, os dois músculos frequentemente estão fusionados).

Relações O vasto intermédio é quase completamente coberto pelos outros componentes do quadríceps, exceto lateralmente, onde uma pequena parte se torna superficial atrás do vasto lateral.

Suprimento vascular O vasto intermédio recebe suprimento da artéria lateral, que surge da "artéria do quadríceps", e da artéria medial que emerge diretamente da profunda. Artérias para os outros componentes do quadríceps também podem contribuir. Existe uma rede de anastomoses profunda ao músculo: ela supre a bolsa suprapatelar e o articular do joelho, formando uma via colateral quando a artéria femoral (superficial) é bloqueada.

Articular do joelho

O articular do joelho é um músculo pequeno, geralmente distinto do vasto intermédio, mas ocasionalmente misturado com ele. Consiste em várias bandas musculares que surgem na face anterior da parte inferior da diáfise femoral, inserindo-se em uma reflexão da membrana sinovial da articulação do joelho. É visível durante a artroscopia do joelho quando é visto olhando superiormente de dentro da bolsa patelar.

Inervação do grupo do quadríceps

O quadríceps femoral e o articular do joelho são supridos pelo nervo femoral, L2, L3 e L4.

Ações do grupo do quadríceps

O quadríceps femoral estende o joelho. O reto femoral ajuda a flexionar a coxa sobre a pelve; se a coxa estiver fixa, ele ajuda a flexionar a pelve sobre a coxa. O reto femoral pode flexionar o quadril e estender o joelho simultaneamente. Estudos eletromiográficos indicam que os três vastos não estão igualmente ativos nas diferentes fases de extensão ou rotação. Há pouca ou nenhuma atividade no quadríceps na posição de pé. O reto femoral traciona a patela ao longo da linha do eixo mecânico do membro inferior (p. ex., a linha que conecta os centros do quadril, do joelho e do tornozelo), porque sua inserção é anterior à articulação do quadril. Os componentes restantes do quadríceps inserem-se na diáfise do fêmur; desta forma, a tração é lateral e proximal. Uma função dinâmica extremamente importante do vasto medial oblíquo é conter seu vetor lateral na patela durante a movimentação do joelho. Outros fatores estáticos que ajudam são a profundidade do sulco troclear femoral, o efeito de suporte do côndilo femoral lateral no sulco e a ação restritiva do ligamento patelofemoral medial. O funcionamento inadequado do vasto medial oblíquo é um fator que produz instabilidade patelar e dor. O fortalecimento deste músculo para melhorar o "tracionamento" patelar no fêmur e a estabilidade é uma parte importante dos tratamentos de fisioterapia para problemas patelofemorais.

O articular do joelho retrai a bursa suprapatelar sinovial proximalmente durante a extensão da perna, presumivelmente para prevenir a interposição das pregas sinoviais entre a patela e o fêmur.

Testes

O grupamento muscular do quadríceps é testado estendendo-se o joelho contra resistência, em posição supina com o quadril flexionado.

Compartimento adutor

Os músculos do compartimento adutor (grácil, pectíneo, adutor longo, adutor curto e adutor magno) (Fig. 80.25) desenvolveram-se, conforme sugere seu suprimento nervoso, tanto na coluna flexora como na coluna extensora. Todos os cinco músculos cruzam a articulação do quadril, mas somente o grácil atinge além do joelho. Eles são conhecidos coletivamente como os adutores da coxa, embora suas ações sejam mais complexas que isso (p. ex., agindo a partir da inserção distal, eles têm um importante papel no equilíbrio do tronco sobre o membro inferior durante a marcha).

Seu suprimento sanguíneo deriva das artérias profunda, circunflexa femoral medial, femoral (superficial) e obturatórias. A artéria profunda (às vezes, a primeira perfurante) supre um grande ramo, a "artéria dos músculos adutores".

Grácil

Inserções O músculo grácil (Figs. 80.2 e 80.19) é o mais superficial do grupo adutor. É um músculo fino e achatado, mais largo acima, e estreito e cônico abaixo. Tem origem em uma fina aponeurose da margem medial da metade inferior do corpo do púbis, em todo o ramo inferior do púbis e da porção adjacente ao ramo do ísquio. As fibras descem verticalmente por um tendão arredondado, frequentemente coletadas como enxerto para o ligamento do joelho, que passa através do côndilo medial do fêmur, posteriormente ao tendão do sartório. Depois, curva-se ao redor do côndilo medial da tíbia, onde se distribui para se inserir na parte superior da face medial dela, logo abaixo do côndilo, formando parte da pata de ganso. Algumas poucas fibras da parte inferior do tendão continuam dentro da fáscia profunda da parte inferior da perna. Frequentemente, há uma tira que se mistura com o tendão da cabeça medial do gastrocnêmio. A menos que seja dividido, pode levar ao aparecimento de problemas durante cirurgias de coleta do tendão do grácil.

Relações O músculo é coberto medialmente pela fáscia lata ao longo da maior parte de seu comprimento. Profundamente ao grácil, localizam-se os adutores curto e magno. A inserção tibial é imediatamente proximal àquela do semitendinoso e o tendão do sartório sobrepõe-se ao seu limite superior, com o qual se mistura parcialmente. Separa-se do ligamento colateral medial da articulação do joelho através da bolsa intertendinosa da tíbia.

Suprimento vascular O suprimento arterial do grácil entra através de sua face lateral. O pedículo principal origina-se da "artéria para os adutores" da profunda, entrando na junção dos terços superior e médio do músculo. O retalho musculocutâneo (flap) do grácil tem base neste pedículo. Uma artéria menos importante entra no terço distal do músculo a partir da artéria femoral. Há um suprimento proximal menos expressivo da artéria circunflexa femoral medial.

Inervação O músculo grácil é inervado pelo nervo obturatório, L2 e L3.

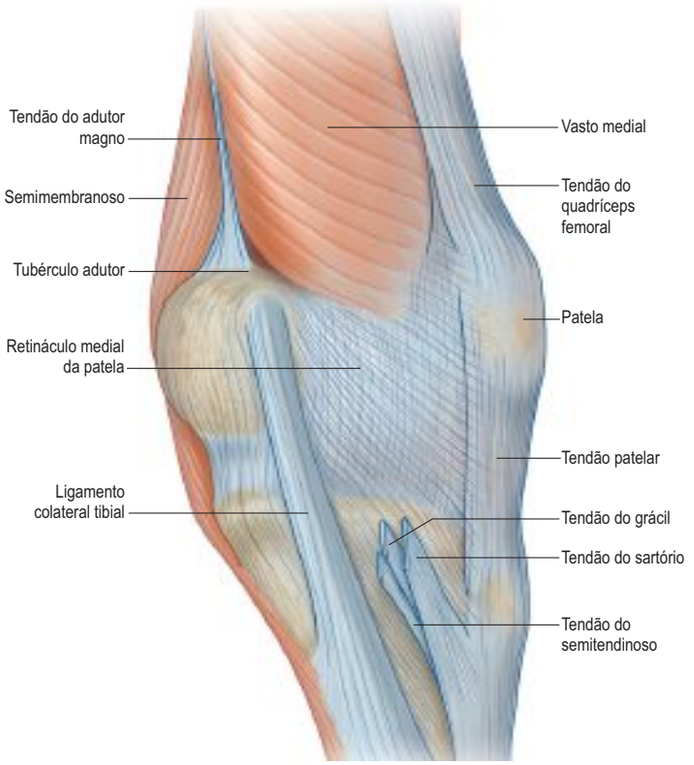


Fig. 80.25 Face anteromedial da região do joelho esquerdo mostrando as inserções distais de sartório, grácil e semitendinoso.

Ações O grácil flexiona a perna e produz sua rotação medial. Também pode funcionar como um adutor da coxa. Quando o pé está fixo, o grácil faz rotação lateral do fêmur e da pelve sobre a tíbia, auxiliando no equilíbrio do tronco durante a marcha.

Testes Ao ser palpado posteromedialmente sobre o tendão com o joelho flexionado, o joelho faz uma flexão ativa ainda maior e a perna faz rotação medial ativa. O grácil também pode ser testado com os demais adutores do quadril.

Adutor longo

Inserções O adutor longo (Figs. 80.2 e 80.26), o mais anterior dos três adutores, é um músculo largo e em forma de leque, localizado no mesmo plano que o pectíneo. Tem origem em um tendão estreito com secção transversa achatada (algumas vezes em forma de "C"), que se insere na frente do púbis (no ângulo entre a crista e a sínfise). Expande-se em um ventre carnoso largo, que desce posterolateralmente e insere-se através de uma aponeurose na linha áspera no terço medial do fêmur (entre o vasto medial e os adutores magno e curto, geralmente se misturando com esses músculos). Sua inserção proximal é vulnerável à sobrecarga da atividade esportiva: esta é uma das causas da dor na virilha relacionada ao esporte.

O adutor longo pode ser duplo, ocasionalmente.

Relações O funículo espermático, a fáscia lata (que separa o adutor longo da veia safena magna) e a artéria e o nervo femoral, e o músculo sartório (próximos da inserção) são anteriores ao adutor longo. Posteriormente, encontram-se os adutores curto e magno, o ramo anterior do nervo obturatório e, próximos da inserção, os vasos femorais profundos. Lateral e medialmente ao adutor longo estão, respectivamente, o pectíneo e o grácil.

Suprimento vascular O suprimento mais importante do adutor longo dirige-se para a parte central do músculo, a partir da "artéria para os adutores" da profunda. Há um suprimento proximal adicional da artéria circunflexa femoral medial e outro suprimento mais distal da artéria femoral (algumas vezes, também há contribuição da artéria descendente do joelho).

Inervação Este músculo é inervado pela divisão anterior do nervo obturatório, L2, L3 e L4.

Ações As ações dos adutores, em conjunto, serão discutidas adiante, após a descrição de cada um dos músculos.

Testes Os adutores são testados em grupo, através da adução da coxa contra resistência, em posição supina e com o joelho estendido.

Adutor curto

Inserções O adutor curto (Figs. 80.2A e 80.26) localiza-se posteriormente ao pectíneo e ao adutor longo. Ele surge a partir de uma fixação estreita na face externa do corpo e do ramo inferior do púbis, entre o grácil e o obturador externo. Assim como o adutor longo, é um pouco triangular, expandindo-se enquanto desce posterolateralmente para se inserir através de uma aponeurose no fêmur, ao longo de uma linha do trocanter menor até a linha áspera e na parte superior da linha imediatamente atrás do pectíneo e face superior do adutor longo.

O adutor curto frequentemente tem duas ou três porções separadas, podendo, também, estar integrado ao adutor magno.

Relações Anteriormente se encontram as seguintes estruturas: pectíneo, adutor longo, artéria femoral profunda e ramo anterior do nervo obturatório; posteriormente, encontram-se o adutor magno e o ramo posterior do nervo obturatório. A borda superior do adutor curto relaciona-se com a artéria circunflexa femoral medial, o obturador externo e o tendão conjunto do psoas maior e do ilíaco. Sua borda inferior está relacionada com o grácil e o adutor magno. A segunda artéria perfurante, ou a primeira e a segunda artérias perfurantes atravessam o adutor curto perto de sua inserção femoral.

Suprimento vascular O suprimento vascular do adutor curto é variável. Geralmente, o suprimento principal vem diretamente da artéria femoral profunda (distalmente) e da "artéria para os adutores" (proximalmente). Há um suprimento proximal adicional da artéria circunflexa femoral medial. A superfície profunda recebe ramos da artéria obturatória.

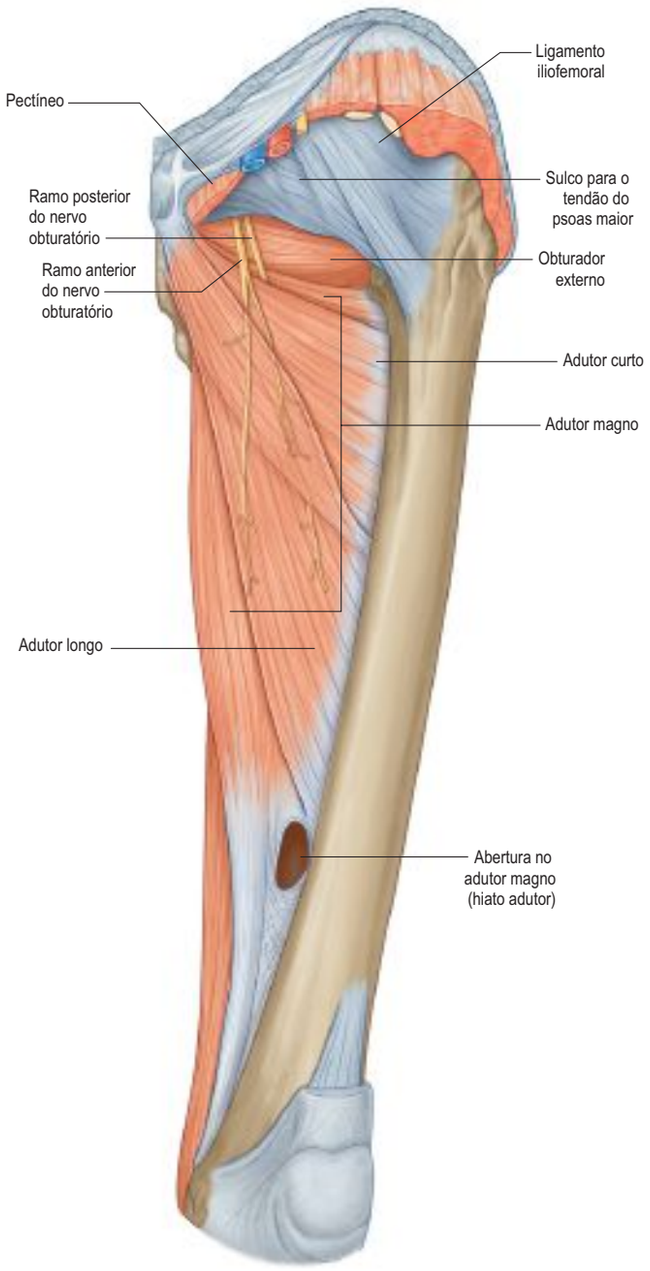


Fig. 80.26 Músculos adutores da coxa esquerda: face anterior.

Inervação O adutor curto é inervado pelo nervo obturatório, L2 e L3.

Ações As ações dos adutores em conjunto serão discutidas adiante, após a descrição de cada um dos músculos.

Testes O adutor curto é testado da mesma forma que o adutor longo.

Adutor magno

Inserções O adutor magno (Figs. 80.2 e 80.26), um músculo triangular forte, nasce em uma pequena parte do ramo inferior do púbis, do ramo conjunto do ísquio e da face inferolateral da tuberosidade isquiática. As fibras horizontais e curtas do ramo púbico inserem-se na margem medial da tuberosidade glútea do fêmur, medialmente ao glúteo máximo; essa parte do músculo, em um plano anterior aos demais, algumas vezes é chamada de adutor mínimo. As fibras do ramo isquiático distribuem-se para baixo e lateralmente, inserindo-se através de uma larga aponeurose na linha áspera e na porção proximal da linha supracondilar medial. A porção medial do músculo, composta principalmente de fibras oriundas da tuberosidade isquiática, é uma massa espessa que desce quase verticalmente e termina no terço inferior da coxa em um tendão arredondado, que pode ser palpado proximalmente à sua inserção no tubérculo adutor no côndilo medial do fêmur. O tendão conecta-se por uma expansão fibrosa na linha supracondilar medial.

A inserção linear e longa do músculo é interrompida por uma série de aberturas osteoaponeuróticas, construída por arcos tendíneos inseridos ao osso. As quatro aberturas superiores são pequenas e transmitem os ramos perfurantes e a terminação da artéria profunda do fêmur. A inferior é grande, permitindo que os vasos femorais cruzem para a fossa poplítea.

A porção isquiocondilar vertical do músculo varia das demais em seu grau de separação. A borda superior do adutor magno pode se fundir com o quadrado da coxa.

Relações Anteriormente a este músculo, localizam-se o pectíneo, o adutor curto e o adutor longo, as artérias femoral e profunda e o ramo posterior do nervo obturatório. Uma bolsa sinovial separa a porção proximal do músculo do trocanter do fêmur. Posteriormente ao adutor magno estão o nervo isquiático, o glúteo máximo, o bíceps femoral, o semitendinoso e o semimembranoso. A borda superior é paralela ao quadrado da coxa, com o ramo transverso da artéria circunflexa femoral medial passando entre os músculos. A borda medial relaciona-se com o grácil, o sartório e a fáscia lata.

Suprimento vascular Conforme se pode esperar pela sua posição, o adutor magno é suprido em suas faces anterior e posterior. A contribuição do compartimento anterior é mais importante. Nesta, a contribuição maior vem das artérias obturatória, profunda do fêmur e femoral (superficial); o suprimento principal vem diretamente da parte distal da profunda. Distalmente, podem ocorrer contribuições das artérias femoral e descendente do joelho. Posteriormente, há ramos da circunflexa femoral medial, da primeira e da segunda perfurantes e dos vasos poplíteos.

Inervação O adutor magno é um músculo composto e duplamente inervado pelo nervo obturatório e pela divisão tibial do nervo isquiático (L2, L3 e L4), que supre a porção isquiocondilar. Ambos os nervos são derivados das divisões anteriores do plexo lombossacral, indicando uma origem flexora primitiva para as duas partes do músculo.

Ações dos adutores

A adução forçada do fêmur não é requerida frequentemente. Embora os adutores possam agir desta forma, eles agem mais comumente como sinergistas nos padrões complexos da atividade da marcha e, em algum grau, como controladores da postura. Eles estão ativos durante a flexão e a extensão do joelho. Os adutores magno e longo provavelmente são rotadores mediais da coxa. Os adutores estão inativos durante a adução da coxa abduzida na postura ereta (com a ajuda da gravidade), mas estão ativos em outras posturas, como na posição supina ou durante a adução da coxa flexionada na posição de pé. Esses músculos também estão ativos durante a flexão (longo) e a extensão (magno) da coxa na articulação do quadril. Na posição de pé simétrica, a atividade dos adutores é mínima.

Testes dos adutores

Os adutores geralmente são testados em grupo através da adução da coxa contra resistência, em posição supina com o joelho estendido. O tendão do adutor magno pode ser sentido bem próximo do tubérculo adutor, no côndilo medial do fêmur. O teste clínico para as demais ações mencionadas anteriormente não é possível para os músculos individuais.

Pectíneo

Inserções O pectíneo (Fig. 80.19) é um músculo quadrangular achatado, localizado no trígono femoral. Também pode ser considerado parte do compartimento anterior da coxa. Surge na linha pectínea do púbis, do osso em frente a ela (entre o ramo iliopúbico e o tubérculo púbico) e da fáscia de sua própria face anterior. Primeiramente, as fibras descem posteromedialmente; depois, descem posterolateralmente para se inserirem ao longo da linha que liga o trocanter menor à linha áspera.

O músculo pectíneo pode ser bilaminar; neste caso, as duas camadas recebem suprimentos nervosos diferenciados. Em sua porção proximal, pode ser parcial ou totalmente inserido na cápsula da articulação do quadril.

Relações O pectíneo relaciona-se, anteriormente, com a lâmina profunda da fáscia lata, que o separa dos vasos femorais e da veia safena magna; posteriormente à cápsula articular do quadril, relaciona-se com o adutor curto, com o obturador externo e com o ramo anterior do nervo obturatório; lateralmente, relaciona-se com o psoas maior e com os vasos circunflexos femorais mediais; medialmente, está relacionado com a margem lateral do adutor longo.

Suprimento vascular O suprimento arterial principal do músculo pectíneo deriva da artéria circunflexa femoral medial, que entra na face medial do músculo. Pode haver um ramo da femoral (comum) mais proximal, bem como um suprimento profundo da artéria obturatória.

Inervação A inervação do pectíneo é proveniente do nervo femoral, L2 e L3, e do nervo obturatório acessório, L3, quando presente. Ocasionalmente, o pectíneo recebe um ramo do nervo obturatório. O músculo pode apresentar uma divisão incompleta em camadas dorsal e ventral, que são supridas, respectivamente, pelos nervos obturatório e femoral (raramente pelo nervo obturatório acessório).

Ações O músculo pectíneo produz adução da coxa e flexiona a coxa sobre a pelve.

Testes A ação do pectíneo não pode ser testada clinicamente de forma isolada.

Canal adutor

O canal adutor (canal de Hunter; canal subsartorial) é um túnel intermuscular que ocupa os dois terços distais da face medial da coxa (Fig. 80.2). O canal tem início no ápice do trígono femoral, estendendo-se distalmente até alcançar a inserção distal do tendão do adutor magno. É triangular em secção e limitado anterolateralmente pelo vasto medial, posteromedialmente pelo adutor longo e distalmente pelo adutor longo e magno. Seu limite anteromedial (frequentemente conhecido como "teto") é uma fáscia forte e densa que se estende da face medial do vasto medial até a borda medial dos adutores longo e magno, sobrepondo-se aos vasos femorais no canal adutor. Pelo fato de o sartório estar sobreposto à fáscia, ela recebe o nome de fáscia subsartorial.

O canal adutor contém a artéria e a veia femoral, a artéria descendente do joelho e os ramos musculares da artéria femoral e de suas tributárias venosas correspondentes, o nervo safeno e o nervo para o vasto medial (até que este entre no músculo). Os vasos femorais passam do canal adutor para dentro da fossa poplítea através do hiato adutor, uma abertura no tendão do adutor magno adjacente à diáfise femoral, dois terços abaixo do canal adutor.

Compartimento posterior

Os músculos femorais posteriores (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso) são coloquialmente chamados de "jarrete". Eles cruzam tanto a articulação do quadril quanto a articulação do joelho, integrando os movimentos de extensão do quadril com a flexão do joelho. À medida que se estendem na parte posterior do joelho, os músculos formam as margens proximais (lateral e medial) da fossa poplítea. As ações desses músculos e sua anatomia clínica serão consideradas conjuntamente, depois da sua descrição individual.

Os músculos do compartimento posterior (Figs. 80.2 e 80.22) recebem seu suprimento sanguíneo dos ramos perfurantes da femoral profunda (o mais importante provém da primeira perfurante). Esse vaso tem importantes anastomoses com a artéria glútea inferior (sobre o ou dentro do semitendinoso) e com a artéria circunflexa femoral medial, enquanto a terceira perfurante se anastomosa com a artéria superior medial do joelho, dentro da cabeça curta do bíceps femoral. Esta cadeia de anastomoses forma uma importante via arterial colateral quando a artéria femoral está bloqueada.

Semitendinoso

Inserções O músculo semitendinoso (Fig. 80.2B), notável pelo comprimento de seu tendão, localiza-se em posição posteromedial na coxa. Ele nasce em uma impressão inferomedial da área superior da tuberosidade isquiática (Fig. 80.5), através de um tendão que divide com a cabeça longa do bíceps femoral e também de uma aponeurose que conecta as faces adjacentes dos dois músculos por 7,5 cm após a origem comum dos mesmos. O ventre muscular do semitendinoso é fusiforme, terminando um pouco abaixo do meio da coxa, em um tendão longo e arredondado que corre na face posterior do semimembranoso. O tendão curva-se ao redor do côndilo medial da tíbia, passa pelo ligamento colateral medial do joelho (do qual está separado pela bolsa anserina) e fixa-se na parte superior da face medial da tíbia, atrás da inserção do sartório, distalmente à inserção do grácil (Fig. 80.24). Em sua terminação, encontra-se unido ao tendão do grácil, emitindo um prolongamento para a fáscia profunda da perna e para a cabeça medial do gastrocnêmio. Uma inserção tendinosa geralmente está presente perto do ponto médio do músculo, que também pode receber um feixe muscular da cabeça longa do bíceps femoral. Estas conexões com a cabeça medial do gastrocnêmio e do bíceps femoral podem dificultar a coleta cirúrgica do tendão para utilização em enxerto.

Relações O semitendinoso repousa sobre o semimembranoso ao longo de seu comprimento. As relações da porção distal do músculo foram descritas anteriormente, bem como a pata de ganso".

Suprimento vascular As duas principais artérias de suprimento do semitendinoso são as artérias ascendente e descendente. A ascendente deriva da artéria circunflexa femoral medial ou da primeira artéria perfurante. O ramo descendente (o maior deles) nasce da primeira perfurante, distalmente à origem do ramo superior. Há um suprimento acessório nas inserções do músculo: na inserção isquiática, ele deriva da artéria glútea inferior; na inserção tibial, é derivado da artéria genicular inferior.

Inervação A inervação do músculo semitendinoso é proveniente do nervo isquiático, L5, S1 e S2, através de sua divisão tibial.

Semimembranoso

Inserções O músculo semimembranoso (Fig. 80.2B), chamado desta maneira em virtude da forma achatada de sua inserção superior, tem localização posteromedial na coxa. Ele surge através de um tendão longo e achatado de uma impressão superolateral na tuberosidade isquiática (Fig. 80.5). Inferomedialmente, as fibras tendinosas entremeiam-se um pouco com aquelas do bíceps femoral e do semitendinoso. O tendão recebe da tuberosidade isquiática e do ramo, duas expansões fibrosas que flanqueiam o adutor magno. Depois, o tendão alarga-se e desce profundamente ao semitendinoso e à cabeça longa do bíceps femoral. As fibras musculares emergem do tendão aproximadamente no meio da coxa e convergem para uma segunda aponeurose da face posterior da parte inferior do músculo, afilando-se para o tendão redondo e forte de sua inserção distal. O tendão divide-se, no nível do joelho, em cinco componentes. O componente principal está inserido em um tubérculo (às vezes chamado de tubérculo do tendão) na face posterior do côndilo tibial medial. Os outros são: uma série de depressões na margem medial da tíbia, imediatamente atrás do ligamento colateral medial; uma fina expansão fibrosa para a fáscia sobre o poplíteo; um tendão em forma de corda para o lábio inferior e parte adjacente do sulco na parte posterior do côndilo tibial medial, profundamente ao ligamento colateral medial; uma forte expansão que passa obliquamente para a linha intercondilar femoral e para o côndilo femoral lateral, formando a maior parte do ligamento poplíteo oblíquo da articulação do joelho.

O semimembranoso varia consideravelmente em tamanho, podendo estar ausente. Pode ser duplo e surgir principalmente do ligamento sacrotuberal. Podem ocorrer depressões para o fêmur e o adutor magno.

Relações O semimembranoso sobrepõe-se aos vasos poplíteos e tem parte de sua extensão recoberta pelo semitendinoso (Fig. 80.2). Sua face profunda repousa sobre o adutor magno. O nervo isquiático localiza-se lateral e surpreendentemente próximo da superfície. A extremidade distal do músculo repousa parcialmente sobre a cabeça medial do gastrocnêmio antes de passar anteromedialmente a ele. Uma bolsa sinovial importante localiza-se entre os tendões do semimembranoso e do gastrocnêmio, comunicando-se frequentemente com a articulação do joelho e com uma bolsa menor entre o tendão e a margem tibial posterior.

Suprimento vascular O músculo semimembranoso é irrigado pelas artérias perfurantes (geralmente por todas elas), embora seja predominantemente suprido pela primeira. Um ramo da artéria femoral ou da artéria poplítea supre a porção distal do músculo, podendo haver uma contribuição da artéria glútea inferior em sua inserção proximal.

Inervação O músculo semimembranoso é inervado pelo nervo isquiático, L5, S1 e S2 através da sua divisão tibial.

Bíceps femoral

Inserções O bíceps femoral (Fig. 80.2) ocupa uma posição posterolateral na coxa e tem duas inserções proximais. Uma, a cabeça longa, emerge a partir de uma impressão inferomedial na região superior da tuberosidade isquiática (Fig. 80.5), através de um tendão que ela divide com o semitendinoso, e da parte inferior do ligamento sacrotuberal. Sua outra inserção proximal, a cabeça curta, nasce do lábio lateral da linha áspera, entre o adutor magno e o vasto lateral. Essa inserção estende-se proximalmente até quase alcançar o glúteo máximo e distalmente ao longo da linha supracondilar lateral (5 cm para dentro do côndilo femoral lateral); estende-se, ainda, para o septo intermuscular lateral. A cabeça longa forma um ventre fusiforme que desce lateralmente através do nervo isquiático. As fibras terminam em uma aponeurose que cobre a face posterior do músculo. Essa aponeurose recebe, em sua face profunda, as fibras da cabeça curta, estreitando-se gradualmente em um tendão (jarrete lateral). A porção principal do tendão divide-se ao redor do ligamento colateral fibular, inserindo-se na cabeça da fíbula. As partes restantes do tendão dividem-se em três lâminas. A lâmina intermédia funde-se com o ligamento colateral fibular, enquanto as demais passam superficial e profundamente ao ligamento, para se inserirem no côndilo lateral da tíbia.

A cabeça curta pode estar ausente. Feixes adicionais podem surgir de tuberosidade isquiática, linha áspera ou linha supracondilar medial.

Relações Proximalmente, o bíceps femoral está coberto pelo glúteo máximo, mas nos outros lugares é relativamente superficial. Profundamente ao bíceps femoral repousa o semimembranoso (mais proximal); o nervo isquiático, o adutor magno e a cabeça lateral do gastrocnêmio são mais distais. Os músculos semitendinoso e semimembranoso localizam-se medialmente. O nervo fibular comum desce ao longo da borda medial do tendão e separa-o distalmente da cabeça lateral do gastrocnêmio. Como um guia durante a cirurgia, é mais seguro achar o nervo proximalmente e dissecá-lo, deixando-o livre na parte distal. O nervo fibular comum é encontrado emergindo posteriormente ao tendão do bíceps, o que passa a ser uma ferramenta útil para localizar o nervo e consequentemente lhe evitar lesões. Por exemplo, quando o menisco lateral é suturado atroscopicamente, deve-se prestar atenção para que todas as passagens de agulhas sejam anteriores ao bíceps. O nervo é aderente ao tendão do bíceps: se parte da cabeça fibular ou da inserção do bíceps for avulsionada (geralmente com inserção do ligamento colateral lateral), o tendão exerce tração proximal no nervo. Isso pode contribuir para a lesão por tração do nervo fibular comum. Além disso, a posição anormal do nervo pode torná-lo vulnerável à lesão durante a exploração cirúrgica. Uma fratura fibular proximal pode levar à compressão do nervo dentro da linha de fratura. Uma bolsa sinovial pode estar localizada entre o tendão e o ligamento colateral fibular.

Suprimento vascular A cabeça longa do bíceps femoral é irrigada pela primeira e segunda artérias perfurantes, com suprimento acessório na inserção isquiática através das artérias glútea inferior e circunflexa femoral medial; no quarto distal, o suprimento é proveniente da artéria superior lateral do joelho. A cabeça curta é irrigada superiormente pela segunda ou pela terceira artéria perfurante inferiormente pela artéria superior lateral do joelho.

Inervação O bíceps femoral é inervado pelo nervo isquiático, L5, S1 e S2; a cabeça longa é inervada através da divisão tibial e a cabeça curta pela divisão fibular comum, o que reflete a derivação composta das musculaturas flexoras e extensoras.

Ações dos músculos femorais posteriores

Ao agirem a partir de suas inserções proximais, os músculos femorais posteriores flexionam o joelho. Ao agirem a partir de suas inserções distais, esses músculos estendem o quadril, puxando o tronco para cima em posição ereta, a partir de uma postura curvada, contra a influência da gravidade; neste caso, o bíceps femoral é o principal agente. Quando o joelho está em semiflexão, o bíceps femoral pode agir como rotador lateral e o semimembranoso e o semitendinoso como rotadores mediais da perna sobre a coxa, na articulação do joelho. Quando o quadril está estendido, o bíceps femoral é um rotador lateral e o semimembranoso e o semitendinoso são rotadores mediais do quadril. Assim como no caso do quadríceps femoral, dos adutores e do glúteo máximo, os músculos posteriores da coxa ficam quiescentes na posição de pé sem esforço. Entretanto, qualquer ação que leve o centro de gravidade para a frente do eixo transversal através das articulações do quadril (p. ex., alcançar um objeto à frente, balançar-se para a frente sobre os tornozelos ou inclinar-se para a frente sobre os quadris) é imediatamente acompanhada pela contração dos músculos do compartimento posterior (um grande contraste em relação ao glúteo máximo, que só se contrai quando há uma demanda para uma extensão vigorosa da articulação do quadril).

Quando o joelho é flexionado contra resistência, o tendão do bíceps femoral pode ser sentido lateralmente na fossa poplítea. Os tendões do grácil (que é mais distal) e do semitendinoso são salientes na parte medial da fossa. O tendão do semimembranoso é palpável no intervalo entre estes músculos (também é possível pinçá-lo através de pressão profunda em suas margens). Existem evidências de que o semimembranoso, o semitendinoso e o bíceps femoral (embora cruzem as articulações do quadril e do joelho) podem produzir movimento em uma dessas articulações sem que atuem como antagonistas na outra articulação. Entretanto, geralmente, cada um desses músculos contrai como um todo e a ocorrência do movimento no quadril ou no joelho é determinada por outros músculos que agem como fixadores das articulações.

Testes

Os músculos femorais posteriores são testados clinicamente por flexão ativa do joelho contra resistência em posição supina ou pronada. Em posição pronada, os tendões individuais dos músculos posteriores da coxa podem ser identificados com mais facilidade.

Quando relaxados, esses músculos mostram uma variação considerável no comprimento: em alguns indivíduos, os músculos são tão curtos a ponto de impor uma séria limitação na flexão do tronco nas articulações do quadril quando os joelhos são mantidos em extensão. Movimentos como "abaixar-se" devem ser executados através da flexão da coluna lombar. Talvez o aumento do estresse na coluna lombar contribua para a ocorrência da rigidez nos posteriores da coxa em adolescentes que desenvolvem espondilólise. Esses músculos são propensos a distensões, lesões estas que podem estar relacionadas com a complexidade relativa dos músculos que cruzam duas articulações ou com o fato de estes músculos serem submetidos a grandes forças, incluindo as contrações excêntricas.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Vasos ilíacos e artérias e veias ilíacas externas

Os vasos ilíacos encontram-se descritos na página 1086 e as artérias e veias ilíacas externas encontram-se descritas nas páginas 1089 e 1090, respectivamente.

ARTÉRIAS

Vasos glúteos

As artérias glúteas superior e inferior (Fig. 80.27) estão descritas nas páginas 1087 e 1089.

Artéria que acompanha o nervo isquiático

A artéria que acompanha o nervo isquiático é um ramo da artéria ilíaca interna que corre na superfície ou dentro do nervo ciático. Essa artéria representa o eixo arterial primitivo do membro inferior. Geralmente, é um vaso muito pequeno; ocasionalmente, persiste como um vaso grande, apresentando, neste caso, a artéria femoral correspondentemente reduzida em tamanho. A artéria pode participar das vias circulatórias colaterais.

Artéria femoral

A artéria femoral (Figs. 80.2, 80.3, 80.28 e 80.29) é uma continuação da artéria ilíaca externa. Ela tem origem atrás do ligamento inguinal, a meio caminho entre a espinha ilíaca anterossuperior e a sínfise púbica, descendo ao longo da porção anteromedial da coxa no trígono femoral. Esta artéria entra e passa através do canal adutor (subsartorial), tornando-se a artéria poplítea enquanto passa por uma abertura no adutor magno (perto da junção dos terços médio e distal da coxa). Seus três ou quatro primeiros centímetros são envolvidos pela bainha femoral, juntamente com a veia femoral. A artéria femoral emite vários ramos na coxa proximal, incluindo as artérias epigástrica superficial, circunflexa ilíaca superficial, pudenda externa superficial, pudenda externa profunda e femoral profunda. A artéria femoral também dá origem à artéria descendente do joelho, dentro do canal adutor. Na prática clínica, utiliza-se o jargão "artéria femoral comum" para a parte da artéria femoral proximal à origem da femoral profunda, enquanto a porção distal à origem da profunda é denominada artéria femoral superficial.

Raramente, a artéria femoral se divide (distalmente à origem da artéria femoral profunda) em dois troncos que voltam a se unir perto do hiato adutor. Ela pode ser substituída pela artéria glútea inferior e acompanhar o nervo isquiático para a fossa poplítea, representando a persistência da artéria axial original. Desta forma, a artéria ilíaca externa é pequena, terminando como artéria femoral profunda.

Relações

Anteriormente à artéria femoral, no trígono femoral encontram-se as seguintes estruturas: pele, fáscia superficial, linfonodos inguinais superficiais, fáscia lata, bainha femoral, veia circunflexa ilíaca superficial (cruzando na fáscia superficial) e ramo femoral do nervo genitofemoral (que primeiramente é lateral e depois, posterior). Perto do ápice do trígono, o nervo cutâneo femoral medial cruza na frente da artéria, do lado lateral para o medial. Posteriormente, a parede posterior da bainha femoral separa a artéria dos tendões dos músculos psoas, pectíneo e adutor longo. A artéria femoral é separada da articulação do quadril através do tendão do psoas maior, do pectíneo pela veia femoral e pelos vasos profundos, bem como do adutor longo através da veia femoral. Proximalmente, o nervo para o pectíneo passa medialmente, por trás da artéria. O nervo femoral localiza-se lateralmente à artéria, por fora da bainha femoral. A veia femoral é medial à artéria na porção proximal do trígono, tornando-se posterior distalmente ao ápice.

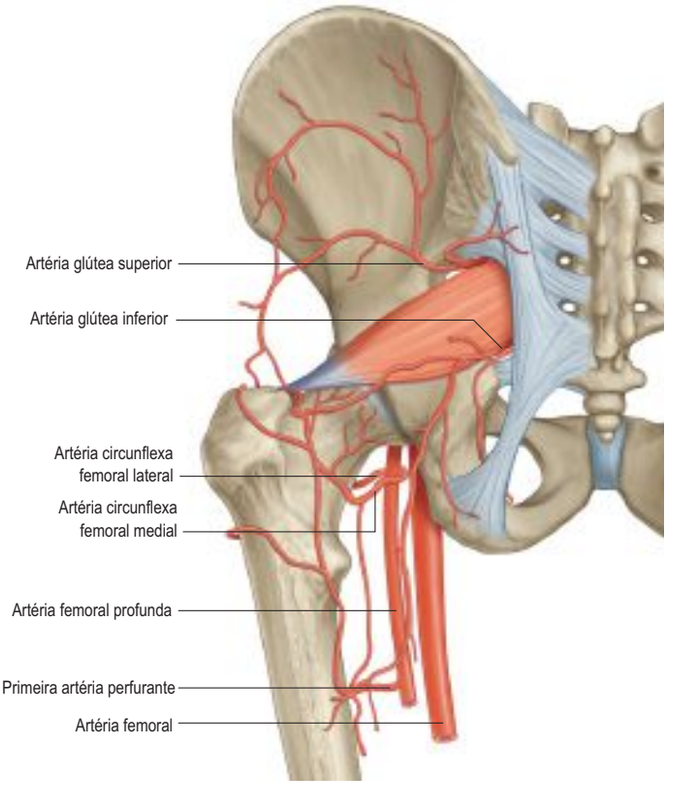


Fig. 80.27 Artérias da região glútea. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

Dentro do canal adutor, a artéria é recoberta por pele, pelas fáscias superficial e profunda, pelo sartório e pelo teto fibroso do canal (fáscia subsartorial). Primeiramente, o nervo safeno é lateral, depois se torna anterior e, finalmente, medial à artéria femoral. Os adutores longo e magno são posteriores; o vasto medial e seu nervo são anterolaterais; a veia femoral também é posterior proximalmente, mas torna-se lateral mais distalmente (Fig. 80.28).

A compressão da artéria femoral é mais efetiva quando realizada logo abaixo do ligamento inguinal, onde ela é superficial e separada do osso (ramo iliopúbico) somente pelo tendão do psoas. Por esta razão, lesões arteriais próximas do ligamento inguinal (p. ex., laceração feita com uma faca) não podem ser controladas simplesmente por compressão. Atingir o controle proximal do sangramento envolve uma maior exposição das artérias mais proximais como uma manobra para salvar a vida da vítima.

Ramos

Artéria epigástrica superficial

A artéria epigástrica superficial surge anteriormente a partir da artéria femoral, aproximadamente 1 cm distal ao ligamento inguinal, e atravessa a fáscia cribriforme para ascender anteriormente ao ligamento e correr para a fáscia superficial do abdome (quase até a cicatriz umbilical). Esta artéria irriga os linfonodos inguinais superficiais, a fáscia superficial e a pele, fazendo anastomose com os ramos da artéria epigástrica inferior e sua semelhante contralateral (Fig. 80.28).

Artéria circunflexa ilíaca superficial

A artéria circunflexa ilíaca superficial é o menor ramo superficial da artéria femoral, originando-se perto de (ou junto com) a artéria epigástrica superficial. Geralmente, ela surge através da fáscia lata (lateral ao hiato safeno) e vira-se lateralmente (distal ao ligamento inguinal) em direção à espinha ilíaca anterossuperior. Esta artéria supre a pele, a fáscia superficial e os linfonodos inguinais superficiais, fazendo anastomose com as artérias circunflexa ilíaca profunda, glútea superior e circunflexa femoral lateral.

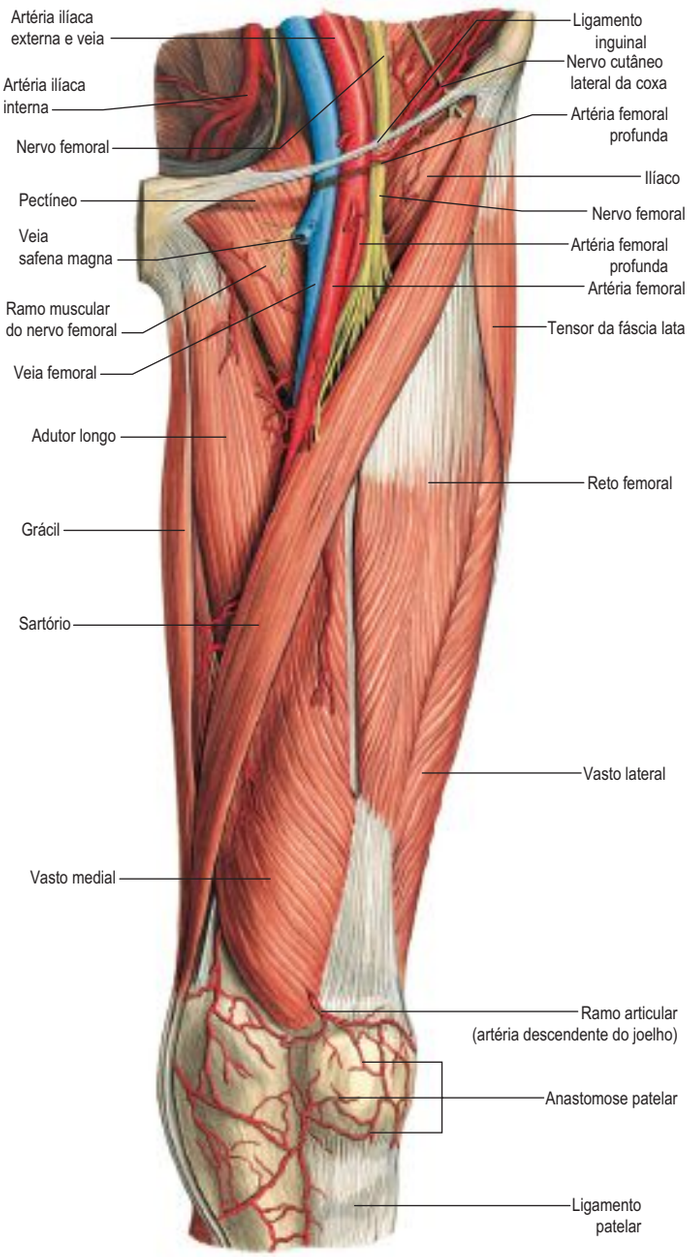


Fig. 80.28 Vasos femorais esquerdos. (De Sobotta 2006.)

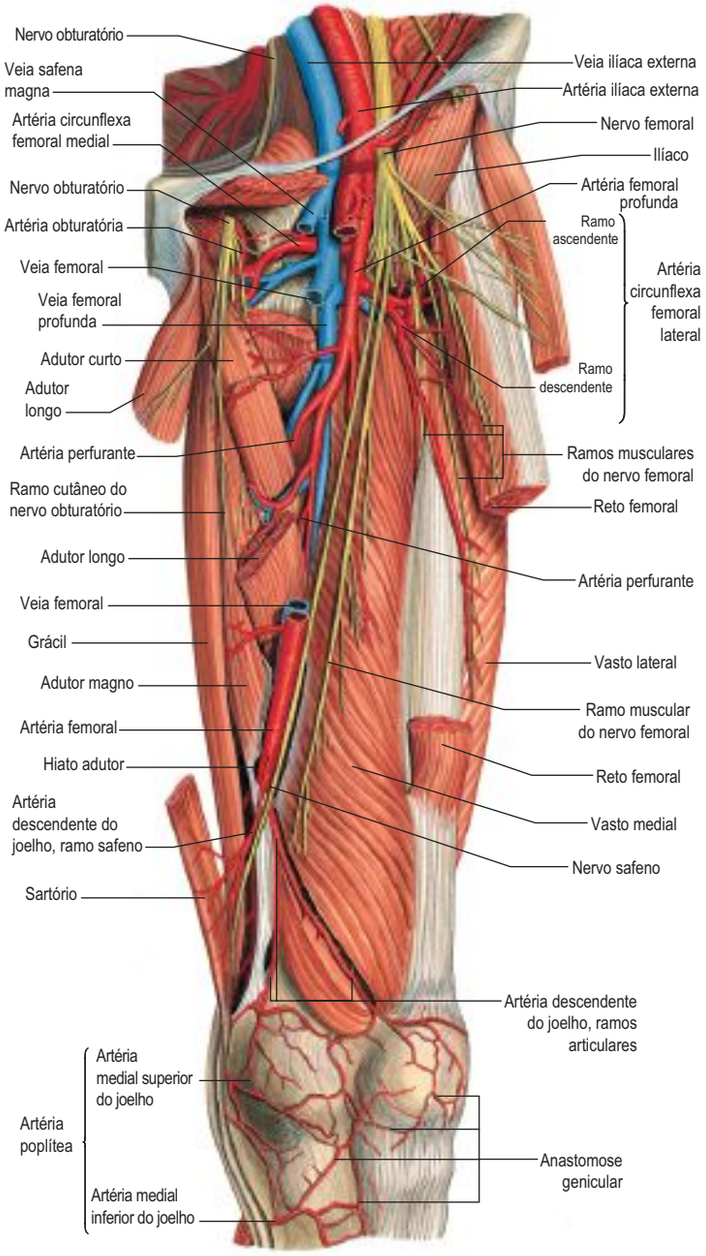


Fig. 80.29 Artéria femoral profunda e seus ramos. (De Sobotta 2006.)

A artéria circunflexa ilíaca superficial é a base para o importante padrão axial do retalho de pele pediculado da virilha. Retalhos (*flaps*) livres com base neste vaso também podem ser cultivados.

Artéria pudenda externa superficial

A artéria pudenda externa superficial surge medialmente a partir da artéria femoral, perto dos ramos precedentes. Emergindo da fáscia cribriforme, passa medialmente (geralmente profunda à veia safena magna) ao funículo espermático (ou ligamento redondo) para suprir a porção inferior do abdome, o pênis, o escroto ou a pele dos lábios; essa artéria anastomosa-se com os ramos da artéria pudenda interna.

Artéria pudenda externa profunda

A artéria pudenda externa profunda passa medialmente sobre o pectíneo e anterior ou posteriormente ao adutor longo, coberta pela fáscia lata, a qual esta artéria perfura a fim de suprir a pele do períneo e do escroto ou o lábio maior. Seus ramos fazem anastomose com os ramos escrotal posterior ou labial da artéria pudenda interna.

Ramos musculares

Esses ramos abastecem o sartório, o vasto medial e os adutores.

Artéria femoral profunda

A artéria femoral profunda (Figs. 80.2B, 80.22, 80.28 e 80.29) é um grande ramo que surge lateralmente à artéria femoral, aproximadamente 3,5 cm distais ao ligamento inguinal. Inicialmente, a artéria femoral profunda é lateral à artéria femoral; depois, ela faz uma espiral para trás da artéria e veia femorais para alcançar a margem medial do fêmur. A artéria em questão passa entre o pectíneo e o adutor longo, antes de descer entre o adutor longo e o adutor magno. Ela perfura o adutor magno e anastomosa-se com os ramos musculares superiores da artéria poplítea. Algumas vezes, a parte terminal é chamada de "quarta artéria perfurante".

A artéria profunda é o suprimento principal dos músculos adutores, extensores e flexores; também se anastomosa com as artérias ilíacas interna e externa (acima) e com a artéria poplítea (abaixo).

A origem da artéria femoral profunda algumas vezes é medial, ou raramente posterior à artéria femoral; se medial, pode cruzar anteriormente à veia femoral e depois passar para trás ao redor de seu lado medial.

Relações

Posteriormente, em ordem proximodistal, localizam-se as seguintes estruturas: ilíaco, pectíneo, adutor curto e adutor magno. Anteriormente, estão as veias femoral e profunda; distalmente, encontra-se o adutor longo, que separa a artéria femoral profunda da artéria femoral principal. Lateralmente, o vasto medial separa a parte proximal da artéria e o fêmur.

Ramos

A artéria femoral profunda emite as artérias circunflexas lateral e medial, bem como as perfurantes e os ramos musculares mais distalmente.

Artéria circunflexa femoral lateral A artéria circunflexa femoral lateral (Figs. 80.27 e 80.29) é um ramo que corre lateralmente emitido perto da raiz da artéria profunda. Ela passa entre as divisões do nervo femoral, posteriormente ao sartório e ao reto femoral, dividindo-se nos ramos ascendente, transverso e descendente. O ramo ascendente ascende ao longo da linha intertrocantérica (abaixo do tensor da fáscia lata), lateralmente à articulação do quadril. Essa artéria anastomosa-se com as artérias glútea superior e circunflexa ilíaca profunda, suprindo o trocanter maior e formando, com os ramos da circunflexa femoral medial, um anel anastomótico ao redor do colo do fêmur; esse anel é responsável pelo suprimento do colo e da cabeça do fêmur. O ramo descendente, algumas vezes ramo direto da profunda ou da femoral, desce posteriormente ao reto femoral, ao longo da borda anterior do vasto lateral, o qual esta artéria supre: um ramo longo desce no vasto lateral do joelho, anastomosando-se com o ramo superior lateral do joelho da poplítea, acompanhada pelo nervo do vasto lateral. O ramo transverso (o menor) passa lateral e anteriormente ao vasto intermédio, perfurando o vasto lateral para se curvar ao redor do fêmur, distalmente ao trocanter maior. Esse ramo anastomosa-se com as artérias circunflexa medial e glútea inferior e com as primeiras artérias perfurantes (anastomose cruzada).

O ramo ascendente forma o retalho (*flap*) musculocutâneo do pedículo do tensor da fáscia lata. O ramo descendente abastece o retalho fasciocutâneo anterolateral da coxa, que tem base nas perfurantes fasciocutâneas que emergem do ramo descendente.

A artéria circunflexa femoral lateral pode surgir a partir da artéria femoral.

Artéria circunflexa femoral medial A artéria circunflexa femoral medial (Figs. 80.27 e 80.29) geralmente tem origem na face posteromedial da profunda, mas frequentemente se origina na artéria femoral propriamente dita. Essa artéria supre os músculos adutores e curva-se medialmente ao redor do fêmur, entre o pectíneo e o psoas maior, e depois, entre o obturador externo e o adutor curto; logo após, aparece entre o quadrado da coxa e a borda superior do adutor magno, dividindo-se nos ramos transverso e ascendente. O ramo transverso faz parte da anastomose cruzada. O ramo ascendente ascende no tendão do obturador externo (anterior ao quadrado da coxa) para a fossa trocantérica, onde faz anastomose com os ramos das artérias glútea e circunflexa femoral lateral. Um ramo acetabular na margem proximal do adutor curto entra na articulação do quadril, embaixo do ligamento acetabular transverso, juntamente com o ramo da artéria obturatória. Esse ramo supre a gordura da fossa, alcançando a cabeça do fêmur através de seu ligamento. Para maiores detalhes sobre suprimento sanguíneo da extremidade proximal do fêmur, consulte Crock (1996).

Artérias perfurantes As artérias perfurantes (Fig. 80.22) perfuram a inserção femoral do adutor magno para alcançar o compartimento flexor da coxa. Há três ramos perfurantes, e a extremidade terminal da artéria profunda propriamente dita torna-se a quarta perfurante. As artérias perfurantes passam perto da linha áspera, embaixo de pequenos arcos tendíneos, emitindo ramos musculares, cutâneos e anastomóticos. Um pouco diminuídas, essas artérias passam profundamente à cabeça curta do bíceps femoral (a primeira geralmente na inserção do glúteo máximo), ultrapassam o septo intermuscular lateral e entram no vasto lateral. A primeira surge proximalmente ao adutor curto, a segunda anteriormente e a terceira distalmente a esse músculo. A primeira artéria perfurante passa para trás entre o pectíneo e o adutor curto (algumas vezes através deste último), perfura o adutor magno perto da linha áspera para abastecer o adutor curto, o adutor magno, o bíceps femoral e o glúteo máximo, fazendo anastomose com a artéria glútea inferior, com as artérias circunflexas femorais medial e lateral e com a segunda perfurante. A segunda artéria perfurante (a maior), que surge frequentemente junto com a primeira, perfura as inserções dos adutores curto e magno, dividindo-se nos ramos ascendente e descendente, a fim de suprir os músculos femorais posteriores; a segunda perfurante anastomosa-se com a primeira e a terceira. A artéria nutrícia do fêmur geralmente tem origem na segunda perfurante. Quando existem duas artérias nutrícias, elas geralmente emergem da primeira e da terceira perfurante. A terceira artéria perfurante surge distalmente ao adutor curto, perfura a inserção do adutor magno e divide-se em ramos para os músculos femorais posteriores. A terceira perfurante anastomosa-se proximalmente com as artérias perfurantes e, distalmente, com a extremidade da artéria profunda e dos ramos musculares da artéria poplítea. A artéria nutrícia do fêmur pode ter origem na terceira perfurante. Ramos laterais da nutrícia diafisária e outros ramos da profunda fornecem artérias corticais subsidiárias.

As artérias perfurantes formam uma cadeia dupla de anastomoses, inicialmente nos músculos adutores e, subsequentemente, perto da linha áspera.

Ramos musculares Numerosos ramos musculares surgem a partir da artéria femoral profunda. Alguns terminam nos adutores e outros perfuram o adutor magno, suprem os flexores e anastomosam-se com a artéria circunflexa femoral medial e com os ramos musculares da artéria poplítea. Desta forma, a profunda é o principal suprimento dos músculos femorais.

Artéria descendente do joelho

A artéria descendente do joelho (Fig. 82.1), o ramo distal da artéria femoral, surge proximalmente ao hiato adutor, suprindo imediatamente o ramo safeno. Depois, descende no vasto medial (anterior ao tendão do adutor magno) para a borda medial do joelho, onde faz anastomose com a artéria genicular superior medial. Ramos musculares suprem o vasto medial e o adutor magno, emitindo ramos articulares que se anastomosam ao redor da articulação do joelho (Cap. 82). Um dos ramos articulares cruza acima da face patelar do fêmur, formando um arco com a artéria superior lateral do joelho, a fim de irrigar a articulação do joelho o ramo safeno (artéria safena) emerge distalmente através do teto do canal adutor para acompanhar o nervo safeno até a borda medial do joelho. Esse ramo passa entre o sartório e o grácil para suprir a pele da área proximomedial da perna, fazendo anastomose com a artéria inferior medial do joelho.

Anastomoses arteriais ao redor do quadril

Anastomoses na parte posterior da coxa

Uma importante cadeia de anastomoses estende-se na face posterior da coxa, da região glútea até a fossa poplítea. Essa cadeia de anastomose é formada, em ordem proximodistal, pelas anastomoses entre as artérias glúteas e os ramos terminais da artéria circunflexa femoral medial, pelas artérias circunflexas femorais e a primeira artéria perfurante, pelas artérias perfurantes propriamente ditas, e entre a quarta artéria perfurante e os ramos musculares superiores (Fig. 80.17). As anastomoses trocantérica e cruzada são os elementos proximais desta cadeia.

Anastomose trocantérica

A anastomose trocantérica localiza-se perto da fossa trocantérica do fêmur; é uma anastomose entre o ramo ascendente da artéria circunflexa femoral medial e os ramos descendentes das artérias glúteas superior e inferior (Fig. 80.17). A artéria circunflexa femoral lateral e a primeira perfurante da profunda também podem contribuir, criando um "anel arterial do colo do fêmur" extracapsular (Crock 1996). Ramos desse anel, os vasos do retináculo, perfuram a cápsula e ascendem ao longo do colo do fêmur para fornecer o suprimento sanguíneo principal da cabeça femoral.

Anastomose cruzada

A anastomose cruzada localiza-se no nível do trocanter menor, perto da borda inferior da inserção femoral do quadrado da coxa; ela consiste em uma anastomose entre os ramos transversos das artérias circunflexas femorais lateral e medial, e entre o ramo descendente da artéria glútea inferior e um ramo ascendente da primeira artéria perfurante.

Circulação colateral na oclusão da artéria femoral proximal

Após a oclusão da artéria femoral proximalmente à origem da artéria femoral profunda, outros cinco canais anastomóticos principais estão disponíveis. Estes ramos localizam-se entre (1) os ramos das artérias glúteas superior e inferior; (2) as artérias circunflexas femorais medial e lateral e o primeiro ramo perfurante da artéria femoral profunda; (3) o ramo obturatório da artéria ilíaca interna e a artéria circunflexa femoral medial; (4) o ramo pudendo interno da artéria ilíaca interna e os ramos pudendos externos (superficial e profundo) da artéria femoral; (5) um ramo circunflexo ilíaco profundo da artéria ilíaca externa, ramo circunflexo femoral lateral da artéria femoral profunda e ramo circunflexo ilíaco superficial da artéria femoral; e (6) o ramo glúteo inferior da artéria ilíaca interna e os ramos perfurantes da artéria femoral profunda.

Retalhos com base nas perfurantes no quadril e na coxa

Região glútea

A região glútea do membro inferior tem uma média de 21 perfurantes que emergem de três artérias fornecedoras principais, denominadas artérias glúteas superior e inferior e artérias pudendas internas. Os retalhos com base nestas perfurantes são utilizados como retalhos livres para cirurgias de reconstrução de mama e como retalhos locais para cobrir defeitos nas regiões sacral e perineal.

Região de quadril e coxa

A região de quadril e coxa tem seis artérias fornecedoras e uma média de 50 artérias perfurantes. A coxa pode ser dividida em quatro áreas: anteromedial; anterolateral e trocantérica; posteromedial; posterolateral. As perfurantes que suprem a porção anteromedial da coxa são derivadas da artéria femoral, e aquelas que irrigam a porção anterolateral deste segmento são derivadas dos ramos da artéria femoral circunflexa lateral. As perfurantes que irrigam a pele das regiões posteromedial e posterolateral da coxa são derivadas das artérias femoral profunda e poplítea. Retalhos de pele com base na ilíaca circunflexa superficial, na pudenda externa superficial e nas artérias epigástricas inferiores superficiais vêm sendo utilizados como retalhos locais, pedículos de tubos e transferidores de tecido livre. Outros retalhos de pele comuns são o retalho com base no tensor da fáscia lata (TFL), o retalho da porção anterolateral da coxa (ALT), o retalho da porção anteromedial da coxa (AMT), o retalho perfurante do grácil e o retalho da posterior de coxa.

VEIAS

Veia femoral

A veia femoral acompanha sua artéria, surgindo no hiato adutor como continuação da veia poplítea e terminando posteriormente ao ligamento inguinal como veia ilíaca externa (Figs. 80.3 e 80.28). A veia é posterolateral à artéria femoral no canal adutor distal. Mais proximalmente no canal, e no trígono femoral distal (em seu ápice), a veia localiza-se posteriormente à artéria; proximalmente, na base do triângulo, a veia localiza-se medialmente à artéria. A veia ocupa o compartimento medial da bainha femoral, entre a artéria femoral e o canal femoral; a gordura no canal permite a expansão da veia.

A veia femoral tem numerosas tributárias musculares. A veia femoral profunda une-se à veia femoral posteriormente (4-12 cm abaixo do ligamento inguinal), e a veia safena magna entra anteriormente. As veias que acompanham as artérias epigástrica superficial, circunflexa ilíaca superficial e pudenda externa juntam-se com a veia safena magna antes de entrarem no hiato safeno. As veias circunflexas femorais lateral e medial geralmente são tributárias da veia femoral. Normalmente, há quatro ou cinco valvas na veia femoral: as duas mais constantes ficam imediatamente distais à entrada da veia femoral profunda e próximas do ligamento inguinal.

Veia femoral profunda

A veia femoral profunda é anterior à sua artéria e recebe tributárias correspondentes aos ramos desta artéria. Através dessas tributárias, ela conecta-se distalmente à veia poplítea e proximalmente às veias glúteas inferiores. Às vezes, a veia femoral profunda drena para as veias circunflexas femorais medial e lateral, apresentando uma valva imediatamente antes do local onde escoa na veia femoral.

Veia safena magna

A veia safena magna (Fig. 79.9A), a veia mais longa do corpo, inicia-se distalmente como uma continuação da veia marginal medial do pé, terminando na veia femoral a uma pequena distância do ligamento inguinal (distalmente). Esta veia ascende imediatamente anterior ao maléolo tibial, cruza o terço distal da face medial da tíbia obliquamente em direção anteroposterior para alcançar sua borda medial; depois, sobe um pouco atrás da borda da tíbia, até o joelho. Proximalmente, esta veia é posteromedial ao côndilo tibial medial e ao côndilo femoral (localizando-se na largura de uma mão, posteriormente à borda medial da patela), subindo, em seguida, pela face medial da coxa. Ela passa pelo hiato safeno e finalmente se abre na veia femoral. Diz-se, frequentemente, que o centro do hiato está localizado 2,5-3,5 cm inferolateralmente ao tubérculo púbico, sendo representado por uma linha desenhada deste ponto até o tubérculo adutor do fêmur. Entretanto, o hiato safeno varia largamente em tamanho e disposição, de modo que este "centro" não é um ponto de referência fidedigno da junção safeno-femoral.

Em seu curso pela coxa, a veia safena magna é acompanhada por ramos do nervo cutâneo femoral medial. No joelho, tanto o ramo safeno da artéria genicular descendente (a artéria safena) quanto, na perna e no pé, o nervo safeno são anteriores à veia safena magna. A veia frequentemente é duplicada, especialmente em direção distal ao joelho. Ela tem 10-20 valvas, que são mais numerosas na perna do que na coxa. Uma das valvas está presente logo antes de a veia perfurar a fáscia cribriforme; outra valva encontra-se na junção desta veia com a veia femoral. Em quase toda sua extensão, a veia repousa na fáscia superficial, mas possui muitas conexões com as veias profundas, especialmente na perna.

Tributárias

No tornozelo, a veia safena magna drena a planta do pé através das veias marginais mediais. Na perna, está frequentemente conectada à veia safena parva e às veias profundas através das veias perfurantes. Distalmente ao joelho, em geral recebe três grandes tributárias: a da face anterior da perna, a da região maleolar tibial (conectando-se com algumas veias perfurantes) e a da panturrilha (comunicando-se com a veia safena parva). A tributária que drena a região maleolar tibial é formada distalmente por uma rede fina ou "corona" de veias delicadas sobre o maléolo medial, subindo pela face medial da panturrilha como o arco venoso posterior (Dodd & Cockett 1976). Esta veia foi ilustrada inicialmente por Leonardo da Vinci, cujo nome às vezes lhe é dado. Ela conecta-se às veias que acompanham a tibial posterior através de uma série de veias perfurantes (comunicantes). Geralmente há três veias perfurantes, distribuídas em espaços iguais entre o maléolo medial e a porção média da panturrilha. Não é comum haver mais de três veias perfurantes e um arco de veias perfurantes acima da região média da panturrilha é raramente encontrado.

Acima do arco venoso crural posterior, veias perfurantes unem-se à veia safena magna ou a uma de suas principais tributárias em dois sítios principais. O primeiro sítio está no nível superior da panturrilha (indicado por seu nome), o tubérculo perfurante tibial; o segundo sítio está no terço inferior/médio da coxa, onde a veia perfura o teto fascial profundo do canal subsartorial para se juntar à veia femoral.

A veia safena magna recebe muitas tributárias na coxa. Algumas abrem-se independentemente, enquanto outras convergem para formar grandes canais que, frequentemente, passam em direção à metade basal do trígono femoral antes de se juntarem com a safena magna perto de sua terminação. Estas tributárias podem ser agrupadas como se segue: uma ou mais tributárias posteromediais grandes, uma ou mais tributárias anterolaterais grandes, quatro ou mais veias peri-inguinais. A veia posteromedial da coxa, grande e algumas vezes duplicada, drena uma grande região superficial indicada por seu nome: essa veia tem significado radiológico e cirúrgico (assim como as outras tributárias). Um de seus radicais inferiores frequentemente é contínuo com a veia safena parva. Esta veia posteromedial às vezes é chamada de veia safena acessória, embora alguns restrinjam o termo acessório para a tributária posteromedial inferior (mais distal), quando duas ou mais tributárias estão presentes. Outro grande vaso, a veia anterolateral da coxa (veia cutânea femoral anterior), geralmente começa de uma rede anterior de veias na coxa distal e cruza o ápice e a metade distal do trígono femoral para alcançar a veia safena magna. Quando ela atravessa o hiato safeno, as veias epigástrica superficial, circunflexa ilíaca superficial e pudenda externa superficial unem-se a ela. A forma pela qual essas veias se unem é variável. As veias epigástrica superficial e circunflexa ilíaca drenam a parede abdominal posterior, que também recebe tributárias da região proximolateral da coxa. A veia epigástrica superficial ou femoral pode se conectar às veias torácicas laterais através de uma veia toracoepigástrica, que corre superficialmente na face anterolateral do tronco. Essas veias conectam as áreas superior e inferior de drenagem da cava, podendo ser dilatadas e visíveis em casos de obstrução da cava inferior. As veias pudendas externas superficiais drenam parte do escroto/lábios; uma delas é acompanhada pela veia dorsal superficial do pênis/clitóris. As veias pudendas externas profundas unem-se à safena magna no hiato safeno.

A veia safena magna frequentemente é coletada para enxertos utilizados em cirurgias periféricas e de artérias coronárias.

DRENAGEM LINFÁTICA

Nodos inguinais superficiais

Os nodos inguinais superficiais formam os grupos proximal e distal. O grupo proximal geralmente consiste em cinco ou seis nodos imediatamente distais ao ligamento inguinal. Seus membros laterais recebem vasos aferentes da região glútea e da parede abdominal anterior infraumbilical adjacente. Os membros mediais recebem vasos superficiais da genitália externa (incluindo a parte inferior da vagina), do canal anal inferior e da região perianal, da parede abdominal adjacente, da cicatriz umbilical e dos vasos uterinos que acompanham o ligamento redondo. O grupo distal geralmente consiste em quatro ou cinco nodos ao longo da terminação da veia safena magna. Eles recebem todos os vasos superficiais do membro inferior, exceto aqueles da região posterolateral da panturrilha. Todos os nodos inguinais superficiais drenam para os linfonodos ilíacos externos, alguns através do canal femoral e outros anterior ou lateralmente aos vasos femorais. Numerosos vasos interconectam os linfonodos individuais.

Os nodos inguinais superficiais frequentemente aumentam de tamanho em casos de doença ou lesão em suas regiões de drenagem. Sendo assim, os linfonodos inguinais proximais são quase que invariavelmente afetados nas doenças malignas ou infecciosas das seguintes estruturas: prepúcio, pênis, lábio maior, escroto, períneo, ânus e vagina inferior (ou em doenças que afetam a pele e as estruturas superficiais nestas regiões), porção infraumbilical da parede abdominal e região glútea. O grupo distal está envolvido somente nos casos de doença ou lesão do membro inferior.

Nodos inguinais profundos

Os nodos inguinais profundos variam de um a três, situando-se medialmente à veia femoral. Um deles é imediatamente distal à junção safenofemoral e o outro situa-se no canal femoral; o nodo mais proximal localiza-se lateralmente no anel femoral. O linfonodo do meio é o mais inconstante e o linfonodo proximal frequentemente está ausente. Todos recebem linfáticos profundos que acompanham os vasos femorais, vasos linfáticos da glande do pênis ou do clitóris e alguns eferentes que atravessam o canal femoral até os nodos ilíacos externos.

INERVAÇÃO

PLEXO LOMBAR E RAMOS

O plexo lombar é formado pelos três primeiros ramos ventrais lombares e pela maior parte do quarto (pág. 1078). Os nervos ílio-hipogástrico, ilioinguinal e genitofemoral estão descritos na página 1080.

Nervo cutâneo lateral da coxa

O nervo cutâneo lateral da coxa surge a partir dos ramos dorsais do segundo e do terceiro ramos ventrais lombares, emergindo da borda lateral do psoas maior para cruzar obliquamente o ilíaco em direção à espinha ilíaca anterossuperior. Esse nervo supre o peritônio parietal na fossa ilíaca. O nervo direito passa posterolateralmente ao ceco, separando-se dele através da fáscia ilíaca e do peritônio; o nervo esquerdo passa atrás da porção inferior do cólon descendente. Ambos passam atrás (ou através) do ligamento inguinal, a uma distância medial variável (normalmente 1 cm) da espinha ilíaca anterossuperior, e à frente (ou através) do sartório na coxa, onde se dividem em ramos anterior e posterior. O ramo anterior torna-se superficial aproximadamente nos 10 cm distais à espinha ilíaca anterossuperior e supre a pele das faces anterior e lateral da coxa, até o joelho. Conecta-se terminalmente aos ramos cutâneos da divisão anterior do nervo femoral e ao ramo infrapatelar do nervo safeno, formando o plexo peripatelar. O ramo posterior perfura a fáscia lata em um ponto mais alto que o ramo anterior, dividindo-se para suprir a pele na face lateral do trocanter maior até, aproximadamente, o meio da coxa. Também pode suprir a pele glútea.

Lesões do nervo cutâneo lateral da coxa

O nervo cutâneo lateral da coxa pode sofrer compressão em três locais, ao longo de seu curso: perto da coluna vertebral, dentro da cavidade abdominal enquanto o nervo viaja de um lado a outro da pelve, e na região onde deixa a pelve. Este último local é aquele no qual o nervo geralmente sofre lesão. A compressão normalmente ocorre quando o nervo passa através ou profundamente ao ligamento inguinal (imediatamente medial à espinha ilíaca anterossuperior). A angulação do nervo enquanto atravessa a crista ilíaca significa que ele é vulnerável à compressão durante o movimento (p. ex., a extensão do quadril pode aumentar a angulação e, consequentemente, a tensão no nervo).

A lesão produz uma área com sensibilidade prejudicada, frequentemente com dor e parestesia na face anterolateral da coxa (meralgia parestética), na distribuição cutânea distal do nervo. Esta área não se estende através da linha média anteriormente, não se estende para baixo do joelho e não se estende para trás dos tendões laterais dos posteriores da coxa. Os sintomas podem ser agravados ao se vestirem cintos apertados ou roupas apertadas na cintura, ou podem piorar por aumento de peso recente ou gravidez. Excepcionalmente, o ramo posterior do nervo cutâneo lateral da coxa, que supre uma estreita faixa que se estende do trocanter maior do fêmur para baixo (aproximadamente dois terços da distância até o joelho), pode ser afetado separadamente. Este ramo deixa o tronco principal do nervo (geralmente distal ao ligamento inguinal), virando-se lateralmente para perfurar o tensor da fáscia lata, onde pode sofrer compressão.

Nervo femoral

O nervo femoral é o maior ramo do plexo lombar. Ele emerge a partir dos ramos dorsais (divisões posteriores) do segundo ao quarto ramos ventrais lombares (Fig. 80.30). Desce pelo psoas maior, emerge na parte inferior de sua borda lateral, e depois passa entre o psoas e o ilíaco (profundamente à fáscia ilíaca). Ao passar por trás do ligamento inguinal na coxa, este nervo separa-se nas divisões anterior e posterior através da artéria circunflexa femoral lateral. Atrás do ligamento inguinal, encontra-se separado da artéria femoral por parte do psoas maior. No abdome, este nervo emite pequenos ramos para o ilíaco e o pectíneo, bem como um ramo para a porção proximal da artéria femoral, ramo que, às vezes, surge na coxa.

Nervo para o pectíneo

O nervo para o pectíneo ramifica-se da parte medial do nervo femoral, próximo do ligamento inguinal. Este nervo passa por trás da bainha femoral e entra na face anterior do músculo.

Divisão anterior do nervo femoral

A divisão anterior do nervo femoral supre os nervos cutâneos intermédio e lateral da coxa e os ramos para o sartório.

Nervo cutâneo medial da coxa O nervo cutâneo medial da coxa inicialmente é lateral à artéria femoral. Ele cruza anteriormente à artéria

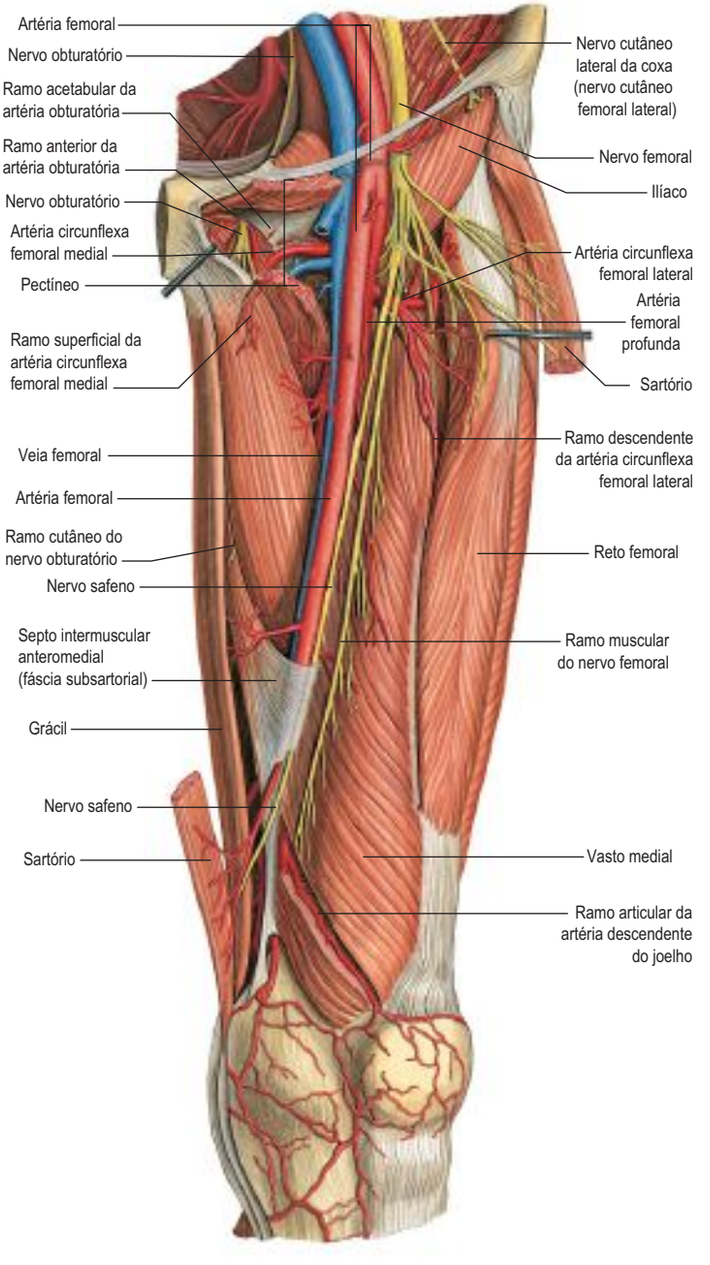


Fig. 80.30 Nervos da coxa esquerda: face anterior. (De Sobotta 2006.)

no ápice do trígono femoral, dividindo-se em ramos anterior e posterior. Antes disso, o nervo envia alguns ramos através da fáscia lata para suprir a pele da face medial da coxa, perto da veia safena magna: um ramo emerge via hiato safeno, outro ramo torna-se subcutâneo aproximadamente na parte média da coxa. O ramo anterior desce no sartório, perfura a fáscia lata atrás da parte média da coxa e divide-se em um ramo que supre a pele (tão baixo quanto a borda medial do joelho). O outro ramo corre lateralmente ao primeiro, conectando-se ao ramo infrapatelar do nervo safeno. O ramo posterior desce ao longo da borda posterior do sartório até o joelho, perfura a fáscia lata, conecta-se ao nervo safeno e emite vários ramos cutâneos, alguns que se estendem até a borda medial da perna. O nervo contribui com o plexo subsartorial (ver adiante).

Nervo cutâneo intermédio da coxa O nervo cutâneo intermédio da coxa geralmente perfura a fáscia lata 8 cm abaixo do ligamento inguinal, sob a forma de dois ramos ou sob a forma de um tronco que se divide rapidamente em dois. Eles descem na frente da coxa e suprem a pele até o joelho, terminando no plexo peripatelar. O ramo lateral do nervo cutâneo intermédio comunica-se com o ramo femoral do nervo genitofemoral, perfurando o sartório e suprindo-o, frequentemente.

Nervo para o sartório O principal nervo para o sartório surge a partir do nervo femoral, em comum com o nervo cutâneo intermédio da coxa.

Divisão posterior do nervo femoral

Os ramos da divisão posterior do nervo femoral são o nervo safeno e os ramos para o quadríceps femoral e para a articulação do joelho.

Nervo safeno Ver página 1409.

Ramos musculares Os ramos musculares da divisão posterior do nervo femoral suprem o quadríceps femoral. Um ramo para o reto femoral entra em sua face posterior proximal e também inerva a articulação do joelho. Um ramo maior, para o vasto lateral, forma um "pacote" neurovascular junto com o ramo descendente da artéria circunflexa femoral lateral em sua porção distal, suprindo também a articulação do joelho. Um ramo para o vasto medial descende através da parte proximal do canal adutor, lateralmente ao nervo safeno e aos vasos femorais, entrando neste músculo aproximadamente em seu ponto médio e enviando um filamento articular longo distalmente, ao longo do músculo até o joelho. Dois ou três ramos para o vasto intermédio entram na face anterior deste músculo aproximadamente na coxa média; um pequeno ramo destes desce através do músculo para suprir o articular do joelho e a articulação do joelho.

Ramos vasculares

Os ramos vasculares do nervo femoral suprem a artéria femoral e seus ramos.

Lesões do nervo femoral

O tronco principal do nervo femoral normalmente não é afetado por neuropatias de compressão, mas pode ser comprimido por tumores retroperitoneais ou hemorragias retroperitoneais em pacientes que fazem tratamento com anticoagulantes ou que têm sangramento diastético. Uma lesão localizada do nervo femoral pode ocorrer no diabetes melito (uma das formas da amiotrofia diabética). O quadro mais debilitante de neuropatia femoral são o desgaste e o enfraquecimento do quadríceps femoral, o que resulta em uma considerável dificuldade na marcha e em uma grande tendência a um colapso na perna. Podem ocorrer dor e parestesia nas faces anterior e medial da coxa, estendendo-se para baixo na face medial da perna na distribuição do ramo safeno do nervo femoral.

Nervo obturatório

O nervo obturatório surge a partir dos ramos ventrais do segundo ao quarto ramos ventrais lombares. O ramo para o terceiro é o maior, enquanto o ramo do segundo frequentemente é muito pequeno. Este nervo desce pelo psoas maior, emergindo de sua borda medial na margem pélvica para passar atrás dos vasos ilíacos comuns e ao lado dos vasos ilíacos internos. O nervo obturatório descende em sentido anterior ao longo da parede lateral da pelve menor no músculo obturador interno (anterossuperior aos vasos obturatórios) até o forame obturador, entrando na parte superior da coxa. Próximo ao forame, divide-se em ramos anterior e posterior, separados inicialmente por parte do obturador externo e inferiormente pelo adutor curto.

Ramo anterior

O ramo anterior do nervo obturatório (Fig. 80.30) deixa a pelve anteriormente ao obturador externo, descendo na frente do adutor curto, atrás do pectíneo e do adutor longo. Na borda inferior do adutor longo, esse nervo comunica-se com os ramos cutâneo medial e safeno do nervo femoral, a fim de formar o plexo subsartorial que supre a pele do lado medial da coxa (ver adiante). Este nervo desce pela artéria femoral e supre-a. Perto do forame obturado, o ramo anterior inerva a articulação do quadril. Atrás do pectíneo, esse nervo supre adutor longo, grácil, adutor curto (geralmente) e pectíneo (frequentemente), conectando-se a nervo obturatório acessório (quando presente). Ocasionalmente, o ramo comunicante para os ramos cutâneo medial femoral e safeno continua como um ramo cutâneo para a coxa e a perna. Quando isto ocorre, o nervo emerge por trás da borda distal do adutor longo para descer ao longo da margem posterior do sartório até o joelho, onde perfura a fáscia profunda e conecta-se ao nervo safeno para suprir a pele (a meio caminho para baixo) na face medial da perna.

Plexo subsartorial O nervo cutâneo medial da coxa forma um plexo subsartorial com os ramos dos nervos safeno e obturatório (profundamente à fáscia lata) na borda inferior do adutor longo. Quando o ramo comunicante do nervo obturatório é grande e alcança a perna, o ramo posterior do nervo cutâneo medial é pequeno, terminando no plexo através do qual dá origem a alguns filamentos cutâneos.

Ramo posterior

O ramo posterior perfura o obturador externo anteriormente, supre este músculo e passa por trás do adutor curto para a frente do adutor magno, dividindo-se em ramos para o adutor magno e o curto, quando este não é abastecido pela divisão anterior. O ramo posterior geralmente envia um filamento articular para o joelho, que perfura o adutor magno distalmente ou atravessa sua abertura com a artéria femoral para entrar na fossa poplítea. Dentro da fossa, o nervo desce pela artéria poplítea na parte posterior do joelho, perfura seu ligamento posterior oblíquo e abastece a cápsula articular. Este nervo emite filamentos para a artéria poplítea.

Lesões do nervo obturatório

Lesões isoladas do nervo obturatório são extremamente raras, mas podem ocorrer ocasionalmente como resultado de trauma direto (algumas vezes durante o parto) ou em deslocamentos anteriores da articulação do quadril. O nervo também pode ser danificado por uma hérnia obturatória rara ou estar envolvido juntamente com o nervo femoral em lesões retroperitoneais que ocorrem perto das origens do plexo lombar. Uma síndrome compressiva do nervo causando dor medial crônica da coxa é descrita em atletas cujos adutores são muito desenvolvidos.

Nervo obturatório acessório

Ocasionalmente presente (10%), o nervo obturatório acessório é pequeno e surge dos ramos ventrais do terceiro e quarto ramos ventrais lombares. Este nervo desce ao longo da borda medial do psoas maior, cruza o ramo púbico superior (atrás do pectíneo) e divide-se em ramos: um que entra pela face profunda do pectíneo, outro que supre a articulação do quadril e um terceiro ramo que se conecta com o ramo anterior do nervo obturatório. Algumas vezes, o nervo obturatório acessório é muito pequeno e supre somente o pectíneo. Qualquer ramo pode estar ausente e outros podem ocorrer: um ramo adicional pode inervar o adutor longo, ocasionalmente.

PLEXO SACRAL E RAMOS

Os ramos do plexo sacral são (Fig. 79.11):

	Divisões ventrais	Divisões dorsais
N. para o quadrado da coxa e o gêmeo inferior	L4, 5, S1	
N. para o obturador interno e o gêmeo superior	L5, S1, 2	
N. para o piriforme		S(1), 2
Glúteo superior		L4, 5, S1
Glúteo inferior		L5, S1, 2
Cutâneo femoral posterior	S2, 3	S1, 2
Tibial (ciático)	L4, 5, S1, 2, 3	
Fibular comum (ciático)		L4, 5, S1, 2
Cutâneo perfurante		S2, 3
Pudendo	S2, 3, 4	
N. para levantador do ânus, coccígeo e esfíncter externo do ânus	S4	
Esplâncnico-pélvico	S2, 3, (4).	

Nervo isquiático

O nervo isquiático tem 2 cm de largura em sua origem e é o nervo mais espesso do corpo. Este nervo deixa a pelve através do forame isquiático

maior (abaixo do piriforme) e desce entre o trocanter maior e a tuberosidade isquiática (ao longo da face posterior da coxa), dividindo-se nos nervos tibial e fibular comum (em um nível variável, proximalmente ao joelho). Em sua parte superior, o nervo isquiático localiza-se profundamente ao glúteo máximo, repousando, primeiramente, na face isquiática posterior com o nervo para o quadrado femoral (entre eles). Depois, ele cruza posteriormente ao obturador interno, aos gêmeos e ao quadrado da coxa, separando-se deste último através do obturador externo e da articulação do quadril. É acompanhado medialmente pelo nervo cutâneo femoral posterior e pela artéria glútea inferior. Mais distalmente, o nervo localiza-se atrás do adutor magno e é cruzado posteriormente pela cabeça longa do bíceps femoral. Ele corresponde a uma linha desenhada medialmente ao ponto médio entre a tuberosidade isquiática e o trocanter maior, até o ápice da fossa poplítea.

Ramos articulares surgem proximalmente para suprir a articulação do quadril através de sua cápsula posterior. Algumas vezes, eles são derivados diretamente do plexo sacral. Ramos musculares são distribuídos para bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso e porção isquiática do adutor magno.

O ponto de divisão do nervo isquiático em seus principais componentes (tibial e fibular comum) é muito variável. O sítio comum localiza-se na junção dos terços medial e inferior da coxa, próximo ao ápice da fossa poplítea, mas a divisão pode ocorrer em qualquer nível acima deste ponto (raramente ocorre abaixo dele). Não é incomum os componentes principais deixarem o plexo sacral separadamente, caso em que o componente fibular comum geralmente passa através do piriforme, na incisura isquiática maior, enquanto o componente tibial passa abaixo deste músculo.

Lesões do nervo ciático

O nervo ciático supre os flexores do joelho e todos os músculos abaixo desta articulação, o que significa que uma paralisia completa do nervo ciático resulta em um pé com mobilidade anormal e uma dificuldade severa na deambulação. Felizmente, a paralisia completa do nervo ciático é muito rara. O nervo é vulnerável no deslocamento posterior do quadril. Ao deixar a pelve, o nervo passa por trás do piriforme (ou algumas vezes através deste músculo), podendo ficar comprimido ou travado neste ponto (condição que ocorre raramente): a síndrome do piriforme é uma condição controversa, na qual se pensa que uma relação anômala entre o piriforme e o nervo isquiático causa dor nas nádegas e ao longo do trajeto do nervo ciático. Compressão externa sobre a região da nádega (p. ex., em pacientes que repousam imóveis em uma superfície dura por um período de tempo considerável) pode danificar o nervo. Entretanto, a causa mais comum de lesão séria no nervo isquiático (e das principais demandas médico-legais resultantes) é iatrogênica. O nervo pode ser lesionado em injeções terapêuticas mal posicionadas no glúteo máximo (Cap. 79). A paralisia do nervo ciático ocorre após a cirurgia de reconstrução total do quadril (ou cirurgia similar) em 1% dos casos, podendo ser causada por lesão cortante, queimadura por cimento ósseo, tração por instrumentos, manipulação do quadril, aumento inadvertido do comprimento do fêmur ou hematoma ao redor do nervo. Por alguma razão, possivelmente anatômica, o componente fibular comum do nervo ciático é mais comumente afetado: o paciente apresenta queda do pé e uma marcha com o pé alto.

Nervo glúteo inferior

O nervo glúteo inferior surge a partir dos ramos dorsais do quinto lombar e do primeiro e do segundo ramos ventrais sacrais. Ele deixa a pelve através do forame isquiático maior, abaixo do piriforme, e divide-se em ramos que entram na superfície profunda do glúteo máximo.

Nervo glúteo superior

O nervo glúteo superior surge a partir dos ramos dorsais do quarto e do quinto lombares e do primeiro ramo ventral sacral. Acompanhado pelos vasos glúteos superiores, o nervo deixa a pelve através do forame isquiático maior, acima do piriforme, dividindo-se nos ramos superior e inferior. O ramo superior acompanha o ramo superior da divisão profunda da artéria glútea superior, a fim de suprir o glúteo médio e, ocasionalmente, o glúteo mínimo. O ramo inferior corre com o ramo inferior da divisão profunda da artéria glútea superior através do glúteo mínimo, suprindo os glúteos médio e mínimo para terminar no tensor da fáscia lata.

Nervo pudendo

Veja a Figura 62.15 e a página 1081.

Nervo cutâneo perfurante

O nervo cutâneo perfurante geralmente emerge das faces posteriores do segundo e do terceiro ramos espinais ventrais. Ele perfura o ligamento sacrotuberal, curva-se ao redor da borda inferior do glúteo máximo e supre a pele sobre a face inferomedial deste músculo. O nervo pode surgir do nervo pudendo ou pode estar ausente, caso em que o nervo tanto pode ser substituído por um ramo do nervo cutâneo femoral posterior quanto pelo terceiro e pelo quarto (ou quarto e quinto) ramos ventrais sacrais.

Nervo para o quadrado da coxa e para o gêmeo inferior

O nervo para o quadrado da coxa e para o gêmeo inferior emerge dos ramos ventrais do quarto lombar ao primeiro ramo ventral sacral. Ele deixa a pelve através do forame isquiático maior, abaixo do piriforme, descendo pelo ísquio (profundamente ao nervo isquiático, aos gêmeos e ao tendão do obturador interno) para suprir o gêmeo inferior, o quadrado da coxa e a articulação do quadril.

Nervo para o obturador interno e para o gêmeo superior

O nervo para o obturador interno e para o gêmeo superior surge dos ramos ventrais do quinto lombar e do primeiro e do segundo ramos ventrais sacrais. Este nervo deixa a pelve via forame isquiático maior, abaixo do piriforme, emite um ramo para a face posterior superior do gêmeo superior, cruza a espinha isquiática (lateralmente aos vasos pudendos internos) e entra novamente na face pélvica do obturador interno.

Nervo cutâneo posterior da coxa

O nervo cutâneo posterior da coxa nasce dos ramos dorsais do primeiro e do segundo ramos sacrais e dos ramos ventrais do segundo e do terceiro ramos sacrais. Este nervo deixa a pelve através do forame isquiático maior (abaixo do piriforme) e desce por baixo do glúteo máximo com os vasos glúteos inferiores, localizando-se posterior ou medialmente ao nervo isquiático. Ele desce na parte posterior da coxa (superficialmente à cabeça longa do bíceps femoral), profundamente à fáscia lata. O nervo perfura a fáscia profunda atrás do joelho e acompanha a veia safena parva até a panturrilha média, com seus dois pequenos ramos se comunicando com o nervo sural. Todos os seus ramos são cutâneos e encontram-se distribuídos na região glútea, no períneo e na face flexora da coxa e da perna.

Três ou quatro ramos glúteos enrolam-se ao redor da borda inferior do glúteo máximo para suprir a pele sobre a porção inferolateral do músculo. O ramo perineal inerva a pele da região superomedial da coxa, curva-se para a frente através dos posteriores da coxa (abaixo da tuberosidade isquiática), perfura a fáscia lata e corre na fáscia perineal superficial para a pele do escroto ou do lábio. Este nervo comunica-se com os ramos retal inferior e escrotal posterior ou com os ramos labiais do nervo perineal, emitindo numerosos ramos para a pele das regiões posterior e medial da coxa, da fossa poplítea e da porção proximal da parte posterior da coxa.

Nervo para o piriforme

O nervo para o piriforme geralmente surge a partir dos prolongamentos dorsais do primeiro e do segundo ramos ventrais sacrais (algumas vezes somente do segundo), entrando na face anterior do piriforme.

Ramos musculares visceral e pélvico do plexo sacral

Os ramos viscerais do plexo sacral encontram-se descritos na página 1092. Para ver os ramos musculares pélvicos, ir à página 1083.

REFERÊNCIAS

Bogduk N 1997 Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum, 3rd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Brothwell DR, Pollard AM (eds) 2001 Handbook of Archaeological Sciences. Chichester: Wiley.

Cormack GC, Lamberty BGH 1994; see Bibliography.

Crock HV 1980 An atlas of the arterial supply of the head and neck of the femur in man. Clin Orthop 152: 17–25.

Crock HV 1996 Atlas of Vascular Anatomy of the Skeleton and Spinal Cord. London: Martin Dunitz.

Delaere O, Kok V, Nyssen-Behets C, Dhem A 1992 Ossification of the human fetal ilium. Acta Anat 143: 330–4.

Dixon AF 1910 The architecture of the cancellous tissue forming the upper end of the femur. J Anat Physiol 44: 223–30.
Um trabalho original e negligenciado com implicações de longo alcance para a compreensão da estrutura femoral.

Dodd H, Cockett FB 1976 The Pathology and Surgery of the Veins of the Lower Limb, 2nd edn. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Eckhoff DG, Kramer RC, Watkins JJ, Alongi CA, van Gerven DP 1994 Variation in femoral anteversion. Clin Anat 7: 72–5.

Finnegan M 1978 Non-metric variation of the infracranial skeleton. J Anat 125: 33–7.
Texto de referência para trabalhos forenses e osteoarqueológicos.

Fuss FK, Bacher A 1991 New aspects of the morphology and function of the human hip joint ligaments. Am J Anat 192: 1–13.

Holm NJ 1980 The internal stress pattern of the os coxae. Acta Orthop Scand 51: 421–8.
Informações biomecânicas relevantes para o funcionamento do quadril e da pelve.

Joseph J 1975 Movements at the hip joint. Ann R Coll Surg Eng 56: 192–201.

Mays S 1998 The Archaeology of Human Bones. London: Routledge.

Newell RLM 1997 The calcar femorale: a tale of historical neglect. Clin Anat 10: 27–33.

Ponseti IV 1978 Growth and development of the acetabulum in the normal child. J Bone Joint Surg 60A: 575–85.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michael Salmon: Anatomic Studies. Book 1, Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. St Louis: Quality Medical Publishing.
Versão traduzida, gratuita e editada de um texto clássico em francês, publicado pela primeira vez em 1933. Atualmente uma obra de referência importante na área de cirurgia plástica.

Trueta J 1957 The normal vascular anatomy of the femoral head during growth. J Bone Joint Surg 39B: 353–8.

Weisl H 1954 The articular surfaces of the sacro-iliac joint and their relation to the movements of the sacrum. Acta Anat 22: 1–14.

Whitehouse WJ 1977 Cancellous bone in the anterior part of the iliac crest. Calcif Tissue Res 23: 67–76.
Informações detalhadas sobre a estrutura interna de um local que é comumente usado para biopsia da medula.

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco

CAPÍTULO 81

Quadril

A articulação do quadril é uma articulação sinovial do tipo "bola e soquete" (esferóidea multiaxial, cotilóidea) (Figs. 81.1-81.3).

SUPERFÍCIES ARTICULARES

A cabeça do fêmur articula-se com o acetábulo em forma de taça (cotiloide), sendo seu centro um pouco abaixo do terço médio do ligamento inguinal. (O contorno da margem anterior da articulação é paralelo ao terço médio do ligamento inguinal.) As superfícies articulares são reciprocamente curvadas, mas nem coextensivas nem completamente congruentes (Figs. 81.2, 80.4 e 80.15). A posição de empacotamento denso da articulação do quadril representa uma extensão total, com ligeira abdução e rotação medial. Como na articulação do ombro, as superfícies são consideradas ovoides ou esferóideas, em vez de esféricas, mas essa visão é controversa. Evidências aparecem sugerindo que a superfície articular da cabeça do fêmur é, em jovens, esferóidea, ou ligeiramente ovoide, mas existe a tendência de se tornar quase esférica com o avanço da idade. A cabeça do fêmur é recoberta por uma cartilagem articular, exceto sobre a fenda áspera onde o ligamento da cabeça do fêmur está fixado. Em frente, a cartilagem estende-se lateralmente sobre a pequena área adjacente ao colo do fêmur. A cartilagem articular é, geralmente, mais espessa no centro do que na periferia. A espessura da cartilagem é máxima anterossuperiormente no acetábulo e anterolateralmente na cabeça do fêmur, as duas áreas que correspondem às principais áreas de sustentação de carga dentro da articulação. A superfície articular do acetábulo, a face semilunar, é um anel incompleto, mais amplo anterossuperiormente, onde a pressão do peso corporal diminui na postura ereta, e mais estreito na região púbica. É incompleto inferiormente, opostamente à incisura do acetábulo. A face semilunar é revestida por uma cartilagem articular, que é mais grossa onde a superfície é mais ampla. A fossa do acetábulo, a área central não articular do assoalho do acetábulo, é desprovida de cartilagem, mas contém uma gordura fibroelástica coberta em grande parte pela membrana sinovial. O lábio do acetábulo, um aro fibrocartilagíneo anexado na margem (limbo) do acetábulo, serve para aprofundar o acetábulo e conectar a incisura do acetábulo, fixando-se à margem periférica do ligamento transverso do acetábulo. O lábio do acetábulo é triangular em seções; está fixado por sua base à margem do acetábulo e sua margem aguda livre projeta-se além da margem do acetábulo. O diâmetro da cavidade do acetábulo é estreitado pela margem do lábio do acetábulo, que aperta a cabeça do fêmur, mantendo a estabilidade da articulação como uma contenção estática e fornecendo informações proprioceptivas.

CÁPSULA FIBROSA

A cápsula articular é forte e densa. Está fixada acima da margem do acetábulo 5-6 mm medialmente à fixação do lábio do acetábulo, em frente à sua face externa, e, próximo à incisura do acetábulo, ao ligamento transverso do acetábulo e à margem adjacente do forame obturado. A partir de sua fixação acetabular, estende-se lateralmente para circundar o colo e a cabeça do fêmur e fixa-se anteriormente na linha intertrocantérica, superiormente na base do colo do fêmur, posteriormente 1 cm superomedial à crista intertrocantérica, e inferiormente ao colo do fêmur, próximo ao trocanter menor. Anteriormente, muitas fibras ascendem ao longo do colo do fêmur como retináculos longitudinais, contendo vasos sanguíneos para a cabeça e o colo do fêmur. A cápsula articular é mais espessa anterossuperiormente, onde o estresse máximo ocorre, particularmente, em posição vertical. Posteroinferiormente é relativamente fina e frouxamente fixada. Existem dois grupos de fibras, circulares e longitudinais. As fibras circulares (zona orbicular) são internas e formam um colar ao redor do colo do fêmur. Embora parcialmente misturadas com os ligamentos pubofemoral e isquiofemoral, essas fibras não estão diretamente fixadas no osso. Externamente, as fibras longitudinais são mais numerosas na região anterossuperior, onde são reforçadas pelo ligamento iliofemoral. A cápsula articular também é reforçada inferiormente pelo ligamento pubofemoral e posteriormente pelo ligamento isquiofemoral. Externamente, é áspera, coberta por músculos e tendões e separada anteriormente dos músculos psoas maior e ilíaco por uma bolsa (veja a seguir). A fixação capsular no fêmur situa-se bem distal à placa de crescimento da cabeça do fêmur, tanto anterior quanto posteriormente. Deste modo, a epífise proximal do fêmur é inteiramente intracapsular. A fixação capsular cruza a placa de crescimento no trocanter maior na superfície superior da base do colo do fêmur (Fig. 80.18).

Relações A cápsula articular é cercada por músculos (Fig. 81.4). Anteriormente, fibras laterais do músculo pectíneo separam-na da veia femoral. Lateralmente, o tendão do músculo psoas maior, com o músculo ilíaco lateralmente a ele, desce através da veia, parcialmente separado da cápsula articular por uma bolsa sinovial. A artéria femoral é anterior ao tendão do músculo psoas maior e o nervo femoral posiciona-se profundamente em

Fig. 81.1 Radiografia anteroposterior de uma pelve feminina adulta. **1.** Promontório. **2.** Articulação sacroilíaca. **3.** Margem do forame sacral anterior. **4.** Margem pélvica. **5.** Fóvea da cabeça do fêmur. **6.** Sulco obturatório. **7.** Gases no colo pélvico. **8.** Cristas sacrais. **9.** Cóccix. **10.** Sínfise púbica.

um sulco entre o tendão e o músculo ilíaco. Mais lateralmente, a cabeça reta do músculo reto femoral cruza a articulação com uma camada de fáscia profunda do trato iliotibial, que se mistura com a cápsula articular abaixo da margem lateral do músculo. Superiormente, a cabeça reflexa do músculo reto femoral comunica-se com a cápsula articular medialmente, enquanto o músculo glúteo mínimo o recobre lateralmente, estando intimamente aderido. Inferiormente, as fibras mediais do músculo pectíneo unem-se à cápsula articular e, mais posteriormente, o músculo obturador externo gira obliquamente em forma de espiral para sua face posterior. Posteroinferiormente, a cápsula articular é coberta pelo tendão do músculo obturador externo, separando-o do músculo quadrado femoral e acompanhado pelo ramo ascendente da artéria circunflexa femoral medial. Logo acima, os tendões dos músculos obturador interno e dos gêmeos comunicam-se com a cápsula articular, separando-a do nervo isquiático. O nervo para o músculo quadrado femoral é profundo ao tendão do músculo obturador interno e desce lateralmente na cápsula articular. Logo acima, a superfície posterior da articulação é cruzada pelo músculo piriforme.

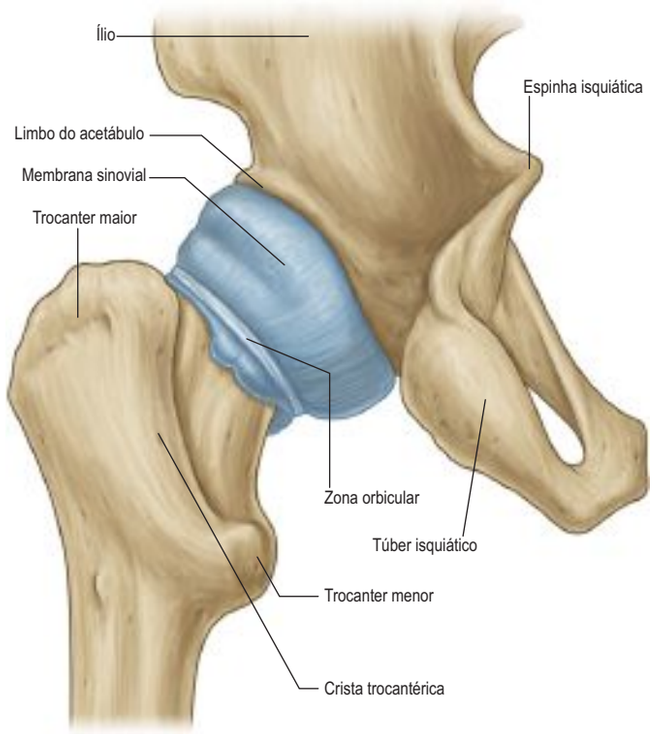


Fig. 81.2 Cavidade sinovial da articulação do quadril esquerda (distendida): vista posterior.

LIGAMENTOS

Os ligamentos da articulação do quadril (Fig. 81.3) são o iliofemoral, o pubofemoral, o isquiofemoral, o transverso do acetábulo e o ligamento da cabeça do fêmur. À medida que o quadril se move, também os ligamentos capsulares, como o espessamento capsular, enrolam-se e desenrolam-se, unindo-se ao redor do quadril e afetando a estabilidade, o movimento e a capacidade articular. A capacidade articular é máxima quando o quadril está mantido parcialmente em uma posição de flexão e abdução: um paciente com uma efusão na articulação do quadril estará, então, mais confortável quando a articulação se mantiver em posição de flexão e abdução. Veja Fuss & Bacher (1991) para mais detalhes.

Ligamento iliofemoral O ligamento iliofemoral é muito forte e tem a forma de um "Y" invertido, situa-se anteriormente e está intimamente misturado com a cápsula articular. Seu ápice está fixado entre a espinha ilíaca anteroinferior e o limbo do acetábulo e sua base, na linha intertrocantérica. Fuss & Bacher descrevem uma porção central relativamente mais fraca, o grande ligamento iliofemoral, com espessas e fortes porções marginais, às quais eles se referem como ligamentos iliofemorais lateral e medial. O ligamento lateral disposto obliquamente está fixado a um tubérculo na extremidade superolateral da linha intertrocantérica, enquanto o ligamento medial orientado verticalmente se estende até a extremidade inferomedial da linha.

Ligamento pubofemoral O ligamento pubofemoral é triangular e sua base fixa-se à eminência iliopúbica, ao ramo superior do púbis, à crista obturatória e à membrana obturadora. Mistura-se distalmente com a cápsula articular e com a superfície profunda do ligamento iliofemoral medial. Fuss & Bacher descrevem este ligamento como constituído de múltiplos pilares.

Ligamento isquiofemoral O ligamento isquiofemoral torna a parte posterior da cápsula articular mais espessa e consiste em três partes distintas. A parte central, o ligamento isquiofemoral superior, espiraliza superolateralmente a partir do ísquio, onde está fixada posteroinferiormente ao acetábulo, atrás do colo do fêmur para se fixar ao trocanter maior profundamente ao ligamento iliofemoral. Algumas fibras misturam-se com a zona orbicular. As partes lateral e inferomedial do ligamento isquiofemoral abrangem a circunferência posterior do colo do fêmur.

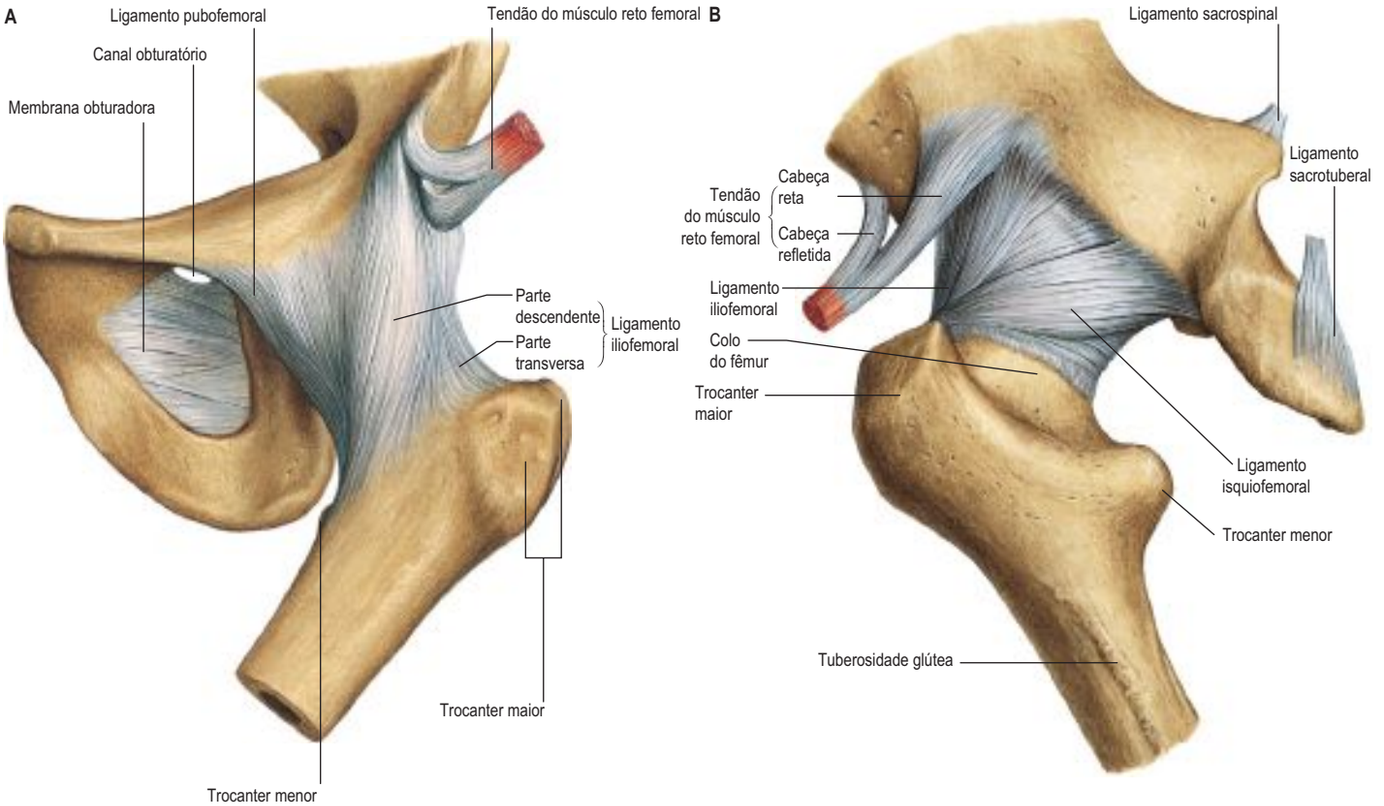


Fig. 81.3 Os ligamentos da articulação do quadril: **A,** vista anterior; **B,** vista posterior. (De Sobotta 2006.)

Ligamento transverso do acetábulo O ligamento transverso do acetábulo (Fig. 80.4) é contínuo com o lábio do acetábulo perifericamente, mas ele próprio não possui nenhuma célula cartilagínea. Suas fibras planas e resistentes cruzam a incisura do acetábulo, formando um forame, através do qual vasos e nervos entram na articulação.

Ligamento da cabeça do fêmur O ligamento da cabeça do fêmur (Fig. 81.5) é triangular e possui extremidades ligeiramente achatadas. Seu ápice está fixado anterossuperiormente na fóvea da cabeça do fêmur e sua base está fixada principalmente em ambas as margens da incisura do acetábulo, entre as quais se mistura com o ligamento transverso do acetábulo. Também recebe fracas contribuições provenientes das margens da fossa do acetábulo. O ligamento da cabeça do fêmur está revestido pela membrana sinovial e varia em resistência. Ocasionalmente, o revestimento sinovial aparece sozinho, mesmo na ausência do ligamento; raramente o ligamento e o revestimento estão simultaneamente ausentes. O ligamento torna-se tenso quando a articulação do quadril está semifletida e aduzida, e torna-se relaxado quando a articulação está abduzida.

MEMBRANA SINOVIAL

Com início na margem da superfície articular do fêmur, a membrana sinovial reveste a parte intracapsular do colo do fêmur, passa para a superfície interna da cápsula articular para revestir o lábio do acetábulo, o ligamento da cabeça do fêmur e a gordura na fossa do acetábulo. Ela é fina na superfície profunda do ligamento iliofemoral, onde é comprimida contra a cabeça do fêmur e, às vezes, está até ausente nessa região.

BOLSAS SINOVIAIS

A articulação do quadril pode se comunicar com a bolsa subtendínea ilíaca (psoas) através de uma abertura circular entre o ligamento pubofemoral e a banda vertical do ligamento iliofemoral. Bolsas mais distantes estão associadas aos tendões de fixação dos músculos glúteo médio e mínimo no trocanter maior e entre os músculos glúteo máximo e vasto lateral.

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

Artérias articulares são ramos que partem das artérias obturatória, circunflexa femoral medial e glúteas superior e inferior, com a drenagem venosa correspondente. Elas formam anastomoses cruciformes e trocantérica (Cap. 80). Linfáticos provenientes da face anterior da articulação do quadril drenam para os linfonodos inguinais profundos, enquanto os da face

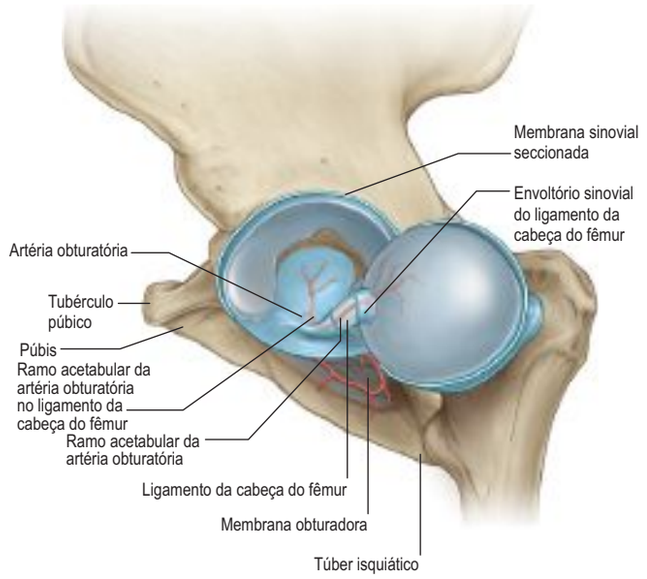


Fig. 81.5 Interior da articulação do quadril, mostrando o ligamento da cabeça do fêmur. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

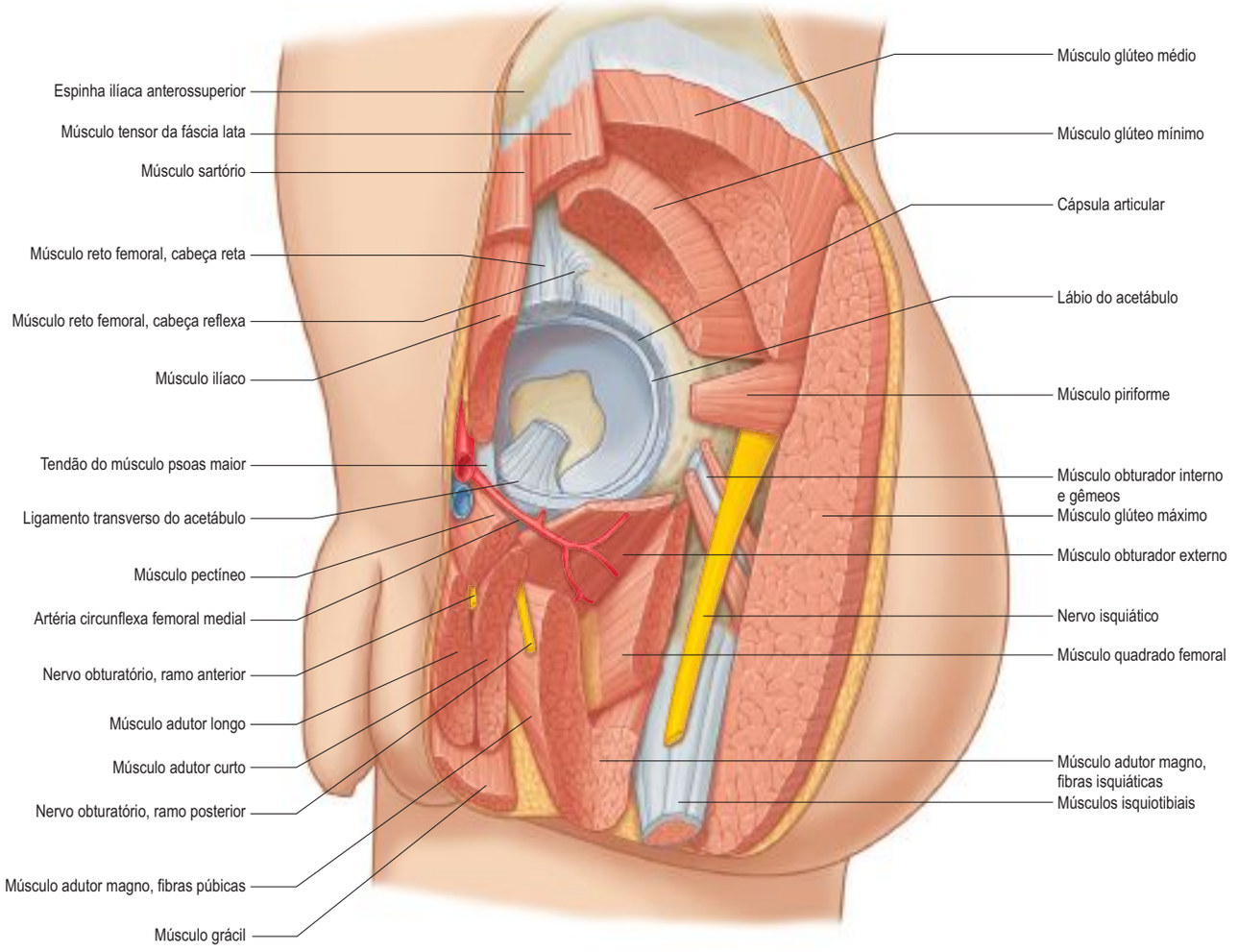


Fig. 81.4 Dissecção para mostrar as estruturas ao redor da articulação do quadril. A cabeça do fêmur foi desarticulada e removida.

medial e posterior acompanham as artérias obturatória e glútea respectivamente para alcançar os linfonodos ilíacos internos.

INERVAÇÃO

O suprimento nervoso do quadril é proveniente do nervo femoral ou de seus ramos musculares, os nervos obturatório e obturatório acessório, o nervo para o músculo quadrado femoral e o nervo glúteo superior.

Quadril e dor na virilha Dor no quadril e dor na virilha podem acontecer devido a apenas uma causa de uma série de possíveis causas. A dor verdadeira na articulação do quadril é geralmente sentida de forma profunda na dobra da virilha. Dor sobre a face lateral do quadril geralmente sugere um problema local, como uma bursite trocantérica. A dor nas nádegas é ocasionada apenas pela articulação do quadril: é referida, mais frequentemente, como proveniente da parte lombossacral da coluna vertebral, ou pode ser causada pela dor de claudicação vascular. A dor na virilha pode se dever a hérnias inguinal ou femoral (Cap. 61). No grupo de pessoas jovens, a dor na virilha aflige aqueles que praticam esportes, especialmente esportes de bola em movimento. Nesse caso, a dor pode estar relacionada a uma hérnia, embora esteja mais comumente ligada à tendinite secundária do adutor com sobrecargas agudas ou crônicas no tendão do músculo adutor longo. Outro problema comum refere-se à sobrecarga da parede anterior do abdome nas fixações dos ligamentos púbico e inguinal, ou do músculo oblíquo externo do abdome no anel inguinal superficial. Raramente podem ocorrer problemas na sínfise púbica.

FATORES PARA A MANUTENÇÃO DA ESTABILIDADE

A articulação do quadril é muito estável. A cabeça do fêmur está intimamente ajustada ao acetábulo numa área correspondente à metade de uma esfera e é abraçada pelo lábio do acetábulo, que a mantém comprimida na cavidade. Além disso, um "efeito de vácuo" está presente. A espessa cápsula articular é reforçada por três ligamentos principais, dos quais o ligamento iliofemoral é o mais resistente, e fica progressivamente mais apertada quando o fêmur se estende em direção à linha do tronco. Os ligamentos pubofemoral e isquiofemoral também ficam tensos e, à medida que a articulação se aproxima da posição de extensão máxima, a resistência a um torque de extensão aumenta rapidamente. O ligamento transverso do acetábulo e o ligamento da cabeça do fêmur também contribuem para a estabilidade. Apenas uma ligeira separação entre as superfícies articulares pode ser obtida através de uma forte tração aplicada sobre a articulação e, para auxiliar na inserção de um artroscópio, primeiramente se insere uma agulha dentro da articulação para eliminar o efeito de sucção. Assim, com a tração, a articulação abre-se suficientemente. A luxação traumática geralmente ocorre somente quando a articulação está sujeita a forças extremas.

BIOMECÂNICA DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL

A transição da marcha quadrúpede para a bípede foi um marco biomecânico importante na evolução do *Homo sapiens*. As características biomecânicas dos membros inferiores de humanos, cuja função é principalmente permitir a postura e a propulsão bipedal, são muito diferentes quando comparadas às dos membros inferiores dos quadrúpedes, diferenças estas que se refletem diretamente na anatomia e na biomecânica das articulações do quadril, do joelho, do tornozelo e do pé de humanos.

O acetábulo e a cabeça do fêmur formam uma articulação do tipo multiaxial esferóidea ("bola e soquete"), que permite um movimento relativamente desimpedido em três graus de liberdade, ou seja, flexão/extensão, abdução/adução, rotação medial (interna) e lateral (externa). Essa articulação é naturalmente limitada em sua capacidade de movimentação translacional nos planos anteroposterior, transversal e vertical.

FÊMUR

O fêmur é uma estrutura basicamente tubular distorcida em arcos e torções. A distorção mais notável é o arco anterior em sua porção média, na qual o raio de curvatura é relativamente constante ao longo do comprimento do corpo do fêmur. No plano coronal, o colo do fêmur está inclinado obliquamente em relação ao corpo do fêmur num ângulo de 135° (faixa de 120-145°; Fig. 81.6). Embora o ângulo entre colo e corpo do fêmur e o comprimento do colo seja variável, o centro do colo do fêmur no plano coronal está no nível do ápice do trocanter maior. No plano transversal (axial), o colo do fêmur está antevertido, ou seja, rodado anteriormente em relação às superfícies posteriores dos côndilos do fêmur: no adulto, este ângulo é de 10-15° (Fig. 81.7). O grau de anteversão afeta diversos aspectos da biomecânica dos membros inferiores, incluindo o braço de momento do abdutor (a distância perpendicular do centro de rotação do fêmur até a linha de ação da força resultante exercida pelo músculo abdutor), o deslocamento patelar (o movimento da patela em relação ao fêmur ou no seu encaixe femoral durante a flexão e extensão de joelho) e a orientação do pé.

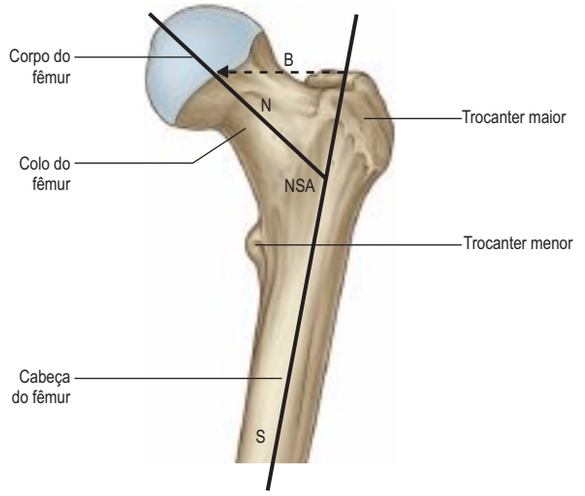


Fig. 81.6 O ângulo (NSA) entre o eixo longo do corpo do fêmur (S) e o eixo do colo do fêmur (C) é em média 135° (na faixa de 125-140°). Além disso, na maioria dos quadris, a linha perpendicular ao S da ponta do trocanter maior (B) passa através do centro da cabeça do fêmur. Esta aproximação pode ser utilizada na decisão da posição da osteotomia femoral na artroplastia do quadril.

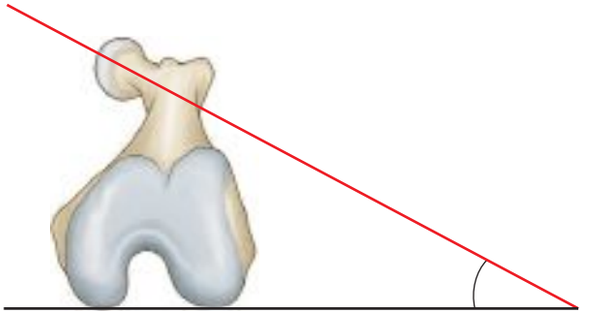


Fig. 81.7 O ângulo de anteversão femoral é um ângulo subentendido entre o colo do fêmur e a linha que toca as margens posteriores dos côndilos femorais no plano transversal (axial). Ele é de 10-15° nos adultos (maiores em mulheres adultas do que em homens e crianças).

ACETÁBULO

O acetábulo consiste na confluência do ílio, do ísquio e do púbis na cartilagem trirradiada. O acetábulo, por si próprio, cobre uma área ligeiramente menor do que a metade de uma esfera: ela é aprofundada pelo lábio do acetábulo. O grau de anteversão acetabular na posição ereta é de 14° (em homens) e de 19° (em mulheres). No plano coronal, o eixo acetabular é inclinado aproximadamente 45° em relação ao horizontal.

MOVIMENTOS

Quando os movimentos do fêmur são levados em consideração em relação às superfícies articulares, o comprimento e a angulação do colo do fêmur em relação ao corpo do fêmur devem ser lembrados. Quando a coxa está flexionada ou estendida, a cabeça do fêmur "gira" no acetábulo em um eixo aproximadamente transversal. De modo oposto, a rotação acetabular acontece em torno de eixos similares durante a flexão e a extensão do tronco com as cabeças dos fêmures fixas.

Com o pé fixo no chão, as rotações medial e lateral do fêmur ocorrem em torno do eixo vertical através do centro da cabeça do fêmur e do côndilo medial. Esta rotação medial axial é uma rotação conjunta inevitável que acompanha uma extensão terminal do joelho e é frequentemente referida como mecanismo de parafuso ou engate do joelho. O oposto ocorre numa flexão inicial na articulação do joelho. Este fenômeno do mecanismo de

parafuso permite a realização da posição de extensão máxima pela articulação entre a tíbia e o fêmur, auxiliando, desta forma, a estabilidade do joelho estendido. A relação desse eixo para todo o fêmur (que possui um colo angulado e o corpo oblíquo) significa que o côndilo medial se move muito pouco sobre o côndilo medial da tíbia durante a rotação medial, ao passo que o côndilo lateral se move para a frente na sua superfície tibial e o trocanter maior se move simultaneamente num arco à frente: movimentos opostos ocorrem durante a rotação lateral. Com o pé livre ou sem contato com o chão, a rotação medial e lateral auxiliar de todo membro inferior ocorre em torno de eixos variáveis, todos os quais passando através da cabeça do fêmur e em alguma parte do pé. De modo oposto, com um pé fixo e o outro livre, todo o tronco pode rotacionar sobre uma cabeça do fêmur, como num chute cruzado. A abdução e a adução ocorrem ao redor de um eixo anteroposterior através da cabeça do fêmur, mas, visto que a cabeça não é exatamente esférica, o eixo também não é fixo. Alguns cinesiologistas referem-se a um eixo mecânico coincidente com o eixo topográfico longo do colo femoral, passando na proximidade do centro da superfície articular da cabeça do fêmur e tornando a extensão e a flexão da coxa praticamente apenas um "giro" na articulação do quadril e mais efetivas no estiramento e no relaxamento dos ligamentos capsulares. Todos os outros movimentos são considerados balanços puros ou impuros. Enquanto este sistema permite uma análise da real função articular mais próxima do que a de um sistema cardeal triaxial relacionado arbitrariamente a uma posição "anatômica", o eixo mecânico, por si mesmo, é considerado (incorretamente) por alguns como dinâmico, porque formas aparentemente dinâmicas de "giros" podem ocorrer em algumas posições. Esta concepção tem como origem uma definição imprecisa de vários eixos empregados na artrocinemática. O eixo mecânico não é dinâmico em relação ao fêmur. É fixo durante giros puros e move-se em relação à sua face coarticular em caminhos circulares ou arqueados, durante o balanço puro ou impuro, respectivamente.

Uma flexão simples é possível em até 110-120° em relação à posição vertical; uma extensão além da posição vertical é limitada (possivelmente entre 10-20°). Ambos os movimentos são aumentados por ajustes na coluna vertebral e na pelve, por flexão de joelho e pela concomitante rotação lateral ou medial do quadril. Por exemplo, a flexão do joelho (diminuindo a tensão dos músculos posteriores da coxa) aumenta a flexão do quadril para 120°; a coxa pode ser tracionada passivamente em direção ao tronco, embora com alguma flexão da coluna vertebral. A extensão durante a caminhada e a corrida é aumentada por inclinação do corpo para a frente, rotação e inclinação da pelve, e rotação lateral do quadril (Joseph 1975). A abdução e a adução podem ser igualmente aumentadas.

MÚSCULOS PRODUZINDO MOVIMENTOS

A flexão é realizada pelos músculos psoas maior e ilíaco, auxiliados pelos músculos pectíneo, reto femoral e sartório. Os músculos adutores, particularmente o adutor longo, também auxiliam, especialmente durante a flexão inicial seguida de uma extensão completa.

A extensão é realizada pelo músculo glúteo máximo e pelos músculos do isquiotibiais (posteriores da coxa). Numa postura completamente ereta com os braços pendentes, uma linha vertical através do centro de gravidade do corpo passa atrás de uma linha unindo os centros das cabeças dos fêmures. O corpo então tende a se inclinar para trás, o que, entretanto, é contrabalançado pela tensão ligamentar e pela congruência e compressão das superfícies articulares das articulações do quadril na posição de extensão máxima. Com o aumento de carga sob o tronco ou com a inclinação do tronco para trás, estes fatores de resistência, quase passivos, são auxiliados por uma contração ativa dos flexores do quadril. Na inclinação para a frente dos tornozelos ou quando os braços estão estendidos para a frente, e também com a inclinação anterior do quadril, a linha do peso do corpo move-se para a frente do eixo transversal. A postura adotada, ou a taxa de mudança da postura, é largamente controlada pelos músculos do isquiotibiais que, além de serem poderosos flexores do joelho, são fortes extensores de quadril. O músculo glúteo máximo somente se torna ativo quando a coxa é estendida contra resistência, como ao se levantar de uma posição agachada ou durante uma escalada.

A abdução é realizada pelos músculos glúteo médio e mínimo, auxiliados pelos músculos tensor da fáscia lata e sartório. Ela é limitada pela tensão dos músculos adutores, pelo ligamento pubofemoral e pelo feixe medial do ligamento iliofemoral. Os músculos são consistentemente envolvidos na caminhada ou na corrida e contraem periodicamente em fases precisas dos ciclos de caminhada ou de corrida.

A adução é realizada pelos músculos adutores longo, curto e magno, auxiliados pelos músculos pectíneo e grácil. Ela é limitada quando o membro em movimento entra em contato com o membro contralateral. A amplitude da adução é aumentada com a coxa fletida, quando ela é limitada pelo aumento de tensão nos músculo abdutores, no feixe lateral do ligamento iliofemoral e no ligamento da cabeça do fêmur.

A rotação medial é realizada pelo músculo tensor da fáscia lata e pelas fibras anteriores dos músculos glúteo mínimo e médio. É um movimento relativamente fraco e limitado pelos músculos rotadores mediais, pelo ligamento isquiofemoral e pela parte posterior da cápsula articular. Dados eletromiográficos sugerem que os músculos adutores frequentemente auxiliam mais na rotação medial do que na rotação lateral, o que, no entanto, depende, com certeza, da posição primária.

A rotação lateral é realizada pelos músculos obturadores, gêmeos e quadrado do lombo, auxiliados pelos músculos piriforme, glúteo máximo e sartório. Ela é uma ação poderosa limitada pela tensão nos músculos rotadores mediais e pelo feixe lateral do ligamento iliofemoral.

FORÇAS ATUANDO NO QUADRIL

Sob condições de carga bipedal, as cabeças dos fêmures suportam o peso do corpo menos o peso de ambas as pernas (aproximadamente um terço do peso corporal) e os vetores resultantes são verticais. Quando vistas num plano sagital, forças musculares mínimas são requeridas para manter o equilíbrio e o balanço quando o peso da parte superior do corpo está diretamente sobre as cabeças dos fêmures. Se a parte superior do corpo estiver inclinada posteriormente de forma que o vetor do peso corporal se posicione atrás das cabeças dos fêmures, as estruturas anteriores do quadril (músculo reto femoral, músculo iliopsoas e ligamento iliofemoral) atuarão em oposição ao momento rotacional, causando uma extensão do quadril.

A amplitude de movimento do quadril é amplamente superior à exigida para uma caminhada normal. Os músculos desta articulação são os principais fatores de estabilização: os ligamentos do quadril fornecem uma pequena estabilidade rotacional durante a caminhada. Durante a marcha normal, o quadril está sujeito a grandes variações na sustentação de cargas, variando de um terço do peso corporal na fase de apoio nas duas pernas até quatro vezes o peso corporal numa fase de apoio de uma perna apenas. O ciclo da marcha é caracterizado por dois picos de carga (pág. 1460) no apoio do calcanhar (Fig. 81.9) e nos dedos para fora, correspondendo à aceleração e à desaceleração máximas, respectivamente, em uma postura de apoio em uma única perna (Fig. 84.25). Entre estes dois picos, o corpo traduz suavemente com pouca aceleração vertical.

Os fatores que influenciam tanto a magnitude quanto a direção das forças de compressão atuantes no quadril são a posição do centro de gravidade; o braço de momento abdutor, que é uma função do comprimento do colo do fêmur (deslocamento) e do ângulo do colo com o corpo do fêmur; a magnitude do peso corporal. Ao encurtar o braço abdutor, como na coxa valga ou numa excessiva anteversão femoral, a exigência no abdutor aumentará, de modo que a força de reação da articulação também aumenta. Se os músculos não encontrarem esta exigência, a compensação ocorre sob a forma de uma guinada do glúteo (inclinação na direção do lado afetado para encurtar o braço de alavanca do peso corporal) ou através da marcha de Trendelenburg (na qual a pelve se inclina para o lado afetado).

Postura sobre uma única perna Numa postura com apoio sobre uma perna, o centro de gravidade efetivo afasta-se da perna de sustentação, à medida que a perna sem suporte contribui para o peso corporal. O peso corporal vai exercer um momento de giro em torno do centro da cabeça do fêmur que serve como suporte: a fim de manter o equilíbrio, um

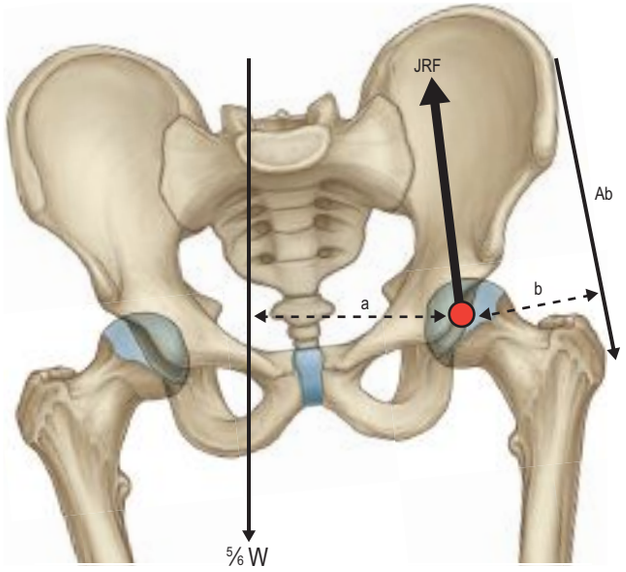


Fig. 81.8 Numa postura sobre uma perna, 5/6 do peso corporal total (W) passa exatamente lateral à linha média, exercendo um momento de sentido horário na pelve, o que é contrabalanceado pela tração dos abdutores, cujo braço de alavanca (a) é aproximadamente metade daquele do meio do corpo (b). Deste modo, a força dos abdutores (Ab) requerida para manter o equilíbrio é aproximadamente o dobro do peso corporal, resultando em uma força de reação da articulação (JRF) de aproximadamente 3 a 4 vezes o peso corporal.

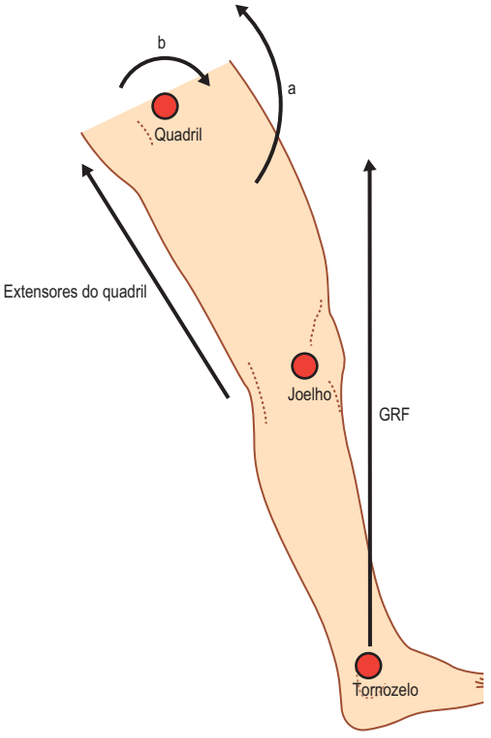


Fig. 81.9 Cinética simplificada da batida do calcanhar. Na batida do calcanhar, a força de reação do solo (GRF) promove um momento de flexão (no sentido anti-horário) sobre o quadril (seta a). Os extensores do quadril impedem este momento com um momento no sentido horário (seta b).

momento de giro semelhante, mas em direção oposta, é gerado pelos músculos abdutores (primariamente pelos músculos glúteos médio e mínimo, pelo tensor da fáscia lata, pelo piriforme e pelo obturador interno). Uma vez que o braço de alavanca dos abdutores é muito mais curto do que o do peso corporal quando a ação ocorre através do centro de gravidade, uma força abdutora maior do que o peso corporal é requerida para a manutenção do equilíbrio (Fig. 81.8). Os vetores destas duas forças produzem uma carga compressiva resultante no fêmur que é orientada em aproximadamente 16° oblíqua, lateral e distalmente. O vetor de reação da articulação é exatamente igual e oposto a este vetor e constitui aproximadamente quatro vezes o peso corporal.

Cinética simplificada da batida do calcanhar O contato com o solo produz uma força de reação igual ao peso corporal multiplicada pela aceleração (pág 1443). Esta força de reação do solo agindo no pé produz um momento de flexão no quadril que é aproximadamente 3,3 vezes o peso corporal, e é contrabalançado pelos extensores do quadril (músculo glúteo máximo e músculos isquiotibiais) (Fig. 81.9).

REFERÊNCIAS

Fuss FK, Bacher A 1991 New aspects of the morphology and function of the human hip joint ligaments. Am J Anat 192: 1–13.

Joseph J 1975 Movements at the hip joint. Ann R Coll Surg Eng 56: 192–201.

CAPÍTULO
82

Joelho

O joelho é a maior articulação sinovial do corpo. Ele consiste em três compartimentos distintos e parcialmente separados, que coletivamente formam uma complexa articulação em "dobradiça". Este arranjo oferece um fulcro (ponto de apoio) para os poderosos músculos extensores e flexores que atuam sobre a articulação durante uma propulsão. Um número de fatores estabilizadores responde às consideráveis demandas biomecânicas que são impostas à articulação: o mais importante deles é um complexo arranjo de ligamentos intra e extracapsulares. Nosso entendimento da anatomia do joelho tem aumentado consideravelmente nos anos recentes, devido em grande parte aos significativos avanços tecnológicos no diagnóstico por imagem e em cirurgias.

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento vascular cutâneo e drenagem linfática

O suprimento arterial da pele que recobre o joelho deriva de ramos originados da artéria poplítea, do ramo da artéria femoral descendente do joelho e da artéria recorrente tibial anterior ramo da artéria tibial anterior, com pequenas contribuições das artérias para o músculo vasto medial e para os músculos flexores da perna (Fig. 82.1). Para detalhes adicionais, consulte Cormack & Lamberty (1994).

As veias cutâneas são tributárias dos vasos que correspondem às artérias citadas. A drenagem linfática cutânea ocorre inicialmente para os linfonodos inguinais superficiais e possivelmente também para os linfonodos poplíteos, e daí para o grupo de linfonodos inguinais profundos.

Inervação cutânea

Ramo infrapatelar do nervo safeno

O ramo infrapatelar do nervo safeno atinge a face anterior do joelho a partir da face medial. Ele é invariavelmente cortado na abordagem medial do joelho, o que é responsável pela sensação de entorpecimento que inevitavelmente ocorre lateralmente à cicatriz de uma incisão medial do joelho. Um doloroso neuroma pode se formar, caso o nervo seja parcialmente seccionado, como através da incisão para um portal de artroscopia ou para uma pequena artrotomia medial. Infelizmente, a posição do nervo em relação à linha da articulação é variável. Na maioria dos casos, ele cruza logo abaixo da linha da articulação, passando sobre o tendão do músculo quadríceps femoral em sua inserção na tíbia. Para detalhes adicionais, veja Tennant *et al.* (1998).

Plexo peripatelar

Proximal ao joelho, o ramo infrapatelar do nervo safeno conecta-se aos ramos dos nervos cutâneos femorais medial e intermédio e do nervo cutâneo femoral lateral. Distal ao joelho, ele conecta-se a outros ramos do nervo safeno. Esta delicada rede subcutânea de fibras nervosas comunicantes sobre e ao redor da patela é denominada plexo peripatelar.

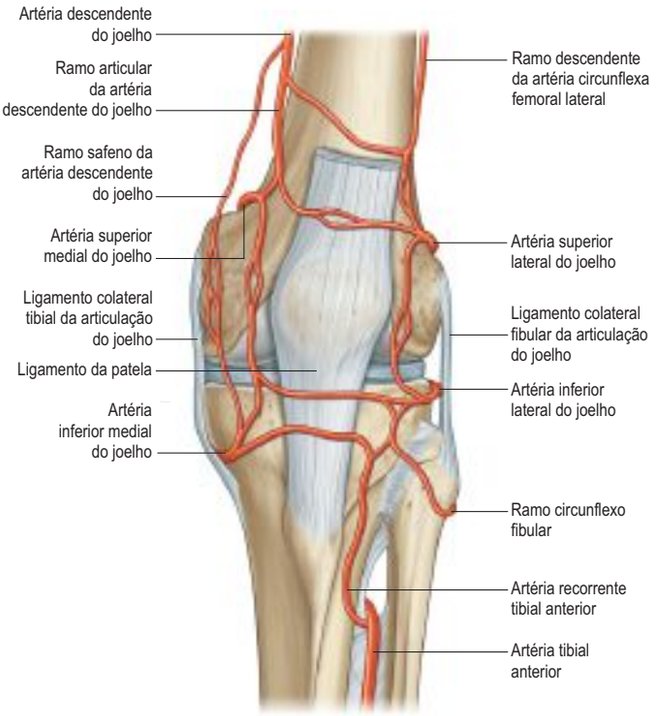


Fig. 82.1 As anastomoses arteriais ao redor da articulação do joelho.

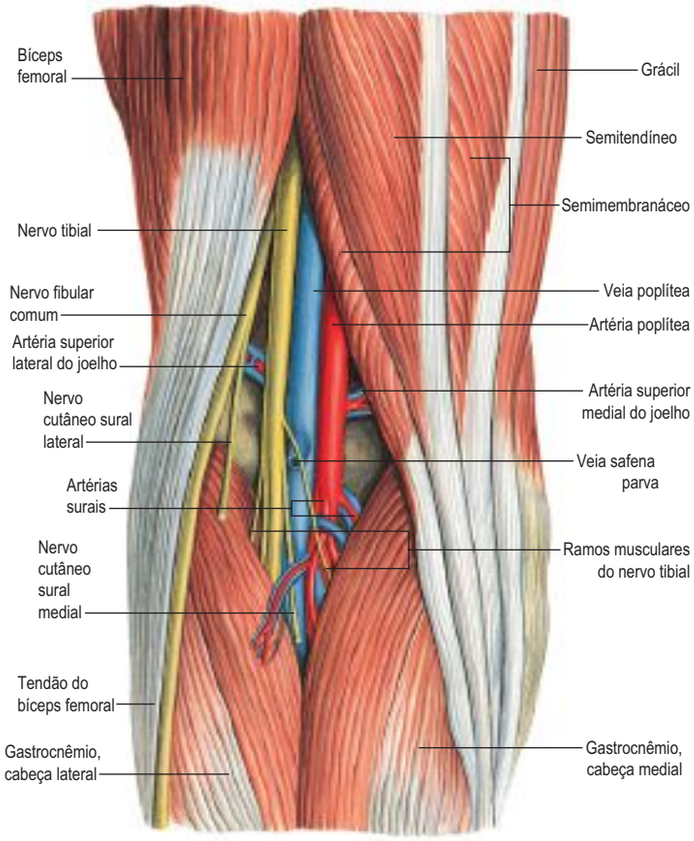


Fig. 82.2 Fossa poplítea esquerda. (De Sobotta 2006.)

TECIDOS MOLES

Fossa poplítea

A fossa poplítea (Figs. 82.2 e 82.3) é um estreito espaço intermuscular posterior à articulação do joelho, com um contorno em formato de diamante, que se torna mais aparente quando seus limites são artificialmente separados durante uma dissecação. Os limites são o músculo bíceps femoral, proximal e lateralmente; o músculo semimembranáceo e o músculo semitendíneo sobrejacente, proximal e medialmente; a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, com o músculo plantar subjacente distal e lateralmente, e a cabeça medial do gastrocnêmio, distal e medialmente. O limite anterior (ou assoalho) da fossa é formado, em sequência proxi-

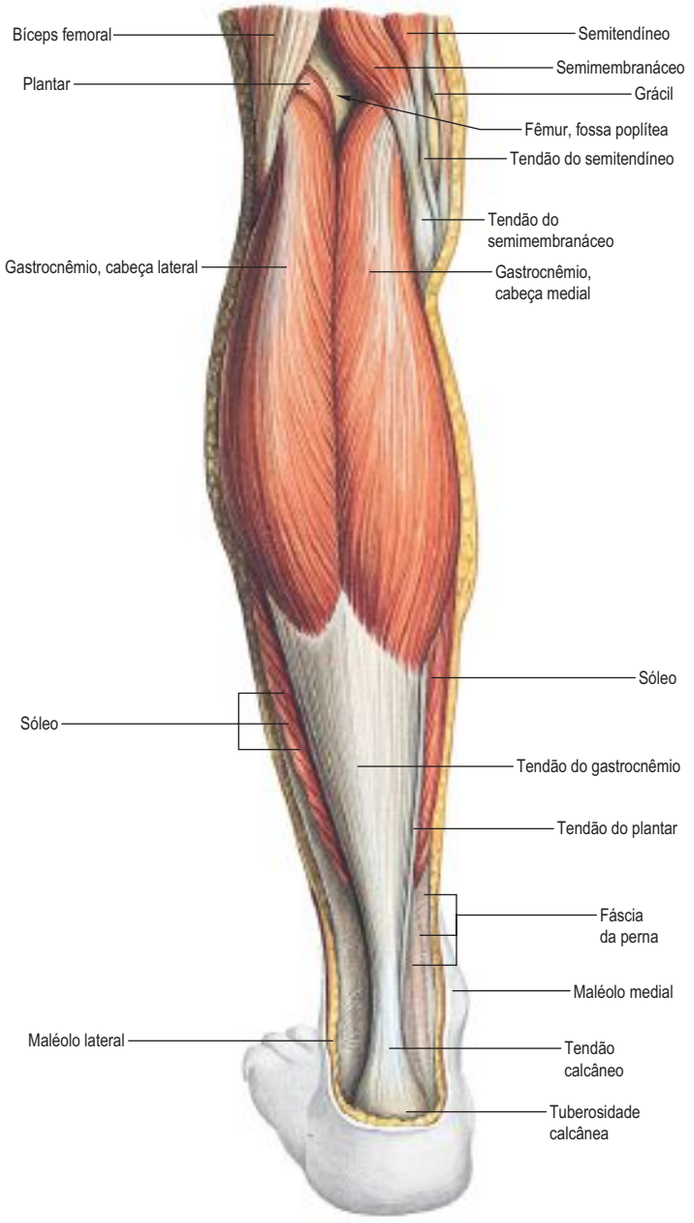


Fig. 82.3 Músculos da panturrilha: vista superficial, incluindo os limites da fossa poplítea. (De Sobotta 2006.)

modistal, pela face poplítea do fêmur, pelo ligamento poplíteo oblíquo (sobrejacente à face articular da cápsula da articulação do joelho) e pela face posterior da epífise proximal da tíbia coberta pelo músculo poplíteo e pela fáscia sobre o músculo poplíteo. A fossa é coberta posteriormente pela fáscia poplítea, a qual é referida como o teto da fossa. A fáscia poplítea é contínua com a fáscia lata proximalmente e com a fáscia da perna distalmente. Ela é uma densa camada fortemente reforçada por fibras transversais e é frequentemente perfurada pela veia safena parva e pelo nervo sural. Essas duas estruturas são referências úteis na abordagem posterior direta à articulação do joelho (observe que "fáscia poplítea" se refere à fáscia profunda que forma o "teto" da fossa, em distinção à "fáscia que cobre o músculo poplíteo", que forma parte do assoalho).

Conteúdo

Com seus limites inalterados, a fossa poplítea tem tipicamente 2,5 cm de largura. Seu conteúdo é particularmente oculto, especialmente em sua parte distal, onde as cabeças do músculo gastrocnêmio estão em contato entre si. Quando seus limites estão separados, seu conteúdo é revelado como os vasos poplíteos (Figs. 82.2 e 82.4), os nervos tibial e fibular comum, a veia safena parva, o nervo sural, o nervo cutâneo femoral posterior, um ramo articular derivado do nervo obturatório, linfonodos, gordura e um número variável de bolsas sinoviais colapsadas. O nervo tibial desce centralmente, imediatamente anterior à fáscia poplítea, cruzando os vasos posteriormente da região lateral para a medial. O nervo fibular comum desce lateralmente, imediatamente medial ao tendão do músculo bíceps femoral. Os vasos poplíteos estão profundamente localizados e mantidos juntos por tecido conjuntivo denso. Eles encontram-se no assoalho da fossa, com a veia poplítea em posição superficial à artéria. Proximalmente, a veia – de parede espessa – dispõe-se lateralmente à artéria, cruzando distalmente para seu lado medial. Às vezes a veia poplítea está duplicada e a artéria se encontra-se entre as duas veias, que são normalmente unidas por canais de conexão. Um ramo articular derivado do nervo obturatório desce sobre a artéria até o joelho. Seis ou sete linfonodos poplíteos estão embebidos na gordura, um sob a fáscia poplítea, próximo à terminação da veia safena parva, outro entre a artéria poplítea e a articulação do joelho, e os outros ainda ao redor dos vasos poplíteos.

OSSOS

FÊMUR, TÍBIA E FÍBULA

O fêmur está descrito no Capítulo 80 e a tíbia e a fíbula estão descritas no Capítulo 83.

PATELA

Topografia

A patela é o maior osso sesamoide (Figs. 82.5 e 82.6) e está incrustada no tendão do músculo quadríceps femoral, anterior à parte distal do fêmur (côndilos do fêmur). Ela é plana, afilada distalmente, curvada proximalmente e tem faces anterior e articular, três bordas e um ápice, que é a extremidade distal do osso. Com o joelho em extensão, o ápice encontra-se bem proximal à linha da articulação do joelho.

A face anterior, convexa e subcutânea, é perfurada por vasos nutrícios. Ela apresenta uma crista longitudinal, separada da pele por uma bolsa pré-patelar e coberta por uma expansão derivada do tendão do músculo quadríceps femoral, a qual se funde distalmente com fibras superficiais do tendão do músculo quadríceps femoral (ligamento da patela). A face articular tem uma área articular proximal, lisa e de formato oval, atravessada por uma crista vertical lisa, a qual se ajusta à linha intercondilar na face patelar do fêmur e divide a área articular da patela em faces medial e lateral; a lateral é usualmente maior. Cada face articular é dividida por tênues linhas horizontais em terços iguais. Uma sétima face articular "ímpar" está presente como uma faixa estreita ao longo da borda medial da patela; ela estabelece contato com o côndilo medial do fêmur em flexão extrema. Distalmente à face articular, o ápice é áspero devido à inserção do tendão do músculo quadríceps femoral. Proximalmente a ele, a área entre o ápice áspero e a margem articular é coberta por um coxim infrapatelar de gordura. A cartilagem articular é a mais espessa do corpo, refletindo a magnitude dos estresses aos quais ela é submetida.

A espessa borda superior inclina-se anteroinferiormente. As margens medial e lateral são mais finas e convergem distalmente; as expansões dos tendões dos músculos vastos medial e lateral (retináculos medial e lateral da patela, respectivamente) estão presas a elas. O retináculo lateral recebe contribuições do trato iliotibial. A ossificação ocasionalmente se estende da margem lateral da patela para o tendão do músculo vasto lateral.

O formato da patela pode variar e certas configurações estão associadas à instabilidade patelar. Frequentemente, uma patela bipartida é vista em radiografias. O osso parece estar em duas partes, usualmente com um fragmento superolateral menor: há muito tempo isto tem sido atribuído à presença de um centro de ossificação separado, mas em alguns casos poderia representar a união falha após uma fratura por estresse.

Estrutura

A patela consiste em tecido ósseo trabecular, mais ou menos uniformemente denso, coberto por uma delgada lâmina de tecido ósseo compacto. As trabéculas abaixo da face anterior são paralelas à superfície; em outros locais, elas se irradiam da face articular para a substância do osso.

Inserções musculares

O músculo quadríceps femoral está inserido à borda superior, exceto próximo à sua margem posterior; a inserção estende-se distalmente sobre a face anterior. A inserção para o músculo reto femoral encontra-se anteroinferiormente àquela para o músculo vasto intermédio. Marcações grosseiras podem ser traçadas em continuidade ao redor da periferia do osso a partir da região anterior e superior até a região profunda do ápice. As marcações nas margens lateral e medial representam as inserções dos músculos vastos lateral e medial e aquelas no ápice representam a inserção do tendão do músculo quadríceps femoral.

Suprimento vascular

O suprimento arterial da patela é derivado da rede anastomótica do joelho, particularmente dos ramos da artéria poplítea e da artéria recorrente tibial anterior.

Ossificação

Vários centros, que aparecem durante o terceiro e o sexto ano, coalescem rapidamente. Centros marginais acessórios aparecem mais tarde e fundem-se com a massa central.

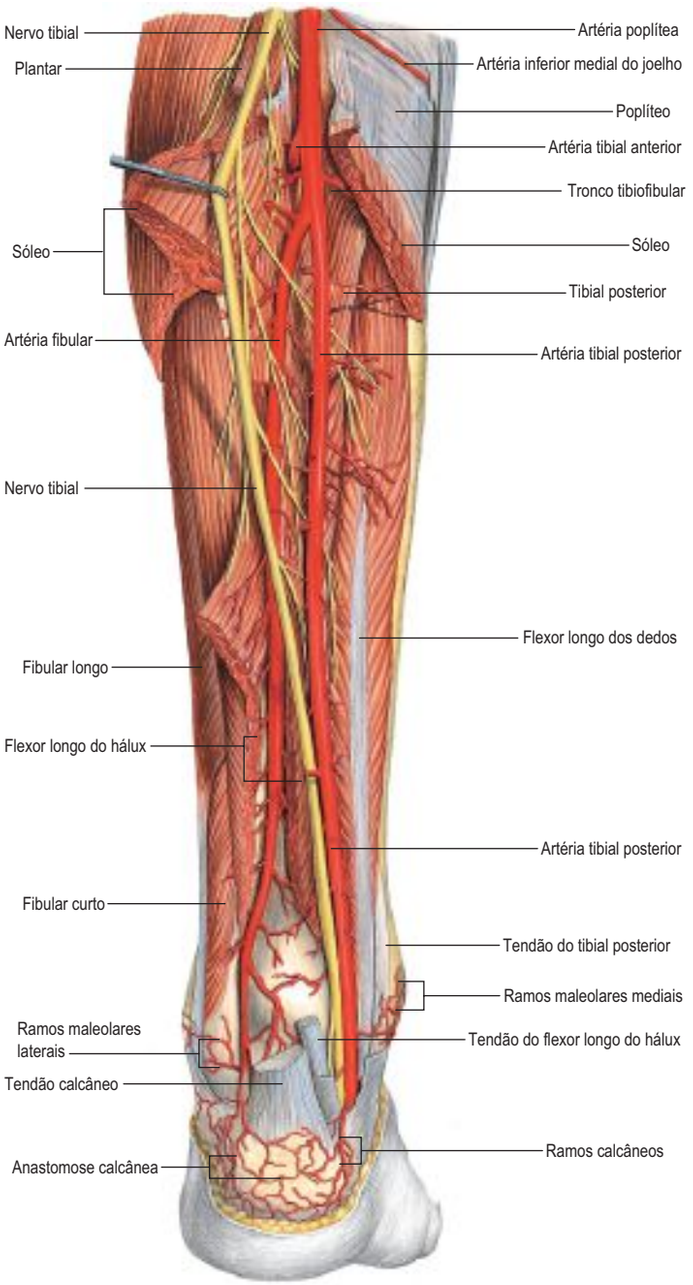


Fig. 82.4 Artérias poplítea, tibial posterior e fibular esquerdas: face posterior. (De Sobotta 2006.)

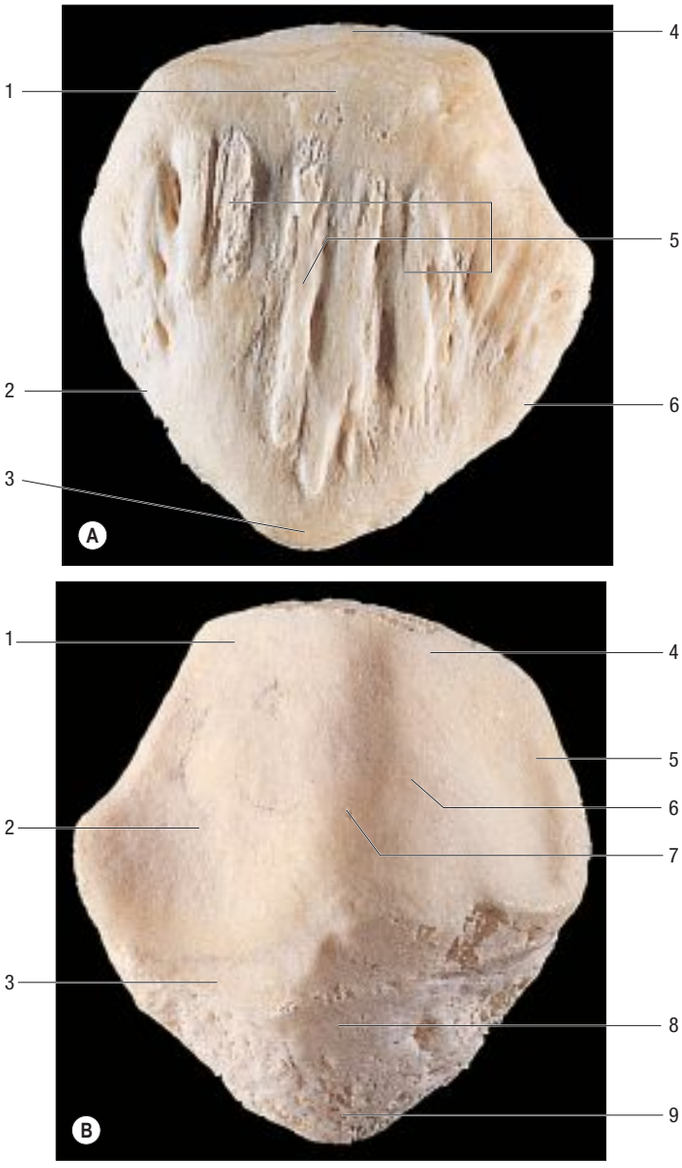


Fig. 82.5 A, Patela esquerda: face anterior. **1.** Área de inserção do reto femoral. **2.** Borda medial: inserção do retináculo medial da patela (expansão). **3.** Ápice. **4.** Área de inserção do vasto intermédio. **5.** Marcações da inserção do tendão do quadríceps femoral. **6.** Borda lateral: inserção do retináculo lateral da patela (expansão). **B,** Patela esquerda: face articular (posterior). **1.** Face articular lateral superior: em contato com o fêmur durante flexão. **2.** Face articular lateral inferior: em contato com o fêmur durante extensão. **3.** Área sobreposta pela margem do corpo adiposo circunferencial. **4.** Face articular medial superior: em contato com o fêmur durante flexão. **5.** Face articular vertical medial ("ímpar"): em contato com o fêmur durante flexão extrema. **6.** Face articular medial inferior: em contato com o fêmur durante extensão. **7.** Crista. **8.** Área coberta pelo corpo adiposo infrapatelar. **9.** Área para inserção do ligamento da patela.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO TIBIOFIBULAR PROXIMAL

A articulação tibiofibular proximal é uma articulação sinovial plana entre o côndilo lateral da tíbia e a cabeça da fíbula.

Faces articulares

As faces articulares variam de tamanho, formato e inclinação. A linha da articulação pode ser transversal ou oblíqua. A face articular da cabeça da fíbula é usualmente elíptica ou circular, quase plana ou ligeiramente sulcada. As superfícies são cobertas com cartilagem hialina.

Cápsula fibrosa

A cápsula está presa às margens das faces articulares da tíbia e da fíbula e é espessada anterior e posteriormente.

Ligamentos

Os ligamentos da articulação tibiofibular proximal não estão inteiramente separados da cápsula. O ligamento anterior da cabeça da fíbula é formado por duas ou três faixas planas que seguem obliquamente para cima, a partir da cabeça da fíbula, em frente ao côndilo lateral da tíbia: ele está intimamente relacionado ao tendão do músculo bíceps femoral. O ligamento posterior da cabeça da fíbula é uma espessa faixa que sobe obliquamente entre a face posterior da cabeça da fíbula e o côndilo lateral da tíbia: ele é coberto pelo tendão do músculo poplíteo.

Membrana sinovial

A membrana sinovial da articulação tibiofibular proximal é às vezes (em aproximadamente 10% dos indivíduos) contínua com a da articulação do joelho através do recesso poplíteo.

Suprimento vascular e drenagem linfática

A articulação tibiofibular proximal recebe um suprimento arterial dos ramos recorrentes tibiais anterior e posterior da artéria tibial anterior. Os vasos linfáticos seguem as artérias e drenam para os linfonodos poplíteos.

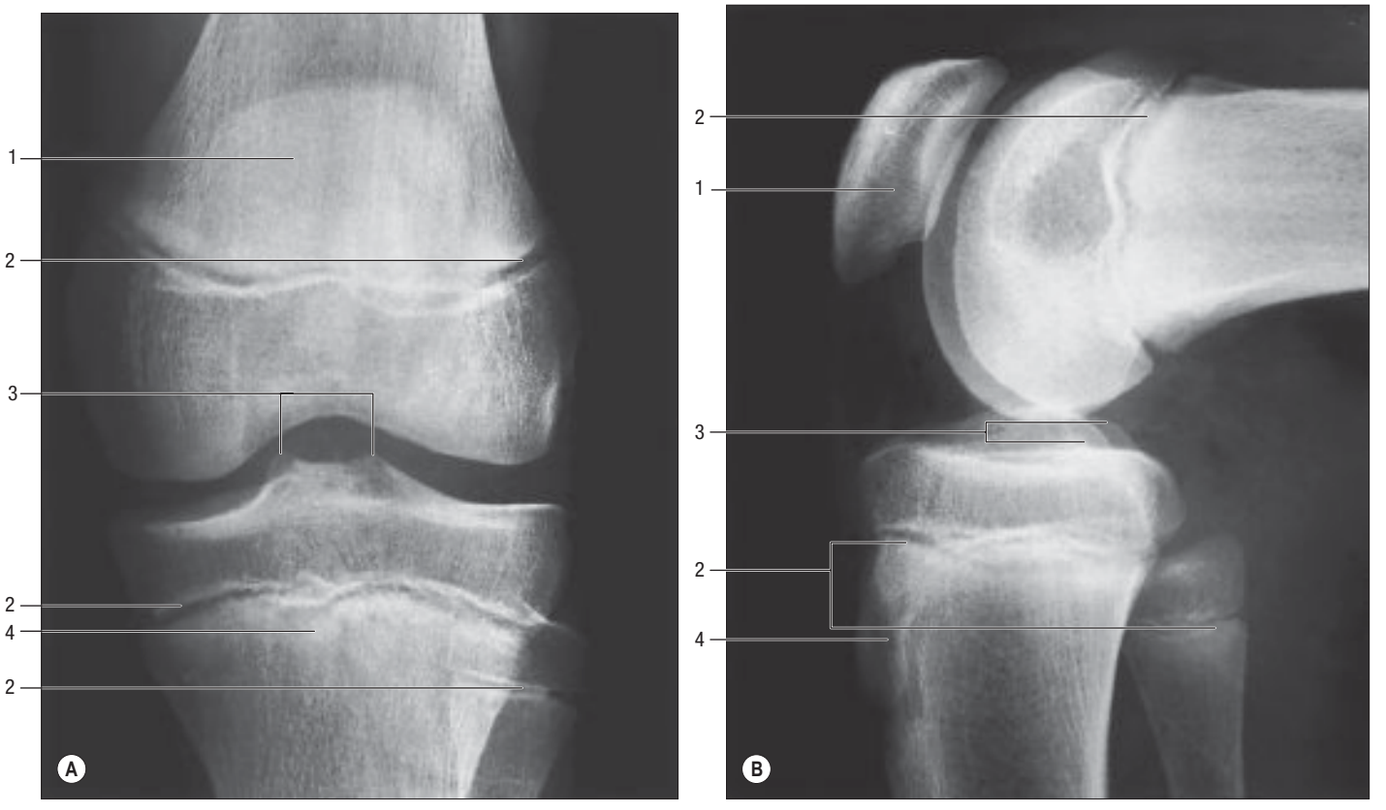


Fig. 82.6 Radiografias anteroposterior (**A**) e lateral (**B**) do joelho em um menino de 14 anos de idade. **1.** Patela. **2.** Placas cartilagíneas de crescimento (discos epifisiais). **3.** Eminência intercondilar. **4.** Prolongamento da epífise proximal da tíbia e placa de crescimento formando a tuberosidade da tíbia.

Inervação

A articulação tibiofibular proximal é inervada por ramos derivados do nervo fibular comum e do nervo para o músculo poplíteo.

Fatores que mantêm a estabilidade

A estabilidade da articulação tibiofibular proximal é mantida pela cápsula fibrosa e pelos ligamentos anterior e posterior, auxiliada pelo tendão do músculo bíceps femoral e pela membrana interóssea.

Movimentos

Ocorre muito pouco movimento além do deslizamento limitado na articulação tibiofibular proximal. Algum movimento deve ocorrer em conjunto com o movimento que ocorre na articulação tibiofibular distal; entretanto, a fusão cirúrgica (artrodese) da articulação tibiofibular proximal parece não ter efeito sobre os movimentos da articulação do tornozelo.

Relações

O nervo fibular comum segue posteriormente à cabeça da fíbula e medialmente ao tendão do músculo bíceps femoral, o qual está intimamente associado à cápsula anterior. Os ramos tibiais anterior e posterior da artéria poplítea e a artéria fibular são vulneráveis inferomedialmente à articulação.

ARTICULAÇÃO PATELOFEMORAL

A articulação patelofemoral é uma articulação sinovial e constitui parte da articulação do joelho.

Faces articulares

A face articular da patela está adaptada à do fêmur, que se estende sobre as superfícies anteriores de ambos os côndilos do fêmur como um "U" invertido. Uma vez que toda a área é côncava transversalmente e convexa no plano sagital, a face articular é uma superfície selar assimétrica. A face articular "ímpar" na face articular da patela entra em contato com a face anterolateral do côndilo medial do fêmur em flexão completa, quando a face articular lateral da patela mais alta contata a parte anterior do côndilo lateral do fêmur. À medida que o joelho se estende, as faces articulares médias da patela contatam a metade inferior da superfície femoral; em extensão completa, apenas as faces articulares mais baixas da patela estão em contato com o fêmur. Em resumo, sob flexão, o ponto de contato patelofemoral move-se proximalmente. A área de contato também se amplia para competir com o crescente estresse que acompanha a flexão progressiva.

Bainha do ligamento da patela e ligamento da patela

O ligamento da patela é a faixa central do tendão do músculo quadríceps femoral e é contínuo distalmente da patela até a tuberosidade da tíbia (Fig. 80.25). Ele é resistente, plano e tem de 6 a 8 cm de comprimento. Proximalmente, está preso ao ápice da patela e às margens adjacentes, às áreas ásperas na face anterior e a uma depressão na superfície posterior e distal da patela. Distalmente, ele está preso à área lisa superior da tuberosidade da tíbia. Esta inserção é oblíqua e mais distal lateralmente. Suas fibras superficiais são contínuas sobre a patela com o tendão do músculo quadríceps femoral, de cujas partes medial e lateral elas descem, flanqueando a patela, para os lados da tuberosidade da tíbia, onde elas se fundem com a cápsula fibrosa, como os retináculos medial e lateral da patela. O ligamento da patela é separado da membrana sinovial por um grande coxim adiposo infrapatelar, da tíbia por uma bolsa sinovial e encontra-se no interior de sua própria bainha bem definida.

No procedimento da osteotomia tibial, a tíbia é cortada transversalmente um pouco acima da inserção do ligamento da patela. A falha na avaliação da obliquidade da inserção tibial do ligamento pode levar a uma secção inadvertida do ligamento durante este procedimento, com consequências desastrosas.

Todos os outros aspectos da articulação patelofemoral estão descritos com a articulação tibiofemoral.

ARTICULAÇÃO TIBIOFEMORAL

A articulação tibiofemoral é uma complexa articulação sinovial e é parte da articulação do joelho.

Faces articulares

Face articular superior da tíbia

A face articular superior da tíbia inclina-se posteriormente e para baixo em relação ao eixo longo da diáfise (Fig. 82.7). A inclinação, que é máxima ao nascimento, diminui com a idade e é mais marcante em indivíduos atarracados. A face articular superior da tíbia apresenta faces articulares medial e lateral para a articulação com os côndilos do fêmur correspondentes. A face articular, distal à margem articular, apresenta um sulco horizontal e áspero, ao qual a cápsula e a parte posterior do ligamento colateral tibial estão presas. A superfície anteromedial do côndilo medial da tíbia é uma faixa áspera, separada da superfície medial da diáfise da tíbia por uma crista pouco distinta. O retináculo medial da patela está preso ao côndilo medial da tíbia ao longo de suas superfícies anterior e medial, as quais são marcadas por forames vasculares.

A face articular medial é oval (eixo longo anteroposterior) e mais longa que a face articular lateral. Ao redor de suas margens anterior, medial e posterior, ela está relacionada ao menisco medial; a impressão meniscal, mais larga posteriormente e mais estreita anteromedialmente, é com frequência discernível. A face é plana em sua metade posterior e a metade anterior inclina-se para cima em torno de 10°. Grande parte da face posterior é coberta pelo menisco, de modo que, sob o ponto de vista global, uma superfície côncava é apresentada ao côndilo medial do fêmur. Sua margem lateral é elevada à medida que alcança a região intercondilar.

O côndilo lateral da tíbia sobrepõe-se à diáfise posterolateralmente acima de uma pequena face circular para articulação com a fíbula. A face articular lateral é mais circular e coaptada a seu menisco. No plano sagital, a face articular é bastante plana centralmente e, anterior e posteriormente, inclina-se inferiormente. De modo geral, isto cria uma superfície bastante convexa, de modo que, com o côndilo lateral do fêmur em contato, existem recessos anterior e posterior (triangulares ao corte), que são ocupados pelos cornos meniscais anterior e posterior. Em outros locais, a superfície tem uma margem medial elevada que se espalha para o tubérculo intercondilar lateral. Suas margens articulares são afiadas, exceto posterolateralmente, onde a borda é arredondada e lisa: aqui, o tendão do músculo poplíteo está em contato com o osso.

Área intercondilar

A área de superfície áspera entre as superfícies articulares condilares é mais estreita centralmente, onde existe uma eminência intercondilar, cujas bordas se projetam ligeiramente no sentido proximal como os tubérculos intercondilares lateral e medial. A área intercondilar alarga-se atrás e à frente da eminência, à medida que as faces articulares divergem (Fig. 82.8).

A área intercondilar anterior é mais larga anteriormente. Anteromedialmente, à frente da face articular medial, uma depressão marca o local de inserção do corno anterior do menisco medial. Atrás dele, uma área lisa recebe o ligamento cruzado anterior. O corno anterior do menisco lateral está preso anteriormente à eminência intercondilar, lateralmente ao ligamento cruzado anterior. A eminência, com tubérculos medial e lateral, é a parte central estreita da área. Considera-se que os tubérculos elevados proporcionam uma leve influência estabilizadora sobre o fêmur.

O corno posterior do menisco lateral está preso à inclinação posterior da área intercondilar. A área intercondilar posterior inclina-se para baixo e para trás, atrás do corno posterior do menisco lateral. Uma depressão atrás da base do tubérculo intercondilar medial é o local de fixação para o corno posterior do menisco medial. O restante da área é liso e proporciona inserção para o ligamento cruzado posterior, espalhando-se para trás até uma crista à qual a cápsula está presa.

Face articular do fêmur

Os côndilos do fêmur, recobertos por cartilagem articular, são quase completamente convexos. Opiniões quanto aos contornos de seus perfis sagitais tendem a variar. Uma visão é de que eles são espirais com uma curvatura aumentando posteriormente ("uma hélice fechada"), caso em que o côndilo lateral é maior. Uma visão alternativa entende que a superfície articular para contato com a tíbia no côndilo medial do fêmur descreve os arcos de dois círculos. De acordo com esta visão, o arco anterior faz contato com a tíbia próximo a uma extensão e é parte de um círculo virtual de raio maior do que o arco mais posterior, que faz contato durante uma flexão. Acredita-se que o côndilo lateral do fêmur seja descrito como um arco único, possuindo, assim, um único raio de curvatura.

A congruência tibiofemoral é melhorada pelos meniscos, os quais são amoldados para produzir a concavidade das superfícies apresentadas ao fêmur; a superfície tibiomeniscal lateral combinada é mais profunda. O côndilo lateral do fêmur tem um tênue sulco anteriormente, que se apoia sobre a margem periférica do menisco lateral em extensão completa. Um sulco similar aparece sobre o côndilo medial, mas não atinge sua borda lateral, onde uma estreita faixa contata a face articular medial da patela em flexão completa. Esses sulcos demarcam a face patelar e os côndilos do fêmur. As diferenças entre os formatos das superfícies articuladas correlacionam-se com os movimentos da articulação.

Meniscos

Os meniscos (cartilagens semilunares) são lâminas intracapsulares de fibrocartilagem em formato de lua crescente (Figs. 82.9 e 82.10). Eles servem para ampliar e aprofundar as superfícies articulares da tíbia que recebem os côndilos do fêmur. Suas bordas periféricas presas são espessas e convexas, e suas bordas internas livres são delgadas e côncavas. Suas regiões periféricas são vascularizadas por alças capilares derivadas da cápsula fibrosa e da membrana sinovial, ao passo que suas regiões internas são avasculares. Lacerações de meniscos são comuns. A maioria delas ocorre nas zonas internas avasculares e raramente se curam espontaneamente; se a cirurgia for indicada, esses meniscos são seccionados. As lacerações periféricas (*i.e.*, na zona vascularizada) têm o potencial de se cicatrizar satisfatoriamente se reparadas cirurgicamente. Os cornos dos meniscos são ricamente inervados em comparação com o restante do menisco. Os terços centrais são desprovidos de inervação (Gronblad *et al*, 1985). As superfícies proximais são lisas e côncavas e estão em contato com a cartilagem articular sobre os côndilos do fêmur. As superfícies distais são lisas e planas, apoiadas sobre a cartilagem articular da tíbia. Cada uma cobre aproximadamente dois terços de sua face articular na tíbia. Estruturas semelhantes a canais abrem-se sobre a superfície dos meniscos em bebês e crianças pequenas e podem transportar nutrientes para áreas avasculares mais profundas.

Duas regiões estruturalmente diferentes dos meniscos foram identificadas. Os dois terços internos de cada menisco consistem em feixes de colágeno radialmente organizados e o terço periférico consiste em feixes maiores organizados circunferencialmente (Ghadially *et al.*, 1983). As

Fig. 82.7 A face articular superior da tíbia esquerda. **1.** Tuberosidade da tíbia. **2.** Inserção do corno anterior do menisco lateral. **3.** Côndilo lateral. **4.** Inserção do corno posterior do menisco lateral. **5.** Inserção do corno anterior do menisco medial. **6.** Inserção do ligamento cruzado anterior. **7.** Côndilo medial. **8.** Eminência intercondilar. **9.** Inserção do corno posterior do menisco medial. **10.** Inserção do ligamento cruzado posterior.

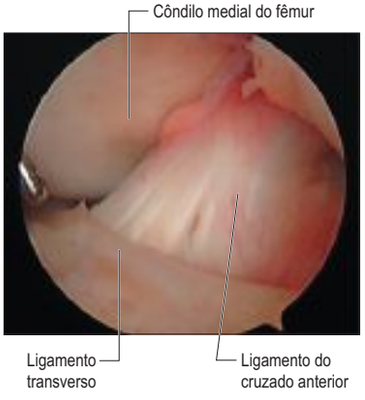


Fig. 82.8 A incisura intercondilar à artroscopia, mostrando os ligamentos cruzado anterior e intermeniscal. (Cortesia de Smith e Nephew Endoscopy.)

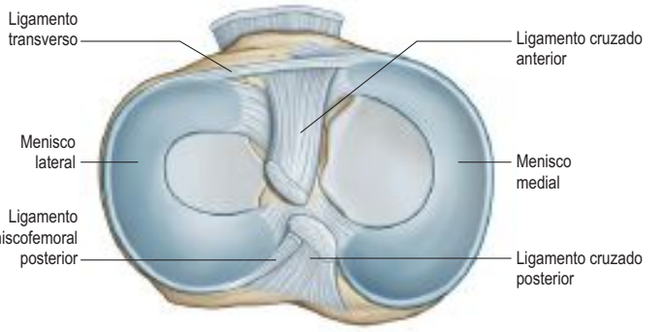


Fig. 82.9 Face superior da tíbia esquerda, mostrando os meniscos e as inserções dos ligamentos cruzados. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

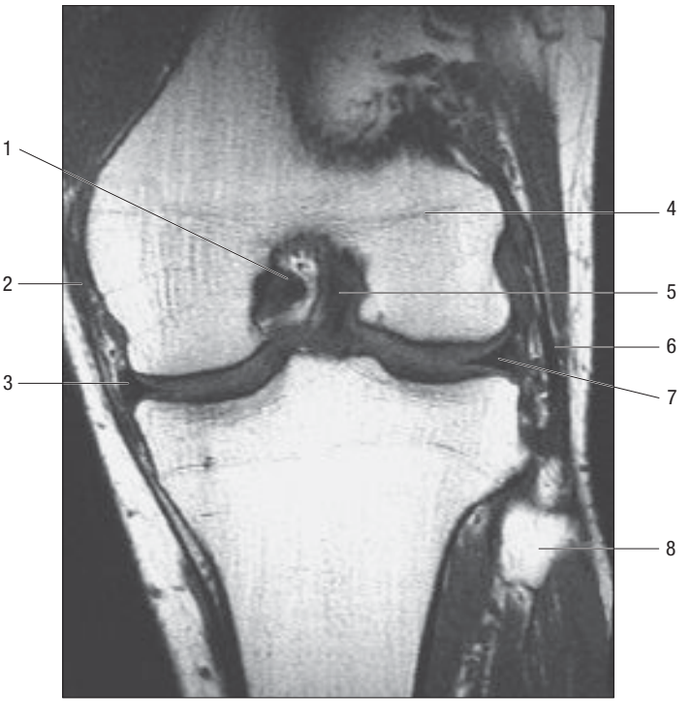


Fig. 82.10 Imagem de ressonância magnética (RM) coronal ponderada em T1 do joelho em um homem adulto. (Cortesia do Dr Justin Lee, Chelsea and Westminster Hospital, London.) **1.** Ligamento cruzado posterior. **2.** Ligamento colateral tibial. **3.** Menisco medial. **4.** Linha epifisial. **5.** Ligamento cruzado anterior. **6.** Ligamento colateral fibular. **7.** Menisco lateral. **8.** Cabeça da fíbula.

faces articulares da parte interna são revestidas por feixes de colágeno mais delgados dispostos paralelamente à superfície, enquanto a porção externa é coberta pela sinóvia. Este arranjo estrutural sugere funções biomecânicas específicas para as duas regiões: a porção interna do menisco é adequada para resistir a forças de compressão, enquanto a periferia é capaz de resistir a forças de tensão. Com o envelhecimento e a degeneração, alterações de composição que ocorrem nos meniscos reduzem sua capacidade de resistir a forças de tensão. O deslocamento dos meniscos para fora pelos côndilos do fêmur é resistido pela firme ancoragem das fibras circunferenciais periféricas ao tecido ósseo intercondilar nos cornos dos meniscos.

Os meniscos espalham a carga através do aumento da congruência da articulação; dão estabilidade através de sua presença física e como fornecedores de *feedback* proprioceptivo; provavelmente auxiliam na lubrificação; e podem amortecer o osso subjacente a partir das consideráveis forças geradas durante os extremos de flexão e extensão.

Menisco medial

O menisco medial, mais largo posteriormente, tem quase o formato de um semicírculo (Fig. 82.9). Ele está preso pelo seu corno anterior à área intercondilar anterior da tíbia em frente ao ligamento cruzado anterior; as fibras posteriores do corno anterior são contínuas com o ligamento transverso do joelho. O corno anterior encontra-se no assoalho de uma depressão medial à parte superior do ligamento da patela. O corno posterior está fixado à área intercondilar, entre as inserções do menisco lateral e o ligamento cruzado posterior. Sua borda periférica está presa à cápsula fibrosa e à superfície profunda do ligamento colateral tibial. A inserção tibial do menisco é conhecida como "ligamento coronário". Coletivamente, essas inserções garantem que o menisco medial esteja relativamente fixo e se mova muito menos que o menisco lateral.

Menisco lateral

O menisco lateral forma aproximadamente quatro quintos de um círculo e cobre uma área maior que o menisco medial. Sua largura, exceto em seus curtos cornos afilados, é mais ou menos uniforme. Ele é sulcado posterolateralmente pelo tendão do músculo poplíteo, o qual o separa do ligamento colateral fibular. Seu corno anterior é fixo em frente à eminência intercondilar, posterolateral ao ligamento cruzado anterior, com o qual ele se funde parcialmente. Seu corno posterior está preso atrás desta eminência, em frente ao corno posterior do menisco medial. Sua inserção anterior é contorcida, de modo que a margem livre esteja voltada posterior e superiormente e o corno anterior se apoie sobre a inclinação anterior do tubérculo intercondilar lateral. Próximo à sua inserção posterior, ele comumente envia um ligamento meniscofemoral posterior superomedialmente, atrás do ligamento cruzado posterior em direção ao côndilo medial do fêmur. Um ligamento meniscofemoral anterior também pode conectar o corno posterior ao côndilo medial do fêmur, anteriormente ao ligamento cruzado posterior. Os ligamentos meniscofemorais são frequentemente as únicas inserções do corno posterior do menisco lateral. Mais lateralmente, parte do tendão do músculo poplíteo está presa ao menisco lateral, de modo que a mobilidade de seu corno posterior pode ser controlada pelos ligamentos meniscofemorais e pelo músculo poplíteo. Um ligamento meniscofibular ocorre na maioria das articulações do joelho. Existe uma inserção tibial através de um ligamento coronário, mas o menisco não tem inserção óssea periférica na região do músculo poplíteo: na literatura cirúrgica, este espaço é referido como hiato poplíteo.

Menisco lateral discoide Um menisco lateral discoide ocorre em até 5% da população, com frequência bilateralmente. Os aspectos distintivos de um menisco discoide bilateral são seu formato e suas inserções ligamentosas posteriores. A seguinte classificação da anormalidade é baseada em Watanabe *et al.*, (1979). Em sua forma mais leve, o menisco discoide parcial é simplesmente uma forma mais larga de um menisco lateral normal. A borda livre medial aguda está interposta entre os côndilos do fêmur e da tíbia, mas não cobre completamente a face articular superior da tíbia. Um menisco discoide completo aparece como um disco bicôncavo com uma borda medial arredondada e cobre totalmente a face articular superior da tíbia lateralmente. O tipo Wrisberg de menisco tem o mesmo formato de um menisco discoide completo, mas sua única inserção periférica posterior dá-se através dos ligamentos meniscofemorais. A inserção tibial normal do corno posterior do menisco lateral está ausente, mas o ligamento meniscofemoral posterior persiste. Como resultado, este tipo de menisco está preso anteriormente à tíbia e posteriormente ao fêmur, o que torna o corno posterior instável. Sob estas circunstâncias, o menisco é passível de ser capturado entre o fêmur e a tíbia, o que é responsável pelo clássico sintoma de apresentação do "joelho estalando" em alguns pacientes. A etiologia do menisco discoide não é clara. A maioria é assintomática e frequentemente encontrada por acaso em uma artroscopia. Entretanto, esse menisco pode causar dificuldades na obtenção de acesso ao compartimento lateral à artroscopia.

O menisco medial discoide é extremamente raro.

Ligamento transverso do joelho

O ligamento transverso do joelho conecta a margem convexa anterior do menisco lateral ao corno anterior do menisco medial (Figs. 82.8 e 82.9). Ele varia em espessura e frequentemente está ausente. Seu exato papel é conjectural; presumivelmente, ele ajuda a diminuir a tensão gerada nas fibras circunferenciais longitudinais dos meniscos quando o joelho é submetido a uma carga. Um ligamento meniscomeniscal posterior está às vezes presente.

Ligamentos meniscofemorais

Os dois ligamentos meniscofemorais (LMFs) conectam o corno posterior do menisco lateral à face interna (lateral) do côndilo medial do fêmur (Figs. 82.11 e 82.12). O LMF anterior (LMFa; ligamento de Humphry) segue anteriormente ao ligamento cruzado posterior. O LMF posterior (LMFp; ligamento de Wrisberg) segue por trás do ligamento cruzado posterior e prende-se proximalmente à margem da inserção do ligamento cruzado posterior.

Estudos anatômicos revelaram que pelo menos um ligamento meniscofemoral estava presente em 92% dos joelhos examinados em cadáveres, enquanto os dois coexistiam em 32% (Gupte *et al.*, 2003). Estudos biomecânicos revelaram que a área transversal e a resistência dos ligamentos meniscofemorais são comparáveis àquelas do feixe de fibras posteriores do ligamento cruzado posterior.

Acredita-se que os ligamentos meniscofemorais atuem como travas secundárias, sustentando o ligamento cruzado posterior na minimização do deslocamento causado por forças direcionadas posteriormente sobre a tíbia. Esses ligamentos também estão envolvidos no controle do movi-

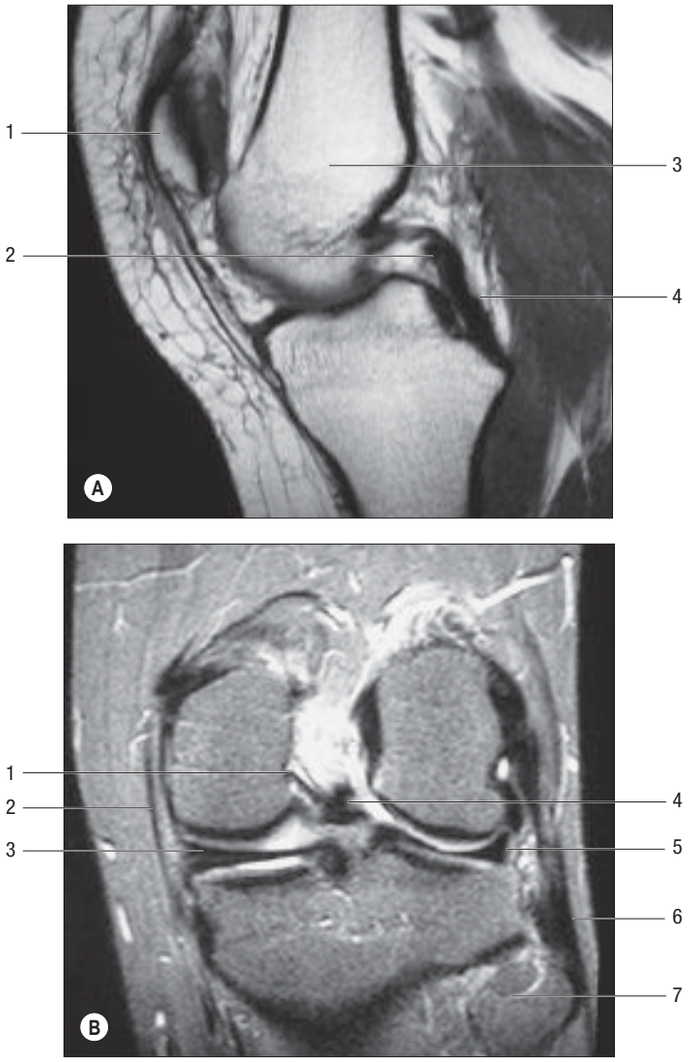


Fig. 82.11 A, Imagens de ressonância magnética (RM) ponderadas em T1 (corte sagital) e **B,** por STIR[1] (corte coronal) do joelho em um homem adulto, mostrando o ligamento meniscofemoral anterior. (Cortesia do Dr. Justin Lee, Chelsea and Westminster Hospital, London.) **A: 1.** Patela. **2.** Ligamento meniscofemoral de Humphry. **3.** Linha epifisial. **4.** Ligamento cruzado posterior. **B: 1.** Ligamento meniscofemoral anterior de Humphry. **2.** Ligamento colateral tibial. **3.** Menisco medial. **4.** Ligamento cruzado posterior. **5.** Menisco lateral. **6.** Ligamento colateral fibular. **7.** Cabeça da fíbula.

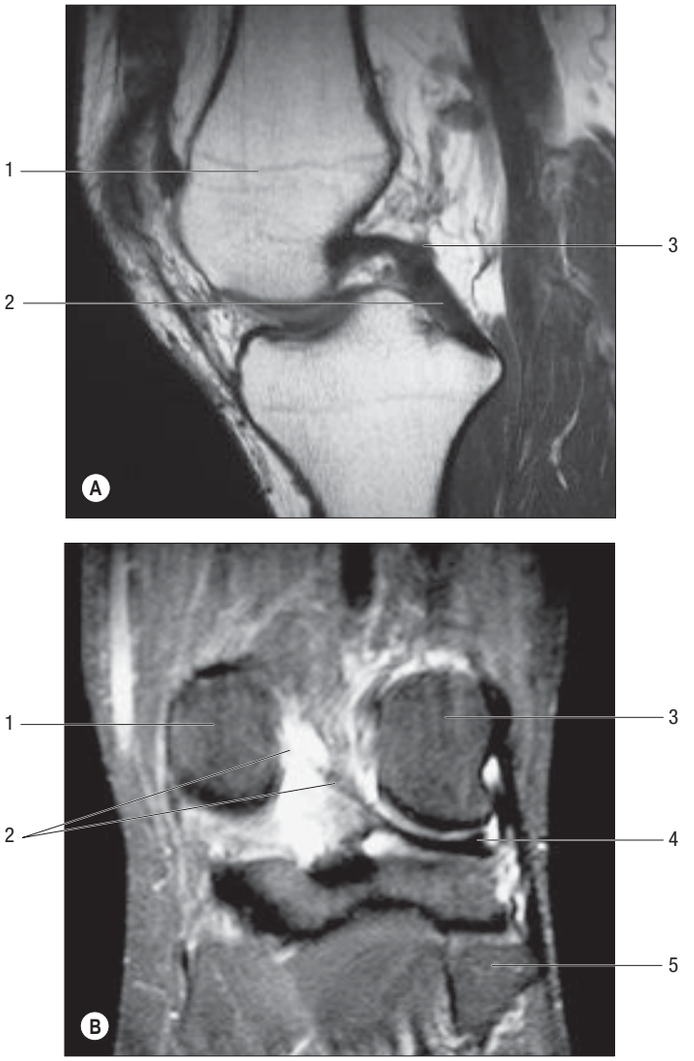


Fig. 82.12 A, Imagens de ressonância magnética (RM) ponderadas em T1 (corte sagital) e **B,** por STIR (corte coronal) do joelho em um homem adulto, mostrando o ligamento meniscofemoral posterior. (Com gentil permissão de Dr Justin Lee, Chelsea and Westminster Hospital, London.) **A: 1.** Linha epifisial. 2**.** Ligamento cruzado posterior. **3.** Ligamento meniscofemoral posterior de Wrisberg. **B: 1.** Côndilo medial do fêmur. **2.** Ligamento meniscofemoral posterior de Wrisberg. **3.** Côndilo lateral do fêmur. **4.** Menisco lateral. **5.** Cabeça da fíbula.

[1] **Nota da tradução:** STIR, tempo de recuperação de inversão curto (*short tau inversion recovery*).

mento do menisco lateral em conjunto com o tendão do músculo poplíteo durante uma flexão.

Tecidos moles

Avanços recentes na cirurgia dos ligamentos do joelho têm contribuído para uma melhor compreensão da anatomia dos tecidos moles mediais e laterais do joelho.

Cápsula e retináculos

A cápsula é uma membrana fibrosa de espessura variável. Anteriormente, é substituída pelo ligamento da patela e não segue proximal à patela ou sobre a área patelar. Em outros locais, ela encontra-se abaixo de expansões dos músculos vastos medial e lateral, separada deles por um plano de tecido conjuntivo frouxo vascularizado. As expansões estão presas às margens e ao ligamento da patela, estendendo-se para trás dos ligamentos colaterais correspondentes e distalmente aos côndilos da tíbia. Elas formam os retináculos medial e lateral da patela, sendo o lateral reforçado pelo trato iliotibial.

Posteriormente, a cápsula contém fibras verticais que se originam das margens articulares dos côndilos do fêmur e da linha intercondilar, e da parte proximal da tíbia. As fibras seguem principalmente para baixo e um pouco medialmente. O ligamento poplíteo oblíquo é um espessamento bem definido através da face posteromedial da cápsula e é essencialmente uma extensão do tendão de inserção do músculo semimembranáceo.

Tecidos moles mediais

Os tecidos moles mediais (Figs. 80.25 e 82.13) estão organizados em três camadas (Warren & Marshall 1979).

Camada 1 A camada 1, a mais superficial, é a fáscia profunda que reveste o músculo sartório. O nervo safeno e seu ramo infrapatelar estão superficiais à fáscia. O músculo sartório insere-se na fáscia como uma expansão, em vez de como um tendão distinto. A fáscia da camada 1 espalha-se inferior e anteriormente para se dispor superficialmente aos tendões dos músculos grácil e semitendíneo – distintos e facilmente identificáveis – e suas inserções. Estes dois tendões são comumente coletados para a reconstrução cirúrgica de ligamentos cruzados lesados. Para obter acesso a eles, a margem superior do músculo sartório deve ser identificada. A fáscia do músculo sartório (camada 1) é, em seguida, cortada para revelar os tendões. Abaixo dos tendões está a bolsa anserina, que se sobrepõe ao ligamento colateral tibial superficial: esta bolsa sinovial é às vezes o local de uma inflamação, especialmente em atletas de trilhas e campos. Posteriormente, a camada 1 se sobrepõe aos tendões do músculo gastrocnêmio e às estruturas da fossa poplítea. Anteriormente, a camada 1 se funde com o limite anterior da camada 2 e com o retináculo medial da patela. Mais inferiormente, a camada 1 se funde com o periósteo.

Uma condensação de tecido segue da borda medial da patela até o epicôndilo medial do fêmur (o ligamento patelofemoral medial), o corno anterior do menisco medial (o ligamento meniscopatelar) e o côndilo medial da tíbia (o ligamento patelotibial).

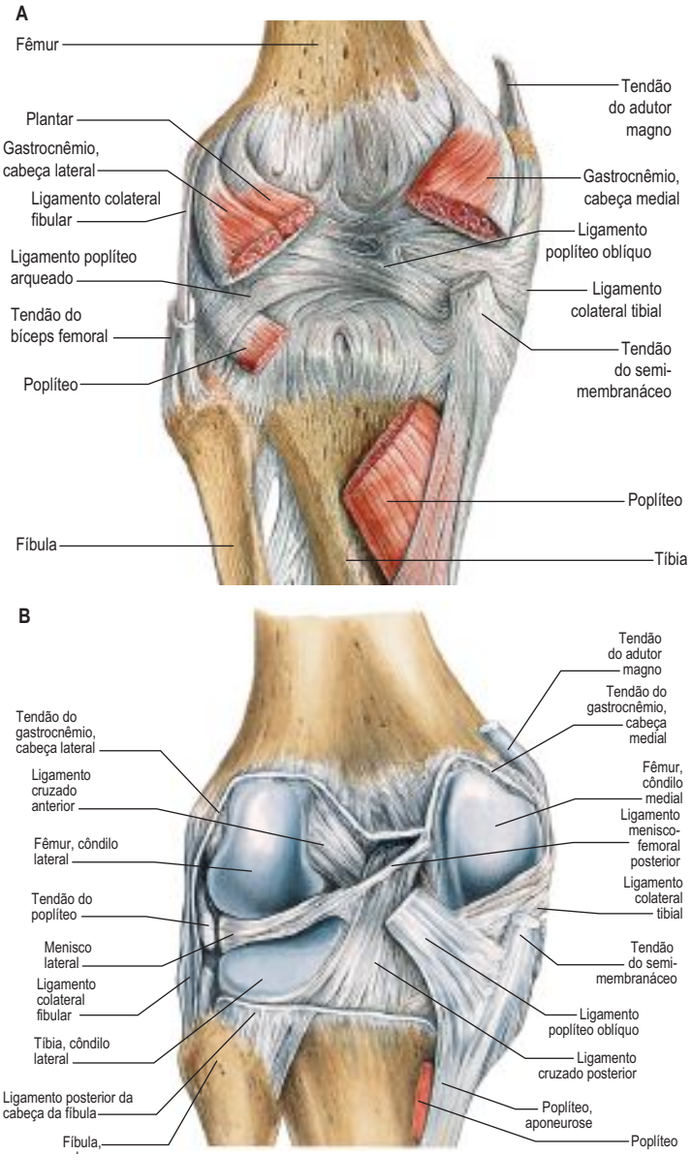


Fig. 82.13 Dissecção posterior do joelho. **A,** Cápsula intacta. **B,** Cápsula removida. (De Sobotta 2006.)

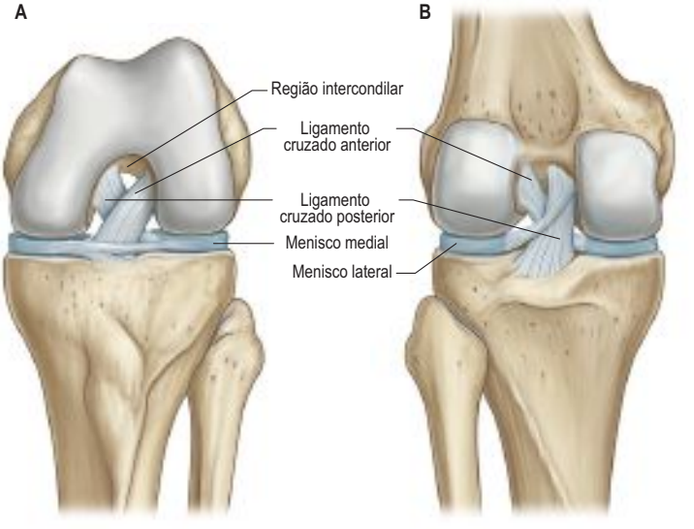


Fig. 82.14 A articulação do joelho esquerdo. **A,** Face anterior em flexão completa. **B,** Face posterior em extensão. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

Camada 2 A camada 2 é o plano do ligamento colateral tibial superficial, o que significa que os tendões dos músculos grácil e semitendíneo se encontram entre as camadas 1 e 2. O ligamento colateral tibial superficial tem porções vertical e oblíqua. A porção vertical contém fibras verticalmente orientadas que seguem do epicôndilo medial do fêmur até uma grande inserção sobre a superfície medial da região proximal da diáfise da tíbia. Ela estende-se até uma área em torno de 5 cm distalmente à linha da articulação. Sua margem anterior é arredondada e vista com facilidade logo posteriormente às inserções dos músculos grácil e semitendíneo, uma vez que a camada 1 tenha sido aberta. As fibras oblíquas, localizadas posteriormente, seguem posteroinferiormente do epicôndilo medial do fêmur para se fundir com a camada 3 subjacente (cápsula), efetivamente para se inserir à margem articular posteromedial da tíbia e ao corno posterior do menisco medial. Esta área é reforçada por uma parte da inserção do músculo semimembranáceo. Existe uma fenda vertical na camada 2, anterior ao ligamento colateral tibial superficial. As fibras anteriormente à fenda seguem superiormente para se fundir com a fáscia do músculo vasto medial e à camada 1 no retináculo medial da patela. As fibras posteriormente à fenda seguem superiormente ao epicôndilo medial e daí anteriormente, como o ligamento patelofemoral medial.

Camada 3 A camada 3 é a cápsula da articulação do joelho e pode ser separada da camada 2 em vários locais, exceto anteriormente, próximo à patela, onde ela se funde com as camadas mais superficiais. Abaixo do ligamento colateral tibial superficial, ela é espessa e tem fibras verticalmente orientadas que formam o ligamento colateral tibial profundo. Ele envia fibras para o menisco medial. Anteriormente, a separação das partes superficial e profunda do ligamento colateral tibial é distinta. Posteriormente, as camadas 2 e 3 se fundem para formar uma cápsula posteromedial conjunta.

Tecidos moles laterais

Os tecidos moles laterais (Figs. 82.13 e 82.15) também estão organizados em três camadas (Seebacher *et al.*, 1982). Mais superficialmente está o retináculo lateral da patela. A camada média consiste nos ligamentos colateral fibular, popliteofibular, fabelofibular e poplíteo arqueado. A camada profunda é a parte lateral da cápsula.

O retináculo lateral da patela consiste em uma porção superficial oblíqua e uma porção profunda transversa. A primeira segue do trato iliotibial até a patela. A última é mais espessa e subdividida em três partes: o ligamento patelofemoral lateral, que segue da borda lateral da patela até o epicôndilo lateral do fêmur; o retináculo transverso, que segue do trato iliotibial até a porção intermédia da patela; e a faixa patelotibial, que segue da patela até o côndilo lateral da tíbia.

A fáscia lata e o trato iliotibial encontram-se posteriormente ao retináculo lateral. Elas unem-se distalmente para se inserir sobre a tíbia no tubérculo do trato iliotibial (de Gerdy) na região proximal anterolateral da tíbia, e algumas fibras continuam até a tuberosidade da tíbia. Proximalmente, a fáscia lata se funde com o septo intermuscular lateral. Posteriormente, ela se funde com a fáscia do músculo bíceps femoral. Aqui, à medida que ela emerge por trás do tendão do músculo bíceps femoral, o nervo fibular comum encontra-se em uma delgada camada de gordura unida pela fáscia.

O ligamento colateral fibular origina-se do epicôndilo lateral do fêmur, posteriormente à inserção do músculo poplíteo e bem proximal ao sulco poplíteo. Ele é uma estrutura semelhante a um cordão que segue distalmente, superficialmente ao tendão do músculo poplíteo e abaixo do retináculo lateral da patela, para se prender à cabeça da fíbula, onde ele se funde ao tendão do músculo bíceps femoral imediatamente anterior ao ápice da cabeça da fíbula. O ligamento está separado da cápsula por uma delgada camada de gordura e pelos vasos inferiores laterais do joelho.

O único estabilizador mais importante da região posterolateral do joelho é o ligamento popliteofibular. Ele segue do tendão do músculo poplíteo a um nível logo abaixo da linha da articulação, posterior, lateral e inferiormente, até a cabeça da fíbula. Ele é provavelmente o que era previamente descrito como o ligamento lateral curto do joelho. Como uma "amarra" passiva, combinada ao tendão do músculo poplíteo proximal a ele, o ligamento resiste à rotação lateral da tíbia. Sua conexão ao tendão do músculo poplíteo também permite a realização de uma tensão "dinâmica".

O ligamento fabelofibular é uma condensação de fibras que segue da fabela, ou da cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, caso a fabela esteja ausente, até o ápice da cabeça da fíbula. O ligamento poplíteo arqueado é uma condensação de fibras que segue do ápice da cabeça da fíbula, posteromedialmente sobre o tendão emergente do músculo poplíteo, abaixo do nível da face articular superior da tíbia, até a área intercondilar da tíbia. A cápsula articular lateral é delgada e funde-se posteriormente com o ligamento poplíteo arqueado. Anteriormente, forma o fraco ligamento coronário frouxo, que prende a borda inferior do menisco à parte lateral da tíbia.

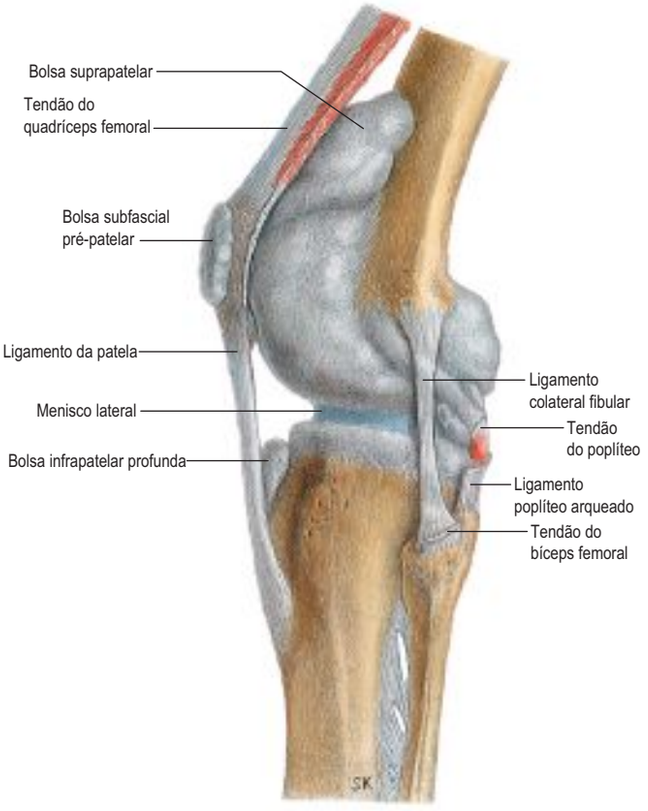


Fig. 82.15 Articulação do joelho (face lateral); a cavidade sinovial está distendida e a membrana sinovial aparece em cinza. (De Sobotta 2006.)

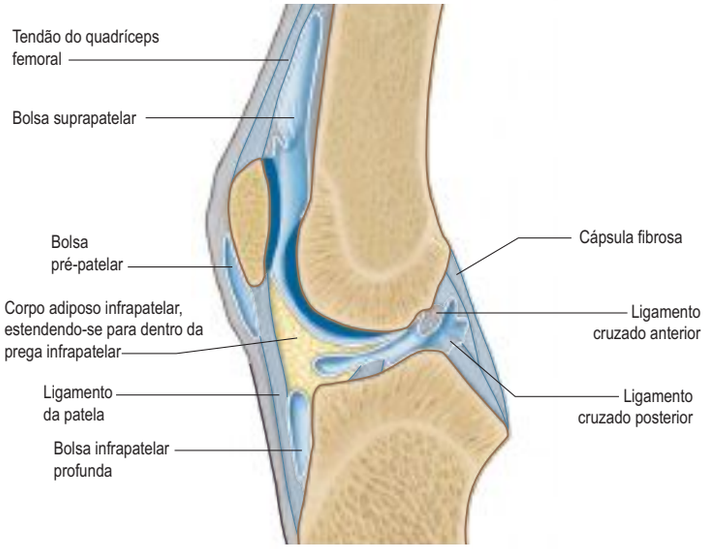


Fig. 82.16 Corte sagital através da articulação do joelho esquerdo: face lateral.

Ligamentos

Ligamentos cruzados

Os ligamentos cruzados, assim denominados porque cruzam entre si, são estruturas intracapsulares muito resistentes. O ponto de cruzamento está localizado um pouco posterior ao centro da articulação. Eles são denominados anterior e posterior em relação às suas inserções na tíbia (Fig. 82.14). A membrana sinovial quase sempre circunda os ligamentos, mas está refletida posteriormente do ligamento cruzado posterior para partes adjacentes da cápsula: a parte intercondilar da região posterior da cápsula fibrosa, portanto, não tem revestimento sinovial.

Ligamento cruzado anterior

O ligamento cruzado anterior está preso à área intercondilar anterior da tíbia, imediatamente anterior e ligeiramente lateral ao tubérculo intercondilar medial, fundindo-se parcialmente com o corno anterior do menisco lateral (Figs. 82.8 e 82.9). Ele sobe posterolateralmente, enovelando sobre si mesmo e irradiando-se para se inserir em uma posição alta sobre a face posteromedial do côndilo lateral do fêmur (Girgis *et al.*, 1975). O comprimento e a largura médios de um ligamento cruzado anterior de um adulto são de 38 mm e 11 mm, respectivamente. Ele é formado por dois, possivelmente três feixes funcionais não aparentes a olho nu, mas que podem ser demonstrados por técnicas de microdissecção. Os feixes são denominados anteromedial, intermédio e posterolateral, de acordo com suas inserções tibiais (Amis e Dawkins 1991).

Ligamento cruzado anterior ausente A ausência congênita do ligamento cruzado anterior é rara. A doença está usualmente associada à displasia do membro inferior (Thomas *et al.*, 1985) e pode ser uma causa da instabilidade do joelho.

Ligamento cruzado posterior

O ligamento cruzado posterior é mais espesso e mais resistente que o ligamento cruzado anterior (Fig. 82.9), sendo o comprimento e a largura médios de um ligamento cruzado posterior em um adulto 38 mm e 13 mm, respectivamente. O ligamento está preso à superfície lateral do côndilo medial do fêmur e estende-se sobre a parte anterior do teto da incisura intercondilar, onde sua inserção é extensa na direção anteroposterior. Suas fibras são adjacentes à face articular. Elas seguem distal e posteriormente até uma inserção bastante compacta posteriormente na região intercondilar e em uma depressão na parte posterior adjacente da tíbia, o que proporciona uma estrutura semelhante a um leque, na qual a orientação das fibras é variável. Os feixes anterolateral e posteromedial são definidos: eles são denominados (contrariamente à convenção) de acordo com suas inserções no fêmur. O feixe anterolateral tensiona em flexão, enquanto o feixe posteromedial é tenso durante uma extensão do joelho. Cada feixe afrouxa-se enquanto o outro se torna tenso. Ao contrário do ligamento cruzado anterior, o posterior não é isométrico durante o movimento do joelho, isto é, a distância entre as inserções varia com a posição do joelho. O ligamento cruzado posterior rompe menos comumente do que o ligamento cruzado anterior; a ruptura do posterior é usualmente mais bem tolerada por pacientes do que a do ligamento cruzado anterior.

Membrana sinovial, pregas sinoviais e coxins adiposos

A membrana sinovial do joelho é a mais extensa e complexa do corpo. Ela forma uma grande bolsa suprapatelar entre o músculo quadríceps femoral e a parte inferior da diáfise do fêmur, proximal à margem superior da patela (Fig. 82.16). A bolsa sinovial é uma extensão da cavidade articular. A inserção do músculo articular do joelho em sua face proximal previne que a bolsa colapse para o interior da articulação. Ao longo da patela, a membrana estende-se abaixo da aponeurose dos músculos vastos, especialmente sob o músculo vasto medial. Ela estende-se proximalmente em torno da largura de uma mão acima do polo superior da patela. Distalmente à patela, a membrana sinovial é separada do ligamento da patela por um coxim adiposo infrapatelar. No local em que ela se encontra, abaixo do coxim adiposo, a membrana projeta-se para dentro da articulação como duas franjas, as pregas alares, as quais apresentam vilos. As pregas convergem posteriormente para formar uma prega sinovial infrapatelar única, que se curva posteriormente à sua inserção na fossa intercondilar do fêmur (Fig. 82.17). Essa prega pode ser um vestígio do limite inferior de uma articulação femoropatelar originalmente separada. A extensão da prega infrapatelar varia de um delgado cordão até uma completa membrana que pode obstruir a passagem de instrumentos durante uma artroscopia do joelho. Quando substancial, ela pode ser confundida com o ligamento cruzado anterior, o qual está diretamente posterior a ela. A prega estende-se na linha mediana, anteriormente à prega alar medial, medialmente à bolsa suprapatelar. Ocasionalmente, ela pode estar espessada e inflamada, usualmente após um trauma agudo ou crônico.

As pregas suprapatelares são remanescentes de um septo embrionário que separa completamente a bolsa suprapatelar da articulação do joelho. Muito ocasionalmente, um septo persiste, seja em sua integridade, seja perfurado por uma pequena abertura periférica. Corpos frouxos podem se encontrar ocultos acima deste septo.

O corpo adiposo infrapatelar é a maior parte de um anel adiposo extrassinovial circunferencial, que se estende ao redor das margens patelares (Newell 1991).

Nas laterais da articulação, a membrana sinovial desce do fêmur e reveste a cápsula até os meniscos, cujas superfícies não têm cobertura sinovial. Posterior ao menisco lateral, a membrana forma um recesso poplíteo entre um sulco sobre a superfície meniscal e o tendão do músculo poplíteo, o qual pode se conectar à articulação tibiofibular proximal. A relação da membrana sinovial com os ligamentos cruzados é descrita anteriormente.

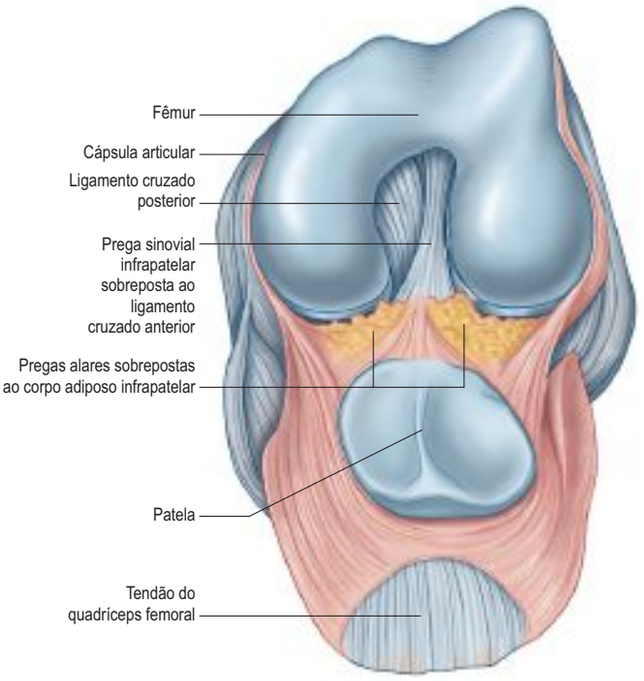


Fig. 82.17 Articulação do joelho esquerdo em flexão completa: o tendão do músculo quadríceps femoral foi seccionado e o retalho patelar retraído distalmente. Compare com a **Figura 82.14A**.

Bolsas sinoviais

Numerosas bolsas sinoviais estão associadas ao joelho. Anteriormente, existe uma grande bolsa subtendínea pré-patelar subcutânea, entre a metade inferior da patela e a pele; uma pequena bolsa infrapatelar profunda, entre a tíbia e o ligamento patelar; uma bolsa subcutânea infrapatelar, entre a parte distal da tuberosidade da tíbia e a pele; e uma grande bolsa suprapatelar, que é a extensão superior da cavidade articular do joelho (Fig. 82.16). Posterolateralmente, existem bolsas entre a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio e a cápsula articular (esta bolsa é às vezes contínua com a cavidade articular); entre o ligamento colateral fibular e o tendão do músculo bíceps femoral; entre o ligamento colateral fibular e o tendão do músculo poplíteo; entre o tendão do músculo poplíteo e o côndilo lateral do fêmur, a qual é usualmente uma extensão da cavidade sinovial da articulação. As duas últimas bolsas podem se comunicar.

Medialmente, o arranjo das bolsas é complexo. A bolsa entre a cabeça medial do músculo gastrocnêmio e a cápsula fibrosa é prolongada entre o tendão medial do gastrocnêmio e o tendão do músculo semimembranáceo (a bolsa do músculo semimembranáceo), e usualmente se comunica com a articulação. A bolsa entre o tendão do músculo semimembranáceo, o côndilo medial da tíbia e a cabeça medial do músculo gastrocnêmio pode se comunicar com a do membranáceo. Existe uma bolsa entre o ligamento colateral tibial e os tendões dos músculos sartório, grácil e semitendíneo (a bolsa anserina). As bolsas que variam em número e posição encontram-se abaixo do ligamento colateral tibial, entre a cápsula, o fêmur, o menisco medial, a tíbia ou o tendão do músculo semimembranáceo. Ocasionalmente, pode existir uma bolsa entre os tendões dos músculos semimembranáceo e semitendíneo.

Posteriormente, as bolsas associadas ao joelho são variáveis.

As bolsas clinicamente importantes são o grupo anterior, a bolsa anserina e a bolsa do músculo semimembranáceo. As inflamações da bolsa subcutânea pré-patelar e da bolsa infrapatelar profunda são referidas de modo coloquial como "joelho da dona-de-casa" e "joelho do sacerdote", respectivamente. A bolsa anserina pode se tornar inflamada em atletas. Em adultos, a inflamação das bolsas que produz um inchaço da fossa poplítea ocorre comumente secundária à degeneração na articulação do joelho: independentemente do tamanho e da posição, ela quase sempre se origina no plano entre o músculo semimembranáceo e o tendão medial do músculo gastrocnêmio.

Movimentos

Os movimentos no joelho são habitualmente descritos como flexão, extensão, rotação medial e rotação lateral. A flexão e a extensão diferem de um verdadeiro movimento em dobradiça pelo fato de os perfis das faces articulares do fêmur e da tíbia produzirem um eixo de rotação de posição variável durante o arco de flexão e, quando o pé está fixo, a flexão empreende uma rotação lateral conjunta (acoplada) correspondente. Essas rotações conjuntas são um produto da complexa geometria das faces articulares e, até certo ponto, da disposição dos ligamentos associados. Existe um movimento diferencial nos compartimentos tibiofemoral medial e lateral. Lateralmente, existe um considerável deslocamento do fêmur e da tíbia, com rolamento e deslizamento da face articular. Em contraste, medialmente, para a maior parte do arco de flexão, existe um mínimo movimento relativo do fêmur e da tíbia, movimento que envolve quase exclusivamente uma face articular deslizando sobre a outra. Na flexão completa, o côndilo lateral do fêmur está próximo a uma subluxação posterior para fora da região lateral da face articular superior da tíbia. Medialmente, um significativo deslocamento posterior do fêmur ocorre apenas quando a flexão excede 120°. Os meniscos movem-se com os côndilos do fêmur, os cornos anteriores mais do que os posteriores e o menisco lateral consideravelmente mais do que o medial.

As rotações axiais têm uma variação menor que o arco de flexão e de extensão. Estas extensões são conjuntas e são integrais com a flexão e a extensão, ou seja, elas são obrigatórias. Elas também podem ser suplementares e independentes, isto é, voluntárias, e são mais bem demonstradas com o joelho semiflexionado. Consequentemente, o grau de rotação axial varia com a flexão e a extensão.

A faixa de extensão é de 5-10° além da "posição reta". A flexão ativa é de aproximadamente 120° com o quadril estendido, 140° quando ele está flexionado e 160° quando ajudado por um elemento passivo, como a posição sentada sobre os calcanhares. A rotação voluntária é de 60-70°, mas a rotação conjunta é de apenas 20°.

A rotação medial conjunta do fêmur sobre a tíbia nos estágios tardios de extensão é parte de um mecanismo de "fechamento", o chamado "movimento de aparafusamento", que é um recurso/vantagem quando os joelhos plenamente estendidos são submetidos a uma tensão. A extensão completa resulta na posição de alta compactação, com espiralização e tensionamento máximos dos ligamentos. Os papéis das faces articulares, da musculatura e dos ligamentos em gerar as rotações conjuntas permanecem controversos (Girgis *et al.*, 1975, Rajendran 1985), mas os seguintes pontos podem ser feitos. A "superfície de recebimento" meniscotibial combinada lateral é menor, mais circular e mais profundamente côncava. Uma vez a face articular seja quase convexa em corte sagital, a profundidade da superfície de recebimento deve-se grandemente à presença do menisco lateral. A face articular lateral do fêmur também é menor. Consequentemente, o côndilo lateral do fêmur se aproxima da congruência total com a superfície oposta em torno de 30° antes da extensão completa (bem antes do côndilo medial). A extensão simples não pode continuar, mas a rotação medial do fêmur ocorre sobre um eixo vertical através de sua cabeça e de seu côndilo medial: o côndilo medial do fêmur move-se muito pouco no plano sagital e é estabilizado pela "inclinação para cima" da metade anterior da parte medial da tíbia, enquanto a rotação do côndilo lateral do fêmur e do menisco lateral traz o corno anterior deste último sobre a "inclinação para baixo" anterior do côndilo lateral da tíbia. A rotação e a extensão seguem simultânea e delicadamente, até que o acondicionamento compactado final de ambos os côndilos seja realizado. No início da flexão a partir de uma extensão completa (com o pé fixo), ocorre a rotação lateral do fêmur, que "abre" a articulação. Enquanto as faces articulares e muitos ligamentos estão envolvidos, evidências eletromiográficas revelam que a contração do músculo poplíteo é importante e que ele traciona para baixo e para trás sobre o côndilo lateral do fêmur, lateralmente ao eixo de rotação femoral. Ele também retrai o corno posterior durante a rotação lateral e a flexão continuada, através de sua inserção no menisco lateral, prevenindo assim uma compressão traumática.

Qualquer posição de extensão adotada é um equilíbrio entre as forças (torque) que estende a articulação e os mecanismos passivos que resistem a elas. A faixa próximo à compactação intensa é funcionalmente importante. Na posição de pé simétrica, a linha do peso corporal é anterior aos eixos transversais das articulações dos joelhos, mas os mecanismos passivos mencionados anteriormente preservam a postura com um mínimo esforço muscular (Joseph 1960). A contração ativa dos extensores e uma posição de alta compactação ocorrem apenas em posturas assimétricas, como em inclinação para a frente, no carregamento de cargas ou quando um vigoroso empurrão é necessário.

Na extensão, partes dos dois ligamentos cruzados, os ligamentos colaterais tibial e fibular, e a região capsular posterior, o ligamento poplíteo oblíquo, a pele e as fáscias estão todos retesados. Uma tensão passiva, e às vezes ativa, existe nos tendões e no músculo gastrocnêmio e a parte anterior do menisco medial é comprimida entre os côndilos do fêmur e da tíbia. Durante a extensão, o ligamento da patela é tensionado pelo músculo quadríceps femoral, mas é relaxado na atitude ereta. Quando o joelho se flexiona, o ligamento colateral fibular e a parte posterior do ligamento colateral tibial relaxam, mas os ligamentos cruzados e a parte anterior do ligamento colateral tibial permanecem retesados: as partes posteriores dos meniscos são comprimidas entre os côndilos do fêmur e da tíbia. A flexão é restringida pelo músculo quadríceps femoral, pelas

partes anteriores da cápsula, pelo ligamento cruzado posterior e pela compressão dos tecidos moles atrás do joelho. Na flexão passiva extrema, o contato da panturrilha com a coxa pode ser o fator limitante e partes de ambos os ligamentos cruzados também estão tensos. Além da rotação conjunta com a extensão terminal ou a flexão inicial, os ligamentos colaterais relaxados também permitem uma rotação medial ou lateral independente (rotação acessória) quando a articulação está flexionada.

Movimentos acessórios

Uma rotação mais ampla pode ser obtida por movimentos passivos quando o joelho está semiflexionado. Até certo ponto, a tíbia também pode ser movimentada para trás e para a frente do fêmur. A abdução e a adução são impedidas na extensão completa pelos ligamentos colaterais e por restrições secundárias, tais como os ligamentos cruzados. Com o joelho ligeiramente flexionado, a adução e abdução limitadas são possíveis, tanto a passiva quanto a ativa. Uma ligeira separação entre o fêmur e a tíbia pode ser atingida por uma forte tração sobre a perna, com uma contratração aplicada à coxa.

Músculos que produzem o movimento

Flexão Bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo, auxiliados por grácil, sartório e poplíteo. Com o pé estacionário, o gastrocnêmio e o plantar também auxiliam (Fig. 82.3).

Extensão Quadríceps femoral, auxiliado pelo tensor da fáscia lata.

Rotação medial da perna flexionada Poplíteo, semimembranáceo e semitendíneo, auxiliados por sartório e grácil.

Rotação lateral da perna flexionada Bíceps femoral.

Relações e estruturas em risco

Anteriormente estão o tendão do músculo quadríceps femoral (o qual envolve e está preso às superfícies não articulares da patela), o ligamento da patela, as expansões tendíneas dos músculos vastos medial e lateral (as quais se estendem sobre as faces anteromedial e anterolateral da cápsula, respectivamente) e os retináculos da patela. Posteromedialmente encontram-se o músculo sartório e o tendão do músculo grácil, que se encontra ao longo de sua borda posterior, ambos descendo através da articulação. Posterolateralmente, o tendão do músculo bíceps femoral e o nervo fibular comum (que se encontra medial ao tendão) estão em contato com a cápsula e, com isso, estão separados do tendão do músculo poplíteo. Posteriormente, a artéria poplítea e os linfonodos associados se encontram posteriormente ao ligamento poplíteo oblíquo; a veia poplítea é posteromedial ou medial e o nervo tibial é posterior a ambos. O nervo e os vasos são sobrepostos por ambas as cabeças do músculo gastrocnêmio e lateralmente pelo músculo plantar. O gastrocnêmio entra em contato com as cápsulas a cada lado dos vasos. O músculo semimembranáceo encontra-se entre a cápsula e o músculo semitendíneo, medialmente à cabeça medial do músculo gastrocnêmio.

Fatores que mantêm a estabilidade

O controle da estabilidade do joelho é de considerável importância.

Articulação patelofemoral

O alinhamento das diáfises do fêmur e da tíbia é tal que a tração do músculo quadríceps femoral impõe uma força sobre a patela que é direcionada tanto superior quanto lateralmente. Os fatores ósseos estáticos que se opõem a esta tendência de movimentar lateralmente são a congruência da articulação patelofemoral e o efeito de sustentação da parte lateral maior do sulco troclear. Pode ocorrer instabilidade se a patela for pequena, se colocada em uma posição muito alta acima da tróclea ou se o sulco troclear for muito raso. Os fatores ligamentares estáticos são o ligamento patelofemoral medial e o retináculo medial da patela.

O controle muscular dinâmico é importante. A parte mais distal do músculo vasto medial (vasto medial oblíquo) consiste em fibras transversais que estão presas diretamente à borda medial da patela: elas tracionam a patela medialmente, opondo-se à tendência do movimento lateral. Este músculo é preferencialmente reforçado em um programa de fisioterapia destinado ao tratamento de problemas patelofemorais.

Articulação tibiofemoral

As superfícies da articulação tibiofemoral são inerentemente instáveis, em especial lateralmente. Alguma estabilidade é oferecida, medialmente, pela superfície tibial relativamente côncava e pelo corno posterior do menisco medial relativamente fixo. Tanto medial quanto lateralmente, os meniscos são úteis, particularmente à medida que se movimentam com os côndilos do fêmur. Os ligamentos desempenham um importante papel no fornecimento de estabilidade: sua função é parcialmente estática, no que se unem aos ossos em posições de extremo estresse, mas eles também proporcionam um *feedback* proprioceptivo que auxilia a coordenação da estabilização da atividade muscular. Assumindo uma visão um tanto "bidimensional", os ligamentos colaterais tibial e fibular podem ser considerados resistores de forças em valgo e em varo sobre o joelho, respectivamente, e os ligamentos cruzados anterior e posterior considerados resistores da translação tibial anterior e posterior, respectivamente. Entretanto, na realidade, a situação é mais complexa. Os estresses são raramente aplicados em planos ortogonais e, deste modo, uma combinação de forças – especialmente rotacionais – está envolvida. Além do mais, muitas estruturas diferentes dos ligamentos colaterais e cruzados estão envolvidas na estabilização da articulação. O "canto posterolateral", que resiste à rotação lateral da tíbia, consiste nos ligamentos popliteofibular, fabelofibular, poplíteo arqueado, colateral fibular e no trato iliotibial, juntamente com o músculo poplíteo, a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio e o músculo bíceps femoral. O "canto posteromedial", que resiste à rotação tibial, consiste na porção oblíqua posterior do ligamento colateral tibial superficial, na cápsula (incluindo o ligamento poplíteo oblíquo) e no músculo semimembranáceo. Uma vez que os estresses são frequentemente uma combinação de força mais rotação, as estruturas geralmente operam juntas em vez de isoladamente.

Carga no joelho

Durante uma caminhada em terreno nivelado, a força através da articulação tibiofemoral para a maior parte do ciclo encontra-se entre duas e quatro vezes o peso corporal, e pode ser maior. Em contraste, a força através da articulação patelofemoral não corresponde a mais do que 50% do peso corporal. O pico de transmissão de força através da articulação aumenta sequencialmente à medida que os meniscos, a cartilagem articular e o tecido ósseo subcondral são lesados ou removidos. Subir ou descer escadas tem pouca influência sobre as forças tibiofemorais, porém aumenta significativamente as forças patelofemorais em duas (subir) ou três (descer) vezes o peso corporal, refletindo o ângulo alterado do tendão do músculo quadríceps femoral e do ligamento da patela durante a flexão. Existem dois mecanismos para aperfeiçoar as forças transmitidas através da patela: o braço de alavanca dos extensores é alongado à medida que o eixo de rotação se movimenta posteriormente durante a flexão, e a área de contato entre a patela e o fêmur quase triplica entre 30º e 90º. Para enfrentar as potenciais grandes forças geradas por atividades como a corrida, a patela tem a mais espessa cartilagem articular do corpo.

BIOMECÂNICA DO JOELHO

A articulação do joelho é uma complexa articulação sinovial que consiste nas articulações tibiofemoral e patelofemoral. Ela atua de modo a controlar o centro da massa corporal e a postura nas atividades da vida diária, o que necessita de uma grande faixa de movimentos em três dimensões, acoplada à capacidade de resistir a intensas forças. Estes parâmetros conflitantes de mobilidade e estabilidade são alcançados somente através das interações entre as faces articulares, os estabilizadores passivos e os músculos que atravessam a articulação.

A natureza relativamente incongruente das faces articulares torna a articulação do joelho *inerentemente* instável. Além disso, como ela atua como um pivô entre os ossos mais longos do corpo e está sujeita a consideráveis cargas durante a locomoção, a articulação também é *potencialmente* instável. Os ossos longos podem atuar como alavancas, aumentando os estresses sobre os ligamentos estabilizantes.

CINEMÁTICA DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO

As superfícies da tíbia e do fêmur não são tão adaptáveis quanto as da articulação do quadril, relativamente congruente. Embora esta variação na geometria permita que o movimento ocorra em seis graus de liberdade (Fig. 82.18), o movimento primário do joelho ocorre no plano sagital e um grau relativamente menor de movimento ocorre no plano transversal. Consequentemente, a articulação do joelho pode ser descrita de modo simplista como uma articulação em dobradiça modificada, que permite tanto flexão como extensão, além de um movimento rotatório. O movimento do joelho é normalmente definido começando a partir de 0º (a posição neutra), quando a tíbia e o fêmur estão alinhados no plano sagital. Sob o ponto de vista mecânico, é importante que o joelho atinja a posição neutra em extensão, pois ela permite que a perna sustente o peso corporal como uma simples escora quando a pessoa está parada de pé. Quando em posição ereta, caso o joelho esteja flexionado, a linha vertical de ação do peso corporal passa posteriormente ao centro de rotação do joelho, tendendo a fazer com que o corpo se incline em direção posterior. Para contrabalançá-lo, a contração contínua do quadríceps é necessária, causando gasto de energia.

A flexão ativa do joelho leva a uma flexão de aproximadamente 130º. O movimento ativo é limitado pela justaposição das massas de tecidos moles posteriores (coxa e região crural). A flexão passiva pode alcançar 160º, o que é necessário em pessoas que habitualmente se ajoelham na vida diária e um desafio para projetistas de próteses de joelho. Pode-se observar que tal flexão profunda é frequentemente acompanhada pela rotação medial da tíbia, de modo que, quando o indivíduo se ajoelha, as

nádegas possam se apoiar sobre os pés. Esse movimento carreia a região lateral da face articular superior da tíbia anteriormente, de modo que não se envolva com o côndilo lateral do fêmur durante a flexão profunda do joelho. O côndilo do fêmur passa posteriormente e cavalga sobre o corno do menisco lateral.

O movimento do joelho mais frequentemente empregado ocorre durante uma caminhada (Fig. 82.19). Quando a perna está balançando após a perna de suporte, o joelho deve estar flexionado a fim de evitar arrastar os dedos dos pés no chão, o que requer aproximadamente 67° de flexão do joelho. Quando a perna oscilante se aproxima do primeiro contato com o chão, o joelho estende-se para mover o pé para a frente de modo a apoiar o calcanhar (choque de calcanhar). Se o joelho permanecer estendido, o corpo então se movimentaria em um arco circular, centrado no tornozelo, fazendo com que o centro de gravidade se movesse para cima e em seguida para trás e para baixo novamente, levando a um gasto maior de energia, fato que também aumentaria as forças sobre o joelho, pois a perna atuaria mais como uma escora rígida, incapaz de dissipar as forças de impacto quando o pé atingisse o chão. Todos esses problemas são superados pela flexão do joelho em 15° na fase de apoio médio: o centro de gravidade do corpo pode se mover para a frente a uma altura aproximadamente constante e a energia de impacto é absorvida pela distensão do músculo quadríceps femoral (Fig. 82.19).

A rotação medial/lateral da tíbia também ocorre durante a marcha: a tíbia roda lateralmente durante uma extensão terminal, um fenômeno conhecido como "aparafusamento" (Fig. 82.20). Suspeita-se que essa rotação ajude a fechar a geometria e tensione os tecidos moles, mantendo com isso o joelho em uma posição estável antes da carga de impacto de aguentar o peso. O joelho atua como um elo em uma cadeia de segmentos do membro, e este "aparafusamento" relaciona-se com a rotação tanto do pé como do quadril. Quando o pé é balançado para a frente de modo que o calcanhar se apoie no chão, a pelve sofre uma rotação, com o quadril sendo movimentado para a frente, movimento que acarreta a rotação lateral do quadril. Durante o passo, o fêmur sofre uma rotação medial contra o joelho fechado. A rotação lateral da tíbia também causa uma inversão do pé na articulação talocalcânea, elevando o arco e fechando a estrutura do pé. A flexão do joelho que ocorre após o impacto sobre o chão permite que a tíbia sofra uma rotação medial, de modo que o pé se inverta, amaciando sua estrutura e permitindo que se deforme e absorva energia. De modo inverso, em direção ao momento de desprendimento dos dedos do pé (*toe-off*), o joelho estende-se, rodando a tíbia lateralmente, de modo que o pé funcione novamente como uma alavanca rígida, com a qual o corpo seja empurrado para a frente.

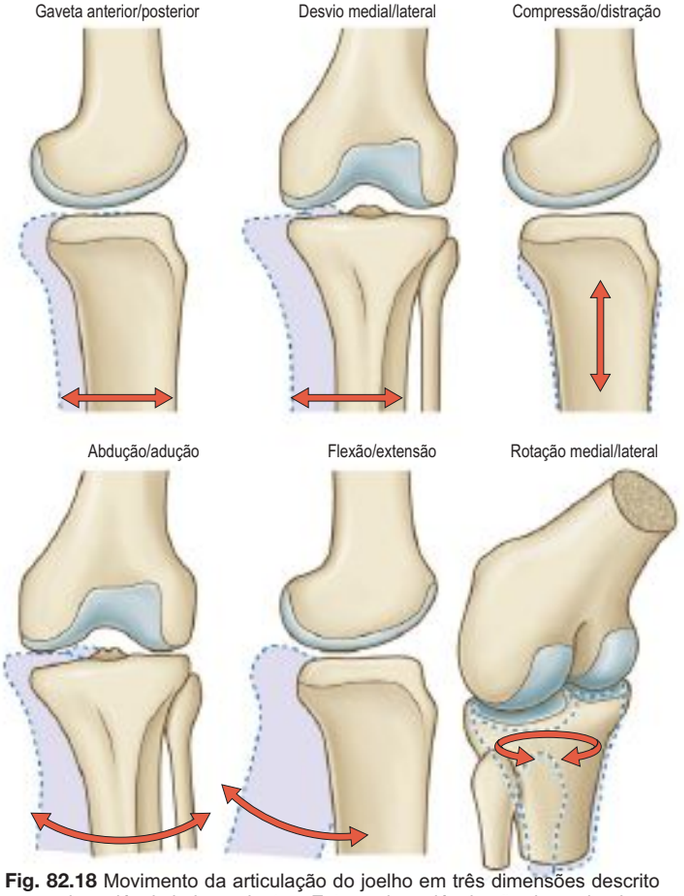


Fig. 82.18 Movimento da articulação do joelho em três dimensões descrito com seis variáveis independentes. Estas seis variáveis são denominadas graus de liberdade.

Cinemática articular

Hoje consideraremos o movimento do joelho em uma escala menor, dentro da articulação. Isto, obviamente, é difícil de separar das ações dos ligamentos que atuam como restrições passivas aos movimentos da articulação tibiofemoral, e são discutidas abaixo.

Cortes sagitais do joelho revelam que os arcos dos côndilos do fêmur são muito mais longos que o comprimento anterior-posterior da face articular superior da tíbia. Isto significa que, se o joelho flexionasse com um movimento puramente de rolamento, então o fêmur rolaria por trás da tíbia bem antes que o joelho atingisse uma flexão completa (Fig. 82.20). Isto não acontece porque o fêmur desliza anteriormente ao mesmo tempo em que rola posteriormente, e assim permanece em correta articulação. Se o joelho possuísse uma geometria completamente harmônica, do tipo "cilindro em calha", como na articulação umeroulnar, então a flexão ocorreria através de um puro movimento de deslizamento entre as superfícies articulares. Esta conformidade não é possível no joelho, porque inibiria a rotação medial/lateral da tíbia que é necessária durante a locomoção.

No joelho fechado, completamente estendido, as faces articulares femorais anterodistais pressionam sobre os cornos anteriores dos meniscos, o que tende a fazer com que o fêmur deslize posteriormente, tensionando o LCA e afrouxando o LCP. Com a flexão do joelho, o fêmur eleva-se dos cornos anteriores dos meniscos, levando a um contato entre os menores raios das partes posteriores dos côndilos do fêmur e a face

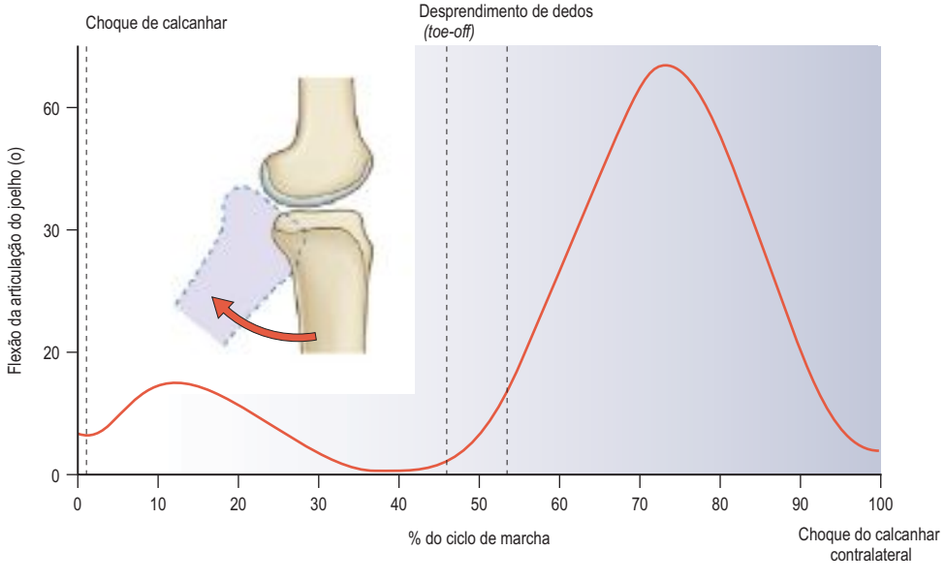
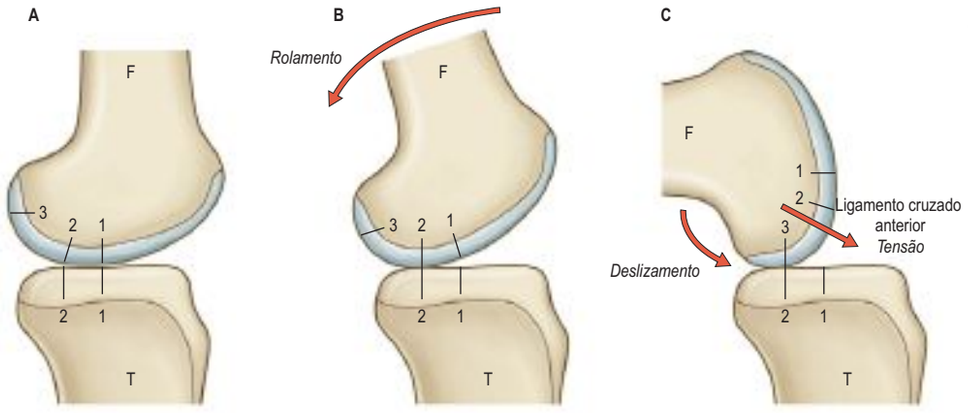


Fig. 82.19 Movimento de flexão-extensão do joelho durante a marcha.



Extensão: Contato central do fêmur sobre a tíbia (F1 sobre T1)

Flexão inicial: Rolamento posterior. O contato agora se move para trás, de F2 sobre T2

Flexão profunda: O ligamento cruzado anterior impede que o fêmur role mais para trás, de modo que agora ele desliza sobre a tíbia.

Fig. 82.20 Cinemática da articulação do joelho durante a marcha: rolamento e deslizamento (flexão, translação anterior).

articular superior da tíbia mais os cornos posteriores dos meniscos, o que significa que o centro de contato se move posteriormente na flexão inicial do joelho. Após isto, os côndilos do fêmur têm aproximadamente seções sagitais circulares. O fêmur é agora impedido de rolar para trás devido à tensão no LCA. A ação do LCA é similar à de uma corda que se prende à traseira de um carro ao chão: quando o carro tenta andar, as rodas rolam até que a corda tensione e em seguida giram em uma posição (movimento deslizante).

Mecânica articular

O efeito combinado das cargas externas e internas sobre o joelho é a imposição de forças consideráveis sobre a cartilagem articular. Isto pode ser analisado em um componente vertical (compressivo) e em um componente horizontal (de atrito ou fricção). O componente de fricção é uma combinação da força compressiva e das características de fricção das superfícies articulares.

Compressão

A força compressiva é distribuída sobre uma área para produzir uma pressão de contato (estresse de contato). A pressão de contato é, consequentemente, dependente da área de contato e também da carga em si. A geometria da face articular de adequação completa permitiria a maior área de contato e assim minimizaria a pressão de contato, entretanto isto não está presente no joelho. O compartimento medial do joelho é semiajustado a um côndilo do fêmur convexo que se articula sobre uma face articular superior da tíbia medial côncava. O compartimento lateral tem menos conformidade: a face articular superior da tíbia lateral é plana ou ligeiramente convexa em cortes transversais. Estes formatos diferentes refletem o movimento diferencial dos compartimentos medial e lateral. No movimento normal, a rotação em aparafusamento da tíbia ocorre em torno de um eixo medial, o que significa que a maior parte da rotação da tíbia se deve a uma translação anterior-posterior do compartimento lateral (Fig. 82.21).

A fim de manter algum grau de conformidade e assim minimizar a pressão de contato, os meniscos têm perfis transversais em formato de cunha que se ajustam entre o fêmur e a tíbia ao redor dos ossos. Isto serve para aumentar a área sobre a qual a força compressiva sobre o joelho é distribuída. Na ausência dos meniscos, a carga é carreada por uma área muito menor de cartilagem, resultando em estresses de contato mais altos sobre a cartilagem articular, o que explica a prevalência de osteoartrose após uma meniscectomia (Fig. 82.22).

Os meniscos estão mais firmemente presos à eminência intercondilar da tíbia e podem assim sofrer translação anterior e posteriormente para "acompanhar" o rolamento do fêmur para trás. O menisco lateral é mais móvel, porque está preso à cápsula menos firmemente que o menisco medial. O movimento anterior-posterior dos meniscos é de aproximadamente metade da magnitude do movimento anterior-posterior do fêmur, sugerindo que a conformidade da articulação muda durante a flexão da articulação do joelho.

A face distal do fêmur, apoiada sobre os meniscos no joelho estendido, tem um grande raio de curvatura, de modo que ela se ajusta contra toda a área dos meniscos. No entanto, à medida que o joelho flexiona, os raios menores das partes posteriores dos côndilos femorais fazem com que o fêmur se eleve dos cornos anteriores dos meniscos, e o contato

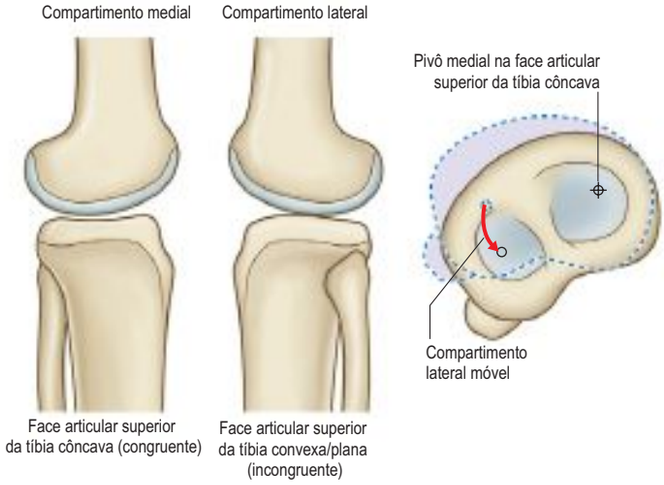


Fig. 82.21 O ajuste das faces articulares que fornece a mobilidade do compartimento lateral.

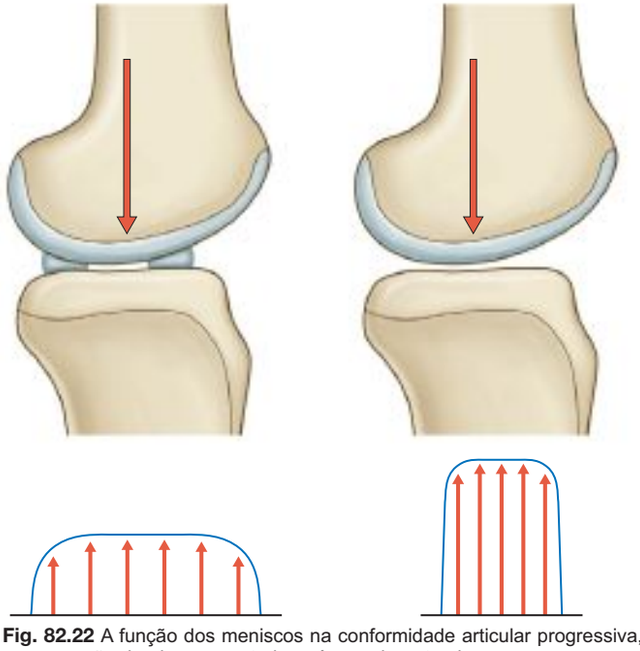


Fig. 82.22 A função dos meniscos na conformidade articular progressiva, com pressão de pico aumentada após meniscectomia.

femoral ocorre agora somente sobre os cornos posteriores no joelho flexionado. Isto, combinado às grandes forças articulares geradas quando se levanta de uma posição sentada, explica por que existem frequentemente lacerações espontâneas dos cornos posteriores em pacientes idosos, quando ficam de pé a partir de uma posição acocorada.

O modo de distribuição da carga dos meniscos está mostrado na Figura 82.23. Quando o côndilo do fêmur pressiona o menisco para baixo, ele tende a espremer o menisco para fora da articulação, devido à sua seção transversal afilada, o que faz com que o diâmetro do formato circular do menisco (e consequentemente a circunferência do menisco) aumente. Isto é resistido pela "tensão em arco" nas fortes fibras que seguem ao redor da periferia do menisco e transmitem a tensão para a face articular superior da tíbia através de fortes ligamentos de inserção. Como o tecido está adaptado a resistir a estresses em arco, ele tem uma força em arco muito maior (de aproximadamente 10 Mpa) do que a força radial (de aproximadamente 3 Mpa), o que explica por que ocorrem lacerações em alça de balde. Isso também explica por que uma laceração circunferencial não tem um efeito tão sério sobre a função do menisco, pois as fibras circunferenciais podem ainda transmitir as cargas, enquanto uma laceração radial interrompe as fibras carreadoras de carga.

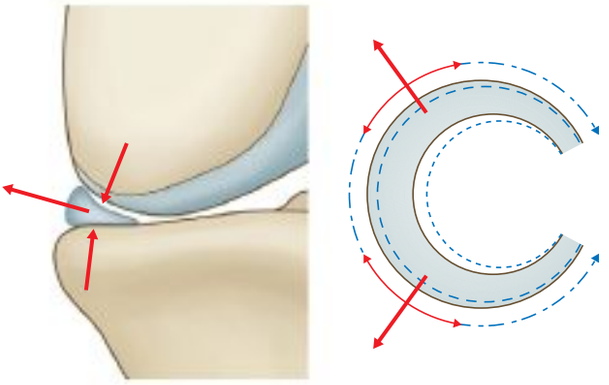


Fig. 82.23 O modo de carregamento de carga dos meniscos – conversão de carga axial para estresses em arco dos meniscos.

Fricção

O joelho atua como um sustentáculo que transmite forças e movimentos entre os segmentos do membro. Articulações sinoviais que suportam cargas movimentam-se com fricção notavelmente pequena, e suas superfícies devem resistir a muitos milhões de cargas de impacto, as quais tendem a causar insuficiência por fadiga e colapso das superfícies.

Durante uma caminhada, cada passo envolve fases de ação que variam a intensidade da carga e as condições de velocidade na articulação do joelho. Uma variedade de mecanismos de lubrificação normalmente impede lesões às faces articulares. Desta forma, na fase de balanço/oscilação, quando o pé está fora do chão, as faces articulares são levemente carregadas e têm velocidade relativamente alta enquanto o joelho flexiona e se estende. Isto permite que a sinóvia separe as superfícies, oferecendo um filme para lubrificação, com uma fricção muito baixa e sem desgaste (Fig. 82.24). No momento do choque do calcanhar, uma grande carga de impacto atua comprimindo as superfícies juntas. Ao nível microscópico, as superfícies não entram em contato, devido ao efeito de espremedura da camada de líquido sinovial: em essência, o impacto ocorre tão rapidamente (menos de 0,1 s), de modo que o líquido sinovial não possa ser espremido para fora do espaço articular, devido à sua viscosidade e ao estreitamento do espaço. Na fase de apoio médio, o movimento de flexão-extensão novamente impele a sinóvia para o meio das faces articulares, produzindo o que se conhece como efeito hidrodinâmico: o líquido é aprisionado entre as superfícies pelo movimento e consequentemente atua separando-as. Finalmente, quando o pé empurra o peso corporal, existe pouco movimento e a delgada camada de líquido diminui sob a carga compressiva. Se o efeito de espremedura do líquido for insuficiente, então as faces articulares entrariam agora em contato direto, não fosse a sinóvia conter grandes moléculas proteicas que são capturadas sobre as superfícies cartilagíneas quando o líquido é expulso. Esta camada molecular atua como uma lubrificante limítrofe, protegendo a cartilagem na mesma maneira que a graxa protege um suporte sintético.

Muitos aspectos do colapso artrítico da cartilagem podem ser explicados com base na biomecânica da lubrificação. Deste modo, em articulações afetadas pela osteoartrose, a sinóvia é conhecida por possuir uma viscosidade menor que a encontrada em articulações normais. A viscosidade é menor ainda em articulações reumatoides e incapaz de prevenir a lesão por atrito às superfícies cartilagíneas.

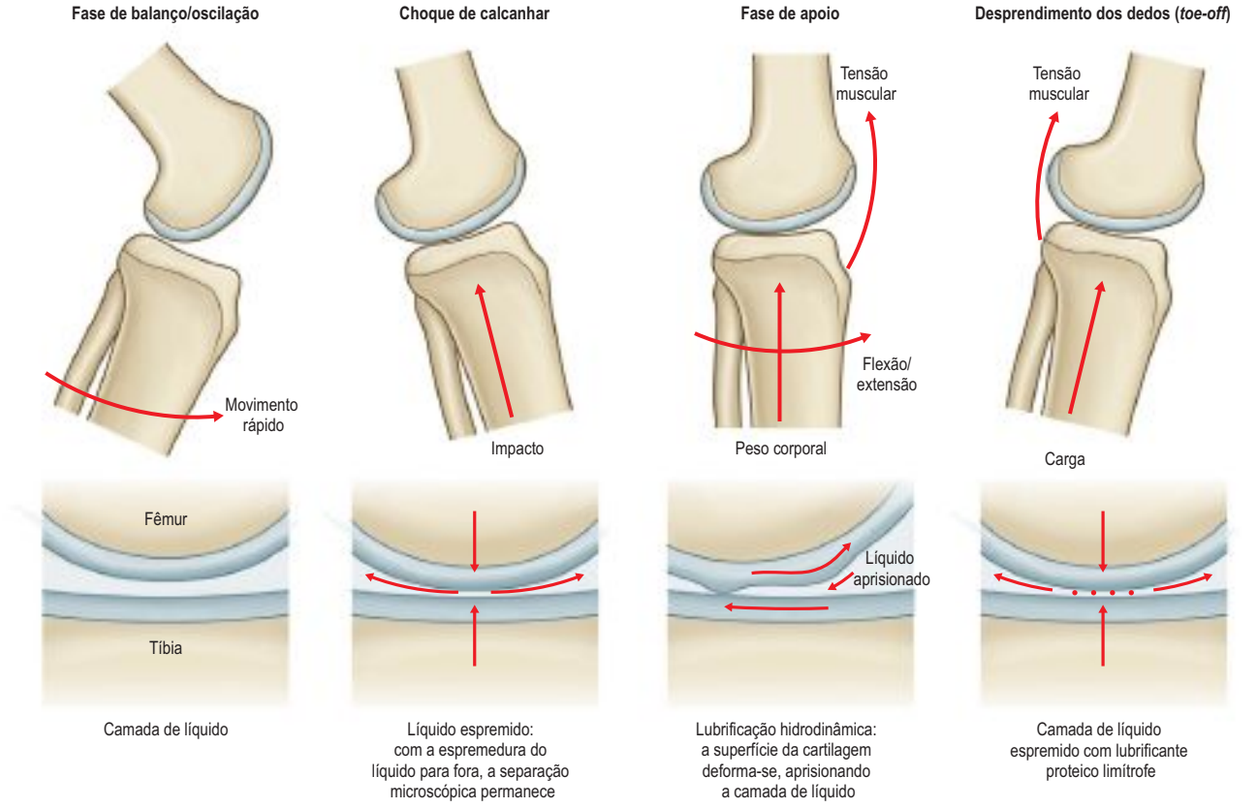


Fig. 82.24 Os diferentes modos de movimento da articulação do joelho e a lubrificação durante a caminhada.

MECÂNICA DOS TECIDOS MOLES

A articulação do joelho depende de restrições ativas (musculotendíneas) e passivas (ligamentares) para manter sua estabilidade. Os músculos fornecem a carga para movimentar a articulação. Os músculos quadríceps femoral, flexores da perna e gastrocnêmio controlam tanto a flexão/extensão como a rotação medial-lateral. No entanto, eles também causam forças de atrito anteriores-posteriores que são resistidas principalmente pelos ligamentos cruzados. Este efeito restritivo é crítico em permitir que a articulação se movimente fisiologicamente, mantendo a congruência e a estabilidade.

Os estabilizadores passivos da articulação atuam através da resistência a deslocamentos indesejados entre os ossos, o que pode ocorrer para controlar a via de movimento ou limitar a faixa de movimento. Quando os músculos ou alguma outra força externa (devido ao peso corporal ou a um impacto) fazem com que os ossos se desloquem, os ligamentos são distendidos, de modo que se desenvolvem forças tênseis que resistem ao deslocamento e permitem que a articulação mantenha sua estabilidade. O rompimento de alguma destas restrições passivas pode causar uma instabilidade mecânica, que é um deslocamento anormalmente aumentado devido a uma força aplicada (em termos biomecânicos, isto é chamado de frouxidão em excesso).

Restrições primárias e secundárias

No teste da frouxidão em algum dos graus de liberdade da articulação (p. ex., no teste da gaveta anterior, um teste clínico ao leito, no qual o indivíduo é colocado na posição de supino com o joelho a ser testado flexionado em 80-90° antes que uma tração passiva para a frente seja aplicada à tíbia), existem usualmente combinações de ligamentos que estão tensionados. Alguns estão mais bem alinhados para resistir à carga aplicada ou a um deslocamento. Estes são denominados restrições primárias e exemplificados pelos ligamentos cruzados e colaterais tibial e fibular. As restrições secundárias são menos bem alinhadas, mas ainda têm um significativo efeito restritivo. Elas são exemplificadas pelos meniscos e pelos ligamentos meniscofemorais. No exemplo na Figura 82.25, o LCA está bem alinhado para resistir à força de gaveta anterior aplicada. Com um LCA ausente, o LCM pode resistir à força aplicada; no entanto, ele o faz sendo carregado em um nível muito mais alto do que a carga original sobre o LCA. O tamanho das linhas no diagrama de vetores demonstra este princípio: embora a frouxidão da articulação possa permanecer normal inicialmente após a ruptura de uma restrição primária, ela pode subsequentemente resultar na sobrecarga de uma restrição secundária e, definitivamente, em uma subsequente insuficiência de tecidos moles.

A articulação patelofemoral é mais pesadamente carregada durante atividades de sustentação de peso quando o joelho é flexionado. Análises durante o levantar de uma cadeira têm previsto que a tensão no ligamento da patela em flexão de 90° pode ser neste momento de 2,9 BW, correspondente à força articular de 5,5 BW. Ela é mais alta que a articulação tibiofemoral, que é carregada em 3,3 BW ao mesmo tempo (Amis & Farahmand 1996).

No plano frontal, as tensões nos músculos quadríceps femoral e no ligamento da patela combinam-se para causar um vetor de força de lateralização denominado efeito do ângulo Q. O ângulo Q é definido como a diferença entre o vetor da força resultante do músculo quadríceps femoral, que é normalmente paralelo à diáfise do fêmur, e o ligamento da patela (Fig. 82.26). Clinicamente, o ângulo Q é mudado pela posição de rotação do quadril, pela rotação tibial e pela tensão no músculo quadríceps femoral. O ângulo Q clínico é de 12-15° (em homens) e 15-18° (em mulheres), o que significa que existe um vetor de força de lateralização maior na articulação patelofemoral em mulheres. A contração do músculo quadríceps femoral, consequentemente, tende a deslocar a patela lateralmente, o que é resistido pela geometria da articulação e pelos estabilizadores passivos. As fibras oblíquas do músculo vasto medial (VMO) atuam medial e posteriormente tanto quanto ele atua proximalmente, de modo que sua tensão ajuda a resistir ao efeito do ângulo Q.

MÚSCULOS

A maioria dos músculos que atua sobre a articulação do joelho está descrita no Capítulo 80 (quadríceps femoral, semimembranáceo, bíceps femoral, semitendíneo e articular do joelho) ou no Capítulo 83 (gastrocnêmio). O músculo poplíteo está descrito a seguir.

Músculo poplíteo

Inserções O poplíteo é um músculo plano que forma o assoalho da parte inferior da fossa poplítea. Ele origina-se no interior da cápsula da articulação do joelho através de um forte tendão, de 2,5 cm de comprimento, que está preso a uma depressão na extremidade anterior do sulco na face lateral do côndilo lateral do fêmur. Medialmente, este tendão está unido por fibras colágenas derivadas do ligamento poplíteo arqueado, da cápsula fibrosa adjacente ao menisco lateral e da margem externa do menisco.

O poplíteo está preso à face medial da cabeça da fíbula através do ligamento popliteofibular, que segue lateral e inferiormente a partir do tendão do músculo poplíteo em uma lâmina de tecido que normalmente tem cerca de 2 cm^2. Esse ligamento é o único estabilizador mais importante da região posterolateral do joelho e resiste à rotação lateral da tíbia sobre o fêmur. A falha em reconhecer e reconstruir uma lesão a esse ligamento e às estruturas ligamentares relacionadas é a razão mais comum para um resultado ruim a partir de uma cirurgia bem realizada para o reparo de ligamentos cruzados rompidos.

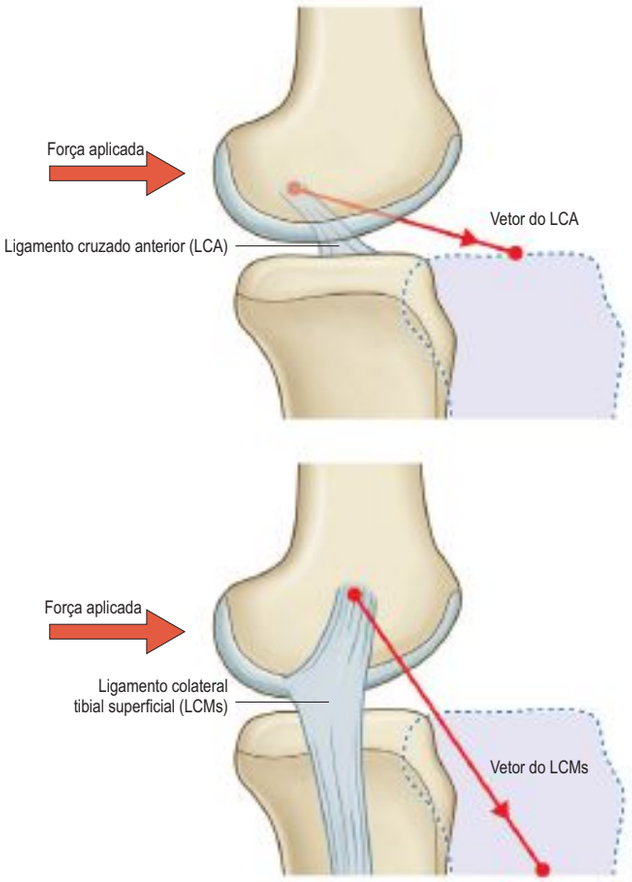
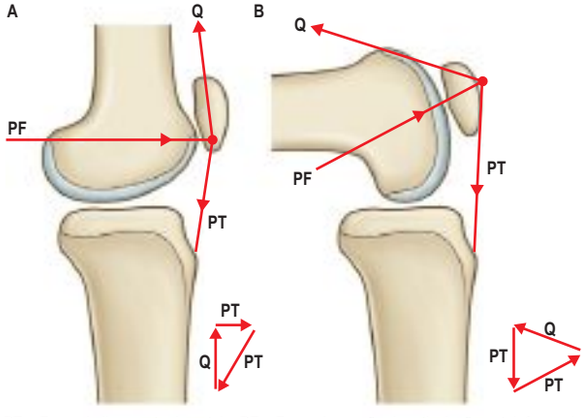


Fig. 82.25 Restrições primárias e secundárias às forças anteroposteriores – exemplo do LCA e do LCM superficial.



PT = Força do ligamento da patela **PF =** Força de reação da articulação patelofemoral
Q = Força de tração do quadríceps femoral

Fig. 82.26 Força da articulação patelofemoral em extensão (**A**) e em flexão de 90° (**B**).

Fibras carnosas expandem-se a partir do limite inferior do tendão para formar um músculo algo triangular que desce medialmente para ser inserido nos dois terços mediais da área triangular acima da linha para o músculo sóleo sobre a face articular posterior da tíbia, e na expansão tendínea que recobre sua superfície.

Uma cabeça adicional pode se originar do sesamoide na cabeça lateral do músculo gastrocnêmio. Muito raramente, dois outros músculos podem ser encontrados profundamente situados atrás do joelho. O músculo poplíteo menor segue da superfície do côndilo lateral da tíbia, medial ao músculo plantar, até o ligamento poplíteo oblíquo. O músculo peroneotibial segue abaixo do músculo poplíteo a partir da face medial da cabeça da fíbula até a extremidade superior da linha para o músculo sóleo.

Relações O músculo poplíteo é coberto posteriormente por uma densa expansão aponeurótica, que é essencialmente derivada do tendão do músculo semimembranáceo. Os músculos gastrocnêmio e plantar, os vasos poplíteos e o nervo tibial situam-se todos posteriormente à expansão. O tendão do músculo poplíteo é intracapsular e encontra-se abaixo do ligamento colateral fibular do joelho e do tendão do músculo bíceps femoral. Ele é recoberto em sua superfície profunda pela membrana sinovial e forma um sulco na margem posterior do menisco lateral e na parte adjacente da tíbia antes de emergir inferiormente à faixa posterior do ligamento poplíteo arqueado. Esta região é chamada de "hiato poplíteo": o menisco lateral não tem inserção óssea periférica aqui, portanto ele é bastante móvel.

Suprimento vascular O suprimento vascular do músculo poplíteo é derivado principalmente das artérias inferiores medial e lateral do joelho. A lateral pode atravessar superficial ou profundamente o músculo. Existem contribuições adicionais da artéria nutrícia da tíbia, da parte proximal da artéria tibial posterior e da artéria recorrente tibial posterior.

Inervação O músculo poplíteo é inervado por um ramo do nervo tibial (L4, L5 e S1), que se enrola ao redor da borda distal do músculo poplíteo e entra na superfície anterior do músculo; este nervo também inerva a articulação tibiofibular proximal e a membrana interóssea.

Ações O músculo poplíteo roda a tíbia medialmente sobre o fêmur ou, quando a tíbia está fixa, roda o fêmur lateralmente sobre a tíbia. Ele é usualmente considerado o músculo que "abre" a articulação no início da flexão do joelho completamente estendido: a eletromiografia sustenta esta visão. Sua conexão com o ligamento poplíteo arqueado, com a cápsula fibrosa e com o menisco lateral tem sugerido que o músculo poplíteo pode retrair o corno posterior do menisco lateral durante a rotação lateral do fêmur e durante a flexão da articulação do joelho, protegendo assim o menisco de ser esmagado entre o fêmur e a tíbia durante estes movimentos. O músculo é notavelmente ativo durante o agachamento, talvez para fornecer estabilidade à medida que a tíbia roda internamente durante a flexão do joelho. Entretanto, a principal função é provavelmente a de ser uma provisão de estabilidade dinâmica para a parte posterolateral do joelho através da prevenção de uma rotação lateral excessiva da tíbia, parcialmente devido à sua ação direta, porém mais significativamente pelo tensionamento do ligamento popliteofibular.

Testagem O músculo poplíteo desempenha um papel na rotação medial da perna quando o joelho está flexionado e sem aguentar peso, mas suas ações individuais não podem ser isoladas clinicamente. Uma lesão ao complexo poplíteo de ligamento e tendão manifesta-se como uma rotação lateral excessiva da tíbia sobre o fêmur em 90° e especialmente com 30° de flexão do joelho, refletindo a função do complexo poplíteo como uma "amarra estática".

SUPRIMENTO VASCULAR E DRENAGEM LINFÁTICA

ARTÉRIAS

Existe uma intrincada anastomose arterial ao redor da patela e dos côndilos do fêmur e da tíbia. Uma rede superficial espalha-se entre a fáscia e a pele ao redor da patela e na gordura abaixo do ligamento da patela. Uma rede profunda encontra-se sobre o fêmur e a tíbia, próximo às faces articulares, e supre o tecido ósseo e a medula óssea, a cápsula articular, a membrana sinovial e os ligamentos cruzados (Fig. 82.1). Os vasos envolvidos são as artérias superior, média e inferior do joelho, ramos da artéria poplítea, a artéria descendente do joelho, ramo da artéria femoral, o ramo descendente da artéria circunflexa femoral lateral, o ramo circunflexo fibular e as artérias recorrentes tibiais anterior e posterior. Para detalhes, consulte Scapinelli (1968).

Artéria poplítea

A artéria poplítea é a continuação da artéria femoral e atravessa a fossa poplítea (Fig. 82.4). Ela desce lateralmente a partir da abertura no músculo adutor magno até a fossa intercondilar do fêmur, inclinando obliquamente até a borda distal do músculo poplíteo, onde se divide nas artérias tibiais anterior e posterior. Esta divisão usualmente ocorre na extremidade proximal do espaço interósseo crural assimétrico, entre a larga metáfise da tíbia e a delicada metáfise da fíbula. A artéria está relativamente presa ao hiato do músculo adutor magno e mais uma vez distalmente pela fáscia relacionada ao músculo sóleo, sendo deste modo suscetível a lesões por tração em injúrias do joelho, como em um deslocamento.

Variações na anatomia das artérias do membro inferior

A maioria das variações anatômicas no padrão das artérias do membro inferior é aparentemente assintomática e não causa prejuízos funcionais detectáveis sob o ponto de vista clínico. Elas são normalmente achados incidentais na sala de dissecção ou podem sobressair no trajeto de um exame angiográfico. Entretanto, algumas variações na anatomia vascular podem ser a causa de sintomas e podem necessitar de uma correção cirúrgica, e outras variações, enquanto assintomáticas, podem influenciar as considerações técnicas nos procedimentos cirúrgicos vasculares.

As variações anatômicas nas artérias femoral, femoral profunda, tibial anterior, tibial posterior e fibular estão descritas em vários locais nesta seção.

Variações na artéria poplítea

Vários estudos em cadáveres têm mostrado que o padrão e o nível de terminação da artéria poplítea descritos anteriormente ocorrem na maioria (90%) dos indivíduos. No entanto, a artéria pode ocasionalmente (5%) apresentar uma bifurcação alta e dividir-se em ramos terminais proximalmente ao músculo poplíteo, ou pode se trifurcar em artérias tibiais anterior, posterior e fibular. A artéria tibial anterior ou a artéria tibial posterior podem estar com tamanho aumentado ou reduzido. O tamanho da artéria fibular em geral está inversamente relacionado ao tamanho das artérias tibiais anterior e posterior, cujas funções a artéria fibular pode assumir. Raramente, a artéria tibial anterior é o tronco da artéria fibular; quase sempre ela se encontra associada a uma bifurcação alta da artéria poplítea.

A artéria poplítea pode ser uma continuação, não da artéria femoral, mas da artéria acompanhante do nervo isquiático (um ramo da artéria glútea inferior). Quando isto ocorre, a artéria poplítea usualmente tem uma relação anormal com o músculo poplíteo, seguindo abaixo do músculo antes de se dividir em seus ramos terminais. A artéria poplítea pode seguir medialmente abaixo da cabeça medial do músculo gastrocnêmio ou pode seguir abaixo de uma faixa aberrante de músculo na fossa poplítea: em cada caso, a contração dos músculos pode ocluir a artéria. Esta condição, conhecida como aprisionamento da artéria poplítea, pode se apresentar com claudicação ao exercício em um paciente masculino jovem. A veia poplítea é usualmente superficial e adjacente à artéria, mas pode seguir abaixo da artéria ou estar separada dela por uma faixa de músculo derivada da cabeça medial do gastrocnêmio.

Relações

Anteriormente, da região proximal para a distal, são encontradas gordura cobrindo a face poplítea do fêmur, a cápsula da articulação do joelho e a fáscia do músculo poplíteo. Posteriormente, estão os músculos semimembranáceo (proximalmente), e o gastrocnêmio e o plantar (distalmente). No entremeio, a artéria está separada da pele e das fáscias por gordura e atravessada de sua face lateral para sua face medial pelo nervo tibial e pela veia poplítea: a veia encontra-se entre o nervo e a artéria e está aderida a esta última. Lateralmente, estão o músculo bíceps femoral, o nervo tibial, a veia poplítea e o côndilo lateral do fêmur (todos proximais), e o músculo plantar e a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio (distais). Medialmente, estão o músculo semimembranáceo e o côndilo medial do fêmur (proximais), e o nervo tibial, a veia poplítea e a cabeça medial do gastrocnêmio (distalmente). As relações dos linfonodos poplíteos estão descritas a seguir.

Ramos (que não os terminais)

Anastomose do joelho Existe uma intrincada anastomose arterial ao redor da patela e dos côndilos do fêmur e da tíbia (Fig. 82.1). Uma rede superficial espalha-se entre a fáscia e a pele ao redor da patela e na gordura abaixo do ligamento da patela. Uma rede profunda encontra-se sobre o fêmur e a tíbia, próximo às superfícies articulares, e supre o tecido ósseo e a medula óssea, a cápsula articular e a membrana sinovial. Os vasos envolvidos são as artérias superior medial e lateral do joelho, inferior medial e lateral do joelho, a artéria descendente do joelho, o ramo

descendente da artéria circunflexa femoral lateral, o ramo circunflexo fibular e as artérias recorrentes tibiais anterior e posterior.

Artérias superiores do joelho As artérias superiores do joelho ramificam-se a partir da artéria poplítea, curvando-se ao redor da parte proximal de ambos os côndilos do fêmur para alcançar a face anterior do joelho. A artéria superior medial do joelho encontra-se sob os músculos semimembranáceo e semitendíneo, proximalmente à cabeça medial do gastrocnêmio e abaixo do tendão do músculo adutor magno. Ela divide-se em um ramo para o músculo vasto medial que se anastomosa com as artérias descendente do joelho e inferior medial do joelho, e um ramo que se divide no fêmur e se anastomosa com a artéria superior lateral do joelho. Seu tamanho varia inversamente ao da artéria descendente do joelho. A artéria superior lateral do joelho segue sob o tendão do músculo bíceps femoral e divide-se em ramos superficial e profundo. O ramo superficial supre o músculo vasto lateral e anastomosa-se com o ramo descendente das artérias circunflexa femoral lateral e inferior lateral do joelho, enquanto o ramo profundo se anastomosa com a artéria superior medial do joelho, formando um arco anterior através do fêmur com a artéria descendente do joelho. O ramo superficial torna-se vulnerável caso o retináculo lateral da patela seja cortado cirurgicamente.

Artéria média do joelho A artéria média do joelho é pequena. Origina-se da artéria poplítea próximo ao ponto médio da face posterior da articulação do joelho. Ela perfura o ligamento poplíteo oblíquo para suprir os ligamentos cruzados e a membrana sinovial.

Artérias inferiores do joelho As artérias inferiores medial e lateral do joelho originam-se da artéria poplítea abaixo do músculo gastrocnêmio. A medial encontra-se abaixo da cabeça medial do gastrocnêmio. Ela desce ao longo da margem proximal do músculo poplíteo, o qual ela supre, segue inferiormente ao côndilo medial da tíbia, sob o ligamento colateral tibial, e em seguida sobe anteromedialmente à articulação na borda anterior do ligamento colateral tibial. Ela supre a articulação e a tíbia e anastomosa-se com as artérias inferior lateral do joelho e superior medial do joelho, e com a artéria recorrente tibial anterior e o ramo safeno da artéria descendente do joelho. A artéria inferior lateral do joelho segue lateralmente através do músculo poplíteo e adiante sobre a cabeça da fíbula até a frente da articulação do joelho, seguindo sob a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, o ligamento colateral fibular e o tendão do músculo bíceps femoral. Seus ramos anastomosam-se com as artérias inferior medial do joelho e superior lateral do joelho, recorrentes tibiais anterior e posterior, e o ramo circunflexo fibular.

Ramos cutâneos: as artérias surais superficiais As artérias surais superficiais são três vasos que saem da artéria poplítea, ou de seus ramos laterais, descem entre as cabeças do músculo gastrocnêmio e perfuram a fáscia profunda para suprir a pele no dorso da perna. O vaso central ou mediano é usualmente maior que o medial e o lateral e usualmente acompanha o nervo sural.

Retalhos fasciocutâneos livres e pediculados podem ser obtidos com as artérias surais superficiais.

Ramos musculares superiores Os ramos musculares superiores são dois ou três vasos que se originam proximalmente e seguem para os músculos adutor magno e flexores da perna. Eles anastomosam-se com a terminação da artéria femoral profunda.

Artérias surais As duas artérias surais são grandes e originam-se por trás da articulação do joelho para suprir os músculos gastrocnêmio, sóleo e plantar. Elas são usadas em retalhos musculocutâneos do músculo gastrocnêmio.

VEIAS

As veias que drenam o joelho correspondem em nome às artérias e seguem com elas; as menores veias nomeadas drenam para as veias poplítea e femoral.

Veia poplítea

A veia poplítea sobe através da fossa poplítea até a abertura no músculo adutor magno, onde se torna veia femoral (Fig. 79.9B). Sua relação com a artéria poplítea muda à medida que a veia sobe. Distalmente, ela encontra-se medial à artéria, entre as cabeças do músculo gastrocnêmio ela é superficial (posterior) a ela e, proximal à articulação do joelho, ela é posterolateral à artéria. Suas tributárias são a veia safena parva, as veias correspondentes aos ramos da artéria poplítea e veias musculares, incluindo um grande vaso advindo de cada cabeça do gastrocnêmio. Existem normalmente quatro ou cinco valvas na veia poplítea.

Veia safena magna

O trajeto da veia safena magna está descrito no Capítulo 80.

Veia safena parva

A veia safena parva começa posteriormente ao maléolo lateral como uma continuação da veia marginal lateral (Fig. 79.9B). No terço inferior da panturrilha, ela sobe lateralmente ao tendão calcâneo, disposta sobre a fáscia profunda e coberta apenas pela fáscia superficial e pela pele. Inclinando-se medialmente para atingir a linha média da panturrilha, ela penetra na fáscia profunda, dentro da qual sobe sobre o músculo gastrocnêmio, emergindo apenas entre a fáscia profunda e o gastrocnêmio gradualmente por volta da junção dos terços médio e proximal da panturrilha (usualmente bem abaixo do limite inferior da fossa poplítea). Continuando sua ascensão, ela segue entre as cabeças do músculo gastrocnêmio e em seguida progride até sua terminação na veia poplítea na fossa poplítea, 3-7,5 cm acima da articulação do joelho.

Tributárias

A veia safena parva conecta-se à veias profundas no dorso do pé, recebe muitas tributárias cutâneas na perna e envia vários ramos comunicantes proximal e medialmente para se unir à veia safena magna. Às vezes, um ramo comunicante sobe medialmente até a veia safena acessória. Na perna, a veia safena parva encontra-se próxima ao nervo sural. Ela tem 7-13 valvas, uma próxima a sua terminação. Seu modo de terminação é variável: pode se unir à veia safena magna na parte proximal da coxa ou pode se bifurcar, com um ramo unido à veia safena magna e o outro unido às veias poplíteas ou femorais profundas posteriores. Às vezes, ela termina distalmente ao joelho nas veias safena magna ou nas veias musculares surais profundas.

DRENAGEM LINFÁTICA

A drenagem linfática dá-se para os linfonodos poplíteos. A maioria dos vasos linfáticos acompanha as artérias do joelho; alguns vasos advindos da articulação drenam diretamente para um linfonodo entre a artéria poplítea e a cápsula posterior.

Linfonodos poplíteos

Existem usualmente seis pequenos linfonodos embebidos na gordura da fossa poplítea. Um, próximo à terminação da veia safena parva, drena a região superficial servida pela veia. Outro encontra-se entre a artéria poplítea e a face posterior da articulação do joelho, recebendo vasos diretos da articulação do joelho e os que acompanham as artérias do joelho. O restante flanqueia os vasos poplíteos, recebendo troncos que acompanham os vasos tibiais anteriores e posteriores. Os vasos eferentes poplíteos sobem próximos aos vasos femorais para atingir os linfonodos inguinais profundos; alguns podem acompanhar a veia safena magna até os linfonodos inguinais superficiais.

A inflamação dos linfonodos poplíteos é frequentemente causada por lesões laterais do calcanhar.

INERVAÇÃO

A articulação do joelho é inervada por ramos derivados dos nervos obturatório, femoral, tibial e fibular comum (Freeman & Wyke 1967). O ramo articular do nervo obturatório é o ramo terminal de sua divisão posterior. Ramos musculares do nervo femoral, especialmente para o vasto medial, fornecem ramos terminais para a articulação. Os ramos para o joelho derivados dos nervos tibial e fibular comum acompanham as artérias do joelho: os derivados do nervo tibial seguem com as artérias mediais e média do joelho, enquanto os derivados do nervo fibular comum seguem com as artérias laterais do joelho e recorrente tibial anterior.

Os nervos femoral e obturatório estão descritos nas páginas 1382-1383 e os nervos tibial e fibular comum estão descritos na página 1427.

Nervo safeno

O nervo safeno é o maior e mais longo ramo cutâneo do nervo femoral. Ele desce lateralmente à artéria femoral no trígono femoral e entra no canal dos adutores, onde cruza em frente à artéria para se dispor medial-

mente a ela. Na extremidade distal do canal, ele deixa a artéria e emerge através da cobertura aponeurótica com o ramo safeno da artéria descendente do joelho. À medida que sai do canal dos adutores, o nervo safeno origina um ramo infrapatelar que contribui para o plexo peripatelar (pág. 1393) e em seguida perfura a fáscia lata entre os tendões dos músculos sartório e grácil, tornando-se subcutâneo para suprir a pele da região peripatelar. Ele desce ao longo da borda medial da tíbia com a veia safena magna e divide-se distalmente em um ramo que continua ao longo da tíbia até o tornozelo, e outro que segue anteriormente ao tornozelo para suprir a pele na face medial do pé, frequentemente até a primeira articulação metatarsofalangeana. O nervo safeno conecta-se aos ramo medial do nervo fibular superficial. Próximo ao meio da coxa, ele dá origem a um ramo para o plexo subsartorial. O nervo pode estar sujeito a uma neuropatia de aprisionamento à medida que sai do canal dos adutores.

REFERÊNCIAS

Amis AA, Dawkins GP 1991 Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg 73B: 260–7.

Cormack GC, Lamberty BGH 1994 The Arterial Anatomy of Skin Flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Crock HV 1967 The blood supply of the lower limb bones in man. London: Livingstone.

Freeman MAR, Wyke B 1967 The innervation of the knee joint. J Anat 101: 505–32.

Ghadially FN, Lalonde J-M A, Wedge JH 1983 Ultrastructure of normal and torn menisci of the human knee joint. J Anat 136: 773–91.

Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem ARS 1975 The cruciate ligaments of the knee joint. Clin Orthop 106: 216–31.

Gronblad M, Korkala O, Leisi P, Karaharju E 1985 Innervation of synovial membrane and meniscus. Acta Orthop Scand 56: 484–6.

Gupte CM, Bull AMJ, Thomas RD, Amis AA 2003 A review of the function and biomechanics of the meniscofemoral ligaments. Arthroscopy 19: 161–71.
Uma revisão abrangente das propriedades desses ligamentos até aqui pouco compreendidos.

Joseph J 1960 Man's Posture: Electromyographic Studies. Springfield, Illinois: Thomas.

Newell RLM 1991 A complete intra-articular fat pad around the human patella. J Anat 179: 232.
Mostra que os coxins de gordura infrapatelar e suprapatelar não são estruturas isoladas e separadas.

Rajendran K 1985 Mechanism of locking at the knee joint. J Anat 143: 189–94.

Scapinelli R 1968 Studies on the vasculature of the human knee joint. Acta Anat 70: 305–31.
Principal fonte de detalhes, complementando o trabalho de Crock (consulte) sobre a vasculatura dos ossos do membro inferior.

Seebacher JR, Inglis AE, Marshall JL, Warren RF 1982 The structure of the posterolateral aspect of the knee. J Bone Joint Surg 64A: 536–41.
Trabalho que estabeleceu a interpretação atual da anatomia dos tecidos moles do joelho.

Tennant TD, Birch NC, Holmes MJ, Birch R, Goddard NJ 1998 Knee pain and the infrapatellar branch of the saphenous nerve. J Roy Soc Med 91: 573–5.
Reconhece a importância clínica deste ramo nervoso pequeno, mas importante.

Thomas P, Jackson AM, Aichroth PM 1985 Congenital absence of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 67B: 572–5.
Uma anomalia congênita rara, mas importante.

Warren LF, Marshall JL 1979 The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. J Bone Joint Surg 61A: 56–62.

Watanabe M, Takeda S, Ikeuchi H 1979 Atlas of Arthroscopy. Berlin: Springer-Verlag.

CAPÍTULO 83

Perna

Este capítulo descreve as diáfises da tíbia e da fíbula, os tecidos moles que as circundam e a membrana interóssea entre esses dois ossos. As articulações tibiofibulares superior (proximal) e inferior (distal) encontram-se descritas nos Capítulos 82 e 84, respectivamente.

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento vascular e drenagem linfática

O suprimento arterial cutâneo é derivado dos ramos dos vasos poplíteo, tibial anterior, tibial posterior e fibular (Fig. 79.5). Múltiplas perfurantes fasciocutâneas de cada um dos vasos passam ao longo do septo intermuscular para alcançarem a pele; perfurantes musculocutâneas atravessam os músculos antes de chegarem à pele. Em algumas áreas há um suprimento cutâneo direto adicional de vasos que acompanham nervos cutâneos, como a artéria descendente do joelho (ramo safeno) e as artérias surais superficiais. Ramos cutâneos diretos e fasciocutâneos têm uma orientação longitudinal na pele, enquanto os ramos musculocutâneos são orientados mais radialmente. Para maiores detalhes, consulte Cormack & Lamberty (1994).

Veias cutâneas são tributárias dos vasos que correspondem às artérias de mesmo nome. Vasos linfáticos cutâneos correndo do lado medial da perna acompanham a veia safena magna, drenando para os nodos inguinais superficiais, enquanto aqueles posicionados na área lateral e na área posterior da perna acompanham a veia safena parva, perfurando a fáscia profunda para drenar para os nodos poplíteos.

Inervação

A pele da perna é suprida pelos ramos dos nervos safeno, fibular comum e tibial (ver adiante; Figs. 79.17 e 79.20).

TECIDOS MOLES

Fáscia profunda

A fáscia profunda da perna, fáscia crural, é contínua com a fáscia lata e está inserida ao redor do joelho: na margem da patela, no tendão patelar, na tuberosidade e nos côndilos da tíbia, e na cabeça da fíbula. Posteriormente, onde recobre a fossa poplítea, a fáscia profunda é reforçada por fibras transversais, sendo perfurada, frequentemente, pela veia safena parva e pelo nervo sural. A fáscia recebe expansões laterais do tendão do bíceps femoral e múltiplas expansões mediais dos tendões do sartório, do grácil, do semitendinoso e do semimembranoso. A fáscia profunda mistura-se ao periósteo na face subcutânea da tíbia e nas faces subcutâneas da cabeça da fíbula e do maléolo, sendo contínua abaixo com os retináculos dos extensores e dos flexores. A fáscia é espessa e densa na parte proximal e anterior da perna, onde fibras do tibial anterior e do extensor longo dos dedos inserem-se em sua face profunda; a fáscia é mais fina posteriormente, onde recobre os músculos gastrocnêmio e sóleo. Na região lateral, a fáscia profunda é contínua com os septos intermusculares crurais anterior e posterior, que estão inseridos nas bordas anterior e posterior da fíbula, respectivamente. Um septo intermuscular transverso amplo, a fáscia transversa profunda da perna, passa entre os músculos superficiais e profundos da panturrilha.

Fáscia transversa profunda

A fáscia transversa profunda da perna é um estrato fibroso entre os músculos superficiais e profundos da panturrilha. Estende-se transversalmente da margem medial da tíbia até a borda posterior da fíbula. Proximalmente, onde é espessa e densa, insere-se na linha para o músculo sóleo da tíbia e na fíbula, inferomedialmente à inserção fibular do sóleo. Entre essas inserções ósseas, a fáscia transversa profunda é contínua com a fáscia que recobre o poplíteo, que é, com efeito, uma expansão do tendão do semimembranoso. A fáscia é fina nos seus níveis intermediários, porém, distalmente, onde cobre os tendões atrás dos maléolos, é espessa e contínua com os retináculos flexor e fibular superior.

Membrana interóssea

A membrana interóssea conecta as bordas interósseas da tíbia e da fíbula (Fig. 83.1). Ela encontra-se interposta entre os grupos de músculos crurais anteriores e posteriores; alguns membros de cada grupo estão inseridos na fáscia correspondente da membrana interóssea. A artéria tibial anterior passa para a frente através de uma grande abertura oval perto da extremidade proximal da membrana; o ramo perfurante da artéria fibular perfura a membrana distalmente. Suas fibras são predominantemente oblíquas e a maior parte delas desce lateralmente; as que descem medialmente incluem uma banda na borda proximal da abertura proximal. A membrana é contínua distalmente com o ligamento interósseo da articulação tibiofibular distal. O tibial anterior, o extensor longo dos dedos, o extensor longo do hálux, o fibular terceiro, os vasos tibiais anteriores e o nervo fibular profundo são todos anteriores à membrana; os músculos tibial posterior e flexor longo do hálux são posteriores.

Retináculos

Os retináculos da articulação do tornozelo encontram-se descritos no Capítulo 84.

Compartimentos osteofasciais

Os compartimentos da perna são particularmente bem definidos e são os sítios mais comuns nos quais ocorrem as síndromes compartimentais. Os três compartimentos principais são o anterior (extensor), o lateral (fibular) e o posterior (flexor). Esses compartimentos estão envolvidos pela rígida fáscia profunda (fáscia crural) e separados uns dos outros pelos ossos da perna e pela membrana interóssea, bem como pelos septos intermusculares anterior e posterior que passam da fáscia profunda para a fíbula. O compartimento anterior, o menos expansível dos três, é limitado pela fáscia profunda, pelas faces interósseas da tíbia e da fíbula, pela membrana interóssea e pelo septo intermuscular anterior. O compartimento lateral localiza-se entre os septos intermusculares anterior e posterior, sendo limitado lateralmente pela fáscia profunda e medialmente pela face lateral da fíbula. O compartimento posterior é limitado pela fáscia profunda, pelo septo intermuscular posterior, pela fíbula e pela tíbia e pela membrana interóssea. Seu componente superficial relativamente expansível é separado do componente profundo compacto através da fáscia transversa profunda, reforçada pela aponeurose profunda do sóleo.

O suprimento nervoso dos músculos dos compartimentos segue o princípio "um componente, um nervo": o nervo fibular profundo supre o compartimento anterior, o nervo fibular superficial supre o compartimento lateral e o nervo tibial supre o compartimento posterior. A maior parte dos músculos do compartimento anterior é irrigada pela artéria tibial anterior, com uma contribuição adicional da artéria fibular para o extensor longo do hálux. Os músculos do compartimento posterior são irrigados pelas artérias poplítea, tibial posterior e fibular. Os músculos do compartimento lateral são irrigados pelas artérias tibial anterior e fibular e, em menor escala, proximalmente por um ramo do sistema poplíteo.

Trauma e tecidos moles da perna

A relativa escassez de tecido mole na face anterior da perna e a posição subcutânea da face medial da tíbia fazem com que quaisquer injúrias triviais nos tecidos moles possam levar a sérios problemas, como ulceração e osteomielite. Nos idosos, esses tecidos moles são especialmente finos e pouco saudáveis, refletindo os efeitos do envelhecimento e da estase venosa (veja adiante). Fraturas tibiais são comuns nos jovens e, em parte como resultado de uma cobertura de tecido mole prejudicada, frequentemente essas fraturas tornam-se lesões abertas. Suprimento sanguíneo reduzido para o osso, causado pelo laceramento traumático dos tecidos moles inseridos, e risco de contaminação aumentam muito o risco de não consolidação e infecção da fratura. As consolidações de fraturas nas junções dos

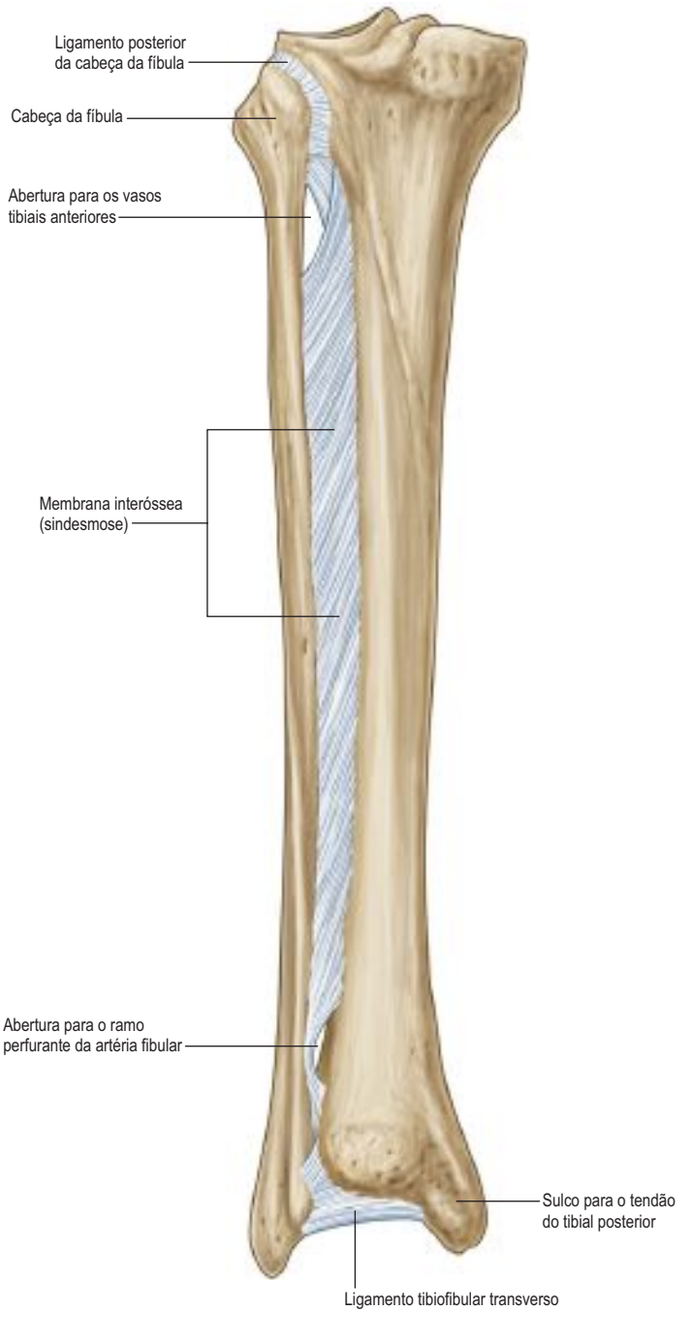


Fig. 83.1 Face posterior da membrana interóssea. Observe a direção contrária das bandas fibrosas ao redor das aberturas vasculares.

terços médio e inferior da tíbia são comprometidas pelo suprimento sanguíneo relativamente deficiente nessa região.

OSSOS

TÍBIA

A tíbia localiza-se medialmente à fíbula; o único osso que excede seu comprimento é o fêmur (Figs. 83.2 e 83.3). Sua diáfise é triangular em secção e apresenta extremidades amplas; um forte maléolo medial projeta-se distalmente a partir da extremidade distal, um pouco menor. A borda anterior da diáfise é chata e curva-se medialmente em direção ao maléolo medial. Juntamente com as bordas medial e lateral, a borda anterior define as três faces do osso. A forma exata e a orientação dessas faces mostram variações individuais e raciais.

Extremidade proximal

A extremidade proximal expandida é uma superfície de apoio para o peso corporal, que é transmitido através do fêmur. A extremidade proximal é constituída pelos côndilos medial e lateral, por uma área intercondilar e pela tuberosidade tibial.

Côndilos Os côndilos tibiais projetam-se sobre a parte proximal da face posterior da diáfise. Os dois côndilos apresentam facetas articulares em suas faces superiores, que estão separadas por uma área intercondilar irregular e não articular. Os côndilos são visíveis e palpáveis dos lados do tendão patelar, sendo o côndilo lateral mais proeminente. Quando o joelho é flexionado passivamente, as margens anteriores dos côndilos são palpáveis na fossa que flanqueia o tendão patelar.

A faceta fibular, na face posteroinferior do côndilo lateral, volta-se distal e posterolateralmente. O ângulo de inclinação da articulação tibiofibular superior é variável de indivíduo para indivíduo, podendo ser horizontal ou oblíquo. Superomedialmente a ele, o côndilo é sulcado em sua face posterolateral pelo tendão do poplíteo; um recesso sinovial interpõe-se entre o tendão e o osso. A face anterolateral do côndilo é separada da face lateral da diáfise por uma margem afilada que serve de inserção para a fáscia profunda. A inserção distal do trato iliotibial faz uma marca achatada, embora bem definida, o tubérculo de Gerdy, em sua face anterior. Este tubérculo, que é triangular e semelhante a uma faceta, geralmente é palpável.

As faces condilares anteriores são contínuas com uma ampla área triangular cujo ápice é distal e formado pela tuberosidade tibial. A borda lateral é uma crista entre o côndilo lateral e a face lateral da diáfise. Os côndilos, suas faces articulares e a área intercondilar são descritos no Capítulo 82.

Tuberosidade tibial A tuberosidade tibial é o ápice truncado de uma região triangular onde as faces condilares anteriores se fundem. Essa tuberosidade projeta-se só um pouco, sendo dividida em uma região distal áspera e uma região proximal lisa. A região distal é palpável e está separada da pele pela bursa infrapatelar subcutânea. Uma linha através da tuberosidade tibial marca o limite distal da placa de crescimento tibial proximal (Fig. 83.2). O tendão patelar está inserido no osso liso proximal a esta linha; suas fibras superficiais alcançam a área rugosa distal a ela. A bursa infrapatelar profunda e o tecido fibroadiposo interpõem-se entre o osso e o tendão, proximalmente ao local de inserção. O tendão pode ser marcado distalmente por uma crista um pouco oblíqua, sobre a qual as fibras laterais do tendão patelar estão inseridas mais distalmente que as fibras mediais (esse conhecimento é necessário para evitar dano ao tendão ao serrar a tíbia transversalmente, logo acima da tuberosidade tibial, da direção lateral para medial, como numa osteotomia). Em indivíduos habituados à execução de agachamentos, um sulco vertical na face anterior do côndilo lateral é ocupado pela borda lateral do tendão patelar quando da flexão completa do joelho.

Diáfise

A diáfise é triangular em secção e apresenta as faces (antero)medial, lateral e posterior, separadas pelas bordas anterior, lateral (interóssea) e medial. É mais estreita na junção dos terços medial e distal, expandindo-se gradualmente em direção a ambas as extremidades. A borda anterior desce da tuberosidade para a margem anterior do maléolo medial, sendo subcutânea ao longo do trajeto. Exceto em seu quarto distal, onde é indistinta, ela é uma crista afiada. Essa borda é ligeiramente sinuosa e volta-se medialmente no quarto distal. A borda interóssea inicia-se distal e anteriormente à faceta fibular e descende para a borda anterior da incisura fibular; a borda é indistinta proximalmente. A membrana interóssea está inserida na maior parte de seu comprimento, conectando a tíbia à fíbula. A borda medial desce da extremidade anterior do sulco do côndilo medial para a margem posterior do maléolo medial. Seus quartos proximal e distal são mal definidos, mas sua região central é aguda e distinta.

A face anteromedial, entre as bordas anterior e medial, é larga, plana e quase totalmente subcutânea. A face lateral, entre as bordas anterior e interóssea, também é larga e plana. Esta face volta-se lateralmente em seus três quartos proximais, sendo côncava transversalmente. Seu quarto distal desvia-se para voltar-se anterolateralmente, levando em conta o desvio medial das bordas interósseas anterior e distal. Esta parte da face lateral é um tanto convexa. A face posterior, entre as bordas interóssea e medial, é maior acima, onde é cruzada distal e medialmente por uma linha para o músculo sóleo oblíqua e rugosa. Uma fraca linha vertical desce do centro da linha para o músculo sóleo por uma curta distância, antes de se tornar indistinta. Um grande sulco vascular une-se à extremidade da linha descendo distalmente para um forame nutrício. A fáscia profunda e, proximalmente ao maléolo medial, a extremidade medial do retináculo extensor superior estão inseridas na borda anterior. Fibras posteriores ao ligamento colateral medial e a feixes do semimembranoso, assim como a fáscia poplítea encontram-se fixadas na borda medial (proximais à linha para o músculo sóleo); algumas fibras do sóleo e a fáscia que recobre os músculos profundos da panturrilha inserem-se distalmente à linha. A borda medial distal corre por dentro do lábio medial de um sulco para o tendão do tibial posterior. A membrana interóssea está inserida na borda lateral, exceto em cada uma de suas extremidades. Ela é indistinta proximalmente, onde um grande intervalo na membrana transmite os vasos tibiais anteriores. Dis-

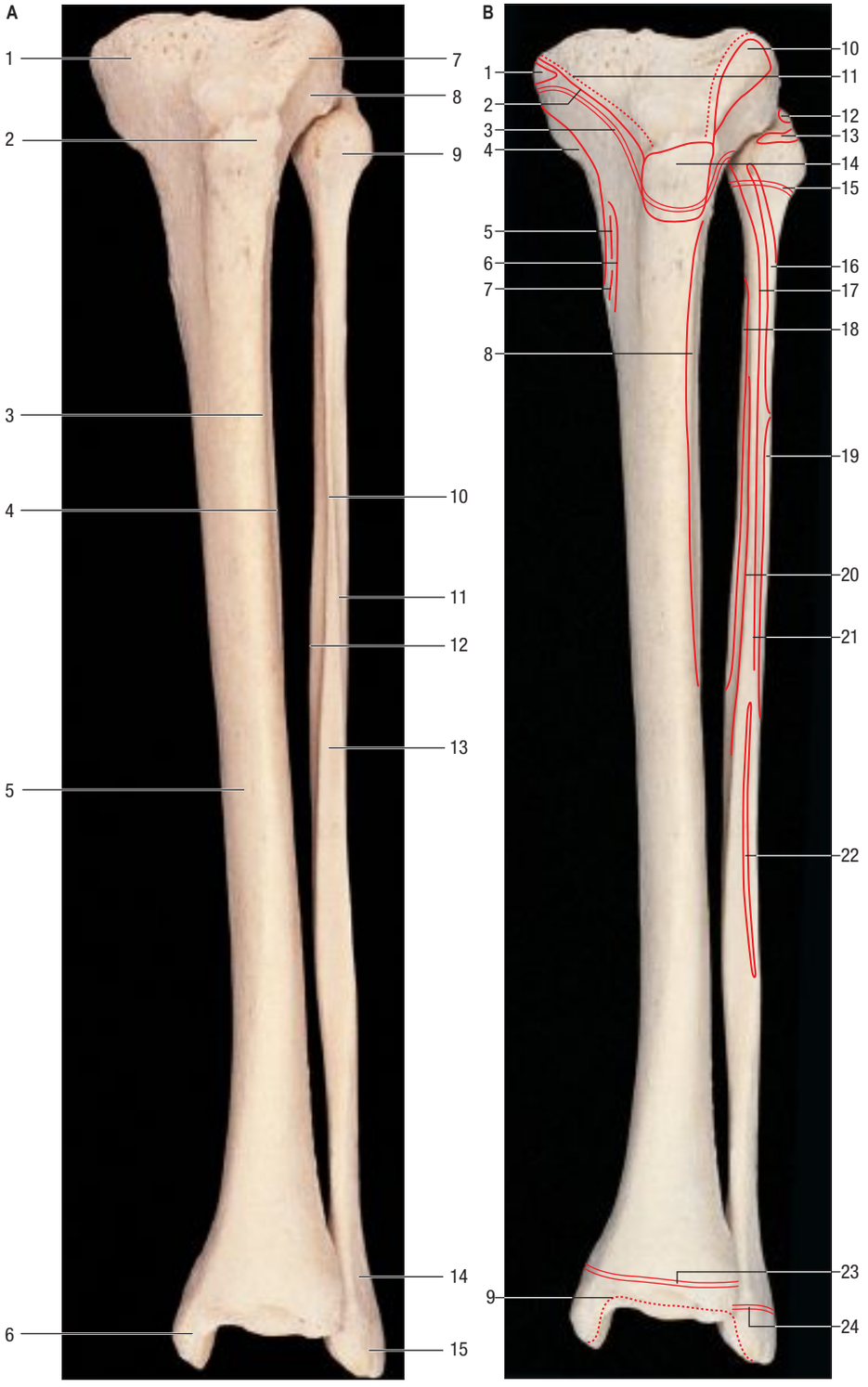


Fig. 83.2 A, Tíbia esquerda e fíbula: face anterior. **B,** Inserções musculares. **A: 1.** Côndilo medial. **2.** Tuberosidade tibial. **3.** Borda anterior da tíbia. **4.** Borda interóssea da tíbia. **5.** Face medial. **6.** Maléolo medial. **7.** Tubérculo de Gerdy. **8.** Côndilo lateral. **9.** Cabeça da fíbula. **10.** Borda interóssea da fíbula. **11.** Borda anterior da fíbula. **12.** Crista medial. **13.** Face anterior. **14.** Área subcutânea. **15.** Maléolo lateral. **B: 1.** Semimembranoso. **2.** Retináculo patelar medial. **3.** Linha epifisária (placa de crescimento). **4.** Ligamento colateral medial. **5.** Grácil. **6.** Sartório. **7.** Semitendinoso. **8.** Tibial anterior. **9.** Inserção da cápsula. **10.** Trato iliotibial. **11.** Inserção da cápsula. **12.** Ligamento colateral lateral. **13.** Bíceps femoral. **14.** Tendão patelar. **15.** Linha epifisária (placa de crescimento). **16.** Fibular longo. **17.** Extensor longo dos dedos. **18.** Tibial posterior. **19.** Fibular curto. **20.** Extensor longo do hálux. **21.** Extensor longo dos dedos. **22.** Fibular terceiro. **23.** Linha epifisária (placa de crescimento). **24.** Linha epifisária (placa de crescimento).

talmente, a borda é contínua com a margem anterior da incisura fibular, na qual o ligamento tibiofibular anterior está inserido.

A parte anterior do ligamento colateral medial insere-se em uma área com aproximadamente 5 cm de comprimento por 1 cm de largura, perto da borda medial da face medial proximal. A face medial restante é subcutânea, sendo cruzada obliquamente pela veia safena magna. O músculo tibial anterior insere-se nos dois terços proximais da face lateral. O terço distal (desprovido de inserções) é cruzado, em ordem mediolateral, pelas seguintes estruturas: tendão do tibial anterior (repousando lateralmente à borda anterior), tendão do extensor longo do hálux, vasos tibiais anteriores, nervo fibular profundo, extensor longo dos dedos e fibular terceiro.

Na face posterior, o músculo poplíteo insere-se em uma área triangular proximal à linha para o músculo sóleo, exceto no local próximo à faceta fibular. A aponeurose poplítea, o sóleo e sua fáscia, assim como a fáscia transversa profunda estão todos inseridos na linha para o músculo sóleo: a extremidade proximal da linha não alcança a borda interóssea; ela é marcada por um tubérculo para a extremidade medial do arco tendíneo do sóleo. Lateralmente ao tubérculo, os vasos tibiais posteriores e o nervo tibial descem pelo tibial posterior. Distalmente à linha solear, uma linha vertical separa as inserções dos músculos flexor longo dos dedos e tibial posterior. Não há inserções no quarto distal desta face, mas a área é cruzada medialmente pelo tendão do tibial posterior, dirigindo-se para um sulco na face posterior do maléolo medial. O flexor longo dos dedos cruza obliquamente, atrás do tibial posterior; os vasos tibiais posteriores, o nervo tibial posterior e o flexor longo do hálux têm contato somente com a parte lateral da face posterior distal.

Extremidade distal

A extremidade distal ligeiramente expandida da tíbia apresenta as faces anterior, medial, posterior, lateral e distal. A extremidade distal projeta-se inferomedialmente como o maléolo medial. A extremidade distal da tíbia, quando comparada à extremidade proximal, é rotacionada lateralmente (torção tibial). A torção inicia-se durante o desenvolvimento uterino, progredindo ao longo da infância e da adolescência até atingir a maturidade esquelética. A torção tibial é de aproximadamente 30º em populações

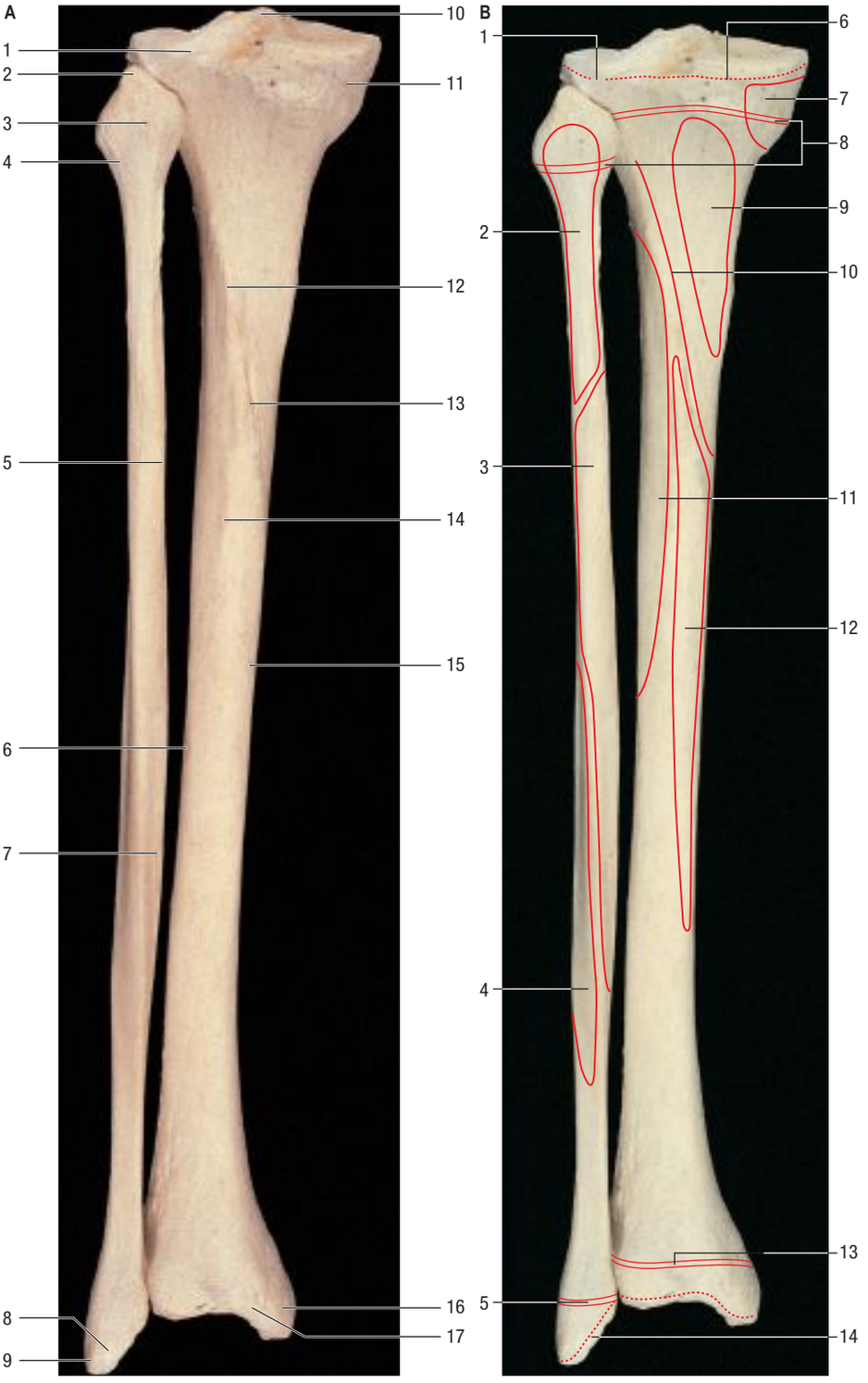


Fig. 83.3 A, Tíbia esquerda e fíbula: face posterior. **B,** Inserções musculares. **A: 1.** Sulco para o tendão do poplíteo. **2.** Processo estiloide (ápice) da fíbula. **3.** Cabeça da fíbula. **4.** Colo da fíbula. **5.** Crista medial. **6.** Borda interóssea da tíbia. **7.** Borda posterior. **8.** Sulco para os tendões dos fibulares. **9.** Maléolo lateral. **10.** Eminência intercondilar. **11.** Sulco para inserção do semimembranoso. **12.** Linha do músculo sóleo. **13.** Forame nutrício. **14.** Linha vertical. **15.** Borda medial da tíbia. **16.** Maléolo medial. **17.** Sulco para o tendão do tibial posterior. **B: 1.** Intervalo na cápsula para o tendão do poplíteo. **2.** Sóleo. **3.** Flexor longo do hálux. **4.** Fibular curto. **5.** Linha epifisária (placa de crescimento). **6.** Inserção da cápsula. **7.** Semimembranoso. **8.** Linhas epifisárias (placas de crescimento). **9.** Poplíteo. **10.** Sóleo. **11.** Tibial posterior. **12.** Flexor longo dos dedos. **13.** Linha epifisária (placa de crescimento). **14.** Inserção da cápsula.

caucasianas e asiáticas, sendo significativamente maior em indivíduos de origem africana (Eckhoff *et al.*, 1994). Algumas anteversões do colo femoral, observadas em neonatos, podem persistir em mulheres adultas, o que faz com que a diáfise femoral e o joelho sejam rotacionados internamente; a tíbia pode desenvolver uma torção externa compensatória para contrabalançar a tendência do pé de entrar em inversão.

A face anterior lisa projeta-se além da face distal, da qual está separada por um estreito sulco. A cápsula articular do tornozelo está inserida em um sulco anterior próximo da face articular. A face medial é lisa e contínua (tanto acima quanto abaixo) com a face medial da diáfise e com o maléolo medial, respectivamente: ela é subcutânea e visível. A face posterior é lisa, exceto no local onde é cruzada, perto de sua extremidade medial, por um sulco ligeiramente oblíquo e quase vertical que geralmente é conspícuo e estende-se para a face posterior do maléolo. O sulco é adaptado para o tendão do tibial posterior, que normalmente separa o tendão do flexor longo dos dedos do osso. Mais lateralmente, os vasos tibiais posteriores, o nervo tibial posterior e o flexor longo do hálux mantêm contato com essa face. A face lateral é a incisura fibular triangular; suas bordas anterior e posterior projetam-se e convergem proximalmente para a borda interóssea. Proximalmente, o assoalho da incisura torna-se mais rugoso em virtude do substancial ligamento interósseo, porém é mais liso distalmente (algumas vezes é coberto por cartilagem articular). Os ligamentos tibiofibulares anterior e posterior estão inseridos nas bordas correspondentes da incisura. A face distal articula-se com o tálus; é maior na parte da frente, côncava sagitalmente e ligeiramente convexa no sentido transversal, isto é, tem forma de sela. Medialmente, a face distal é contínua com a face articular maleolar, que pode se estender para dentro do sulco que a separa da face anterior da diáfise. Tais extensões (mediais e/ou laterais) são facetas que se articulam com as facetas talares recíprocas na dorsiflexão extrema. Esses traços têm sido utilizados na medicina forense para identificar as origens raciais de materiais esqueléticos.

Maléolo medial O maléolo medial curto e espesso tem uma face lateral lisa com uma faceta crescente que se articula com a face medial do tálus. Sua face anterior é áspera e sua face posterior mostra a continuação do sulco (da superfície posterior da diáfise tibial) para o tendão do tibial posterior. A borda distal está voltada para a parte anterior e apresenta uma depressão na parte posterior, servindo de inserção para o ligamento deltoide. A extremidade do maléolo medial não se projeta tão distalmente quanto a extremidade do maléolo lateral; em relação aos dois, a extremidade do maléolo lateral está localizada mais posteriormente. A cápsula articular do tornozelo insere-se na face anterior do maléolo medial, assim como o retináculo flexor insere-se em sua proeminente borda posterior.

Inserções musculares

O tendão patelar está inserido na metade proximal da tuberosidade tibial. O músculo semimembranoso insere-se na borda distal do sulco na face posterior do côndilo medial; um tubérculo da extremidade lateral do sulco constitui a principal inserção do tendão deste músculo. Feixes do tendão do bíceps femoral estão inseridos no côndilo tibial lateral, anteroproximais à faceta fibular. Fibras proximais do músculo extensor longo dos dedos e (ocasionalmente) do músculo fibular longo inserem-se distalmente nesta área. Posteriormente, feixes do músculo semimembranoso inserem-se na borda medial da diáfise, proximais à linha solear. Algumas fibras do sóleo fixam-se na face posteromedial, distalmente a esta linha. Proximalmente, o músculo semimembranoso insere-se na face medial (perto da borda medial), atrás da inserção da porção anterior do ligamento colateral medial. Anteriormente a esta região (em sequência anteroposterior) encontram-se as inserções lineares dos tendões do sartório, do grácil e do semitendinoso (elas raramente marcam o osso). O músculo tibial anterior insere-se nos dois terços proximais da face lateral (extensora). O músculo poplíteo insere-se na face posterior, em uma área triangular proximal à linha solear, exceto próximo da faceta fibular. O músculo sóleo e sua fáscia associada estão inseridos na linha solear propriamente dita. Os músculos flexor longo dos dedos e tibial posterior estão inseridos na face posterior, distalmente à linha solear, medial e lateralmente à linha vertical, respectivamente (ver anteriormente).

Suprimento vascular

A extremidade proximal da tíbia é suprida por vasos metafisários provenientes da anastomose arterial genicular. O forame nutrício geralmente se localiza próximo da linha para o músculo sóleo e transmite um ramo da artéria tibial posterior; o vaso nutrício também pode surgir no nível da bifurcação poplítea ou como um ramo da artéria tibial anterior. Ao entrar no osso, a artéria nutrícia divide-se em ramos ascendente e descendente. O suprimento do periósteo para a diáfise tem origem na artéria tibial anterior e nos ramos musculares. A metáfise distal é suprida por ramos da anastomose ao redor do tornozelo.

Inervação

As extremidades proximal e distal da tíbia são inervadas por ramos dos nervos que suprem a articulação do joelho e do tornozelo, respectivamente. O periósteo da diáfise é suprido pelos ramos dos nervos que inervam os músculos inseridos na tíbia.

Ossificação

A tíbia ossifica-se a partir de três centros, sendo um centro na diáfise e um centro em cada uma das epífises. A ossificação (Figs. 83.2, 83.3, 83.4 e 82.6) tem início na diáfise média, por volta da sétima semana intrauterina. O centro epifisário proximal geralmente está presente ao nascimento: aproximadamente aos 10 anos, um fino processo anterior do centro da epífise desce para formar a parte lisa da tuberosidade tibial. Um centro separado pode aparecer para formar a tuberosidade por volta do 12º ano e logo se fundir com a epífise. Os estratos distais da placa epifisária são compostos por um tecido colagenoso denso, no qual as fibras estão alinhadas com o tendão patelar. Estresses por tração exagerada podem contribuir para o aparecimento da doença de Osgood-Schlatter, na qual a fragmentação da epífise da tuberosidade ocorre durante a adolescência, produzindo um edema doloroso na região da tuberosidade. A cura da doença ocorre uma vez que a placa de crescimento se fusiona, deixando a protrusão óssea. Períodos prolongados de tração com o joelho estendido, tanto em crianças como em adolescentes, podem levar ao crescimento aprisionado da parte anterior da epífise proximal, o que resulta em um arqueamento da tíbia proximal enquanto a tíbia posterior continua a crescer. A epífise proximal funde-se no 16º ano em mulheres e no 18º ano em homens. O centro epifisário distal aparece precocemente no primeiro ano e une-se à diáfise por volta do 15º ano nas mulheres e do 17º ano nos homens. O maléolo medial é uma extensão da epífise distal e inicia sua ossificação no sétimo ano: ele pode ter um centro de ossificação próprio, separadamente. Em 47% das mulheres e 17% dos homens, um centro de ossificação acessório aparece como uma extremidade do maléolo medial, que se funde durante o oitavo ano em meninas e o nono ano em meninos: essa extremidade não deve ser confundida com um "subtibial", que é um osso acessório raro encontrado na face posterior do maléolo medial.

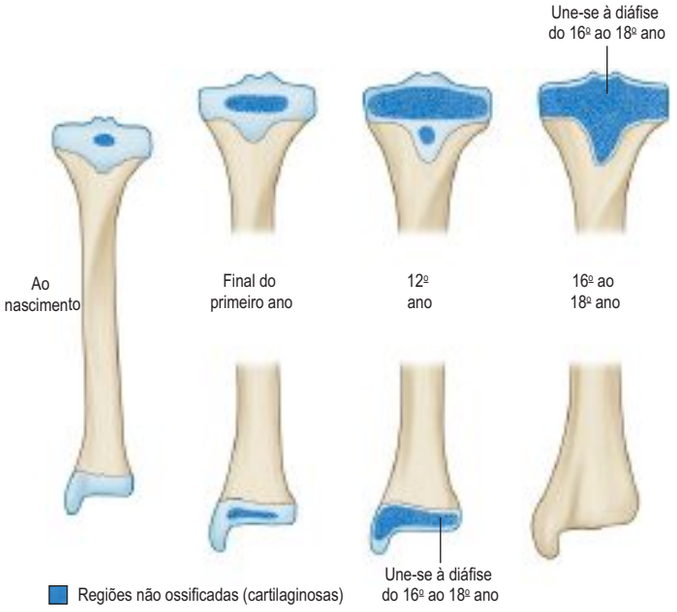


Fig. 83.4 Estágios de ossificação da tíbia (fora de escala).

FÍBULA

A fíbula (Figs. 83.2 e 83.3) é muito mais delgada do que a tíbia e não está diretamente envolvida na transmissão de peso. Este osso tem uma cabeça proximal, um colo estreito, uma diáfise longa e um maléolo lateral distal. A diáfise varia em forma, sendo variavelmente moldada pelos músculos nela inseridos: essas variações podem ser confusas.

Cabeça

A cabeça da fíbula tem forma irregular e projeta-se anterior, posterior e lateralmente. Uma faceta arredondada em sua face proximomedial articula-se com a faceta correspondente na face inferolateral do côndilo tibial lateral. A cabeça da fíbula volta-se proximal e anteromedialmente, apresentando uma inclinação que pode variar entre os indivíduos, de um plano quase horizontal até um ângulo que passa dos 45°. Um ápice áspero (processo estiloide) projeta-se proximalmente a partir da face posterolateral da cabeça, sendo frequentemente palpável cerca de dois centímetros distais à articulação do joelho. O ligamento colateral fibular está inserido na frente do ápice, envolvido pela principal inserção do bíceps femoral. O ligamento capsular da articulação tibiofibular insere-se nas margens da faceta articular. O nervo fibular comum cruza posterolateralmente ao colo da fíbula e pode estar envolvendo o osso, nesta região.

Diáfise

A diáfise tem três bordas e três faces, cada uma associada a um grupo de músculos em particular. A borda anterior ascende proximalmente a partir do ápice de uma área triangular alongada, que é contínua com a face maleolar lateral, até a face anterior da cabeça da fíbula. A borda posterior, contínua com a margem medial do sulco posterior do maléolo lateral e geralmente distinta em sua porção distal, frequentemente é arredondada em sua metade proximal. A borda interóssea é medial e um pouco posterior à borda anterior. Além dos dois terços proximais da diáfise fibular, estas duas bordas aproximam-se uma da outra; a face posicionada entre as duas bordas estreita-se e chega a medir 1 mm ou menos.

A face lateral, entre as bordas anterior e posterior, associada aos músculos fibulares, volta-se lateralmente em seus três quartos proximais. O quarto distal vira-se posterolateralmente para se tornar contínuo com o sulco posterior do maléolo lateral. A face anteromedial (às vezes denominada simplesmente anterior ou medial), localizada entre as bordas anterior e interóssea, geralmente está voltada anteromedialmente, mas com frequência aparece diretamente em direção anterior. Esta face está associada aos músculos extensores. Embora seja ampla distalmente, ela estreita-se em sua metade proximal, podendo se tornar uma mera crista. A face posterior (posicionada entre as bordas interóssea e posterior) é a maior, estando associada aos músculos flexores. Os dois terços proximais da face posterior são divididos por uma crista medial longitudinal, separada da borda interóssea por uma face sulcada direcionada medialmente. A face restante volta-se posteriormente em sua metade proximal; sua metade distal curva-se sobre sua face medial. Distalmente, esta área ocupa a incisura fibular da tíbia, que se torna rugosa em virtude da inserção do ligamento tibiofibular interósseo principal. A área triangular próxima da face lateral do maléolo lateral é subcutânea; os músculos recobrem o resto da diáfise.

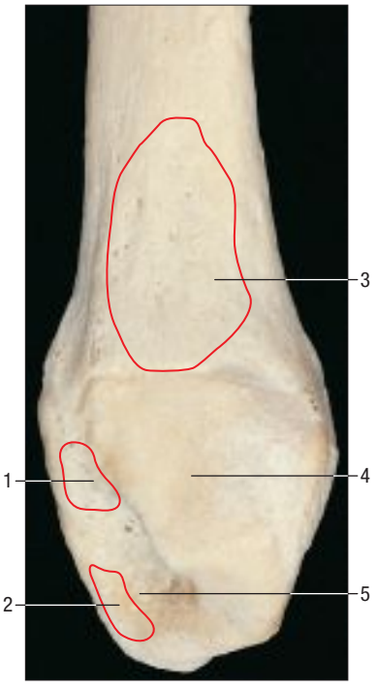


Fig. 83.5 Extremidade distal da fíbula esquerda: face medial. **1.** Inserção do ligamento tibiofibular posterior. **2.** Inserção do ligamento talofibular posterior. **3.** Área para inserção do ligamento tibiofibular interósseo. **4.** Faceta articular para o tálus. **5.** Fossa maleolar.

A borda anterior é dividida distalmente em duas cristas que envolvem a face subcutânea triangular. O septo intermuscular anterior está inserido em seus três quartos proximais. A extremidade lateral do retináculo extensor superior insere-se distalmente na borda anterior da área triangular e a extremidade lateral do retináculo fibular superior insere-se distalmente na margem posterior da área triangular. A borda interóssea termina no limite proximal da área rugosa para inserção do ligamento interósseo. A membrana interóssea, inserida à sua respectiva borda, não alcança a cabeça da fíbula, deixando um intervalo através do qual passam os vasos tibiais anteriores. A borda posterior não é bem definida proximalmente; o septo intermuscular posterior encontra-se inserido em toda sua extensão, exceto na extremidade distal. A crista medial está relacionada com a artéria fibular. Uma camada de fáscia profunda insere-se na crista medial, separando o tendão do tibial posterior dos tendões do flexor longo do hálux e do flexor longo dos dedos.

Maléolo lateral

A extremidade distal da fíbula forma o maléolo lateral, que se projeta distal e posteriormente (Figs. 83.2, 83.3 e 83.5). Sua face lateral é subcutânea, ao passo que sua face posterior apresenta um largo sulco com uma proeminente borda lateral. Sua face anterior é rugosa, circular e contínua com a borda inferior da tíbia. A face medial do maléolo lateral tem uma faceta articular triangular, verticalmente convexa e com ápice distal, que se articula com a face talar lateral. Atrás desta faceta há uma fossa maleolar rugosa, perfurada por forames vasculares. O ligamento tibiofibular posterior e, mais distalmente, o ligamento talofibular posterior encontram-se inseridos na fossa. O ligamento talofibular anterior insere-se na face anterior do maléolo lateral; o ligamento calcaneofibular encontra-se inserido na incisura anterior ao seu ápice. Os tendões dos músculos fibular curto e longo sulcam a face posterior do maléolo lateral: o músculo fibular longo é superficial e está coberto pelo retináculo fibular superior.

Inserções musculares

As principais inserções do bíceps femoral circundam o ligamento colateral fibular na frente do ápice da cabeça da fíbula (processo estiloide). O músculo extensor longo dos dedos insere-se anteriormente na cabeça, o músculo fibular longo insere-se anterolateralmente e o músculo sóleo insere-se posteriormente. Os músculos extensor longo dos dedos, extensor longo do hálux e fibular terceiro inserem-se na face anteromedial (extensora). Em seu terço proximal, o músculo fibular longo está inserido ao longo de todo o comprimento da face lateral (fibular), mas em seu terço médio só está inserido em sua parte posterior, atrás do músculo fibular curto. Este último continua sua inserção quase até a extremidade distal da diáfise.

As inserções musculares na face posterior (dividida longitudinalmente pela crista medial) são complicadas. Entre a crista e a borda óssea, a face posterior é côncava. O músculo tibial posterior insere-se ao longo da maior parte desta área (os três quartos proximais); um tendão intramuscular pode formar uma crista oblíqua no osso. O músculo sóleo está inserido entre a crista e a borda posterior do quarto proximal da face posterior; seu arco tendíneo está inserido proximalmente nesta face. O músculo flexor longo do hálux insere-se na face posterior, distalmente ao sóleo, e quase alcança a extremidade distal da diáfise.

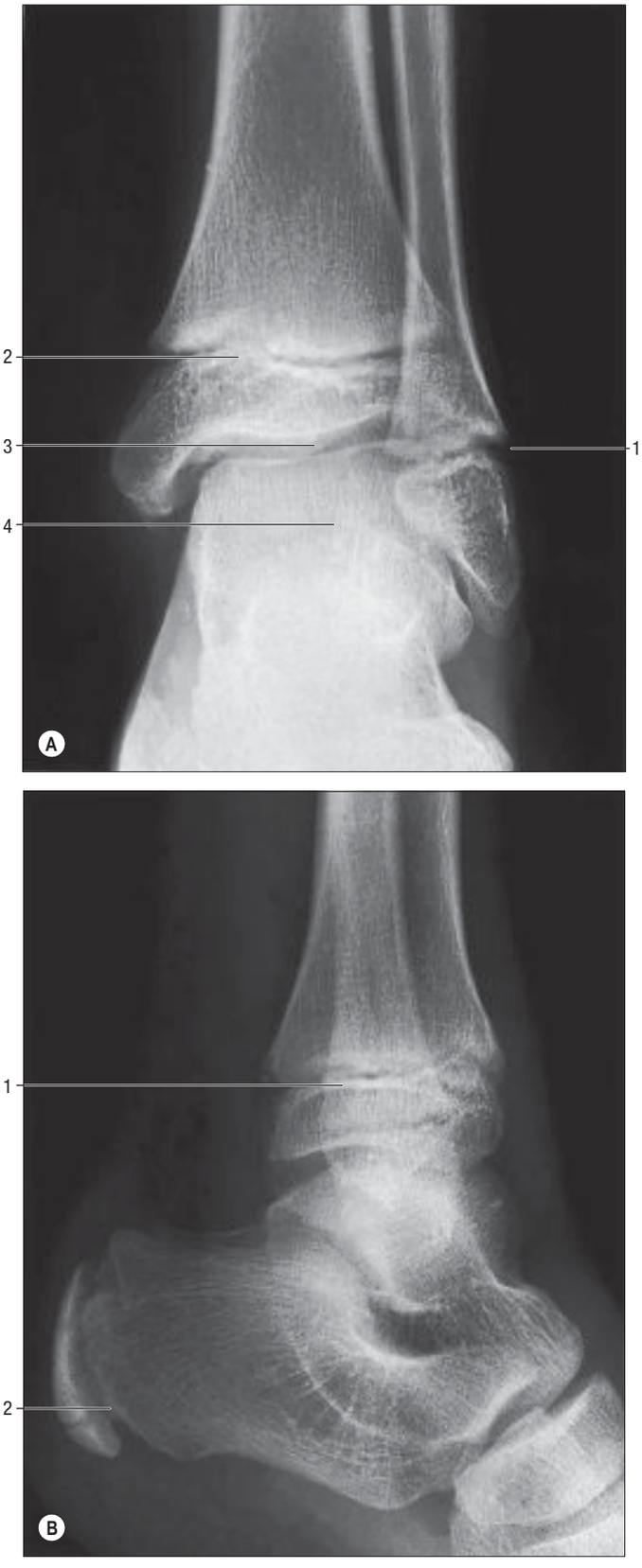


Fig. 83.6 Radiografia do tornozelo em flexão plantar de uma criança com 10 anos de idade. **A,** Vista anteroposterior oblíqua. Observe que a placa de crescimento fibular está aproximadamente no nível da articulação do tornozelo. **1.** Placa de crescimento inferior da fíbula. **2.** Placa de crescimento inferior da tíbia. **3.** Articulação do tornozelo. **4.** Tálus. **B,** Vista lateral. Observe o padrão trabecular do calcâneo. **1.** Placa de crescimento tibial. **2.** Placa de crescimento posterior do calcâneo.

Suprimento vascular
Em direção um pouco proximal ao ponto médio da face posterior (14-19 cm do processo estiloide), a diáfise fibular é caracterizada por um forame nutrício direcionado distalmente que recebe um ramo da artéria fibular. É fundamental uma apreciação da anatomia detalhada da artéria fibular em relação à fíbula para a obtenção de retalhos osteofasciocutâneos livres que incorporam segmentos do osso. Enxertos diafisários livres vascularizados também podem ser obtidos em pedículos de artérias fibulares. As extremidades proximal e distal recebem vasos diafisários das anastomoses arteriais do joelho e do tornozelo, respectivamente.

Inervação
As extremidades proximal e distal do osso são supridas pelos ramos dos nervos que inervam (a) o joelho e a articulação tibiofibular superior e (b) o tornozelo e a articulação tibiofibular inferior, respectivamente. O periósteo da diáfise é suprido pelos ramos dos nervos que inervam os músculos da fíbula.

Ossificação
A ossificação da fíbula ocorre a partir de três centros, sendo um centro na diáfise e um centro em cada uma das epífises (Fig. 83.6). O processo tem início na diáfise por volta da oitava semana intrauterina, na extremidade distal no primeiro ano e na extremidade proximal por volta do terceiro ano nas meninas e do quarto ano em meninos. A epífise distal une-se com a diáfise por volta do 15º ano em indivíduos do gênero feminino e por volta do 17º ano em indivíduos do gênero masculino; a epífise proximal não se une até aproximadamente os 17 anos em indivíduos do gênero feminino e 19 anos em indivíduos do gênero masculino. O osso subfibular é uma entidade ocasional e separada que se localiza posteriormente à ponta da fíbula, enquanto a apófise fibular distal localiza-se anteriormente. Um retináculo acessório raramente é encontrado; quando presente, esse retináculo sobrepõe-se à bolsa sinovial da fíbula distal, dentro do retináculo fibular.

MÚSCULOS

Os músculos da perna consistem em um grupo anterior de músculos extensores, que produzem a dorsiflexão (extensão) do tornozelo, em outro grupo posterior de músculos flexores, que produzem a flexão plantar (flexão) do tornozelo, e um terceiro grupo lateral de músculos, os fibulares, derivados embriologicamente dos extensores. A grande massa de músculos da panturrilha é proporcional ao poderoso papel propulsivo dos flexores plantares nas ações de caminhar e correr.

COMPARTIMENTO ANTERIOR OU EXTENSOR

O compartimento anterior contém os músculos que fazem a dorsiflexão do tornozelo quando agem a partir de suas inserções proximais (Figs. 83.7, 83.8 e 83.9). Ao agirem a partir de suas inserções distais, esses músculos puxam o corpo para a frente durante a fase da marcha em que o pé fica fixo. Dois destes músculos, o extensor longo dos dedos e o extensor longo do hálux, também estendem os dedos, assim como outros dois músculos, o tibial anterior e o fibular terceiro, fazem as ações adicionais de inversão e eversão, respectivamente.

Tibial anterior
Inserções O tibial anterior é um músculo superficial e facilmente palpável lateralmente à tíbia. Ele surge a partir do côndilo lateral e da metade proximal a dois terços da face lateral da diáfise da tíbia; da face anterior adjacente da membrana interóssea; da parte profunda da fáscia profunda; e do septo intermuscular entre ele e o extensor longo dos dedos. O músculo desce verticalmente e termina em um tendão em sua face anterior no terço inferior da perna. O tendão passa através dos compartimentos mediais dos retináculos superior e inferior, inclina-se medialmente e insere-se nas faces medial e inferior do osso cuneiforme medial e na parte adjacente da base do primeiro osso metatársico.

Previamente, já foram relatados casos de inserções no tálus, na cabeça do primeiro metatársico, na base da falange proximal do hálux e no retináculo extensor.

Relações O músculo tibial anterior sobrepõe-se aos vasos tibiais anteriores e ao nervo fibular profundo na parte superior da perna, repousando sobre a tíbia e a membrana interóssea. Os músculos extensor longo dos dedos e extensor longo do hálux localizam-se lateralmente.

Suprimento vascular O corpo principal do tibial anterior é suprido por uma série de ramos mediais e anteriores oriundos da artéria tibial anterior: os ramos podem estar presentes em duas colunas. Há um suprimento acessório proximal da artéria recorrente tibial anterior. O tendão é suprido pela artéria maleolar anterior medial e sua rede, pela artéria dorsal do pé, pelas artérias tarsais mediais e pelos ramos maleolar medial e calcanear da artéria tibial posterior.

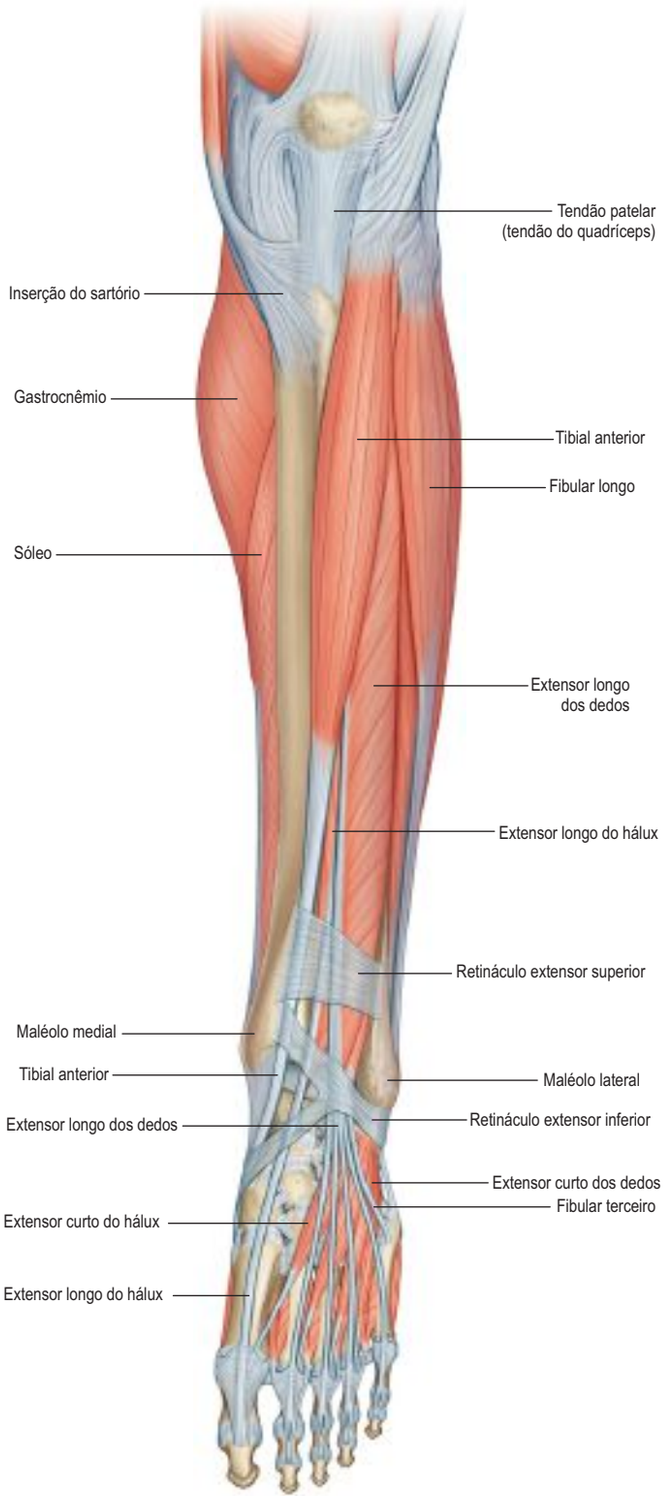


Fig. 83.7 Músculos da perna esquerda: face anterior.

Inervação O músculo tibial anterior é inervado pelo nervo fibular profundo, L4 e L5.

Ações O músculo tibial anterior é um dorsiflexor da articulação do tornozelo e um inversor do pé. Ele é acionado com maior intensidade quando os dois movimentos ocorrem em conjunto, como no ato de caminhar. Seus tendões podem ser percebidos através da pele lateral à borda anterior da tíbia, podendo ser seguidos para baixo e cruzando medialmente da frente do tornozelo para a borda medial do pé. O músculo tibial anterior eleva a base do primeiro metatársico e o cuneiforme medial, rodando lateralmente suas faces dorsais.

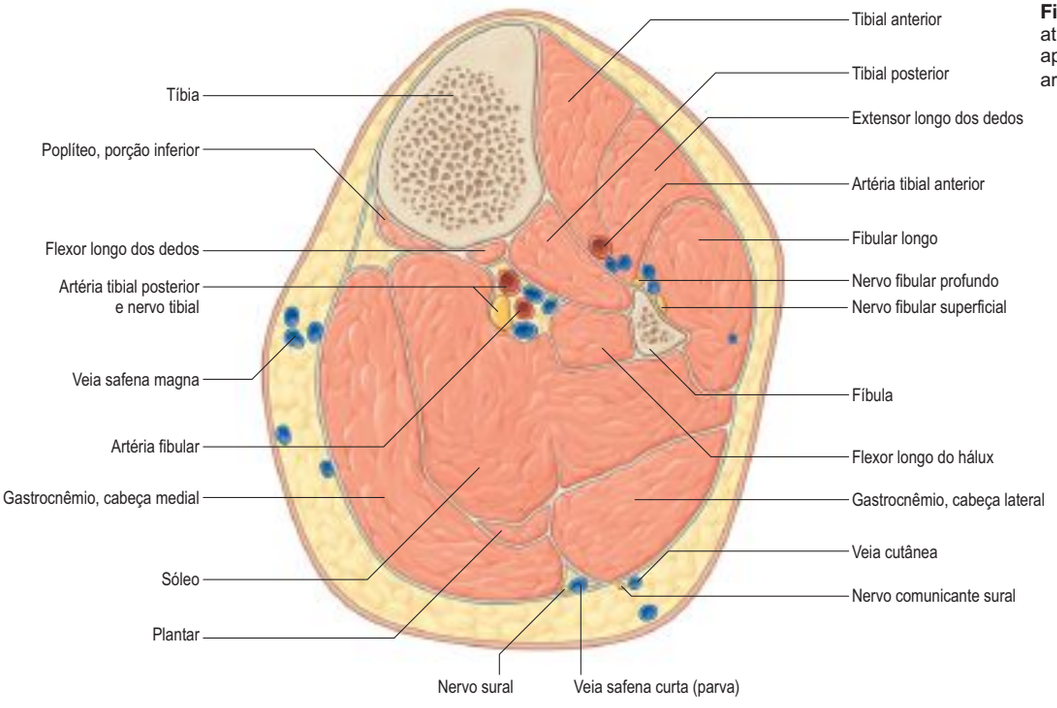


Fig. 83.8 Secção transversa (axial) através da perna esquerda, aproximadamente 10 cm distal à articulação do joelho.

O músculo geralmente fica quiescente quando o indivíduo está na posição de pé, já que o peso do corpo age através de uma linha vertical que passa anteriormente aos tornozelos. Ao agir a partir de suas inserções proximais, esse músculo ajuda a contrabalançar qualquer tendência de balanço no sentido posterior, flexionando a perna anteriormente sobre o tornozelo. O tibial anterior também desempenha o papel de sustentar o arco longitudinal medial do pé: embora a atividade eletromiográfica detectada seja mínima em posição ortostática, ela pode se manifestar durante qualquer movimento que aumente o arco plantar, como retirar os dedos dos pés do chão ao andar ou correr.

Testes O tibial anterior pode ser observado ao executar a dorsiflexão do pé contra resistência.

Extensor longo do hálux

Inserções O extensor longo do hálux localiza-se entre (e parcialmente recoberto por) o tibial anterior e o extensor longo dos dedos. Ele surge dos dois quartos mediais da face medial da fíbula, medialmente ao extensor longo dos dedos, e da face anterior adjacente da membrana interóssea. Suas fibras correm distalmente e terminam em um tendão que forma a borda anterior do músculo. O tendão passa profundamente ao retináculo extensor superior e através do retináculo extensor inferior, e cruza anteriormente aos vasos tibiais anteriores para repousar em seus lados mediais próximos do tornozelo, inserindo-se na face dorsal da base da falange distal do hálux. Na articulação metatarsofalangeana, um fino prolongamento de cada um dos lados do tendão cobre a face dorsal da articulação. Geralmente está presente uma expansão da borda medial do tendão até a base da falange proximal.

Algumas vezes, o extensor longo do hálux encontra-se unido com o extensor longo dos dedos, podendo enviar uma banda de fibras musculares para o segundo dedo.

Relações Os vasos tibiais anteriores e o nervo fibular profundo localizam-se entre o extensor longo do hálux e o tibial anterior. O extensor longo do hálux localiza-se lateralmente à artéria em sua porção proximal; depois, cruza no terço inferior da perna e torna-se medial a ela, no pé.

Suprimento vascular O extensor longo do hálux é suprido pela artéria tibial anterior através de ramos oblíquos que correm nesta região, com uma contribuição variável do ramo perfurante da artéria fibular. Mais distalmente, o tendão é irrigado pela artéria maleolar medial anterior e sua rede, pela artéria dorsal do pé e pelas artérias plantares do primeiro raio (através de ramos perfurantes).

Inervação O extensor longo do hálux é inervado pelo nervo fibular profundo, L5.

Ações O extensor longo do hálux estende as falanges do hálux e faz a dorsiflexão do pé. Quando o hálux é ativamente estendido, relativamente pouca força externa é necessária para atingir a extensão da falange distal, enquanto uma quantidade considerável de força é necessária para realizar a extensão da falange proximal.

Testes Quando o hálux é estendido (em dorsiflexão) contra resistência, o tendão do extensor longo do hálux pode ser visto e palpado na parte lateral do tendão do tibial anterior. Este é um teste útil e muito específico para verificar a integridade do nervo espinal L5.

Extensor longo dos dedos

Inserções O extensor longo dos dedos surge a partir da face inferior do côndilo lateral da tíbia, dos três quartos proximais da face medial da fíbula, da face anterior adjacente da membrana interóssea, da parte profunda da fáscia profunda, do septo intermuscular crural anterior e do septo fascial entre este músculo e o tibial anterior. Estas origens formam as paredes de um túnel osteoaponeurótico. O extensor longo dos dedos torna-se tendinoso no mesmo nível que o tibial anterior e seu tendão passa profundamente ao retináculo extensor superior e dentro de uma alça do retináculo extensor inferior com o fibular terceiro (Figs. 83.7 e 84.2). Este músculo divide-se em quatro faixas que correm para a frente no dorso do pé e inserem-se da mesma forma que os tendões do extensor dos dedos, na mão. Nas articulações metatarsofalangeanas, os tendões para o segundo, terceiro e quarto dedos são acompanhados em suas laterais por um tendão do extensor curto dos dedos. Dessa forma, as expansões digitais formadas nas faces dorsais das falanges proximais (como nos dedos) recebem contribuições dos músculos lumbricais e interósseos apropriados. As expansões ficam mais estreitas na medida em que se aproximam das articulações interfalangeanas, onde se dividem em três tiras, que são uma tira central (axial), inserida na base da falange média, e duas tiras colaterais (coaxiais). Essas tiras unem-se novamente no dorso da falange e inserem-se na base da falange distal.

Algumas vezes, os tendões para o segundo e o quinto dedos estão duplicados e tiras acessórias podem estar inseridas nos metatarsos ou no hálux.

Relações O extensor longo dos dedos relaciona-se com côndilo tibial lateral, fíbula, extremidade inferior da tíbia, articulação do tornozelo e extensor curto dos dedos. O tibial anterior e o extensor longo do hálux repousam medialmente na perna, ao passo que os músculos fibulares localizam-se lateralmente. Na parte superior da perna, os vasos tibiais anteriores e o nervo fibular profundo interpõem-se entre o extensor longo dos dedos e o tibial anterior; o nervo corre oblíqua e medialmente por baixo da parte superior do tibial anterior.

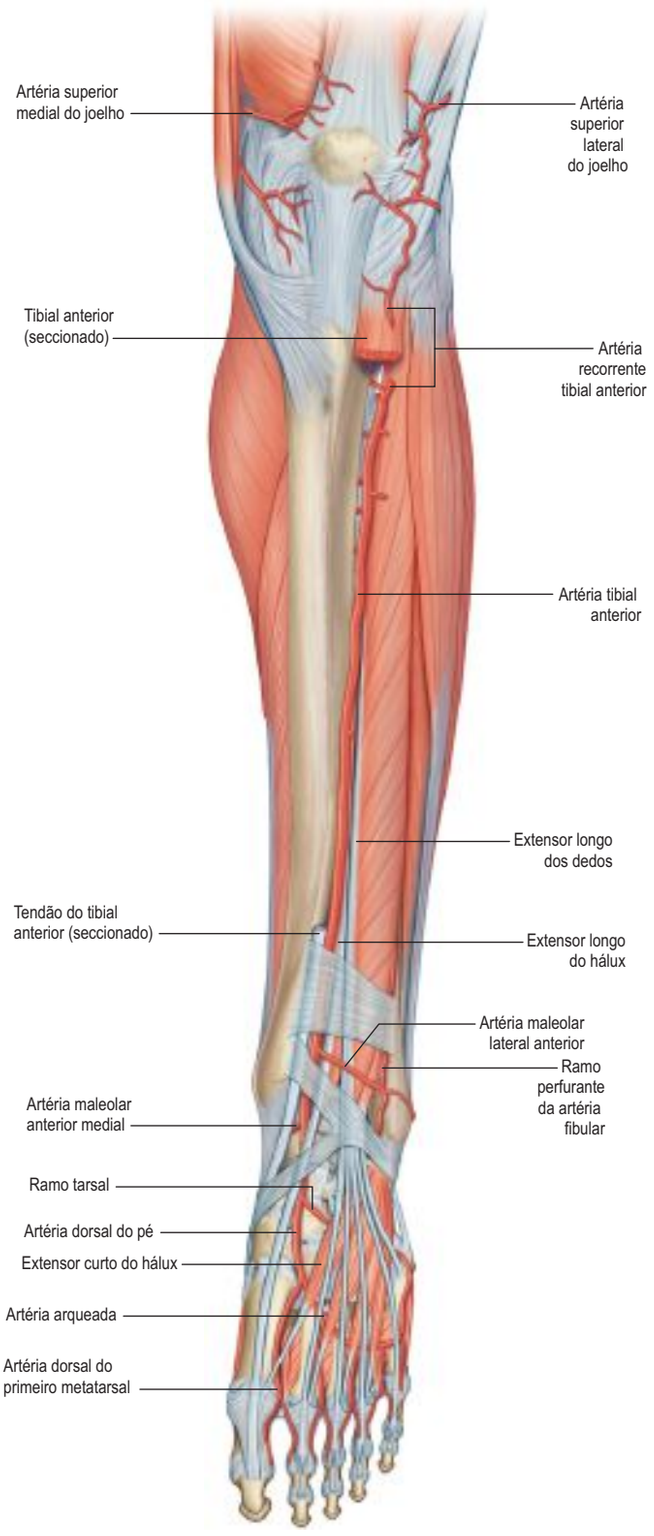


Fig. 83.9 Artéria tibial anterior esquerda e artéria dorsal do pé. Para expor a artéria tibial anterior, grande parte do tibial anterior foi excisionada; o extensor longo do hálux foi retraído lateralmente. Compare com a **Figura 83.7**.

Suprimento vascular O suprimento vascular principal do extensor longo dos dedos é derivado dos ramos da artéria tibial anterior (posicionados anterior e lateralmente), suplementados distalmente a partir do ramo perfurante da artéria fibular. Proximalmente, também pode haver um suprimento da artéria inferior lateral do joelho, da artéria poplítea ou da artéria recorrente tibial anterior. No tornozelo e no pé, os tendões são supridos pela artéria maleolar lateral anterior e rede maleolar e pelas artérias tarsal lateral, metatarsal, plantar e digital.

Inervação O extensor longo dos dedos é inervado pelo nervo fibular profundo, L5, S1.

Ações O extensor longo dos dedos estende os quatro dedos laterais. Quando em sinergia com o tibial anterior, com o extensor longo do hálux e com o fibular terceiro, age como um dorsiflexor do tornozelo. Agindo em conjunto com o extensor longo do hálux, ajuda a contrair a aponeurose plantar.

Testes Os tendões do extensor longo dos dedos podem ser vistos quando os dedos são estendidos (dorsiflexão) contra resistência.

Fibular terceiro

Inserções O fibular terceiro é um músculo existente unicamente em humanos. Frequentemente, parece ser parte do extensor longo dos dedos, devendo ser descrito como seu "quinto tendão". As fibras musculares do fibular terceiro surgem do terço distal (ou mais) da face medial da fíbula, da face anterior adjacente da membrana interóssea e do septo intermuscular crural anterior. O tendão passa profundamente ao retináculo extensor superior e por dentro da alça do retináculo extensor inferior, ao lado do extensor longo dos dedos (Figs. 83.7 e 84.2). O fibular terceiro está inserido na parte medial da face dorsal da base do quinto osso metatarsal; uma fina expansão geralmente se dirige para a frente ao longo da borda medial da diáfise do osso.

Relações O fibular terceiro localiza-se lateralmente ao extensor longo dos dedos.

Suprimento vascular O fibular terceiro é suprido pelos mesmos vasos que o extensor longo dos dedos. No pé, este músculo recebe um suprimento adicional da terminação da artéria arqueada e da quarta artéria metatarsal dorsal.

Inervação O fibular terceiro é inervado pelo nervo fibular profundo, L5, S1.

Ações Estudos eletromiográficos mostram que, durante a fase de balanço da marcha (Fig. 84.26), o fibular terceiro age em conjunto com o extensor longo dos dedos e com o tibial anterior, para produzir dorsiflexão do pé, e age em conjunto com o fibular longo e o fibular curto, para produzir a eversão do pé (Jungers *et al.*, 1993). Isto nivela o pé e ajuda os dedos a deixarem o solo, uma ação que melhora a eficiência e aumenta a economia da locomoção bípede. O fibular terceiro não é ativado na fase postural, um achado que está em variação com a sugestão de que o músculo age principalmente no suporte do arco longitudinal lateral e na transferência do centro de pressão do pé para a parte medial.

Testes O fibular terceiro não pode ser testado isoladamente, mas algumas vezes seu tendão pode ser visto e palpado quando o pé está em dorsiflexão contra resistência.

COMPARTIMENTO LATERAL (FIBULAR)

O compartimento lateral contém os músculos fibular longo e fibular curto (Figs. 83.7 e 83.8). Ambos os músculos fazem a eversão do pé e a flexão plantar do tornozelo; provavelmente, ambos têm papel importante no balanço da perna sobre o pé ao andar e ao manter a posição de pé.

Fibular longo

Inserções O fibular longo é o músculo mais superficial do compartimento lateral. Ele surge na cabeça e nos dois terços proximais da face lateral da fíbula, da porção profunda da fáscia profunda, dos septos intermusculares crurais anterior e posterior e, ocasionalmente, através de algumas fibras do côndilo lateral da tíbia. O ventre muscular termina em um longo tendão que corre distalmente atrás do maléolo lateral, em um sulco que divide com o tendão do fibular curto. O sulco é convertido em um canal através do retináculo fibular superior, de modo que o tendão do fibular curto (anterior ao tendão do fibular longo) e o tendão do fibular longo estão contidos em uma bainha sinovial comum (única). Se o retináculo fibular for rompido por motivo de lesão e não conseguir se recuperar, os tendões podem se deslocar do sulco. O tendão do fibular longo corre obliquamente para a frente na margem lateral do calcâneo, abaixo da tróclea fibular e do tendão do fibular curto (profundamente ao retináculo fibular inferior). Esse tendão cruza a margem lateral do osso cuboide, por baixo do qual corre, em um sulco que é convertido em canal através do ligamento plantar longo (Fig. 84.19). O tendão do fibular longo cruza a planta do pé obliquamente, inserindo-se através de duas tiras, uma na borda lateral da base do primeiro osso metatársico e outra na face lateral do osso cuneiforme medial; ocasionalmente, uma terceira tira insere-se na base do segundo osso metatársico. O tendão muda sua direção abaixo do maléolo lateral e no osso cuboide. Em ambas as regiões, esse tendão é espessado,

sendo que, na região do osso cuboide, uma fibrocartilagem sesamoide (algumas vezes um osso) geralmente está presente. Uma segunda bainha sinovial envolve o tendão enquanto cruza a planta do pé.

Relações Proximalmente, o fibular longo é posterior ao extensor longo dos dedos e anterior ao sóleo e ao flexor longo do hálux. Distalmente na perna, o músculo fibular longo é posterior ao fibular curto. Entre suas inserções na cabeça e na diáfise da fíbula há um intervalo por onde passa o nervo fibular comum.

Suprimento vascular do compartimento lateral Geralmente, o suprimento predominante dos músculos do compartimento lateral é derivado dos ramos superior e inferior da artéria tibial anterior; o ramo superior geralmente é o maior. Também há uma contribuição menor, variável, da artéria fibular na parte distal da perna. Um ramo fibular pode substituir o ramo inferior da artéria tibial anterior; menos comumente, a artéria fibular provê o suprimento principal para todo o compartimento. A porção superior do fibular longo também é irrigada pelo ramo circunflexo fibular, que geralmente é um ramo da artéria tibial anterior. A artéria que acompanha o nervo fibular comum, um ramo da artéria poplítea, é responsável por uma menor contribuição na região proximal. Distalmente, os tendões são supridos pelas perfurantes fibulares e pelas artérias maleolar anterior lateral, calcanear lateral, tarsal lateral, arqueada e plantares medial e lateral (Fig. 84.9).

Inervação O fibular longo é inervado pelo nervo fibular superficial, L5, S1.

Ações Há alguma dúvida quanto ao fibular longo poder fazer a eversão do pé e a dorsiflexão do tornozelo, além de agir na perna a partir de suas inserções distais. A direção oblíqua de seu tendão de uma ponta a outra da planta também o habilitaria a sustentar os arcos longitudinal e transverso do pé. Com o pé fora do chão, a eversão está visualmente associada à proeminência aumentada dos dois tendões e do músculo. Não está claro até que ponto esse músculo ajuda a manter o contato plantígrado do pé (toda a planta) na posição ortostática normal, mas gravações eletromiográficas mostram pouca ou nenhuma atividade fibular nestas condições. A atividade fibular é necessária para ficar de pé em apoio plantígrado com as pernas cruzadas. Os fibulares longo e curto entram vigorosamente em ação para manter a concavidade do pé durante os movimentos de "retirar os dedos do chão" e "ficar nas pontas dos pés". Se o indivíduo se balançar deliberadamente para um determinado lado, os fibulares se contrairão para este mesmo lado; entretanto, permanece incerta a influência dos fibulares nas interações posturais entre o pé e a perna.

Testes O fibular longo e o fibular curto são testados em conjunto, através da eversão do pé contra resistência: os tendões podem ser identificados lateralmente no tornozelo e no pé.

Fibular curto

Inserções O fibular curto tem origem nos dois terços distais da face lateral da fíbula, anteriormente ao fibular longo e nos septos intermusculares crurais anterior e posterior. Este músculo passa verticalmente para baixo e termina em um tendão que passa atrás do maléolo lateral, junto com o tendão do fibular longo (anteriormente a ele). Os dois tendões correm profundamente ao retináculo fibular superior, em uma bainha sinovial comum. O tendão do fibular curto corre para a frente na borda lateral do calcâneo (acima da tróclea fibular e do tendão do fibular longo), inserindo-se em um tubérculo na porção lateral da base do quinto osso metatársico.

Relações O extensor longo dos dedos e o fibular terceiro são anteriores ao fibular curto. O fibular longo e o flexor longo do hálux são posteriores. Na face lateral do calcâneo, os tendões dos fibulares longo e curto ocupam canais osteofasciais separados, formados pelo calcâneo e pelo retináculo fibular inferior; cada tendão é envolvido em um prolongamento distal separado da bainha sinovial comum (Fig. 84.2).

Suprimento vascular O suprimento vascular encontra-se descrito junto com o do músculo fibular longo.

Inervação O fibular curto é inervado pelo nervo fíbular superficial, L5, S1.

Ações O fibular curto pode limitar a inversão do pé e aliviar a tensão dos ligamentos que são tensionados por este movimento (porção lateral do ligamento talocalcaneal interósseo, do ligamento talocalcaneal lateral e do ligamento calcaneofibular). Este músculo participa da eversão do pé e pode ajudar a fixar a perna sobre o pé. Veja também a descrição do fibular longo.

Testes Veja na descrição do músculo fibular longo.

Variações dos músculos fibulares Faixas tendíneas do fibular longo podem se estender para a base do terceiro, do quarto e do quinto ossos metatársicos, assim como podem se dirigir para o adutor do hálux. Embora sejam raras, já foram relatadas fusões dos fibulares longo e curto. O fibular terceiro é altamente variável em sua forma e sua massa, mas raramente está ausente por completo; sua inserção distal pode se dar no quarto (em vez de no quinto) osso metatársico. Dois outros músculos fibulares variáveis (emergindo da fíbula, entre o fibular longo e o fibular curto) já foram descritos. Trata-se de fibulares acessórios, cujos tendões se juntam aos tendões do fibular longo (na planta) e do quarto fibular (que emerge posteriormente e insere-se por dentro do calcâneo ou do cuboide).

COMPARTIMENTO POSTERIOR (FLEXOR)

Os músculos no compartimento posterior da parte inferior da perna formam os grupos superficial e profundo, separados pela fáscia transversa profunda.

Grupo flexor superficial

Os flexores superficiais gastrocnêmio, plantar e sóleo (Figs. 83.8, 83.10, 82.2 e 80.25) formam a panturrilha. O gastrocnêmio e o sóleo, coletivamente chamados de tríceps sural, constituem uma poderosa massa muscular cuja função principal é a flexão plantar do pé, embora o sóleo, em particular, tenha um importante papel postural (veja adiante). Seu tamanho grande é uma característica humana e está relacionado com a postura de pé e com a locomoção bípede. O gastrocnêmio e o plantar agem tanto na articulação do joelho quanto na articulação do tornozelo. O sóleo age sozinho na articulação do tornozelo.

Gastrocnêmio

Inserções O gastrocnêmio é o músculo mais superficial do grupo e forma a massa muscular da panturrilha. Ele surge a partir de duas cabeças, conectadas aos côndilos femorais por fortes tendões planos. A cabeça medial (maior) insere-se em uma depressão na porção superoposterior do côndilo medial (atrás do tubérculo adutor) e em uma área ligeiramente mais alta da face poplítea do fêmur (logo acima do côndilo medial). A cabeça lateral insere-se na face lateral do côndilo lateral e na porção inferior da linha supracondilar correspondente. As duas cabeças também emergem de áreas subjacentes da cápsula articular do joelho. As inserções tendinosas expandem-se para cobrir a face posterior de cada uma das cabeças com uma aponeurose, a partir da face anterior de onde emergem as fibras musculares. O ventre carnoso do músculo estende-se até a parte média da panturrilha, aproximadamente. As fibras musculares da cabeça medial (maior) estendem-se até um nível mais baixo que aquelas da cabeça lateral. À medida que o músculo desce, as fibras musculares começam a se inserir em uma vasta aponeurose que se desenvolve em sua face anterior; até este ponto, as fibras musculares permanecem separadas. A aponeurose estreita-se gradualmente e recebe o tendão do sóleo em sua porção profunda, a fim de formar o tendão do calcâneo (para uma descrição detalhada do tendão do calcâneo, ver o Cap. 84).

Ocasionalmente, a cabeça lateral (ou o músculo todo) está ausente. Uma terceira cabeça, que emerge da face poplítea do fêmur, pode estar presente algumas vezes.

Relações Proximalmente, as duas cabeças do gastrocnêmio formam os limites inferiores da fossa poplítea. A cabeça lateral é parcialmente recoberta pelo tendão do bíceps femoral e a cabeça medial, pelo semimembranoso. O músculo é superficial em todo o resto do seu comprimento e as duas cabeças podem ser vistas facilmente. A face superficial do músculo está separada da veia safena parva e dos nervos sural e fibular comunicante através da fáscia profunda. O nervo fibular comum cruza atrás da cabeça lateral do músculo, parcialmente recoberto pelo bíceps femoral. A face profunda é posterior ao ligamento poplíteo oblíquo, ao poplíteo, ao sóleo, ao plantar, aos vasos poplíteos e ao nervo tibial. Uma bolsa sinovial que se comunica com a articulação do joelho localiza-se anteriormente ao tendão da cabeça medial; ao se expandir para dentro da fossa poplítea, a bolsa posiciona-se no plano entre a cabeça medial do gastrocnêmio e o semimembranoso. Frequentemente, o tendão da cabeça lateral contém um sesamoide fibrocartilaginoso ou ósseo, a fabela, no local onde o tendão se move sobre o côndilo femoral lateral. Ocasionalmente, um sesamoide pode aparecer no tendão da cabeça medial. Esses sesamoides podem ser vistos em radiografias e podem ser confundidos com corpos estranhos na articulação do joelho.

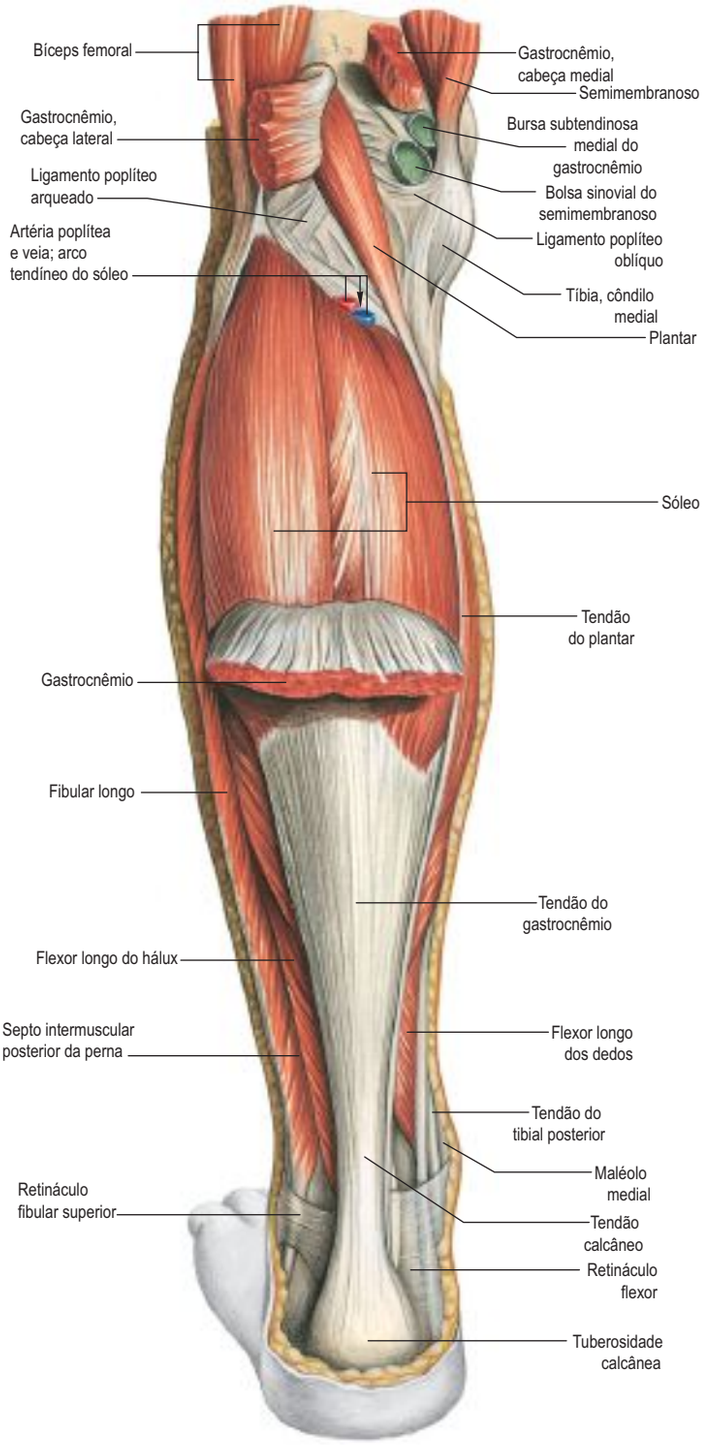


Fig. 83.10 Músculos da perna esquerda, face posterior. Gastrocnêmio parcialmente removido. (De Sobotta 2006.)

Suprimento vascular Cada uma das cabeças do gastrocnêmio é suprida por sua própria artéria sural. Essas artérias são ramos da artéria poplítea e emergem em níveis variados, geralmente no nível da linha da articulação tibiofemoral. A artéria sural medial quase sempre emerge em posição mais proximal do que lateral: a artéria medial pode surgir próximo da linha articular; a artéria sural lateral surge, algumas vezes, distal a esta linha. Cada artéria sural entra na cabeça muscular correspondente junto com seu nervo (com o pedículo entrando perto da borda axial do músculo), no nível médio da fossa poplítea. Podem surgir retalhos musculocutâneos do gastrocnêmio medial ou lateral, cada um com base em seu pedículo neurovascular. Pequenas artérias surais acessórias emergem a partir dos vasos poplíteos ou dos vasos geniculares superiores.

O suprimento sanguíneo para o tendão do calcâneo encontra-se descrito no Capítulo 84.

Inervação O músculo gastrocnêmio é inervado pelo nervo tibial, S1 e S2.

Ações A ação do músculo gastrocnêmio será considerada juntamente com a do músculo sóleo.

Testes O músculo gastrocnêmio é testado pela flexão plantar do pé contra resistência, em posição supina com o joelho estendido.

Plantar

Inserções O músculo plantar surge na parte inferior da linha supracondilar lateral e no ligamento poplíteo oblíquo. Seu ventre muscular (pequeno e fusiforme) tem aproximadamente 7-10 cm de comprimento e termina em um longo tendão delgado que cruza obliquamente (em direção inferomedial) entre o gastrocnêmio e o sóleo, depois corre distalmente ao longo da borda medial do tendão do calcâneo e, finalmente, insere-se no calcâneo, medialmente ao seu tendão.

Algumas vezes o músculo plantar pode ser duplicado, estando ausente em aproximadamente 10% dos casos. Ocasionalmente, seu tendão se funde com o retináculo flexor ou com a fáscia da perna.

Suprimento vascular O músculo plantar é suprido superficialmente pelas artérias sural lateral e poplítea; profundamente, é suprido pela artéria superior lateral do joelho. O tendão distal divide seu suprimento sanguíneo com o tendão do calcâneo.

Inervação O músculo plantar é inervado pelo nervo tibial, frequentemente a partir do ramo que supre a cabeça lateral do gastrocnêmio, S1 e S2.

Ações O plantar é o equivalente do músculo palmar longo localizado no membro inferior; é bastante desenvolvido em alguns mamíferos e insere-se direta ou indiretamente na aponeurose plantar. Em humanos, o músculo é quase um vestígio; insere-se na aponeurose plantar, geralmente por dentro do calcâneo. Desta forma, presume-se que esse músculo funcione em conjunto com o gastrocnêmio.

Sóleo

Inserções O sóleo é um músculo largo e achatado, imediatamente profundo (anterior) ao gastrocnêmio. Este músculo surge na face posterior da cabeça e no quarto proximal da diáfise da fíbula; na linha para o músculo sóleo e no terço médio da borda medial da tíbia; e a partir de uma banda fibrosa, entre a tíbia e a fíbula (o arco solear), que se arqueia sobre os vasos poplíteos e o nervo tibial. Esta origem é aponeurótica: a maior parte das fibras musculares emerge de sua face posterior; essas fibras passam obliquamente para o tendão de inserção, na face posterior do músculo. Outras fibras musculares surgem na face anterior da aponeurose. Essas fibras curtas, oblíquas e de organização bipenada convergem para um tendão intramuscular central estreito, que se funde distalmente com o tendão principal. Esse tendão torna-se mais estreito e mais espesso para se juntar ao tendão do gastrocnêmio e formar o tendão do calcâneo. Proximalmente, o músculo é coberto pelo gastrocnêmio, mas, abaixo do ponto médio da panturrilha, ele é mais largo do que o tendão deste músculo, tornando-se facilmente acessível em ambos os lados do tendão.

Às vezes, uma parte acessória do músculo está presente distal e medialmente. Esta porção pode estar inserida no tendão do calcâneo, no calcâneo ou no retináculo flexor.

Relações A face superficial do sóleo está em contato com o gastrocnêmio e o plantar. Sua face profunda relaciona-se com flexor longo dos dedos, flexor longo do hálux, tibial posterior, vasos tibiais posteriores e nervo tibial; o músculo sóleo separa-se de todas essas estruturas através da fáscia transversa profunda da perna.

Suprimento vascular O músculo sóleo é suprido por duas artérias principais: a artéria superior surge na fossa poplítea (aproximadamente no nível do arco solear) e a artéria inferior surge na parte proximal da artéria fibular e, algumas vezes, na artéria tibial posterior. Pode ocorrer um suprimento secundário derivado dos vasos sural lateral, fibular ou tibial posterior.

Há um plexo venoso dentro do ventre muscular que é fisiologicamente importante, porque faz parte da bomba muscular (ver adiante). Patologicamente, esta é uma região comum para ocorrência de trombose venosa profunda.

Inervação O sóleo é inervado por dois ramos do nervo tibial, S1 e S2.

Ações Veja na descrição das ações do tríceps sural.

Testes O músculo sóleo é testado pela flexão plantar do pé contra resistência em posição supina, com o quadril e o joelho flexionados: nesta posição, o ventre muscular pode ser palpado separadamente do ventre muscular do gastrocnêmio.

Ações do tríceps sural

O gastrocnêmio e o sóleo são os motores primários da flexão plantar do pé; o gastrocnêmio também é um flexor do joelho. Esses músculos geralmente são grandes e vigorosos. O gastrocnêmio provê a força de propulsão na caminhada, na corrida e no salto. Acredita-se que o sóleo, agindo a partir de sua inserção distal, tenha a função de estabilizar a perna sobre o pé durante a marcha. Sugere-se que o músculo sóleo tenha um papel postural em virtude da grande quantidade de fibras vermelhas presentes neste músculo, as fibras musculares resistentes à fadiga (tipo I). A proporção deste tipo de fibra aproxima-se de 100% no músculo sóleo de muitos mamíferos adultos. Entretanto, esta rígida separação dos papéis funcionais parece improvável em humanos: o gastrocnêmio provavelmente participa da locomoção e o sóleo, da postura. Como o peso do corpo age através de uma linha vertical que passa anteriormente à articulação do tornozelo, é necessário um grande braço de força atrás da articulação para manter a estabilidade dela. A eletromiografia mostra que essas forças são supridas principalmente pelo sóleo: na posição de pé, com o peso corporal dividido igualmente nos dois membros inferiores, o músculo sóleo mantém-se continuamente ativo, enquanto o gastrocnêmio é recrutado de forma intermitente. As contribuições relativas do sóleo e do gastrocnêmio para a atividade fásica do tríceps sural na marcha ainda têm de ser analisadas de maneira satisfatória.

Grupo flexor profundo

O grupo flexor profundo (Figs. 83.8 e 83.11) localiza-se abaixo e anteriormente à fáscia transversa profunda , sendo constituído pelo poplíteo (que age na articulação do joelho) e pelo flexor longo dos dedos, pelo flexor longo do hálux e pelo tibial posterior, que, juntos, produzem a flexão

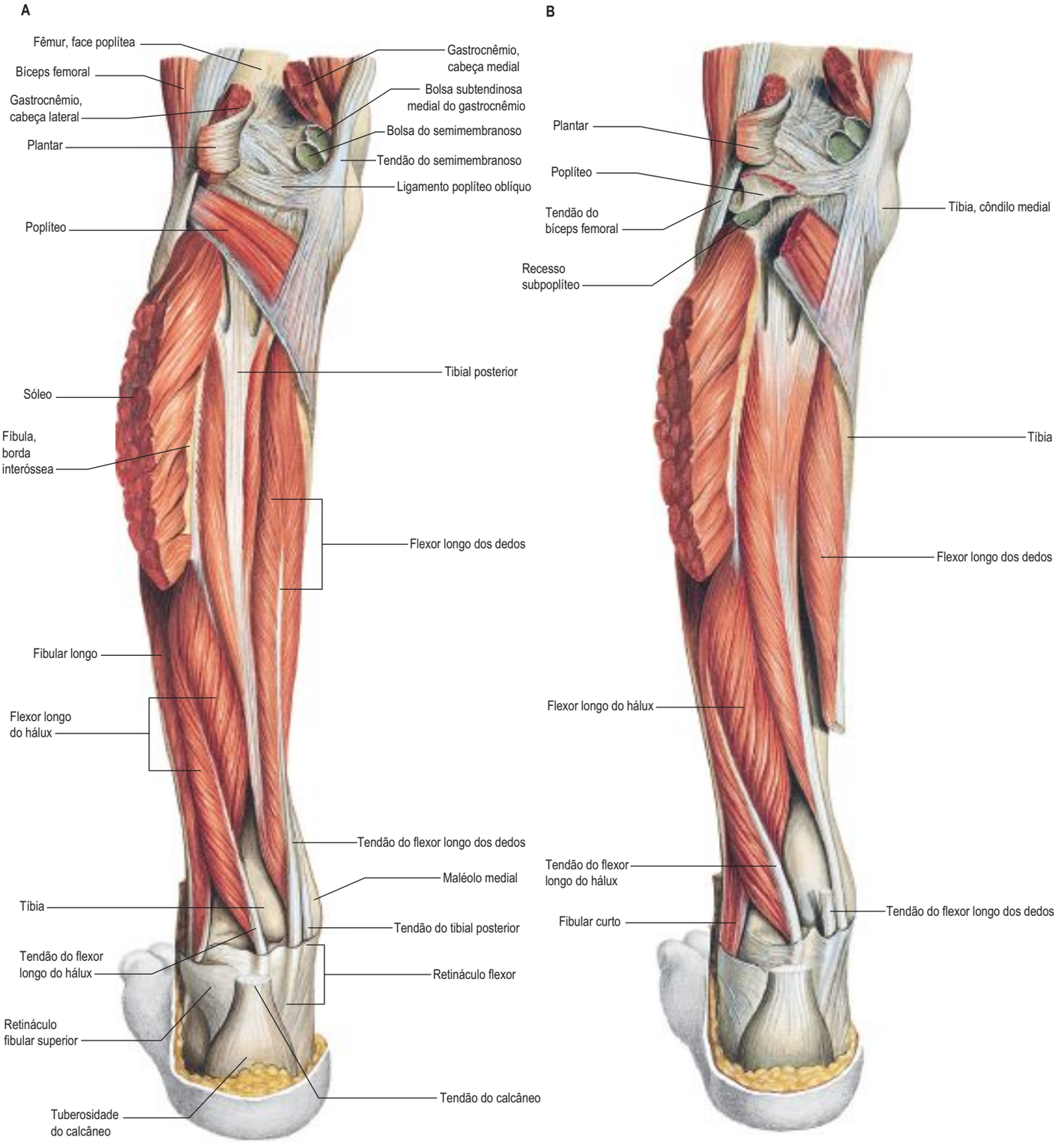


Fig. 83.11 Músculos da perna esquerda, face posterior. **A,** Músculos superficiais amplamente removidos. **B,** Músculos superficiais amplamente removidos, poplíteo seccionado e tendão do flexor longo dos dedos removido na região onde cruza o tendão do tibial posterior. (De Sobotta 2006.)

plantar no tornozelo (além de suas ações específicas nas articulações do pé e dos dedos).

Poplíteo

O músculo poplíteo encontra-se descrito no Capítulo 82.

Flexor longo dos dedos

Inserções O flexor longo dos dedos é fino e ligeiramente cônico em sua porção proximal, mas torna-se gradualmente mais largo à medida que descende. Este músculo surge na face posterior da tíbia, medialmente ao tibial posterior, logo abaixo da linha solear, em até 7-8 cm da extremidade distal do osso; ele também emerge da fáscia que recobre o tibial posterior. O músculo termina em um tendão que se estende ao longo de quase toda a face posterior. O tendão cruza o tibial posterior gradualmente em sua face superficial, passando por trás do maléolo medial, onde divide um sulco com o tibial posterior, do qual está separado através de um septo fibroso. Cada tendão ocupa seu próprio compartimento, delimitado por uma bainha sinovial. O tendão do flexor longo dos dedos curva-se obliquamente para a frente (lateralmente), em contato com a borda medial do sustentáculo do tálus; depois, passa profundamente ao retináculo flexor e entra na planta do pé, na borda medial do tendão do flexor longo do hálux) (Fig. 84.18). O tendão do flexor longo dos dedos cruza superficialmente o tendão do flexor longo do hálux, recebendo uma faixa forte ou enviando um feixe tendíneo para este último. Então, o tendão do flexor longo dos dedos passa para a frente sob a forma de quatro tendões separados (sendo um tendão para cada um dos dedos, do segundo ao quinto dedos), profundamente aos tendões do flexor curto dos dedos. Depois de dar origem aos lumbricais, esse tendão passa através das bainhas fibrosas dos quatro dedos laterais. Os tendões do flexor acessório inserem-se nos longos tendões flexores do segundo, terceiro e quarto dedos; o flexor longo do hálux faz uma contribuição variável através da faixa de conexão mencionada anteriormente. Os longos tendões flexores dos quatro dedos laterais inserem-se nas faces plantares das bases de suas falanges distais; cada tendão passa entre as faixas tendíneas dos tendões correspondentes do flexor curto dos dedos, nas bases das falanges proximais.

Uma cabeça suplementar do músculo, o flexor longo acessório, com seu tendão próprio, pode surgir na fíbula, na tíbia ou na fáscia profunda, inserindo-se no tendão principal ou no flexor acessório do pé. Esse músculo pode emitir feixes comunicantes para o tibial anterior ou para o flexor longo do hálux.

Relações O flexor longo dos dedos localiza-se medialmente ao flexor longo do hálux. Na perna, sua face superficial está em contato com a fáscia transversa profunda (que o separa do sóleo e, distalmente, dos vasos tibiais posteriores e do nervo tibial). Sua face profunda relaciona-se com a tíbia e com o tibial posterior. No pé, esse músculo é coberto pelo abdutor do hálux e pelo flexor curto dos dedos; nesta região, o flexor longo dos dedos cruza o flexor longo do hálux superficialmente.

Suprimento vascular Vários ramos da artéria tibial posterior que correm transversalmente entram na borda lateral do flexor longo dos dedos. Pode haver um suprimento secundário proveniente dos ramos fibulares para o flexor longo do hálux. Os tendões são supridos pelos vasos do tornozelo e da planta do pé.

Inervação O flexor longo dos dedos é inervado pelos ramos do nervo tibial, L5, S1 e S2.

Ações Veja a descrição do flexor longo do hálux.

Testes O flexor longo dos dedos é testado pela flexão dos dedos contra resistência. A função inadequada do flexor longo dos dedos está envolvida em deformidades dos dedos, como "dedo em martelo" e "dedo em garra". Isto pode ser utilizado em procedimentos de transferência de tendão para o tratamento cirúrgico da disfunção do tendão do tibial posterior.

Flexor longo do hálux

Inserções O flexor longo do hálux surge nos dois terços distais da face posterior da fíbula (exceto nos 2,5 cm finais de sua face), na membrana interóssea adjacente e no septo intermuscular crural posterior, e na fáscia que cobre o tibial posterior, ao qual ele se sobrepõe por uma extensão considerável. As fibras do flexor longo do hálux passam obliquamente para baixo, dirigindo-se para um tendão que ocupa aproximadamente todo o comprimento da face posterior do músculo. Esse tendão cria um sulco na face posterior da extremidade inferior da tíbia, depois, sucessivamente, na face posterior do tálus e na face inferior do sustentáculo do tálus no calcâneo (Fig. 84.2B). Bandas fibrosas convertem os sulcos do tálus e do calcâneo em canais delimitados por bainha sinovial. Em bailarinos, o uso excessivo causa o espessamento do tendão nesta região, evento que pode resultar em dor e levar à ocorrência da condição clínica hallux saltans. Na planta do pé, o tendão do flexor longo do hálux passa para a frente na segunda camada (Cap. 84), como uma corda de arco e flecha. Ele cruza o tendão do flexor longo dos dedos (sentido lateral para medial) e curva-se de forma oblíqua superiormente ao mesmo. No ponto em que esses tendões se cruzam (nó de Henry), o tendão do flexor longo do hálux emite duas fortes tiras para as duas divisões mediais dos tendões do flexor longo dos dedos; depois, cruza a parte lateral do flexor curto do hálux para alcançar o intervalo entre os ossos sesamoides, abaixo da cabeça do primeiro osso metatársico. O tendão do flexor longo do hálux continua na face plantar do hálux, correndo por um túnel osteoaponeurótico, para se inserir na face plantar da base da falange distal. O tendão é mantido em sua posição (sobre a parte lateral do flexor curto do hálux) através de troncos divergentes da banda distal do septo intermuscular medial.

A extensão distal do ventre muscular é uma característica que distingue o flexor longo do hálux dos demais músculos: no acesso cirúrgico do tornozelo pela via posteromedial, o flexor longo do hálux pode ser rapidamente identificado pelo fato de suas fibras musculares serem evidentes até quase o nível do calcâneo. Em atletas, as fibras musculares podem estar presentes até um nível tão baixo dentro do tendão, que chegam a ser suscetíveis ao impacto quando puxadas dentro do túnel no tálus.

A faixa que serve de conexão para o flexor longo dos dedos tem tamanho variável: ela geralmente continua nos tendões para o segundo e o terceiro dedos, mas algumas vezes está restrita ao segundo; ocasionalmente, pode se estender até o quarto dedo.

Relações O sóleo e o tendão do calcâneo localizam-se superficialmente (*i.e.*, posteriormente) ao flexor longo do hálux, separados pela fáscia transversa profunda. Situados profundamente estão a fíbula, o tibial posterior, os vasos fibulares, a parte distal da membrana interóssea e a articulação talocrural. Lateralmente, encontram-se o fibular longo e o fibular curto; medialmente, estão o tibial posterior, os vasos tibiais posteriores e o nervo tibial. O flexor longo do hálux é um importante marco cirúrgico do tornozelo: manter-se lateralmente a ele impede que o cirurgião lesione a banda neurovascular.

Suprimento vascular O flexor longo do hálux é irrigado por numerosos ramos da artéria fibular. O tendão é suprido por artérias do tornozelo e do pé.

Inervação O flexor longo do hálux é inervado por ramos do nervo tibial, L5, S1 e S2 (principalmente S1).

Testes O flexor longo do hálux é testado pela flexão do hálux contra resistência.

Ações dos flexores profundos dos dedos

O flexor longo do hálux e o flexor longo dos dedos podem agir como flexores plantares, mas esta ação é fraca comparada à do gastrocnêmio e à do sóleo. Quando o pé está fora do chão, o flexor longo do hálux e o flexor longo dos dedos flexionam as falanges, agindo primariamente nas falanges distais. Quando os dedos estão apoiados no chão e sob pressão, estes músculos agem em sinergia com os pequenos músculos do pé e, especialmente no caso do flexor longo dos dedos, com os lumbricais e os interósseos, a fim de manter os coxins dos dedos em contato firme com o solo, aumentando a área de suporte de peso e ajudando a estabilizar as cabeças dos ossos metatársicos, que formam o fulcro sobre o qual o corpo é impulsionado para a frente. A atividade no flexor longo dos dedos é mínima durante a posição de pé (parado), de modo que este músculo parece contribuir muito pouco para a manutenção estática do arco longitudinal, contudo o flexor longo dos dedos torna-se extremamente ativo no movimento de se manter nas pontas dos pés.

Tibial posterior

Inserções O tibial posterior é o músculo do grupo flexor situado mais profundamente. Em sua origem, localiza-se entre o flexor longo do hálux e o flexor longo dos dedos (ambos se sobrepõem ao tibial posterior, mas principalmente o primeiro). Sua inserção proximal consiste em dois processos separados por um intervalo angular, que é atravessado pelos vasos tibiais anteriores. O processo medial surge a partir da face posterior da membrana interóssea, exceto em sua parte mais distal, e a partir de uma área lateral na face posterior da tíbia, entre a linha do músculo sóleo (acima) e a junção dos terços médio e inferior da diáfise (abaixo). A parte lateral surge através de uma faixa medial da face fibular posterior, em seus dois terços superiores. O músculo também tem origem na fáscia transversa profunda e nos septos intermusculares que o separam dos músculos adjacentes. No quarto distal da perna, o tendão do tibial posterior passa profundamente ao tendão do flexor longo dos dedos, com o qual divide um sulco atrás do maléolo medial (cada tendão é envolvido por uma bainha sinovial separada). Depois, o tendão do tibial posterior passa profundamente ao retináculo flexor e superficialmente ao ligamento deltoide para entrar no pé. Primeiramente, este tendão é inferior ao ligamento calca-

neonavicular plantar, onde contém uma fibrocartilagem sesamoide. Depois, este tendão divide-se em dois. A divisão maior e mais superficial, uma continuação direta do tendão, insere-se na tuberosidade do osso navicular, de onde continuam algumas fibras para a face inferior do osso cuneiforme medial. Uma faixa tendínea também passa lateralmente (e um pouco proximal) à extremidade e à margem distal do sustentáculo do tálus. Na divisão lateral profunda, surge o tendão de origem do membro medial do flexor curto do hálux; a divisão lateral profunda continua entre este músculo, o osso navicular e o osso cuneiforme medial para terminar no osso cuneiforme intermédio e nas bases do segundo, terceiro e quarto metatarsais; a expansão tendínea para o quarto metatarsal é a mais forte.

As faixas tendíneas para os metatarsais variam em número. Tiras para os ossos cuboide e cuneiforme lateral também podem ocorrer. Já foi descrito um músculo adicional, o tibial secundário, dirigindo-se da parte posterior da tíbia para a cápsula articular do tornozelo.

Relações A face superficial do tibial posterior é separada do sóleo pela fáscia transversa profunda, relacionando-se com o flexor longo dos dedos, o flexor longo do hálux, os vasos tibiais posteriores, o nervo tibial e os vasos fibulares. A face profunda está em contato com a membrana interóssea, a tíbia, a fíbula e a articulação talocrural.

Suprimento vascular O músculo tibial posterior é irrigado por numerosos ramos de pequeno calibre que emergem das artérias tibial posterior e fibular. O tendão é suprido por artérias da rede maleolar medial e pela artéria plantar medial.

Inervação O músculo tibial posterior é inervado pelo nervo tibial, L4 e L5.

Ações O tibial posterior é um músculo poderoso que, ao se contrair, demonstra um trajeto de apenas 1-2 cm. Este músculo é o principal inversor do pé, além de iniciar a elevação do calcanhar: ele é responsável pelo varo do dorso do pé, que ocorre na elevação sobre um único calcanhar. Há muito tempo vinha-se pensando que este músculo era auxiliar na elevação do arco longitudinal do pé, devido às suas inserções nos ossos cuneiformes e nas bases dos ossos metatársicos; entretanto, a eletromiografia mostra que este músculo fica quiescente na posição ortostática. Ele é ativado fasicamente na marcha, durante a qual age provavelmente em conjunto com a musculatura intrínseca do pé e com os músculos laterais da panturrilha, para controlar o grau de pronação do pé e a distribuição do peso através das cabeças metatarsais. Diz-se que a ação inversora do tibial posterior (exercida a partir de sua inserção proximal) ajuda a manter o equilíbrio, resistindo às tendências de desequilíbrio no sentido laterolateral, quando se suporta o peso do corpo em um só membro inferior.

O tibial posterior também é importante na manutenção do arco longitudinal medial. Em indivíduos com sobrepeso que têm pés planos, a atividade inesperada pode resultar em inflamação e degeneração da porção terminal do tendão, que leva ao seu esgarçamento, à atenuação do ligamento de *spring* e ao colapso progressivo do arco longitudinal medial. Como o trajeto do músculo é tão pequeno, ele não é capaz de compensar o aumento no comprimento do tendão, uma deficiência que resulta na disfunção do tendão do tibial posterior.

Testes O músculo tibial posterior é testado pedindo ao indivíduo que se eleve sobre um único calcanhar e movimentando o pé de uma posição plantar de máxima flexão e inversão contra a resistência da mão do examinador: o tendão pode ser visto e palpado proximalmente ao maléolo medial.

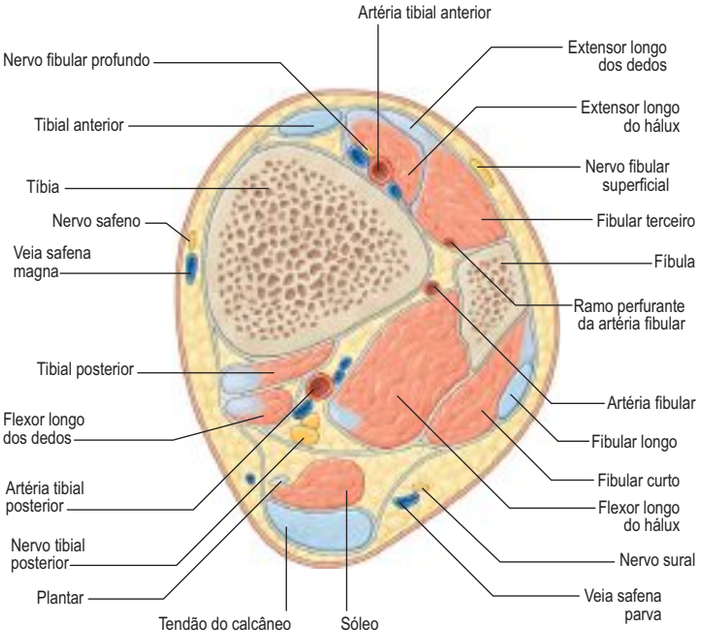


Fig. 83.12 Secção transversal através da perna esquerda, aproximadamente 6 cm proximal à extremidade do maléolo medial.

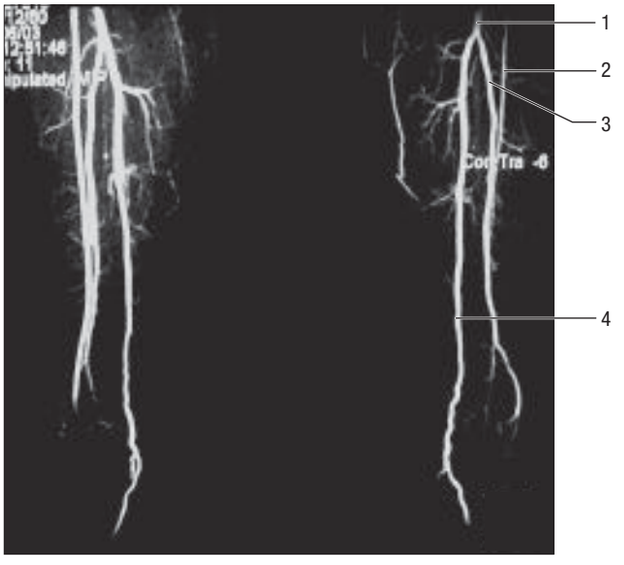


Fig. 83.13 Angiograma por ressonância magnética dos principais ramos da artéria poplítea. **1.** Tronco tibiofibular. **2.** Artéria tibial anterior. **3.** Artéria fibular. **4.** Artéria tibial posterior. (Cortesia do Dr Justin Lee, Chelsea and Westminster Hospital, London.)

SUPRIMENTO VASCULAR

ARTÉRIAS

Artéria tibial anterior

A artéria tibial anterior emerge na borda distal do poplíteo (Figs. 83.9, 83.12, 83.13, 82.1, 82.4 e 84.9). Em um primeiro momento, no compartimento flexor, essa artéria passa entre as cabeças do músculo tibial posterior e através da abertura oval na parte proximal da membrana interóssea para alcançar o compartimento anterior (extensor), passando medialmente ao colo da fíbula: este é um ponto no qual a artéria fica vulnerável durante o procedimento de osteotomia tibial. Descendo na face anterior da membrana, a artéria aproxima-se da tíbia para repousar sobre ela, distalmente. No tornozelo, a artéria tibial anterior encontra-se a meio caminho entre os maléolos, continuando pelo dorso do pé como a artéria dorsal do pé.

Ocasionalmente, a artéria tibial anterior pode ser pequena, mas raramente está ausente. Os ramos perfurantes da artéria tibial posterior ou os ramos perfurantes da artéria fibular podem substituir a função da artéria tibial anterior. Algumas vezes essa artéria se desvia lateralmente, voltando a sua posição original ao chegar ao tornozelo. Também pode ter o calibre maior que o normal, caso em que o território que essa artéria supre no pé pode ser estendido para incluir a face plantar.

Relações

Em seus dois terços proximais, a artéria tibial anterior repousa sobre a membrana interóssea; em seu terço distal, é anterior à tíbia e à articulação do tornozelo. Proximalmente, esta artéria localiza-se entre o tibial anterior e o extensor longo dos dedos; depois, entre o tibial anterior e o extensor longo do hálux. No tornozelo, a artéria tibial anterior é cruzada superficialmente (lateralmente) pelo tendão do extensor longo do hálux e, em um segundo momento, passa a se localizar entre esse tendão e o primeiro tendão do extensor longo dos dedos. Seus dois terços proximais são cobertos pelos músculos adjacentes e pela fáscia profunda; seu terço distal é coberto pela pele, pela fáscia e pelo retináculo extensor. A artéria tem ao seu lado a veia que a acompanha. O nervo fibular profundo, que se enrola lateralmente ao redor do colo da fíbula, alcança a borda lateral da artéria, onde entra na região extensora, passando para uma posição anterior a ela no terço medial da perna e tornando-se lateral novamente, na região distal.

Ramos

Os ramos da artéria tibial anterior são o ramo recorrente tibial posterior, o ramo recorrente tibial anterior, os ramos musculares, os ramos perfurantes, a artéria maleolar anterior medial e a artéria maleolar lateral.

Artéria recorrente tibial posterior A artéria recorrente tibial posterior é um ramo inconstante que surge antes de a artéria tibial anterior alcançar o compartimento extensor. Ela ascende anteriormente ao poplíteo (junto com o nervo recorrente para esse músculo), fazendo anastomose com os ramos geniculares inferiores da artéria poplítea. Essa artéria irriga a articulação tibiofibular superior.

Artéria recorrente tibial anterior A artéria recorrente tibial anterior tem origem perto da artéria recorrente tibial posterior. Essa artéria sobe pelo tibial anterior, ramifica-se (à frente e em ambos os lados da articulação do joelho) e junta-se à rede patelar (através de anastomoses com os ramos geniculares da artéria poplítea e com a artéria fibular circunflexa).

Ramos musculares Numerosos ramos suprem os músculos adjacentes. Alguns perfuram a fáscia profunda para suprir a pele, enquanto outros atravessam a membrana interóssea para criar anastomoses com os ramos da artéria tibial posterior e com a artéria fibular.

Ramos perfurantes Muitos ramos perfurantes fasciocutâneos passam ao longo do septo fascial fibular anterior, atrás do extensor longo dos dedos, antes de penetrarem na fáscia profunda para suprirem a pele.

Artéria maleolar anterior medial A artéria maleolar anterior medial surge, aproximadamente, nos 5 cm proximais ao tornozelo. Ela passa posteriormente aos tendões do extensor longo do hálux e do tibial anterior, medialmente à articulação, onde se une aos ramos da artéria tibial posterior e da artéria plantar medial.

Artéria maleolar anterior lateral A artéria maleolar anterior lateral corre posteriormente aos tendões do extensor longo dos dedos e do fibular terceiro em direção à borda lateral do tornozelo, para fazer anastomoses com o ramo perfurante da artéria fibular e com os ramos ascendentes da artéria tarsal lateral.

Artéria tibial posterior

A artéria tibial posterior tem início na borda distal do poplíteo, entre a tíbia e a fíbula (Figs. 83.13, 82.1 e 82.4). A artéria desce medialmente no compartimento flexor e divide-se, logo abaixo do abdutor do hálux (a meio caminho entre o maléolo medial e o tubérculo medial do calcâneo), nas artérias plantares medial e lateral. A artéria pode ser muito reduzida em comprimento ou em calibre: neste caso, a artéria fibular toma conta de seu território distal de suprimento, podendo ter seu tamanho aumentado consequentemente.

Relações

A artéria tibial posterior é sucessivamente posterior ao tibial posterior, ao flexor longo dos dedos, à tíbia e à articulação do tornozelo. Proximalmente, o gastrocnêmio, o sóleo e a fáscia transversa profunda da perna são superficiais à artéria; distalmente, ela é recoberta somente pela pele e pela fáscia. A artéria tibial posterior é paralela à borda medial do tendão do calcâneo, repousando a uma distância de aproximadamente 2,5 cm anterior a esta borda; terminalmente, a artéria tibial posterior é profunda ao retináculo flexor e ao abdutor do hálux. A artéria é acompanhada por duas veias e pelo nervo tibial. Primeiramente, o nervo é medial à artéria, mas logo cruza atrás dela, assumindo a posição posterolateral.

Ramos

Os ramos da artéria tibial posterior são a artéria circunflexa fibular, a artéria nutrícia, as artérias musculares, as artérias perfurantes, a artéria comunicante, as artérias maleolares mediais, as artérias calcâneas, a artéria plantar medial, a artéria plantar lateral e as artérias fibulares.

Artéria circunflexa fibular A artéria circunflexa fibular, que algumas vezes emerge da artéria tibial anterior, passa lateralmente ao redor do colo da fíbula (através do sóleo) para fazer anastomose com as artérias inferior lateral do joelho, medial do joelho e recorrente tibial anterior. Essa artéria supre o osso e as estruturas articulares.

Artéria nutrícia da tíbia A artéria nutrícia da tíbia surge a partir da artéria tibial posterior, perto de sua origem. Depois de emitir alguns ramos musculares, essa artéria desce por dentro do osso (imediatamente distal à linha solear). A artéria nutrícia da tíbia é uma das maiores artérias nutrícias do corpo.

Ramos musculares Os ramos musculares são distribuídos para o sóleo e para os flexores profundos da perna.

Ramos perfurantes Aproximadamente cinco ramos perfurantes fasciocutâneos surgem entre o flexor longo dos dedos e o sóleo para passar através da fáscia profunda, geralmente acompanhando as veias perfurantes que fazem a conexão entre os sistemas venosos superficial e profundo. Depois, as artérias perfurantes dividem-se nos ramos anterior e posterior para suprir o periósteo e a pele. Estes vasos são utilizados na obtenção de retalhos (flaps) com base nas perfurantes fasciocutâneas mediais.

Ramo comunicante O ramo comunicante corre posterior e transversalmente na tíbia, aproximadamente 5 cm acima de sua extremidade distal (profundamente ao flexor longo do hálux) para se juntar a um ramo comunicante da artéria fibular.

Ramos maleolares mediais Os ramos maleolares mediais passam ao redor do maléolo tibial em direção à rede maleolar medial, que supre a pele.

Ramos de calcâneo Os ramos do calcâneo surgem bem próximos da divisão terminal da artéria tibial posterior. Eles perfuram o retináculo flexor para suprir a gordura e a pele localizadas atrás do tendão do calcâneo e no calcanhar, bem como os músculos da borda tibial da planta do pé; esses ramos fazem anastomoses com as artérias maleolares mediais e com os ramos calcâneos da artéria fibular.

Artéria plantar medial

A artéria plantar medial é o menor ramo terminal da artéria tibial posterior, que corre distalmente ao longo da borda medial do pé, medialmente ao nervo plantar medial (Fig. 84.24). Primeiramente, a artéria plantar medial é profunda ao abdutor do hálux; depois, corre distalmente entre esse músculo e o flexor curto dos dedos, suprindo ambos. Seu tamanho, já diminuído em virtude dos ramos musculares, ainda se torna mais reduzido perto da primeira base metatársica, por causa de um tronco superficial que se divide para formar três ramos digitais superficiais. Tais ramos acompanham os ramos digitais do nervo plantar medial, juntando-se com a primeira, a segunda e a terceira artérias metatarsais plantares. Então, o tronco principal da artéria plantar medial corre para alcançar a borda medial do hálux, onde faz anastomose com um ramo da primeira artéria metatársica plantar.

Artéria plantar lateral

A artéria plantar lateral é o maior ramo terminal da artéria tibial posterior (Fig. 84.24). Essa artéria passa distal e lateralmente em direção à quinta base metatársica, lateralmente ao nervo plantar lateral (os nervos plantares, medial e lateral, repousam entre as suas artérias plantares correspondentes). Ao se dirigir medialmente junto com o ramo profundo do nervo plantar lateral, a artéria plantar lateral alcança o intervalo entre a primeira e a segunda bases metatarsais, unindo-se com a artéria dorsal do pé para completar o arco plantar. À medida que passa lateralmente, a artéria plantar lateral assume as seguintes posições: primeiramente, localiza-se entre o calcâneo e o abdutor do hálux; depois, localiza-se entre o flexor curto dos dedos e o flexor acessório. Correndo distalmente para a quinta base metatarsal, esta artéria passa entre o flexor curto dos dedos e o abdutor do dedo mínimo, sendo coberta pela aponeurose plantar, pela fáscia superficial e pela pele.

Ramos

Os ramos musculares suprem os músculos adjacentes. Ramos superficiais emergem ao longo do septo intermuscular lateral para suprir a pele e o tecido subcutâneo lateral da planta do pé. Ramos anastomóticos correm para a borda lateral do pé, unindo-se aos ramos das artérias tarsal lateral e arqueada. Algumas vezes, um ramo calcâneo perfura o abdutor do hálux para suprir a pele do calcanhar.

Artéria fibular

A artéria fibular tem origem na artéria tibial posterior (aproximadamente 2,5 cm distal ao poplíteo) e passa obliquamente para a fíbula, descendo ao longo de sua crista medial em um canal fibroso entre o tibial posterior e o flexor longo do hálux ou dentro do flexor longo do hálux (Figs. 83.9, 83.12, 83.13 e 82.4). Ao atingir a sindesmose tibiofibular, a artéria divide-se em ramos calcâneos que se ramificam nas faces lateral e posterior do calcâneo. Proximalmente, a artéria fibular é coberta pelo sóleo e pela fáscia transversa profunda, entre o sóleo e os músculos profundos da perna; distalmente, o flexor longo do hálux se sobrepõe a essa artéria.

A artéria fibular pode se ramificar em um nível alto, a partir da artéria tibial posterior, ou pode se ramificar a partir da artéria poplítea, separadamente, caracterizando uma "trifurcação". A artéria fibular também pode ser ramificada mais distalmente, a partir da artéria tibial posterior (às vezes 7-8 cm distal ao poplíteo). Seu tamanho tende a se relacionar inversamente com o tamanho das outras artérias da perna. Pode ser reduzido em tamanho, porém é mais frequentemente alargado (pode unir-se, reforçar ou substituir a artéria tibial posterior na região distal da perna e no pé). Um ramo perfurante alargado pode substituir a artéria dorsal do pé: neste caso, o pulso da artéria dorsal do pé poderá estar ausente.

Ramos

A artéria fibular apresenta os seguintes ramos: ramos musculares, ramo nutrício, ramos perfurantes, ramo comunicante e ramos calcâneos.

Ramos musculares Múltiplos ramos curtos suprem o sóleo, o músculo tibial posterior, o músculo flexor longo do hálux e os músculos fibulares.

Artéria nutrícia A artéria nutrícia ramifica-se a partir do tronco principal (aproximadamente 7 cm de sua origem) e entra na fíbula em 14-19 cm do processo estiloide.

Ramos perfurantes O principal ramo perfurante atravessa a membrana interóssea (aproximadamente 5 cm proximal ao maléolo lateral) para entrar no compartimento extensor, onde faz anastomose com a artéria maleolar anterior lateral. Descendo anteriormente à sindesmose tibiofibular, este ramo supre o tarso e faz anastomose com a artéria tarsal lateral. Ele às vezes é mais largo, podendo substituir a artéria dorsal do pé.

Perfurantes fasciocutâneas dos ramos musculares laterais passam ao longo do septo fascial fibular posterior para penetrar na fáscia profunda e alcançar a pele. Esses vasos são utilizados para obtenção de retalhos fasciocutâneos da região posterolateral da perna (ver adiante).

Ramo comunicante O ramo comunicante liga-se ao ramo comunicante da artéria tibial posterior (aproximadamente 5 cm proximalmente ao tornozelo).

Ramos calcâneos Os ramos calcâneos (terminais) fazem anastomoses com a artéria maleolar lateral anterior e com os ramos calcâneos da artéria tibial posterior.

Retalhos com base nas perfurantes do joelho e da perna

As perfurantes que surgem a partir da rica anastomose vascular ao redor da patela geralmente atravessam o tendão do quadríceps para suprir a pele sobre a patela e a região peripatelar (Fig. 79.7). Os retalhos de pele com base nestas perfurantes podem ser utilizados como retalhos com base distal ou com base proximal para cobrir defeitos na região do joelho e na região poplítea. O ramo cutâneo direto da artéria poplítea e a artéria sural superficial, que acompanha o nervo sural, provêm perfurantes adicionais para a pele que recobre a região posterior do joelho. A artéria tibial posterior emite uma média de 10 perfurantes para a pele que cobre as regiões anteromedial e posterior da perna. No terço superior da perna, os vasos perfurantes são predominantemente musculares e periosteocutâneos, ao passo que, no terço distal, os vasos perfurantes são principalmente do tipo subcutâneo direto. Esses vasos fazem anastomose com os ramos perfurantes da artéria tibial anterior (anteriormente) e com a artéria fibular (posteriormente). Inferiormente, a artéria tibial posterior forma um rico círculo anastomótico ao redor da articulação do tornozelo, juntamente com as artérias fibular e tibial anterior. Perfurantes oriundas desses vasos irrigam o tendão do calcâneo e a pele sobrejacente. A artéria tibial posterior dá origem a três perfurantes cutâneas diretas na parte inferior da perna: um retalho de pele ou adipofascial distal com base em uma dessas perfurantes pode ser utilizado para reconstruir um defeito sobre a face anterior ou posterior da porção inferior da perna. A artéria tibial anterior emite uma média de seis perfurantes que irrigam a região anterolateral da perna. Esses ramos emergem em duas fileiras longitudinais; uma perfurante é mais larga e acompanha o nervo fibular superior. Um pequeno retalho de pele com base em qualquer uma destas perfurantes pode ser utilizado para cobrir pequenos defeitos sobre a tíbia; também pode se utilizar um retalho neurocutâneo, que inclui o nervo fibular superficial.

A artéria fibular apresenta uma média de cinco perfurantes. Uma perfurante constante atravessa a fáscia profunda (aproximadamente 5 cm acima do maléolo lateral) e divide-se em um ramo ascendente e um ramo descendente. Hoje em dia, um enxerto fibular vascularizado com base na artéria fibular é o enxerto padrão utilizado na reconstrução da mandíbula, enquanto pequenos retalhos fasciocutâneos e adipofasciais com base nas perfurantes da artéria fibular são úteis para cobrir defeitos nos tecidos moles localizados sobre o calcanhar e na parte proximal da região do pé.

SISTEMA VENOSO SUPERFICIAL E PROFUNDO

Veias tibiais posteriores

As veias tibiais posteriores acompanham a artéria tibial posterior (Fig. 79.8). Essas veias recebem tributárias de todos os músculos da panturrilha (especialmente do plexo venoso solear) e conexões oriundas das veias superficiais e das veias fibulares.

Veias fibulares

As veias fibulares, correndo com suas artérias, recebem tributárias provenientes do sóleo e das veias superficiais.

Veias tibiais anteriores

As veias tibiais anteriores, continuações das veias que acompanham a artéria dorsal do pé, deixam o compartimento anterior (entre a tíbia e a fíbula) e passam através da extremidade proximal da membrana interóssea. Elas unem-se às veias tibiais posteriores para formar a veia poplítea, na borda distal do poplíteo.

Veia safena parva e veia safena magna

As veias safenas parva e magna encontram-se descritas nas páginas 1381 e 1409.

Doença venosa

A doença venosa crônica é bastante comum. A distensão excessiva e prolongada das veias superficiais do membro inferior pode levar ao desenvolvimento de segmentos venosos dilatados ou de varicosidades. Veias varicosas podem surgir como consequência da disfunção das valvas venosas na extremidade proximal da veia safena magna (na junção safenofemoral) ou nas veias perfurantes que passam do sistema superficial para as veias profundas de alta pressão. Veias varicosas apresentam uma parede fina e extravasamento de células vermelhas do sangue para dentro dos tecidos moles adjacentes. Quando ocorre a lise dessas células, a hemossiderina é depositada nos tecidos moles, causando a pigmentação amarronzada. Este fenômeno, somado ao fato de a estase venosa produzir edema, torna os tecidos moles da perna doentes e propensos à ulceração, particularmente após trauma mínimo.

A doença venosa aguda ocorre mais comumente no compartimento posterior da perna. Este fato é atribuído ao fluxo sanguíneo mais lento que, algumas vezes, ocorre nas veias profundas da panturrilha. Essa estase relativa predispõe à formação de trombos venosos. Fragmentos desses trombos podem se soltar e ser levados pela circulação, causando a embolia pulmonar (doença com risco de morte). O bloqueio do sistema venoso normal pode contribuir para uma pressão venosa local aumentada e para o aparecimento de edemas.

INERVAÇÃO

Nervo tibial

O nervo tibial, o maior componente do nervo isquiático (Caps. 79 e 80), é derivado dos ramos ventrais (divisões anteriores) do quarto e do quinto ramos lombares e do primeiro ao terceiro ramos ventrais sacrais. Esse nervo desce ao longo da parte posterior da coxa e da fossa poplítea e dirige-se para a borda distal do poplíteo. Depois, passa anteriormente ao arco do sóleo (junto com a artéria poplítea) e continua pela perna. Na coxa, o nervo tibial é recoberto proximalmente pelos músculos posteriores da coxa, tornando-se mais superficial na fossa poplítea, onde tem localização lateral em relação aos vasos poplíteos. No nível do joelho, o nervo tibial torna-se superficial aos vasos poplíteos e cruza para a borda medial da artéria poplítea. Na fossa poplítea distal, a junção das duas cabeças do gastrocnêmio sobrepõe-se ao nervo tibial.

Na perna, o nervo tibial desce junto com os vasos tibiais posteriores para repousar entre o calcanhar e o maléolo medial. Proximalmente, esse nervo é profundo ao sóleo e ao gastrocnêmio, mas em seu terço distal é coberto apenas pela pele e pela fáscia, sendo recoberto, algumas vezes, pelo flexor longo do hálux. Primeiramente, o nervo é medial aos vasos tibiais posteriores, cruzando por trás e descendo lateralmente a estes vasos, antes de se bifurcar. O nervo tibial localiza-se no músculo tibial posterior na maior parte de seu percurso, exceto distalmente, onde ele se une à face posterior da tíbia. O nervo tibial termina sob o retináculo flexor, dividindo-se nos nervos plantares medial e lateral.

Ramos

O nervo tibial apresenta os seguintes ramos: articulares, muscular, sural, calcâneo medial, plantar medial e plantar lateral. Os nervos plantares medial e lateral são descritos no Capítulo 84.

Ramos articulares Os ramos articulares da articulação do joelho acompanham as artérias geniculares mediais (superior e inferior) e a artéria média do joelho. Eles formam um plexo, juntamente com um ramo do nervo obturatório, e suprem o ligamento poplíteo oblíquo. Os ramos que acompanham as artérias superior e inferior do joelho também inervam a porção medial da cápsula articular. O nervo tibial supre a articulação do tornozelo logo antes de se bifurcar.

Ramos musculares Ramos musculares proximais têm origem entre as cabeças do gastrocnêmio e são responsáveis por suprir o gastrocnêmio, o plantar, o sóleo e o poplíteo. O nervo para o sóleo entra em sua face superficial. O ramo para o poplíteo desce obliquamente através dos vasos poplíteos, enrolando-se ao redor da borda distal do músculo, em direção à sua face anterior. Esse ramo também supre o músculo tibial posterior, a articulação tibiofibular proximal e a tíbia, emitindo um ramo interósseo que desce próximo da fíbula para alcançar a articulação tibiofibular distal.

Os ramos musculares na perna, tanto os independentes como os através de um tronco comum, suprem a face posterior do sóleo, o tibial posterior, o flexor longo dos dedos e o flexor longo do hálux. O ramo para o flexor longo do hálux acompanha os vasos fibulares.

Nervo sural O nervo sural desce entre as cabeças do gastrocnêmio, perfura a fáscia profunda proximalmente na perna e une-se aos ramos comunicantes surais do nervo fibular comum, em níveis variáveis. Alguns autores denominam este ramo de nervo cutâneo sural lateral e o tronco principal (do nervo tibial), de nervo cutâneo sural medial. O nervo sural desce lateralmente ao tendão do calcâneo (próximo à veia safena parva) em direção à região localizada entre o maléolo lateral e o calcâneo, suprindo as regiões posterior e lateral da pele do terço distal da perna. Depois, passa distalmente ao maléolo lateral ao longo da borda lateral do pé e do dedo mínimo, suprindo a pele sobrejacente. Na perna, esse nervo conecta-se ao nervo cutâneo femoral posterior; também se liga ao nervo fibular superficial no dorso do pé.

A marca de superfície no tornozelo é uma linha paralela ao tendão do calcâneo (a meio caminho entre o tendão e o maléolo lateral). Entretanto, a posição do nervo é variável, deixando-o em risco no caso de qualquer cirurgia nesta região. Assim como o nervo radial no punho, o nervo sural tem uma tendência de formar neuromas dolorosos quando lesionado. Frequentemente, o nervo é utilizado como enxerto de nervo periférico autólogo nas áreas onde pode ser facilmente coletado e identificado e nas quais se sabe que ele é exclusivamente sensorial.

Lesões do nervo tibial

O nervo tibial é vulnerável à lesão direta na fossa poplítea, na qual repousa superficialmente aos vasos, na altura do joelho. Este nervo pode ser danificado pela síndrome do compartimento, que afeta o compartimento flexor profundo da panturrilha. O nervo pode ser comprimido abaixo do retináculo flexor no tornozelo, resultando na síndrome do túnel do tarso.

Nervo fibular comum

O nervo fibular comum tem aproximadamente metade do tamanho do nervo tibial; esse nervo é derivado das divisões dorsais do quarto e do quinto ramos lombares e do primeiro e do segundo ramos ventrais sacrais. O nervo fibular desce obliquamente ao longo da borda lateral da fossa poplítea em direção à cabeça da fíbula, medialmente ao bíceps femoral. O nervo localiza-se entre o tendão bicipital, ao qual está preso através da fáscia, e a cabeça lateral do gastrocnêmio. Depois, o nervo passa por dentro do compartimento anterolateral da perna, através de uma passagem estreita na fáscia espessa que se sobrepõe ao tibial anterior. Ele curva-se lateralmente ao colo da fíbula, profundamente ao fibular longo, dividindo-se nos nervos fibulares superficial e profundo.

O curso do nervo fibular comum pode ser indicado por uma linha traçada do ápice da fossa poplítea que passa distalmente (medial ao tendão do bíceps) em direção à parte posterior da cabeça da fíbula, onde o nervo pode estar envolvendo o osso.

Ramos

O nervo fibular comum apresenta os ramos articular e cutâneo; esse nervo termina nos nervos fibulares superficial e profundo.

Ramos articulares Há três ramos articulares. Dois acompanham as artérias geniculares superior e lateral inferior, e podem surgir em comum. O terceiro ramo, o nervo articular recorrente, emerge próximo da terminação do nervo fibular comum. Ele ascende com a artéria tibial recorrente anterior, através do tibial anterior, e supre a porção anterolateral da cápsula articular do joelho e a articulação tibiofibular proximal.

Ramos cutâneos Os dois ramos cutâneos, frequentemente de um tronco comum, são os nervos cutâneo sural lateral e fibular comunicante. O nervo cutâneo sural lateral (nervo cutâneo lateral da panturrilha) supre a pele das faces anterior, posterior e lateral da região proximal da perna. O nervo fibular comunicante surge perto da cabeça da fíbula e cruza a cabeça lateral do gastrocnêmio para se unir ao nervo sural. Ele pode descer separadamente até o calcanhar.

Lesões do nervo fibular comum

O nervo fibular comum é relativamente desprotegido ao atravessar a face lateral do colo da fíbula e pode ser facilmente comprimido nesta região (p. ex., imobilização com gesso). O nervo também pode ser comprimido entre as inserções do fibular longo (na cabeça e na diáfise da fíbula). Lesões por tração acompanham os deslocamentos do compartimento lateral do joelho; são mais prováveis quando as inserções distais do bíceps femoral e dos ligamentos que se inserem na cabeça da fíbula sofrem avulsão, possivelmente com uma pequena parte da cabeça da fíbula. Como o nervo está preso ao tendão do bíceps femoral através da fáscia densa, ele é puxado proximalmente. Pacientes com este tipo de lesão apresentam uma queda do pé (geralmente indolor). Os exames desses pacientes revelam fraqueza na dorsiflexão do tornozelo, no extensor longo do hálux e na eversão do pé; a inversão e a flexão plantar são normais e o reflexo do tornozelo encontra-se preservado. Como o nervo fibular comum se divide (no colo da fíbula) nos nervos fibulares superficial e profundo, lesões que ocorrem neste nível do nervo podem danificar tanto o tronco principal como seus ramos.

Nervo fibular superficial

O nervo fibular superficial inicia-se na bifurcação do nervo fibular comum. Primeiramente, é profundo ao fibular longo, depois, o nervo passa em direção anteroinferior entre os fibulares longo e curto e o extensor longo dos dedos, perfurando a fáscia profunda no terço distal da perna. Esse nervo, geralmente após perfurar a fáscia crural (ou enquanto ainda é profundo à fáscia), divide-se em um nervo cutâneo dorsal medial (mais largo) e um nervo cutâneo dorsal intermédio (menor e posicionado mais lateralmente). Como o nervo está localizado entre os músculos, ele supre o fibular longo, o fibular curto e a pele da região inferior da perna. O curso profundo (localização compartimental) e a distribuição digital periférica do nervo fibular superficial são objetos de considerável variação (veja a classificação de Kosinski; Kosinski 1926; Solomon *et al.*, 2001).

Ramos

O nervo cutâneo dorsal medial passa na frente da articulação do tornozelo e divide-se em dois ramos digitais dorsais: um nervo que supre a borda medial do hálux e outro que supre o lado adjacente do segundo e do terceiro dedos. O nervo cutâneo dorsal medial comunica-se com os nervos safeno e fibular profundo. O ramo intermédio (menor) atravessa o dorso do pé, lateralmente. Esse ramo divide-se nos ramos digitais dorsais que suprem os lados contíguos do terceiro até o quarto dedos e a pele da face lateral do tornozelo, onde se conecta ao nervo sural. Ambos os ramos, especialmente o intermédio, estão em risco durante o posicionamento das incisões portais para artroscopia e durante procedimentos cirúrgicos no maléolo lateral. Ramos do nervo fibular superficial suprem a pele dorsal de todos os dedos, exceto a da borda lateral do quinto dedo (suprida pelo nervo sural) e os lados adjacentes do primeiro e do segundo dedos (supridos pelo ramo terminal medial do nervo fibular profundo). Alguns ramos laterais do nervo fibular superficial frequentemente estão ausentes, sendo substituídos por ramos surais.

Nervos fibulares acessórios Um nervo fibular superficial acessório e um nervo fibular profundo acessório já foram descritos como ramos anômalos do nervo fibular superficial; provavelmente, ambos são produtos da ramificação atípica do nervo parental, profundo à fáscia crural (veja anteriormente).

Lesões do nervo fibular superficial

Uma lesão do nervo fibular superficial causa fraqueza na eversão do pé e perda sensorial na face lateral da perna, que se estende até o dorso do pé. O nervo pode ser vítima de compressão ao penetrar na fáscia profunda da perna e também pode estar envolvido na síndrome do compartimento que afeta o compartimento lateral da mesma.

Nervo fibular profundo

O nervo fibular profundo inicia-se na bifurcação do nervo fibular comum, entre a fíbula e a porção proximal do fibular longo. Esse nervo passa obliquamente em direção anterior (profundamente ao extensor longo dos dedos), dirigindo-se para a frente da membrana interóssea e alcançando a artéria tibial anterior, no terço proximal da perna. O nervo desce com a artéria para o tornozelo, onde se divide em ramos terminais (lateral e

medial). Ao descer, primeiramente o nervo é lateral à artéria; depois, torna-se anterior e, finalmente, lateral ao tornozelo.

Ramos

O nervo fibular profundo supre os ramos musculares do tibial anterior, do extensor longo do hálux, do extensor longo dos dedos e do fibular terceiro, bem como o ramo articular da articulação do tornozelo.

O ramo terminal lateral cruza o tornozelo, profundamente ao extensor curto dos dedos, torna-se mais largo (como um pseudogânglio) e supre o extensor curto dos dedos. A partir da região mais alargada, três ramos interósseos diminutos suprem as articulações társicas e metatarsofalangeanas dos três dedos médios.

O ramo terminal medial corre distalmente no dorso do pé (lateralmente à artéria dorsal do pé) e conecta-se ao ramo medial do nervo fibular superficial no primeiro espaço interósseo. Esse ramo divide-se em dois nervos digitais dorsais que suprem os lados adjacentes do primeiro e do segundo dedos. Antes de se dividir, ele emite um ramo interósseo que supre a primeira articulação metatarsofalangeana. O nervo fibular profundo pode terminar em três ramos terminais.

Lesões do nervo fibular profundo

Danos no nervo fibular profundo (p. ex., na síndrome do compartimento que afeta o compartimento anterior da perna) resultam em fraqueza na dorsiflexão do tornozelo e na extensão de todos os dedos; o prejuízo sensorial é confinado à primeira fissura interdigital.

Nervo safeno

O nervo safeno encontra-se descrito na página 1409.

REFERÊNCIAS

Cormack GC, Lamberty BGH 1994; See Bibliography.

Eckhoff DG, Kramer RC, Watkins JJ, Burke BJ, Alongi CA, Stamm ER, van Gerven DP 1994 Variation in tibial torsion. Clin Anat 7: 76–9.

Jungers WL, Meldrum DJ, Stern JT Jr 1993 The functional and evolutionary significance of the human peroneus tertius muscle. J Hum Evol 25: 377–86.

Kosinksi, C 1926 The course, mutual relations and distribution of the cutaneous nerves of the metazonal regions of the leg and foot. J Anat Physiol 60: 274–97.

Solomon LB, Ferris L, Tedman R, Henneberg M 2001 Surgical anatomy of the sural and superficial fibular nerves with an emphasis on the approach to the lateral malleolus. J Anat 199: 717–23.

Taylor GI, Razaboni RM (eds) 1994 Michael Salmon: Anatomic Studies. Book 1, Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. St Louis: Quality Medical Publishing.
Versão traduzida, gratuita e editada de um texto clássico em francês, publicado pela primeira vez em 1933. Atualmente uma obra de referência importante na área de cirurgia plástica.

Pé e Tornozelo

CAPÍTULO 84

A articulação do tornozelo (articulação talocrural) é uma articulação diartrodial que envolve a tíbia e fíbula distais e o corpo do tálus; é o único exemplo no corpo humano de uma verdadeira articulação em malhete. O pé humano é uma estrutura complexa adaptada para permitir postura e locomoção bipedal e é a única parte do corpo que está em contato regular com o chão. Existem 28 ossos separados no pé humano, incluindo os ossos sesamoides da primeira articulação metatarsofalangeana e 31 articulações, incluindo a articulação do tornozelo.

PELE E TECIDOS MOLES

PELE

Suprimento vascular e drenagem linfática

A pele ao redor do tornozelo é suprida pelas artérias maleolares anterior lateral e anterior medial oriundas da artéria tibial anterior, ramos maleolares mediais da artéria tibial posterior e perfurantes fasciocutâneas oriundas das artérias tibial anterior e posterior e fibular. O principal suprimento sanguíneo para a face medial do calcanhar é oriundo dos ramos calcâneos mediais da artéria plantar lateral que passa através do retináculo flexor; a pele da face lateral do calcanhar é suprida pelos ramos calcâneos da artéria fibular e artéria tarsal lateral. O suprimento arterial para a pele do pé é rico e deriva dos ramos da artéria dorsal do pé (continuação direta da artéria tibial anterior), tibial posterior e artérias fibulares. A pele que cobre o dorso do pé é suprida pela artéria dorsal do pé e, por continuação, pela primeira artéria metatarsiana dorsal, com menor contribuição do ramo perfurante anterior da artéria fibular e de artérias anastomóticas marginais nos bordos medial e lateral do pé. A pele plantar é suprida por ramos perfurantes das artérias plantares medial e lateral (os ramos terminais da artéria tibial posterior). A pele do antepé é suprida por ramos cutâneos das artérias digitais comuns.

A drenagem venosa cutânea é feita através dos arcos venosos dorsal e plantar, que drenam para veias marginais medial e lateral. No aspecto plantar, uma rede venosa superficial forma uma malha intradermal e subdermal que drena para as veias marginais laterais e mediais. Ramos que acompanham as artérias plantares medial e lateral se originam de uma rede venosa profunda. Exclusivamente em relação a todo o membro inferior, o fluxo venoso no pé é bidirecional. Entretanto, quando as válvulas estão presentes, o fluxo ocorre do sistema plantar para o sistema dorsal superficial. Daqui, o sangue deixa o pé nas veias superficiais e profundas do membro inferior.

A drenagem linfática superficial é feita através de vasos que acompanham a veia safena longa e veia safena curta lateralmente e drenam via linfonodos inguinais. Os vasos linfáticos profundos acompanham as artérias dorsal do pé, tibial posterior e fibular, e passam através dos linfonodos poplíteos.

Inervação cutânea

A pele que cobre o tornozelo e o pé é suprida pelo quarto e quinto nervos espinais lombares e pelo primeiro nervo espinal sacral (Figs. 79.18, 79.20). A inervação do dorso do pé é fornecida medialmente pelo nervo safeno, centralmente pelo nervo fibular superficial e lateralmente pelo nervo sural; o nervo fibular profundo supre o dorso do primeiro espaço intermetatarsal. Os ramos dorsais dos nervos plantares medial e lateral suprem os leitos ungueais. A face plantar do pé é suprida pelos nervos plantares medial e lateral, que se originam na forma de ramos terminais do nervo tibial. O nervo plantar medial supre a sensação para a face plantar do hálux, segundo e terceiro pododáctilos e metade medial do quarto pododáctilo. O nervo plantar lateral supre o restante da face lateral do quarto dedo e todo o quinto dedo. O calcanhar é inervado pelos ramos calcâneos do nervo tibial. A lesão a qualquer um desses nervos leva a um neuroma doloroso e a perda da sensação protetora. O nervo sural é especialmente propenso à formação de neuromas.

TECIDOS MOLES

Os tendões que cruzam a articulação do tornozelo são todos defletidos em algum grau a partir de um curso reto e, portanto, devem ser mantidos por meio de retináculos e envoltos por bainhas sinoviais.

Retináculos do tornozelo

Na vizinhança da articulação do tornozelo, os tendões dos músculos da perna são presos por espessamentos localizados em formato de banda da fáscia profunda denominados retináculos, que coletivamente servem para evitar um posicionamento em corda de arco (bowstringing) dos tendões subjacentes. Existem retináculos extensores superiores e inferiores, retináculos extensores fibular superior e inferior e um retináculo flexor.

Retináculos extensores

Retináculo extensor superior

O retináculo extensor superior prende os tendões do tibial anterior, extensor longo do hálux, extensor longo dos dedos e fibular terceiro, imediatamente proximal à face anterior da articulação talocrural (Figs. 83.7 e 84.1). Os vasos tibiais anteriores e o nervo fibular profundo passam profundamente no retináculo e o nervo fibular superficial passa superficialmente. O retináculo se prende lateralmente à extremidade distal do bordo anterior da fíbula e medialmente ao bordo anterior da tíbia. Seu bordo proximal é contínuo com a fáscia crural, e tecido conjuntivo denso conecta seu bordo distal ao retináculo extensor inferior. O tendão tibial anterior é o único tendão extensor que possui uma bainha sinovial no nível do retináculo extensor superior.

Retináculo extensor inferior

O retináculo extensor inferior é uma banda em formato de Y localizada anterior à articulação talocrural (Figs. 83.7 e 84.2A,B). A parte vertical do Y está localizada na extremidade lateral, onde se fixa à superfície superior do calcâneo, na frente do sulco calcâneo. A banda passa medialmente, formando um forte laço ao redor dos tendões do fibular terceiro e extensor longo dos dedos (Fig. 84.2A). Da superfície profunda do laço, uma banda passa lateralmente por trás do ligamento talocalcâneo interósseo e do ligamento cervical e se prende ao sulco calcâneo. Na extremidade medial do laço, dois membros divergentes se estendem medialmente para completar o formato de 'Y' do retináculo. A região proximal dos dois membros consiste em duas camadas. A camada profunda passa abaixo dos tendões do músculo extensor longo do hálux e músculo tibial anterior, mas superficial aos vasos tibiais anteriores e nervo fibular profundo, para chegar ao maléolo medial. A camada superficial cruza superficialmente ao tendão do extensor longo do hálux e depois se prende firmemente na camada profunda desse tendão; em alguns casos ele continua superficialmente ao tendão do tibial anterior, antes de se fundir com a camada profunda. O membro distal se estende para baixo e medialmente e se funde com a aponeurose plantar. Ele se posiciona superficialmente aos tendões do músculo extensor longo do hálux e tibial anterior, artéria dorsal do pé e ramos terminais do nervo fibular profundo.

Retináculo flexor

O retináculo flexor se prende anteriormente à ponta do maléolo medial, distal ao qual é contínuo com a fáscia profunda no dorso do pé (Fig. 84.2B). A partir de sua fixação maleolar, se estende posteroinferiormente para o processo medial do calcâneo e aponeurose plantar. Proximalmente, não há demarcação clara entre seu bordo e a fáscia profunda da perna, especialmente a camada transversa profunda da fáscia profunda. Distalmente, seu bordo é contínuo com a aponeurose plantar, e muitas fibras do adutor do hálux se prendem a ele. O retináculo flexor converte sulcos na tíbia e calcâneo em canais para os tendões e estende-se sobre os vasos tibiais posteriores e

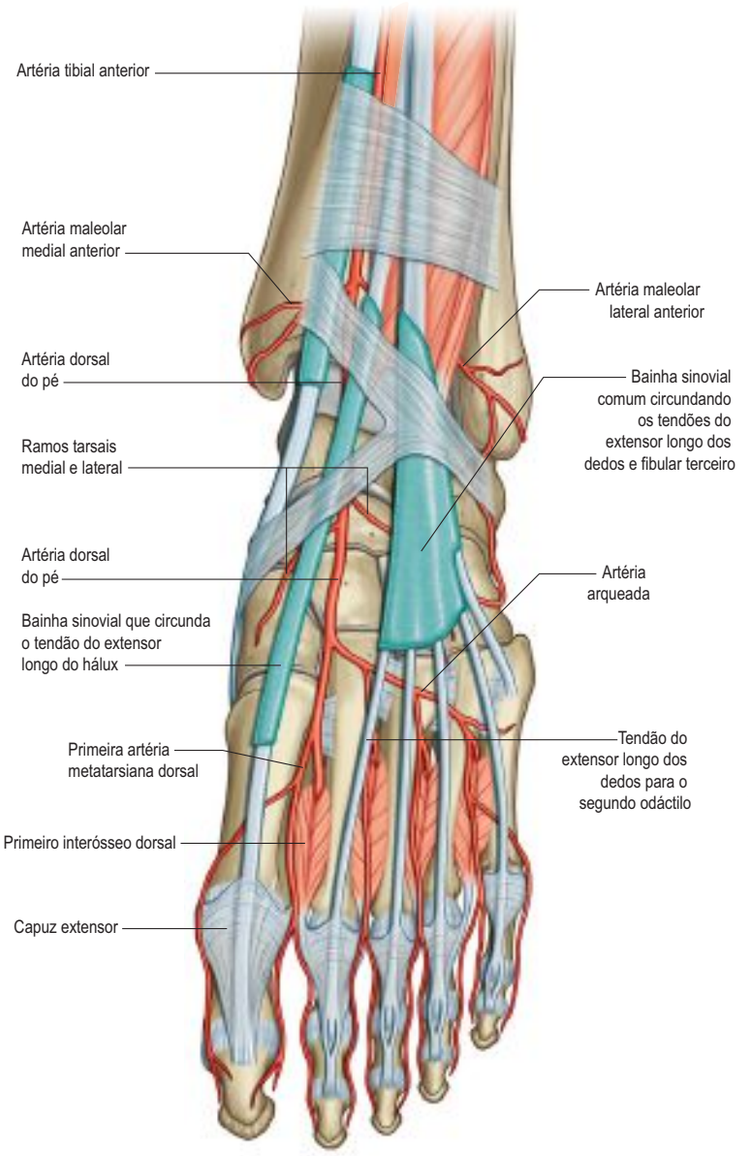


Fig. 84.1 As bainhas sinoviais dos tendões do tornozelo, face anterior. (De Drake, Vogl e Mitchell 2005.)

nervo tibial. Conforme essas estruturas entram na planta do pé, elas são, da região medial para a lateral, os tendões do tibial posterior e flexor longo dos dedos, os vasos tibiais posteriores, o nervo tibial e o tendão do músculo flexor longo do hálux (Fig. 84.14).

Retináculos fibulares

Os retináculos fibulares são bandas fibrosas que prendem os tendões do músculo fibular longo e músculo fibular curto, mantendo-os posicionados enquanto estes tendões cruzam a face lateral da região do tornozelo (Fig. 84.2A).

Retináculo fibular superior

O retináculo fibular superior é uma banda curta que se estende da região posterior do maléolo lateral para a fáscia transversal profunda da perna e a superfície lateral do calcâneo. O dano a este retináculo pode levar à instabilidade dos tendões fibulares.

Retináculo fibular inferior

O retináculo fibular inferior é contínuo na região anterior com o retináculo extensor inferior e se fixa posteriormente à superfície lateral do calcâneo. Algumas de suas fibras se fundem com o periósteo na tróclea fibular (tubérculo peroneiro) do calcâneo, formando um septo entre os tendões fibulares longo e curto.

Bainhas sinoviais no tornozelo

Anteriormente ao tornozelo, a bainha para o tibial anterior se estende da margem proximal do retináculo extensor superior até o intervalo entre os membros divergentes do retináculo inferior (Figs. 84.1, 84.2A,B). Uma bainha comum envolve os tendões do músculo extensor longo dos dedos e músculo fibular terceiro, começando logo acima do nível dos maléolos, e atingindo o nível da base do quinto metatarsal (Figs. 84.1, 84.2A). A bainha do músculo extensor longo do hálux começa no nível imediatamente distal ao da bainha do músculo extensor longo dos dedos e se estende até a base do quinto osso metatarsal (Figs. 84.1, 84.2A,B).

Posteromedialmente ao tornozelo, a bainha do músculo tibial posterior começa aproximadamente 4 cm acima do maléolo medial e termina proximalmente à fixação do tendão na tuberosidade do navicular (Fig. 84.2B). A bainha do músculo flexor longo do hálux começa no nível do maléolo medial e se estende distalmente até a base do quinto osso metatarsal (Fig. 84.2B). Ocasionalmente, como o resultado do uso excessivo, particularmente em bailarinos em que o equilíbrio na ponta dos dedos dos pés na posição de ponta envolve uma flexão plantar extrema e mantida do tornozelo e primeiro pododáctilo na posição de sustentação de carga, um nódulo fibroso pode se desenvolver no tendão, imediatamente proximal à bainha do tendão. Isto pode resultar no enclausuramento intermitente do tendão espessado na bainha, causando dor e "engatilhamento" do hálux, uma condição denominada hálux do saltador. A abertura cirúrgica da bainha pode ser necessária. Em atletas, o ventre muscular do músculo flexor longo do hálux pode ser anormalmente grande e pode se estender mais distalmente do que o usual; ele também pode ficar preso na abertura da bainha. A bainha para o músculo flexor longo dos dedos começa ligeiramente acima do nível do maléolo medial e termina no nível do navicular (Fig. 84.2B).

Posterolateralmente ao tornozelo, os tendões do músculo fibular longo e músculo fibular curto são envoltos em uma bainha que é única proximalmente, mas dupla distalmente (Fig. 84.2A). Da ponta do maléolo lateral ela se estende por 4 cm tanto proximal como distalmente.

Fáscia plantar

A fáscia ou aponeurose plantar é composta de fibras de colágeno densamente compactadas orientadas principalmente em direção longitudinal, mas também transversalmente (Fig. 84.3). Seus bordos medial e lateral se superpõem aos músculos intrínsecos do hálux e quinto pododáctilo, respectivamente, enquanto sua densa arte central fica sobre os flexores longo e curto dos dedos.

A parte central é mais forte e espessa. A fáscia é estreita posteriormente, onde se fixa ao processo medial da tuberosidade calcânea proximal ao músculo flexor curto dos dedos, e acompanhada distalmente ela se torna mais larga e um pouco mais fina. Proximalmente ao nível das cabeças metatarsianas ela se divide em cinco bandas, uma para cada pododáctilo. Conforme essas cinco bandas digitais divergem abaixo das diáfises metatarsais, elas se unem por fibras transversas (Fig. 84.3). Proximal, plantar e um pouco distalmente às cabeças metatarsianas e articulações metatarsofalangeanas, o estrato superficial de cada uma das cinco bandas se conecta à derme através dos ligamentos da pele (retináculos da pele). Esses ligamentos chegam à pele próximo à esfera do pé proximalmente à depressão que faz a separação entre os pododáctilos e a planta: a doença de Dupuytren pode envolver esses ligamentos resultando em contraturas dos dedos afetados. O estrato profundo de cada banda digital da aponeurose gera dois septos que flanqueiam os tendões digitais flexores, separando-os dos músculos lumbricais e vasos e nervos digitais. Esses septos passam profundamente para se fundir com a fáscia interóssea, os ligamentos metatarsais transversos profundos (que cursam entre as cabeças dos metatarsais adjacentes), ligamentos plantares das articulações metatarsofalangianas e o periósteo e bainhas flexoras fibrosas na base de cada falange proximal. Coxins de gordura se desenvolvem nos espaços entre as cabeças metatarsianas e as bases das falanges proximais; eles protegem os nervos e vasos digitais das estruturas tendinosas circundantes e pressões plantares extracutâneas. Distalmente às cabeças metatarsianas, um ligamento interdigital plantar (ligamento metatarsal transverso superficial) se funde progressivamente com a face profunda do estrato da aponeurose plantar onde penetra nos pododáctilos (Fig. 84.3). A parte central da aponeurose plantar fornece desta forma uma estrutura intermediária entre a pele e a estrutura osteoligamentar do pé através de vários retináculos cutâneos e septos profundos que se estendem para os metatarsais e falanges. A parte central também é contínua com as partes medial e lateral: nas junções, dois septos intermusculares, medial e lateral, estendem-se em planos verticais oblíquos entre os grupos medial, intermediário e lateral dos músculos plantares para chegar ao osso. Septos intermusculares horizontais mais finos, derivados dos septos intermusculares verticais, passam entre as camadas musculares.

A parte lateral da aponeurose plantar, que cobre o abdutor do dedo mínimo, é fina distalmente e espessa proximalmente, onde forma uma forte banda, algumas vezes com fibras musculares, entre o processo lateral da tuberosidade calcânea e a base do quinto osso metatarsal. Ela é contínua medialmente com a parte central da aponeurose e com a fáscia do dorso do pé ao redor de seu bordo lateral. A parte medial da aponeurose plantar, que

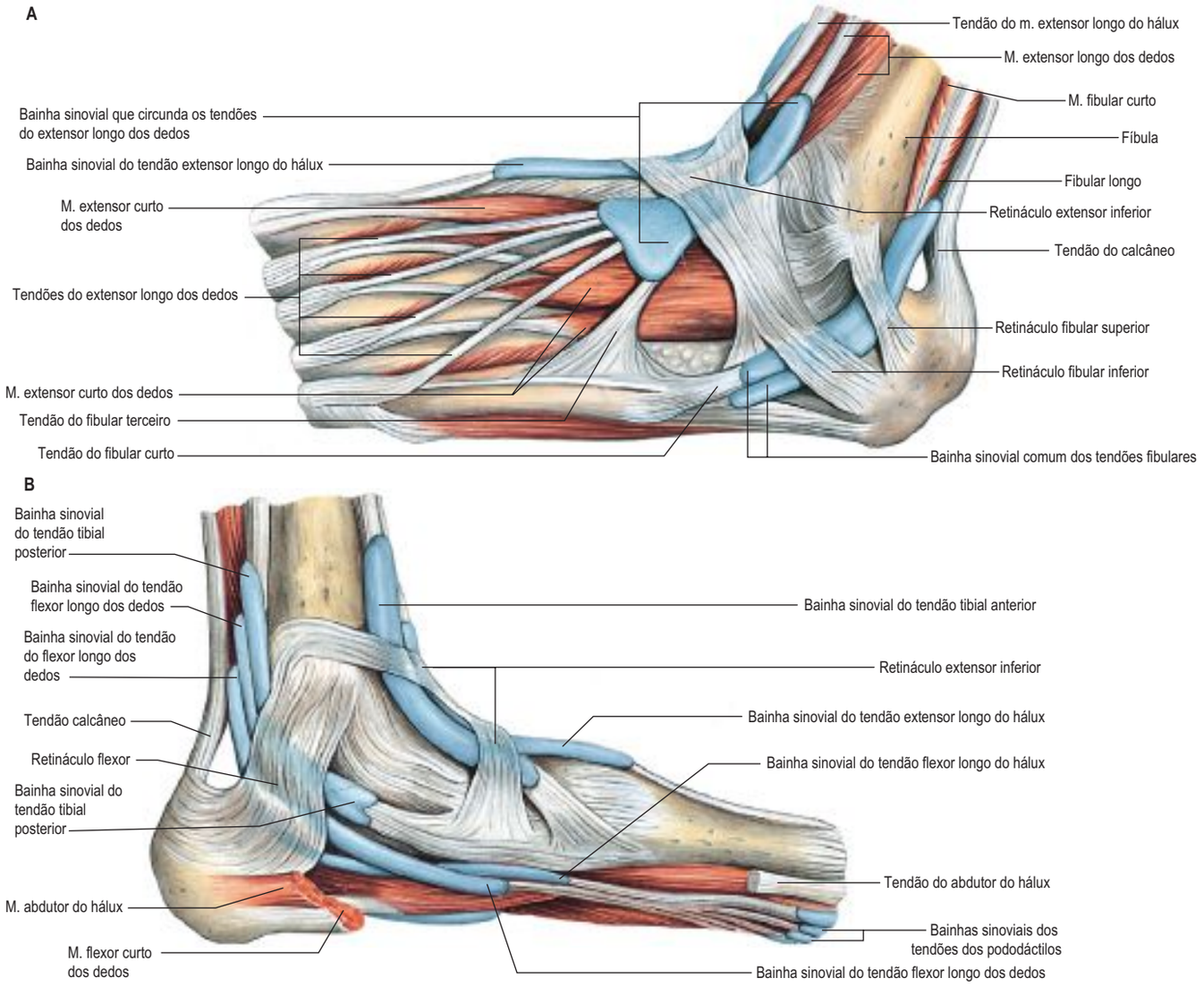


Fig. 84.2 As bainhas sinoviais dos tendões do tornozelo. **A,** Face lateral. **B,** Face medial. (De Sobotta 2006.)

cobre o abdutor do hálux, é fina. Ela é contínua proximalmente com o retináculo flexor, medialmente com a fáscia dorsal do pé e lateralmente com a parte central da aponeurose plantar.

Compartimentos fasciais do pé

Existem quatro compartimentos principais na face plantar do pé (Jones 1949) (Fig. 84.4). O compartimento medial contém os músculos abdutor do hálux e flexor curto do hálux, sendo limitado inferior e medialmente pela parte medial da aponeurose plantar e sua extensão medial, lateralmente por um septo intermuscular e dorsalmente pelo primeiro metatarsal. O compartimento central contém o músculo flexor curto dos dedos, os músculos lumbricais, o músculo flexor acessório e músculo adutor do hálux, sendo limitado pela aponeurose plantar inferiormente, estruturas osseofasciais dorsalmente e septos intermusculares medial e lateralmente. O compartimento lateral contém o músculo abdutor do dedo mínimo e músculo flexor curto do dedo mínimo, e seus limites são o quinto metatarsal dorsalmente, a aponeurose plantar inferior e lateralmente, e um septo intermuscular medialmente. O compartimento interósseo contém os sete músculos interósseos e seus limites são a fáscia interóssea e os metatarsais.

A face dorsal do pé contém efetivamente um único compartimento que é ocupado pelos tendões extensores e pelo músculo extensor curto dos dedos, que é limitado superiormente pela fáscia dorsal profunda (ver adiante).

Septo intermuscular lateral

O septo intermuscular lateral é incompleto, especialmente em sua extremidade proximal. Distalmente, suas fixações profundas são a bainha fibrosa do músculo fibular longo e quinto osso metatarsal.

Septo intermuscular medial

O septo intermuscular medial é incompleto e se divide em três bandas – proximal, intermediária e distal –, cada uma delas demonstrando divisões lateral e medial conforme se aproxima de sua fixação profunda. A banda proximal se prende lateralmente ao cuboide e se funde medialmente com o tendão do tibial posterior. A banda média se prende lateralmente ao cuboide e ligamento plantar longo, e medialmente ela se fixa ao osso cuneiforme medial. A banda distal se divide para envolver o tendão do músculo flexor longo do hálux e se prende à fáscia sobre o músculo flexor curto do hálux.

Fáscia dorsal profunda

A fáscia profunda no dorso do pé (fáscia dorsal do pé) é uma fina camada, contínua acima com o retináculo extensor inferior; ela cobre os tendões extensores dorsais e o extensor curto dos dedos.

Síndrome compartimental no pé

Uma síndrome compartimental resulta de um aumento na pressão intracompartimental suficiente para dificultar o efluxo venoso daquele compartimento. Conforme o sangue entra em pressão arterial, a pressão do compartimento aumenta ainda mais até exceder a pressão arterial, ponto em que o influxo do sangue arterial é interrompido, levando à isquemia nervosa e muscular. A falha em aliviar o aumento de pressão no compartimento por meio cirúrgico resulta em necrose dos tecidos moles dentro do compartimento. A causa mais comum de síndrome de compartimento no pé é o trauma, geralmente do tipo alta energia (alto impacto): lesões por esmagamento, fraturas do calcâneo e ruptura das articulações tarsometatarsianas são os antecedentes usuais com síndrome compartimental no pé.

Tecido adiposo especializado (coxim do calcanhar e metatarsal)

O coxim do calcanhar está sujeito a repetidos altos impactos e está anatomicamente adaptado para suportar estas pressões. O coxim do calcanhar adulto possui uma espessura média de 18 mm e uma espessura média de epiderme de 0,64 mm (a espessura epidérmica dorsal varia em 0,069 mm). O coxim do calcanhar contém tecido adiposo elástico organizado como septos fibrosos espirais ancorados entre si, ao calcâneo e à pele. Os septos são colunas preenchidas por tecido adiposo em formato de U em uma disposição ideal para resistir a cargas compressivas e são reforçados internamente com fibras elásticas diagonais e transversas, que separam o tecido adiposo em compartimentos.

No antepé, o tecido subcutâneo consiste em lamelas fibrosas dispostas em uma espiral complexa que contém tecido adiposo preso por fibras verticais à derme superficialmente e à aponeurose plantar profundamente. O tecido adiposo é particularmente espesso na região das articulações metatarsofalangeanas, que amortece o pé durante a fase do levantamento dos dedos na marcha (ver a seguir). Como o coxim do calcanhar, o coxim adiposo metatarsal é destinado a suportar forças compressivas e de cisalhamento. A atrofia de qualquer um dos coxins pode ser causa de dor persistente na região plantar distal.

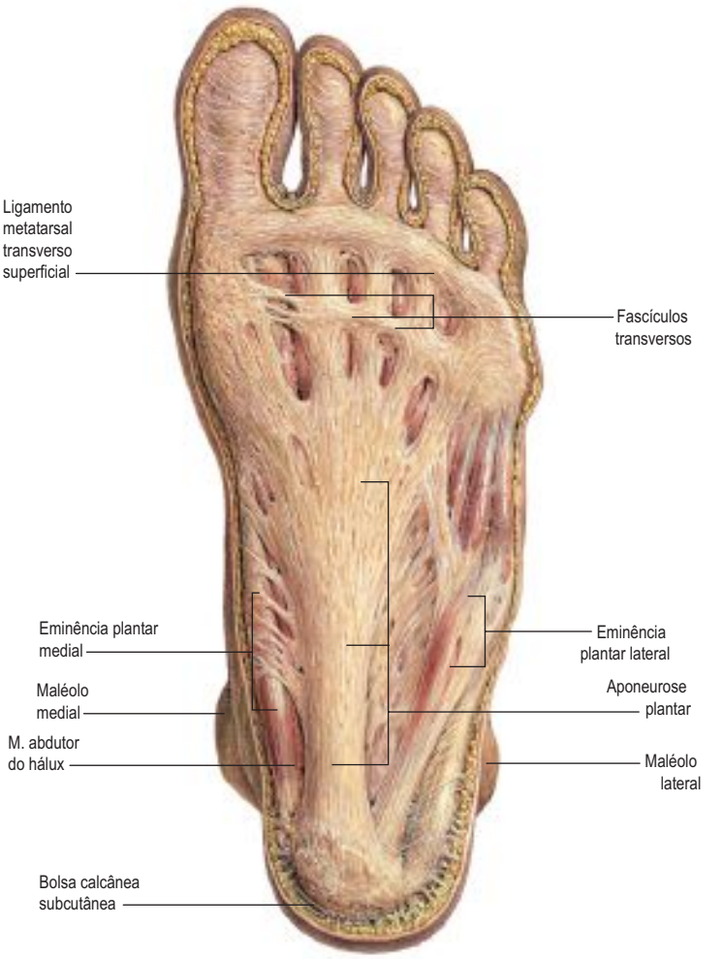


Fig. 84.3 A aponeurose plantar. (De Sobotta 2006.)

OSSOS

Funcionalmente, o esqueleto do pé pode ser dividido em tarso, metatarsais e falanges. Em relação à nomenclatura das superfícies do pé, os termos 'plantar' e 'dorsal' são utilizados para denotar as superfícies inferior e superior, respectivamente. Os termos 'proximal' e 'distal' são utilizados com o mesmo significado dos membros em geral. A rotação dos brotos dos membros que ocorre nos estágios iniciais do desenvolvimento dos membros resulta em polegar direcionado lateralmente na mão e hálux direcionado medialmente no pé.

TÍBIA DISTAL

A extremidade distal da tíbia possui superfícies anterior, medial, posterior, lateral e distal e faz projeção inferomedial na forma do maléolo medial (Figs. 83.2A,B; 83.3A,B). A superfície distal faz articulação com o tálus e é mais ampla anterior do que posteriormente. Ela é côncava sagitalmente, possui uma leve convexidade transversalmente e continua em direção medial para a superfície articular maleolar. O maléolo medial é curto e espesso, possui uma superfície lateral lisa com uma faceta em crescente que faz articulação com a superfície medial do corpo talar. A extremidade distal da tíbia, incluindo sua ossificação, é descrita em detalhes no Capítulo 83.

Fixações Nenhum músculo se fixa à tíbia distal. O ligamento interósseo, o ligamento deltóideo e os ligamentos talofibulares anterior e posterior são fixados à tíbia distal.

Suprimento vascular A tíbia distal é suprida por uma rede arterial formada por ramos das artérias dorsal do pé, tibial posterior e fibular.

Inervação A tíbia distal é inervada por ramos dos nervos fibular profundo, tibial posterior, safeno e sural.

FÍBULA DISTAL

A extremidade distal da fíbula, ou maléolo lateral, faz uma projeção distal e posterior em relação ao maléolo medial (Figs 83.2A,B; 83.3A,B). Sua face lateral é subcutânea, a superfície posterior possui um amplo sulco com um bordo lateral proeminente e a superfície anterior é áspera e arredondada, articulando-se com a face anteroinferior da tíbia. A superfície medial possui uma faceta articular triangular, verticalmente convexa com seu ápice direcionado distalmente. Ela se articula com a superfície talar lateral. Atrás da faceta, encontramos uma fossa maleolar áspera. A extremidade distal da fíbula, incluindo sua ossificação, é descrita em detalhes no Capítulo 83.

Fixações Nenhum músculo se fixa à fíbula distal abaixo do nível do ligamento interósseo. As fixações ligamentares são as do complexo ligamentar lateral, ou seja, os ligamentos talofibular anterior, os ligamentos calcane-

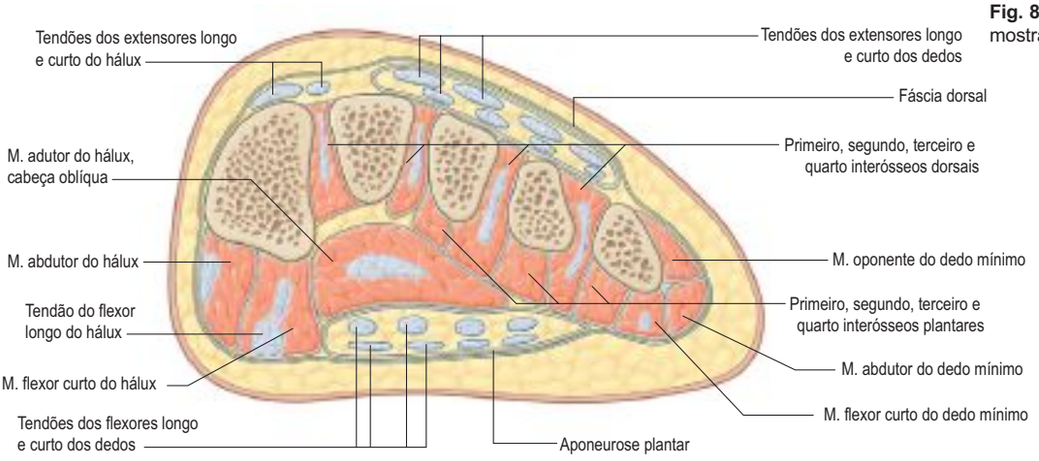


Fig. 84.4 Corte transversal do meio do pé mostra os compartimentos fasciais principais.

ofibular e talofibular posterior. O ligamento interósseo se fixa em sua face medial.

Suprimento vascular A fíbula distal é suprida por uma rede arterial formada por ramos das artérias dorsal do pé, tibial posterior e fibular.

Inervação A fíbula distal é inervada pelos nervos fibular profundo, tibial, safeno e sural.

TARSO

Os sete ossos do tarso ocupam a metade proximal do pé (Figs. 84.5A,B; 84.6). O tarso e o carpo são homólogos, mas os elementos do tarso são maiores, refletindo seus papéis no suporte e na distribuição do peso corporal. Assim como no carpo, os ossos do tarso são dispostos em fileiras proximais e distais, mas medialmente há um único elemento tarsal intermediário, o navicular. A fileira proximal é formada pelo tálus e o calcâneo; o eixo longo do tálus é inclinado anteromedial e inferiormente, sua cabeça direcionada distalmente é medial ao calcâneo em um nível mais alto. A fileira distal contém, da face medial para a lateral, os cuneiformes medial, intermédio e lateral e o cuboide. Coletivamente esses ossos estão dispostos em um alinhamento transversal arqueado com convexidade dorsal. Medialmente, o navicular é interposto entre a cabeça do tálus e os cuneiformes. Lateralmente, o calcâneo faz articulação com o cuboide.

O tarso e o metatarsal estão dispostos para formar a intersecção dos arcos longitudinal e transverso. Consequentemente, o empuxo e o peso não são transmitidos da tíbia para o chão (ou vice-versa) diretamente através do tarso, mas são distribuídos através dos ossos do tarso e metatarsal até as extremidades dos arcos longitudinais. Para fins de descrição, cada osso tarsal é arbitrariamente considerado cuboide em forma, com seis superfícies. Os locais de ossificação e as datas são sumarizados na Figura 84.7.

Tálus

O tálus é a ligação entre o pé e a perna, através da articulação do tornozelo (Figs. 84.16 e 84.18).

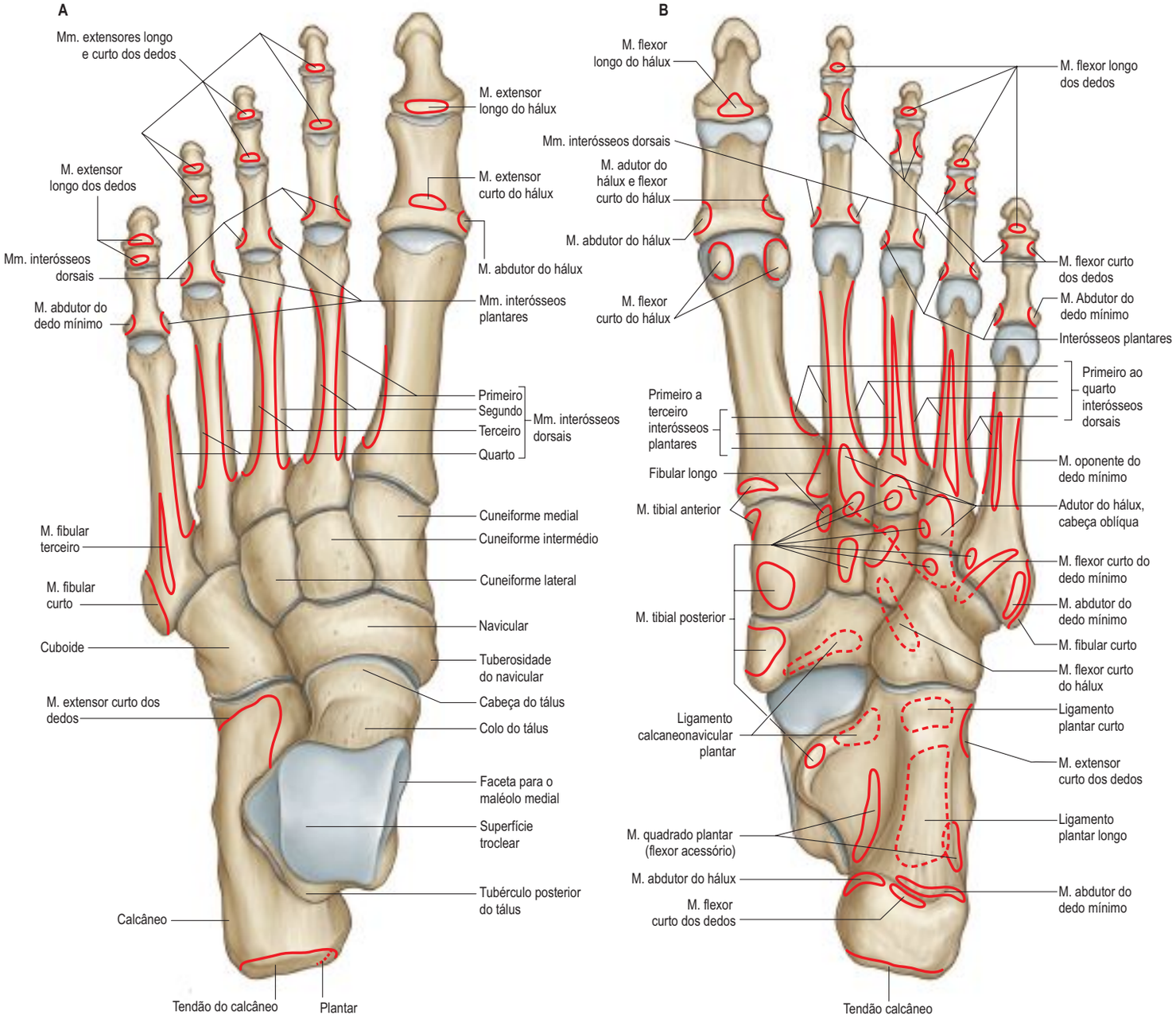


Fig. 84.5 Esqueleto do pé esquerdo, com as fixações musculares. **A,** Face dorsal. **B,** Face plantar. As inserções do tibial posterior nos metatarsais variam; as inserções no terceiro e quinto algumas vezes estão ausentes.

Fig. 84.6 Radiografia lateral do pé e tornozelo adulto em contato plantígrado com o chão, durante uma postura em pé simétrica, em um homem de 44 anos de idade. **1.** Navicular, **2.** Articulação talonavicular. **3.** Cabeça do tálus. **4.** Articulação subtalar. **5.** Osso trígono. **6.** Cabeça do primeiro metatarsal. **7.** Tuberosidade na base do quinto metatarsal. **8.** Cuboide. **9.** Osso sesamoide no tendão do fibular longo. **10.** Articulação calcaneocubóidea. **11.** Seio do tarso. **12.** Calcâneo (observe o padrão trabecular).

Fig. 84.7 Ossificação dos ossos do pé.

Cabeça Direcionada distal e inferomedialmente, a cabeça possui uma superfície distal que é ovoide e convexa; seu eixo longo também é inclinado inferomedialmente para articular com a superfície navicular proximal. A superfície plantar da cabeça possui três áreas articulares, separadas por cristas lisas. A mais posterior e maior é oval, levemente convexa e repousa em uma projeção calcânea medial semelhante a uma prateleira, o sustentáculo do tálus. Anterolateralmente a esta região e geralmente contínua com ela, uma faceta articular planta repousa sobre a parte anteromedial da superfície calcânea dorsal (proximal); distalmente ela continua para a superfície navicular. Entre as duas facetas calcâneas, uma parte da cabeça talar, coberta com cartilagem articular, está em contato com o ligamento calcaneonavicular plantar, que é coberta aqui, superiormente, por fibrocartilagem (Fig. 84.15A,B). Quando o pé é invertido passivamente, a face dorsolateral da cabeça é visível e palpável a aproximadamente 3 cm distal à tíbia; ela é encoberta pelos tendões extensores quando os pododáctilos são dorsofletidos.

Colo O colo é uma região estreita, inclinada medialmente entre a cabeça e o corpo. Suas superfícies ásperas são para os ligamentos. A superfície plantar medial possui um sulco profundo que, quando o tálus e o calcâneo estão articulados, forma um teto para o seio do tarso, que é ocupado pelos ligamentos talocalcâneo e cervical.

O eixo longo do colo, inclinado para baixo, distal e medialmente, forma um ângulo de aproximadamente 150 graus com o do corpo; ele é menor (130-140 graus) no nascimento, e é responsável em parte pela inversão do pé em crianças mais novas. O ligamento talonavicular dorsal e a cápsula articular do tornozelo se fixam distalmente a sua superfície dorsal. Assim, a parte proximal dessa superfície se localiza dentro da cápsula da articulação do tornozelo. A faceta articular medial do corpo talar e parte da superfície troclear podem se estender até o colo. O ligamento talofibular anterior se fixa na face lateral do colo, estendendo-se ao longo da borda anterior adjacente da superfície lateral. Os ligamentos interósseos talocalcâneo e cervical se fixam à superfície inferior do colo. Uma faceta dorsolateral chamada "faceta do agachamento" comumente está presente no colo talar naqueles indivíduos que habitualmente adotam a posição de agachamento: ela se articula com a margem tibial anterior em dorsiflexão extrema e pode ser dupla.

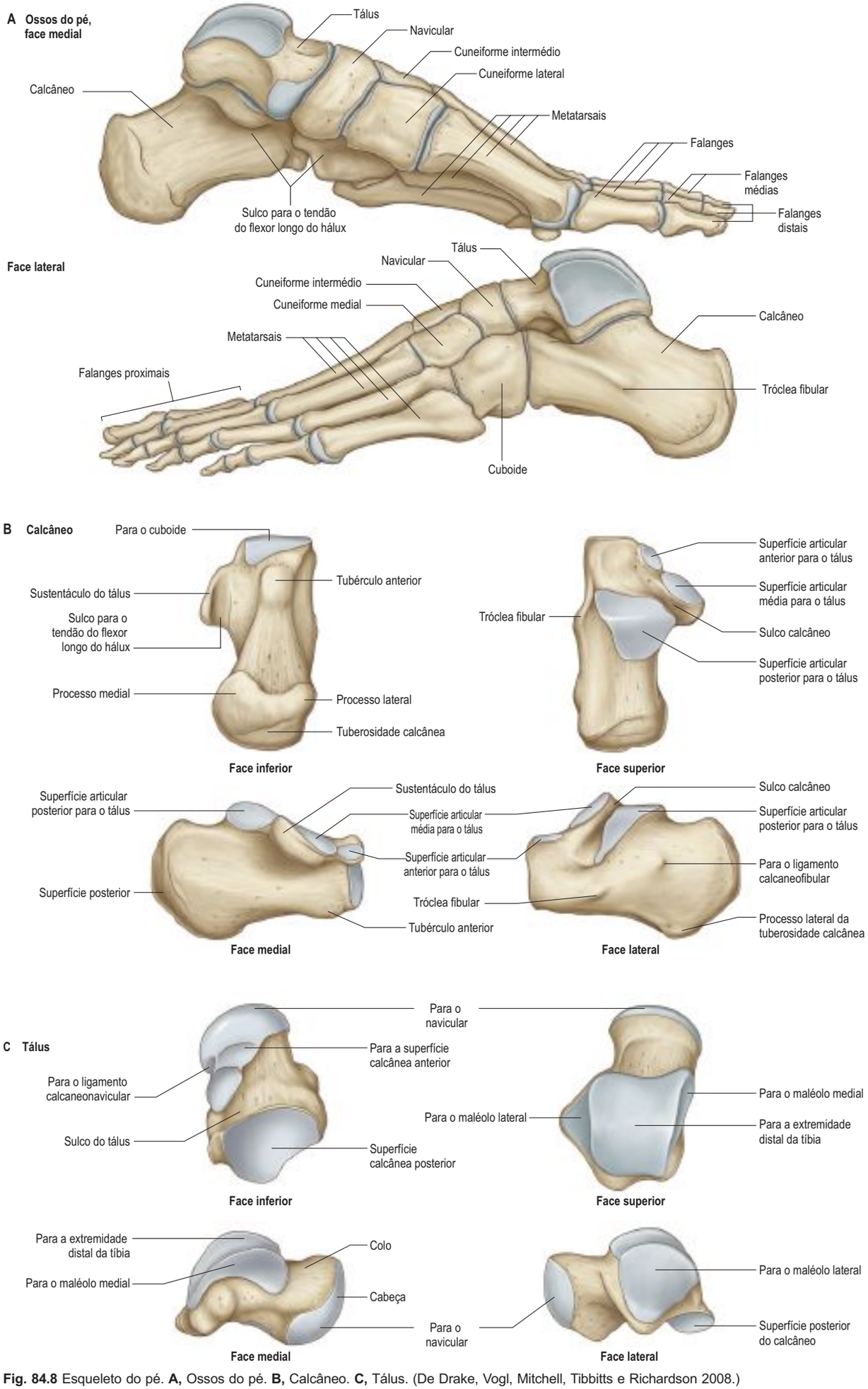


Fig. 84.8 Esqueleto do pé. **A,** Ossos do pé. **B,** Calcâneo. **C,** Tálus. (De Drake, Vogl, Mitchell, Tibbitts e Richardson 2008.)

Corpo O corpo é cuboidal, coberto dorsalmente pela superfície troclear que se articula com a extremidade distal da tíbia. Ele é anteroposteriormente convexo, suavemente côncavo em seu diâmetro transversal, mais largo anteriormente e, portanto, selar. A superfície triangular lateral é lisa e verticalmente côncava para a articulação com o maléolo lateral. Superiormente, ela é contínua com a superfície troclear; inferiormente, seu ápice é um processo lateral. Proximalmente, a superfície medial é (posterossuperiormente) coberta por uma faceta de formato de vírgula, que é mais profunda na frente e se articula com o maléolo medial. Distalmente, a superfície é áspera e contém diversos forames vasculares. A pequena superfície posterior apresenta uma projeção áspera denominada processo posterior. O processo é marcado por um sulco oblíquo entre dois tubérculos que aloja o tendão do músculo flexor longo do hálux. O tubérculo lateral geralmente é maior; o medial é menos proeminente e se localiza imediatamente atrás do sustentáculo do tálus (Fig. 84.8A). A superfície plantar faz articulação com o terço médio da superfície dorsal do calcâneo por meio de uma faceta côncava oval, e seu eixo longo é direcionado distolateralmente em um ângulo de aproximadamente 45 graus com o plano mediano. A borda medial da superfície troclear é reta, mas seu bordo lateral se inclina medialmente em sua parte posterior e geralmente se alarga em uma pequena área triangular alongada que está em contato com o ligamento talofibular posterior em dorsiflexão.

O ligamento talofibular posterior se prende ao tubérculo lateral do processo posterior. Sua fixação se estende até o sulco, ou depressão, entre o processo e o bordo troclear posterior. O ligamento talocalcâneo posterior se fixa ao bordo plantar do processo posterior. O sulco entre os tubérculos do processo contém o tendão do flexor longo do hálux e continua distalmente na direção do sulco na face plantar do sustentáculo do tálus. O ligamento talocalcâneo medial se fixa abaixo do tubérculo medial, enquanto a maior parte das fibras superficiais posteriores do ligamento deltóideo se fixam acima do tubérculo. As fibras profundas do ligamento deltóideo se fixam em uma posição ligeiramente mais elevada à área áspera imediatamente abaixo da faceta articular em formato de vírgula na superfície medial (Fig. 84.8A,C).

Fixações musculares Nenhum músculo se insere no tálus. Entretanto, vários ligamentos se fixam ao osso, e conferem estabilidade ao tornozelo e às articulações subtalar e talonavicular (Fig. 84.8A-C).

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo talar é tênue devido à ausência de fixações musculares. A primeira descrição abrangente do suprimento sanguíneo talar foi feita por Wildenauer em 1950. O suprimento sanguíneo extraósseo é feito através das artérias tibial posterior, dorsal do pé e fibular (Fig. 84.9). A "artéria do canal tarsal" se origina na artéria tibial posterior a aproximadamente 1 cm proximal à origem das artérias plantares medial e lateral (Fig. 84.10) e passa anteriormente entre as bainhas do músculo flexor longo dos dedos e músculo flexor longo do hálux, para entrar no canal tarsal no qual se localiza anteriormente, próximo ao tálus. (O "canal tarsal" é o termo comumente utilizado para descrever a extremidade medial em formato de túnel do seio do tarso.) Ramos da rede arterial no canal tarsal penetram no tálus. A artéria continua através do canal tarsal na direção da parte lateral do seio do tarso, onde faz anastomose com a artéria do seio do tarso, formando um laço vascular sob o colo talar. Um ramo da artéria do canal tarsal, conhecido como ramo deltoide, passa profundamente ao ligamento deltóideo e supre parte da face medial do corpo talar. Algumas vezes ela se origina na artéria tibial posterior; raramente se origina na artéria plantar medial. Nas fraturas talares, pode ser o único suprimento arterial remanescente para o tálus a manter a viabilidade do corpo talar. A artéria dorsal do pé supre ramos para a face superior do colo talar e também origina a artéria do seio do tarso. Este grande vaso sempre está presente e faz anastomose com a artéria do canal tarsal. A artéria do seio do tarso recebe uma contribuição do ramo perfurante anterior da artéria fibular e supre ramos diretos para o tálus. A artéria fibular fornece pequenos ramos que formam um plexo de vasos posteriormente com ramos da artéria tibial posterior; entretanto, a contribuição da artéria fibular para o suprimento sanguíneo talar é considerada insignificante.

O suprimento sanguíneo intraósseo da cabeça talar vem medialmente de ramos da artéria dorsal do pé e lateralmente através de vasos que se originam na anastomose entre as artérias do canal tarsal e seio do tarso. O terço médio do corpo talar, exceto sua face mais superior, e o terço lateral, exceto sua face posterior, são supridos principalmente pela arcada anastomótica no canal tarsal. O terço medial do corpo talar é suprido pelo ramo deltoide da artéria do canal tarsal.

Inervação O tálus é inervado por ramos dos nervos fibular profundo, tibial posterior, safeno e sural.

Ossificação Um único centro de ossificação aparece pré-natalmente aos seis meses (Fig. 84.7). O processo posterior (processo de Stieda) é um osso

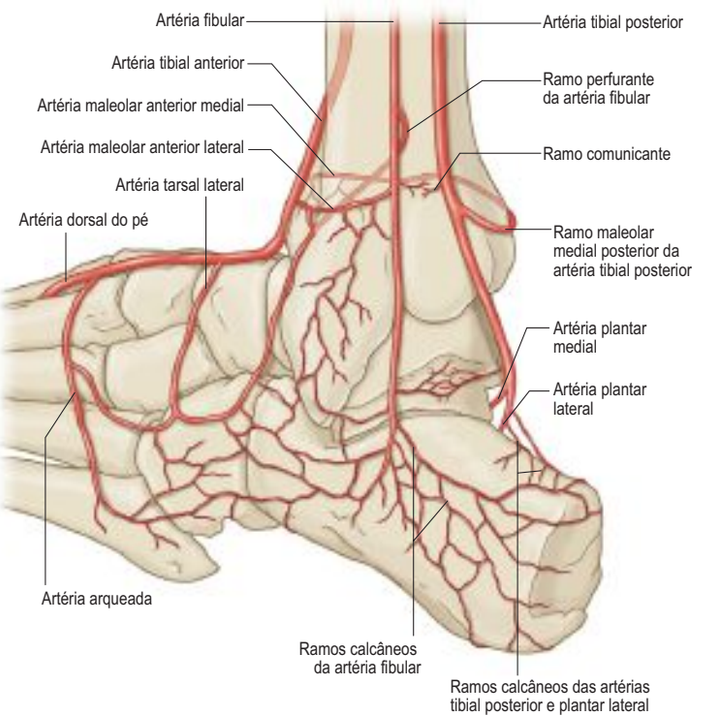


Fig. 84.9 As anastomoses arteriais do tornozelo, tarso e metatarsal.

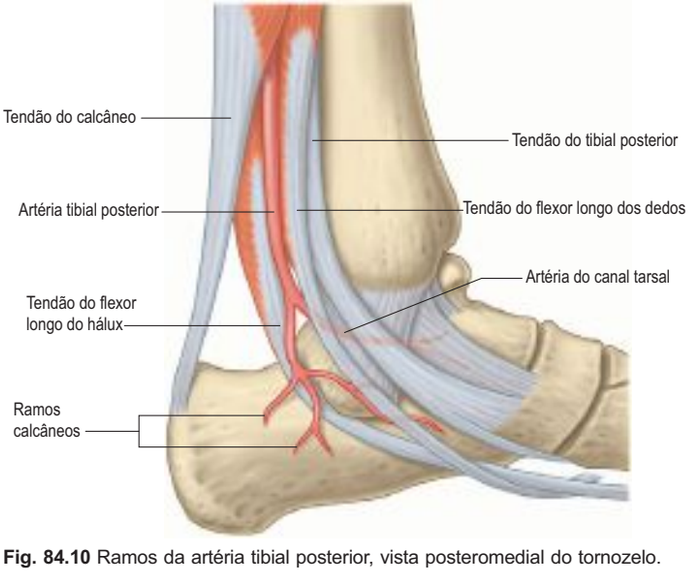


Fig. 84.10 Ramos da artéria tibial posterior, vista posteromedial do tornozelo.

separado em 5% dos indivíduos e se origina de um centro de ossificação separado, que aparece entre os 8 e 11 anos de idade. Em atletas e dançarinos, pode ser suscetível a impacto contra a tíbia posterior, resultando em dor, algumas vezes necessitando de remoção cirúrgica. Outro osso acessório (apesar de raro) é o supratalar, que se localiza na face dorsal do tálus; raramente mede mais de 4 mm de comprimento.

Fraturas talares O tálus não possui fixações musculares e 70% de sua superfície é coberta por cartilagem articular: as fraturas desviadas do colo talar nas quais o suprimento sanguíneo é interrompido, podem portanto resultar em necrose avascular e pseudoartrose. Em geral, essas complicações não ocorrem em fraturas sem desvio. Dada a presença de uma lucência subcondral na cúpula talar nas radiografias feitas oito semanas após a fratura do colo talar (sinal de Hawkin) pode-se concluir que a vascularidade do corpo talar está intacta e que a fratura provavelmente consolidará de modo satisfatório.

Calcâneo

O calcâneo é o maior osso do tarso e faz projeção posterior em relação à tíbia e fíbula na forma de uma curta alavanca para os músculos da pantur-

rilha inseridos em sua superfície posterior. Ele é irregularmente cuboidal e seu eixo longo se inclina distalmente para cima e para a região lateral (Fig. 84.8A,B). A superfície superior ou proximal é divisível em três áreas. O terço posterior é áspero e côncavo-convexo; a convexidade é transversal e suporta tecido fibroadiposo (coxim adiposo de Kager) entre o tendão calcâneo e a articulação do tornozelo. O terço médio possui a faceta talar posterior, que é oval e convexa anteroposteriormente. O terço anterior é parcialmente articular; distal (anterior) à faceta articular posterior, uma depressão áspera, o sulco calcâneo, se estreita em um sulco na face medial e completa o seio do tarso com o tálus. (O seio do tarso é uma região cônica oca limitada pelo tálus medial, superior e lateralmente, com a superfície superior do calcâneo abaixo. A extremidade medial é estreita e em formato de túnel, geralmente denominada canal tarsal.) Distal e medialmente a este sulco, uma área articular alongada cobre o sustentáculo do tálus e se estende distolateralmente sobre o corpo do osso. Esta faceta geralmente é dividida em facetas talares média e anterior por um intervalo não articular no limite anterior do sustentáculo do tálus (a incidência desta subdivisão varia com o sexo, a raça e a ocupação). Raramente, todas as três facetas na superfície superior do calcâneo se fundem em uma área irregular. Uma análise detalhada dos padrões das facetas articulares anteriores em uma série de 401 calcâneos de indianos revelou quatro tipos. O tipo I (67%) demonstrou uma faceta contínua no sustentáculo que se estende até o canto distomedial; o tipo II (26%) apresentou duas facetas, uma sustentacular e uma calcânea distal; o tipo III (5%) possuía somente uma única faceta sustentacular; e o tipo IV (2%) demonstrava facetas anteriores e posteriores confluentes.

A superfície anterior é a menor, com uma faceta articular oblíqua de disposição côncavo-convexa para o cuboide. A superfície posterior é dividida em três regiões: uma área proximal lisa (superior) separada do tendão calcâneo por uma bursa e tecido adiposo; uma área média, que é maior, limitada acima por um sulco e abaixo por uma crista áspera para o tendão calcâneo; uma área distal (inferior) inclinada para baixo e para a frente, estriada verticalmente, que é a superfície de carga subcutânea.

A superfície plantar é áspera, especialmente na região proximal na forma de tuberosidade calcânea, e seus processos lateral e medial se projetam distalmente, separados por uma incisura. O processo medial é mais longo e largo (Fig. 84.8B). Mais distalmente, um tubérculo anterior marca o limite distal da inserção do ligamento plantar longo.

A superfície lateral é quase plana. Ela é proximalmente mais profunda e palpável na face lateral do calcanhar distal ao maléolo lateral. Distalmente, apresenta a tróclea fibular (Fig. 84.8A,B), que é extremamente variável em tamanho e palpável 2 cm distal ao maléolo lateral quando bem desenvolvida. Ela apresenta um sulco oblíquo para o tendão do fibular longo e um sulco proximal mais raso para o tendão do fibular curto. Aproximadamente 1 cm ou mais atrás e acima da tróclea fibular, uma segunda elevação pode existir para a fixação da parte calcaneofibular do ligamento lateral.

A superfície medial é verticalmente côncava, e sua concavidade é acentuada pelo sustentáculo do tálus, que se projeta medialmente a partir da face distal de seu bordo superior (Fig. 84.8B). Superiormente, o processo suporta as facetas talares médias e inferiormente, um sulco para o tendão do flexor longo do hálux (Fig. 84.8A,B). A face medial do sustentáculo do tálus pode ser sentida imediatamente distal à ponta do maléolo medial; ocasionalmente ela também é sulcada pelo tendão do flexor longo dos dedos.

Fixações musculares e ligamentares Os ligamentos interósseo talocalcâneo e cervical e a raiz medial do retináculo extensor inferior estão fixados no sulco calcâneo. A área não articular distal à faceta talar posterior é o local de fixação do extensor curto dos dedos (em parte), a banda principal do retináculo extensor inferior e o tronco do ligamento bifurcado.

O abdutor do hálux e a parte superficial do retináculo flexor e, distalmente, a aponeurose plantar e o flexor curto dos dedos estão fixados no processo medial da tuberosidade calcânea em sua margem medial mais proeminente. O abdutor do dedo mínimo está fixado ao processo lateral, estendendo-se medialmente para o processo medial. O ligamento plantar longo está fixado à região áspera entre os processos proximalmente e se estende ao tubérculo anterior distalmente. O ligamento plantar curto está fixado ao tubérculo e a área distal, a ele. A cabeça tendinosa lateral do músculo quadrado plantar (músculo flexor acessório) está fixada distal ao processo lateral próximo à margem lateral do ligamento plantar longo. O plantar está fixado à superfície posterior próximo à face medial do tendão calcâneo. A parte anterior da superfície lateral é cruzada pelos tendões fibulares, mas é em maior parte subcutânea. O ligamento calcaneofibular está fixado 1-2 cm proximal à tróclea fibular, geralmente uma baixa elevação arredondada.

A superfície dorsal do sustentáculo do tálus é parte da articulação talonavicular; sua superfície plantar é sulcada pelo tendão do músculo flexor longo do hálux e margens do sulco dão origem à parte profunda do retináculo flexor. O ligamento calcaneonavicular plantar está fixado distalmente na margem medial do sustentáculo, que é estreito, áspero e convexo. Uma projeção do tendão tibial posterior e fibras superficiais do ligamento deltóideo e ligamentos talocalcâneos se fixam proximalmente. Distalmente à fixação do ligamento deltóideo, o tendão do músculo flexor longo dos dedos está relacionado com a margem do sustentáculo e pode fazer um sulco nele. A grande cabeça medial do músculo quadrado plantar (músculo flexor acessório) se fixa distalmente ao sulco para o músculo flexor longo do hálux.

Suprimento vascular O calcâneo recebe seu suprimento arterial das artérias calcâneas medial e lateral (originando-se das artérias tibial posterior e fibular, respectivamente), artéria fibular, anastomose calcânea posterior (formada pelas artérias tibial posterior e fibular), artérias plantares medial e lateral, artéria do seio do tarso e canal tarsal, ramos da artéria tarsal lateral e artérias fibulares perfurantes.

Inervação O calcâneo é inervado por ramos dos nervos tibial, sural e fibular profundo.

Ossificação O calcâneo é o único osso tarsal que sempre apresenta dois centros de ossificação (Fig. 84.7). Além do centro principal, existe uma apófise posterior em forma de escama que cobre a maior parte da superfície posterior e parte da plantar. O centro principal surge pré-natalmente no terceiro mês, enquanto a apófise posterior aparece no sexto ano em meninas e no oitavo em meninos, fundindo-se, respectivamente, no décimo quarto e décimo sexto anos.

Um calcâneo secundário, um osso acessório e não um centro de ossificação secundário, ocorre em 2% dos indivíduos. Quando presente, localiza-se no bico dorsal ou processo anterior do calcâneo em um intervalo entre a face anteromedial do calcâneo, as extremidades proximais do cuboide e navicular e a cabeça do tálus. Outros ossos acessórios raros incluem o calcâneo acessório na região da tróclea fibular, o osso do sustentáculo na face posterior do sustentáculo, o osso subcalcâneo na face plantar do calcâneo, levemente posterior à origem da aponeurose plantar, e o osso da aponeurose plantar, que se localiza dentro da aponeurose plantar, na proximidade do processo medial da tuberosidade calcânea.

Navicular

O navicular faz articulação com a cabeça talar proximalmente e com os ossos cuneiformes distalmente (Figs. 84.8A,B; 84.11). Sua superfície distal é convexa transversalmente e dividida em três facetas (a medial é a maior) para a articulação com os cuneiformes. A superfície proximal é oval e convexa, articulando-se com a cabeça talar. A superfície talar é áspera e convexa. A superfície medial é também áspera e se projeta proximalmente como uma tuberosidade proeminente, palpável aproximadamente 2,5 cm distalmente e plantar ao maléolo medial. A superfície plantar, áspera e côncava, é separada da tuberosidade medialmente por um sulco. A superfície lateral é áspera, irregular e geralmente apresenta uma faceta para a articulação com o cuboide.

A faceta para articulação com o cuneiforme medial é quase triangular, seu ápice arredondado é medial e sua "base", voltada lateralmente, em geral é acentuadamente curva; as facetas articulares para os cuneiformes intermediário e lateral também são triangulares, com os ápices voltados para a face plantar. A faceta para o cuneiforme lateral pode ter um formato aproximado de uma grande crescente ou um semicírculo, em vez de um triângulo (Fig. 84.11). Os ligamentos talonavicular dorsal, cuneonavicular e cubonavicular estão fixados à superfície navicular dorsal.

Fixações musculares e ligamentares A tuberosidade navicular é a principal inserção do tibial posterior e um sulco lateral a ela transmite parte do tendão distalmente para os cuneiformes e três bases dos metatarsais médios. O ligamento calcaneonavicular plantar se fixa a uma leve projeção lateral ao sulco e adjacente à superfície proximal. A parte calcaneonavicular do ligamento bifurcado está fixada à parte áspera da superfície lateral (Fig. 84.5B).

Suprimento vascular A face dorsal do navicular é suprida por um ramo da artéria dorsal do pé ou diretamente por esta artéria. Sua face plantar é suprida pela artéria plantar medial e a tuberosidade é suprida por uma anastomose das artérias dorsal do pé e plantar medial.

Inervação O navicular é inervado pelos nervos fibular profundo e plantar medial.

Ossificação O centro de ossificação do navicular aparece durante o terceiro ano (Fig. 84.7). Ele algumas vezes é afetado por necrose avascular entre os quatro e sete anos de idade (doença de Köhler). Um osso navicular acessório, considerado uma variação anatômica, ocorre em aproximadamente 5% dos indivíduos. Ele se origina de um centro de ossificação separado na região da tuberosidade navicular. Existem três tipos distintos de navicular acessório. O tipo I provavelmente é um osso sesamoide dentro da face plantar do tendão tibial posterior no nível do ligamento calcaneonavicular

inferior. No tipo II, o osso acessório é separado do corpo do navicular por uma sincondrose. O tipo III comumente é chamado de "navicular corneado", onde o osso acessório se une ao navicular por uma crista óssea, e pode representar o possível estágio terminal do tipo II. Um "navicular acessório" pode ser a fonte de dor em atletas. O tipo II é a variante sintomática mais comum; foi sugerido que a tração do tendão do tibial posterior, o grau de pronação do pé e a localização do osso acessório em relação à superfície inferior do navicular podem produzir tensão, cisalhamento e/ou forças de compressão na sincondrose.

Raramente o navicular é bipartido e se origina de dois centros de ossificação distintos. Isto pode levar à degeneração prematura dentro da articulação talocalcaneonavicular (doença de Muller-Weiss). Ocasionalmente, um pequeno osso é encontrado dentro da articulação talocalcaneonavicular em sua face dorsal. Denominado como osso talonavicular dorsal, representa um osso acessório separado ou um osteófito fraturado da face dorsal do navicular.

Cuboide

O cuboide, o osso mais lateral na fileira tarsal distal, localiza-se entre o calcâneo proximalmente e os quarto e quinto metatarsais distalmente (Fig. 84.11). Sua superfície dorsolateral é áspera para a fixação de ligamentos. A superfície plantar é cruzada distalmente por um sulco oblíquo para o tendão do fibular longo e é limitada proximalmente por uma crista que termina lateralmente na tuberosidade do cuboide, que tem uma face lateral facetada para um osso sesamoide ou cartilagem que frequentemente é encontrado no tendão do fibular longo. Proximal à sua crista, a superfície plantar áspera se estende proximal e medialmente por causa da obliquidade da articulação calcaneocubóidea, tornando seu bordo medial mais longo do que o lateral. A superfície lateral é áspera; o sulco para o músculo fibular longo se estende de um sulco profundo em seu bordo plantar. A superfície medial, que é muito maior e parcialmente não articular, apresenta uma faceta oval para a articulação com o cuneiforme lateral e, proximal a esta, uma outra faceta (às vezes ausente) para a articulação com o navicular: as duas formam uma superfície contínua separada por uma crista vertical lisa. A superfície distal é dividida verticalmente em uma área articular quadrilateral para a quarta base metatarsiana e uma área triangular lateral, seu ápice lateral, para a base do quinto metatarsal. A superfície proximal, triangular e côncavo-convexa, faz articulação com a superfície calcânea distal; seu ângulo plantar medial faz projeção medial e inferior para a extremidade distal do calcâneo.

Fixações musculares (e ligamentares) Os ligamentos calcaneocubóideo, cubonavicular, cuneocubóideo e cubometatarsal são fixados à superfície dorsal. Fibras profundas do ligamento plantar longo se fixam ao bordo proximal da crista plantar. Projeções do tendão tibial posterior e flexor curto do hálux se fixam à parte proximal medial que se projeta da superfície plantar. Os ligamentos cuneocubóideo e cubonavicular se prendem à parte áspera da superfície cuboidal medial. Proximalmente, o ligamento calcaneocubóideo medial, que é o membro lateral do ligamento bifurcado, também se fixa a esta superfície.

Suprimento sanguíneo O cuboide é suprido pelos ramos profundos das artérias plantares medial e lateral e por ramos da rede arterial dorsal.

Inervação O cuboide é inervado por ramos dos nervos plantar, sural e fibular profundo.

Ossificação O cuboide frequentemente começa a se ossificar antes do nascimento; o centro de ossificação primário aparece pouco antes do nascimento (Fig. 84.7). Um os cuboide secundário é um raro osso acessório situado na face plantar do cuboide.

Cuneiformes

Os ossos cuneiformes, em formato de cunha, fazem articulação com o navicular proximalmente e com as bases do primeiro ao terceiro metatarsais distalmente; o cuneiforme medial é o maior, o intermédio, o menor. As superfícies dorsais dos cuneiformes intermédio e lateral formam a base da cunha. A cunha é invertida no cuneiforme medial, que é o principal fator no formato do arco transverso. As superfícies proximais de todos os três formam uma concavidade para a superfície dorsal do navicular. Os cuneiformes medial e lateral fazem uma projeção distal além do cuneiforme intermédio e formam um recesso para a base do segundo metatarsal.

Cuneiforme medial

O cuneiforme medial (Figs. 84.5A,B; 84.11) faz articulação com o navicular e base do primeiro metatarsal. Ele possui uma superfície dorsal estreita e áspera. A superfície distal é uma faceta reniforme para a base do primeiro metatarsal, com seu "hilo" posicionado lateralmente. A superfície proximal apresenta uma faceta piriforme para o navicular, que é côncava verticalmente e estreita dorsalmente. A superfície medial, áspera e subcutânea, é verticalmente convexa; seu ângulo plantar distal possui uma grande impressão que recebe a principal inserção do tendão do tibial anterior (Fig. 84.5B). A superfície lateral é parcialmente não articular; existe uma faixa lisa em ângulo reto ao longo de suas margens proximal e dorsal para o cuneiforme intermédio. Sua área dorsal distal é separada por uma crista vertical de uma pequena e quase quadrada faceta para a articulação com a parte dorsal da superfície medial da base do segundo metatarsal. Plantar a esta região, o cuneiforme medial se prende à face medial da base do segundo metatarsal através de um forte ligamento. Proximalmente, um ligamento interósseo intercuneiforme conecta esta superfície ao cuneiforme intermédio. A área distal e plantar da superfície recebe a inserção de parte do tendão do fibular longo (Fig. 84.5B).

Fixações musculares A superfície plantar recebe uma projeção do tendão tibial posterior, além de parte da inserção do tendão fibular longo. A superfície medial recebe a inserção da maior parte do tibial anterior.

Suprimento vascular O cuneiforme medial é suprido através de suas superfícies dorsal, medial e lateral, principalmente pela rede arterial dorsal.

Inervação O cuneiforme medial é suprido pelos nervos fibular profundo e plantar medial.

Ossificação O cuneiforme medial pode apresentar dois centros de ossificação separados, que aparecem durante o segundo ano de vida (Fig. 84.7). Muito raramente, o cuneiforme medial é bipartido, havendo um plano de clivagem horizontal entre as duas metades.

O osso cúneo-1 metatarsal-I plantar é um raro osso acessório que ocorre na face plantar do pé na base do quinto metatarsal e faz articulação com a base plantar do primeiro metatarsal e o cuneiforme medial.

Cuneiforme intermédio

O cuneiforme intermédio faz articulação proximalmente com o navicular e distalmente com a base do segundo metatarsal (Figs. 84.5A; 84.11). Ele possui uma superfície plantar estreita que recebe uma projeção do tendão do tibial posterior. As superfícies distal e proximal são facetas articulares triangulares e se articulam com a base do segundo metatarsal e navicular, respectivamente. A superfície medial é parcialmente articular: ela faz articulação através de uma faixa angulada lisa que ocasionalmente é dupla com o cuneiforme medial ao longo de sua margem proximal e dorsa. A superfície lateral é também parcialmente articular: ao longo de sua margem proximal uma faixa vertical, geralmente denteada, faz contato com o cuneiforme lateral. Fortes ligamentos interósseos conectam as partes não articulares de ambas as superfícies aos cuneiformes adjacentes.

Fixações musculares Parte do tendão do tibial posterior se insere no cuneiforme intermédio.

Suprimento vascular O cuneiforme intermédio é suprido através de suas superfícies dorsal, medial e lateral, principalmente pela rede arterial dorsal.

Inervação O cuneiforme intermédio é inervado pelos nervos fibular profundo e plantar medial.

Ossificação O centro de ossificação aparece durante o terceiro ano de vida (Fig. 84.7). O osso cúneo-2 metatarsal-II dorsal, um raro osso acessório, se localiza na face dorsal da articulação entre o cuneiforme intermédio e o segundo metatarsal. Ele tem formato de cunha com sua base orientada dorsalmente.

Cuneiforme lateral

O cuneiforme lateral se localiza entre o cuneiforme intermédio e o cuboide, e também faz articulação com o navicular e, distalmente, com a base do terceiro metatarsal (Figs. 84.5A; 84.11). Como o cuneiforme intermédio, sua superfície dorsal, que é áspera e quase retangular, é a base de uma cunha. A superfície plantar é estreita e recebe uma projeção do tibial posterior e algumas vezes parte do músculo flexor curto do hálux. A superfície distal é uma faceta articular triangular para a base do terceiro metatarsal. A superfície proximal é áspera em sua face plantar, mas seus dois terços dorsais se articulam com o navicular por uma faceta triangular. A superfície medial é parcialmente não articular e possui uma faixa vertical, denteada pelo cuneiforme intermédio, em sua margem proximal; em sua margem distal, uma faixa mais estreita (geralmente duas pequenas facetas) faz articulação com a face lateral da base do segundo metatarsal. A superfície lateral, também

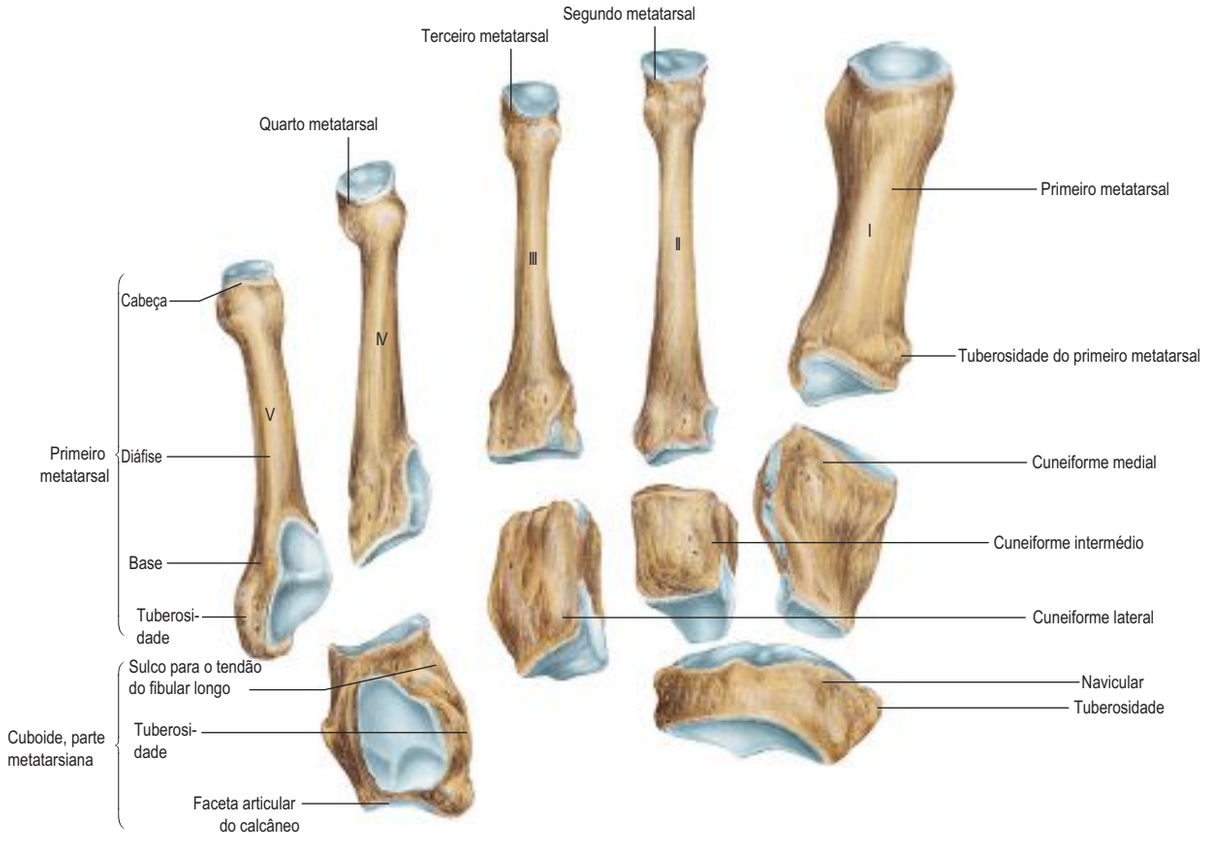


Fig. 84.11 Esqueleto dos ossos do tarso e metatarsais, vista dorsal. (De Sobotta 2006.)

parcialmente não articular, possui uma faceta triangular ou oval para o cuboide; uma faceta semilunar em sua margem dorsal e distal faz articulação com a parte dorsal da face medial da base do quarto metatarsal. Áreas não articulares das superfícies medial e lateral recebem os ligamentos intercuneiforme e cuneocubóideo, respectivamente, que são importantes na manutenção do arco transverso.

Fixações musculares A superfície plantar do cuneiforme lateral recebe uma projeção do tendão tibial posterior e, ocasionalmente, parte do músculo flexor curto do hálux.

Suprimento vascular O cuneiforme lateral é suprido por suas superfícies dorsal, medial e lateral, principalmente a partir da rede arterial dorsal.

Inervação O cuneiforme lateral é inervado por ramos dos nervos fibular profundo e plantar lateral.

Ossificação O cuneiforme lateral se ossifica durante o primeiro ano de vida (Fig. 84.7).

Coalisão tarsal

A coalisão tarsal é uma condição hereditária na qual há uma união fibrosa, cartilaginosa ou óssea de dois ou mais ossos do tarso, acreditando-se ser o resultado de uma falha de segmentação do mesênquima primitivo. Harris & Beath (1948) foram os primeiros a reconhecer uma associação entre as coalisões tarsais e o "pé plano fibular espástico". Os dois exemplos mais comuns são as coalisões talocalcânea e calcaneonavicular, que geralmente estão presentes com sintomas no início da segunda década de vida. Elas geralmente, mas não invariavelmente, estão associadas a pés planos (ver adiante). Uma coalisão talonavicular é rara, mas quando presente geralmente está associada a uma articulação do tornozelo "esferoidal". A ressecção cirúrgica das coalisões tarsais pode erradicar a dor, mas raramente melhora a amplitude de movimentos.

METATARSAIS

Os cinco ossos metatarsais se localizam na metade distal do pé e fazem a conexão entre o tarso e as falanges. Como os metacarpianos, eles são ossos longos em miniatura, e possuem uma diáfise, uma base proximal e uma cabeça distal. Exceto pelo primeiro e o quinto, as diáfises são longas e delgadas, apresentam uma convexidade longitudinal dorsal e concavidade em suas faces plantares. Prismáticas em corte, elas se afinam distalmente. Suas bases fazem articulação com a fileira tarsal distal e com as bases metatarsianas adjacentes. A linha de cada articulação tarsometatarsiana, exceto a primeira, inclina-se proximal e lateralmente, com as bases metatarsianas em orientação oblíqua em relação às suas diáfises. As cabeças fazem articulação com as falanges proximais, cada uma através de uma superfície convexa que passa para sua face plantar, onde termina no encontro de duas eminências. Os lados das cabeças são planos, com uma depressão circundada por um tubérculo dorsal para um ligamento colateral da articulação metatarsofalangeana.

Metatarsais individuais

Primeiro metatarsal

O primeiro metatarsal (Figs. 84.5A,B; 84.11) é o menor e mais grosso, possuindo uma diáfise forte, de forma prismática acentuada. A base algumas vezes possui uma faceta lateral ou uma área lisa mal definida como resultado do contato com o segundo metatarsal. Sua grande superfície proximal, geralmente denteada nas margens medial e lateral, faz articulação com o cuneiforme medial.

Sua circunferência é sulcada para os ligamentos tarsometatarsais e, medialmente, há a inserção de parte do tendão tibial anterior; seu ângulo plantar possui uma proeminência lateral áspera e oval para o tendão do fibular longo. A cabeça medial do primeiro interósseo dorsal se fixa à superfície lateral da diáfise. A cabeça maior possui uma elevação plantar, a crista, que separa duas facetas com sulcos (das quais a medial é a maior), sobre as quais os ossos sesamoides deslizam.

Fixações musculares O primeiro metatarsal recebe inserção do tibial anterior medialmente e do tendão do fibular longo em sua face plantar. Ele dá origem à cabeça medial do primeiro interósseo dorsal na face proximal da superfície lateral.

Suprimento sanguíneo O primeiro metatarsal é suprido pela primeira artéria metatarsiana dorsal e pela primeira artéria metatarsiana plantar e por um ramo superficial da artéria plantar medial, que juntos formam uma rede periostal. Uma artéria nutriente entra na superfície lateral da diáfise média. A cabeça recebe suprimento medial, lateral e plantar dessas artérias.

Inervação O primeiro metatarsal é inervado pelos nervos fibular profundo e plantar medial.

Ossificação O primeiro metatarsal possui dois centros de ossificação, um na diáfise, outro na base (ao contrário dos outros metatarsais, nos quais o centro de ossificação secundário é distal). Eles aparecem durante a décima semana de vida pré-natal e o terceiro ano de vida, respectivamente (Fig. 84.7) e se fundem entre os 17 e 20 anos de idade. Pode haver um terceiro centro na primeira cabeça metatarsiana.

Segundo metatarsal

O segundo metatarsal é o mais longo (Figs. 84.5A,B; 84.11). Sua base cuneiforme possui quatro facetas articulares. A faceta proximal, côncava e triangular, é para o cuneiforme intermédio. A dorsomedial, para o cuneiforme medial, tem tamanho variável e geralmente é contínua com a do cuneiforme intermédio. Duas facetas laterais, dorsal e plantar, são separadas por osso não articular, e cada uma é dividida por uma crista em semifacetas distais, que fazem articulação com a base do terceiro e um par proximal (algumas vezes contínuo) para o cuneiforme lateral. As áreas dessas facetas variam, particularmente a faceta plantar, que pode estar ausente. Uma faceta oval de pressão, causada pelo contato com o primeiro metatarsal, pode aparecer na face medial da base, plantar à do cuneiforme medial. Devido ao seu comprimento, sua inclinação acentuada e a posição de sua base em um recesso na articulação tarsometatarsiana, corre risco de sobrecargas de estresse; talvez seja este o motivo pelo qual aí são comuns as fraturas por estresse em atletas e fenômenos avasculares em sua cabeça (infarto de Freiberg).

Fixações musculares A cabeça lateral do primeiro interósseo dorsal e a cabeça medial do segundo estão fixadas nas superfícies medial e lateral da diáfise, respectivamente.

Suprimento vasculares O suprimento sanguíneo do segundo, terceiro e quarto metatarsais segue o mesmo padrão descrito para o primeiro metatarsal, ou seja, os ossos são supridos por ramos das artérias metatarsianas dorsal e plantar. A artéria nutriente entra na diáfise na face lateral próximo da base do metatarsal. Um vaso plantar constante supre a cabeça.

Inervação O segundo metatarsal é inervado por ramos do nervo fibular profundo e ramos do nervo plantar medial.

Ossificação Existem dois centros de ossificação, um na diáfise e outro distalmente na cabeça metatarsiana (Fig. 84.7). A ossificação da diáfise se inicia durante a nona semana pré-natal e a ossificação da cabeça metatarsiana começa entre o terceiro e quarto anos de idade; a fusão ocorre entre os 17 e 20 anos de idade.

Terceiro metatarsal

O terceiro metatarsal (Figs. 84.5A,B; 84.11) possui uma base triangular plana, fazendo articulação proximalmente com o cuneiforme lateral, medialmente com o segundo metatarsal, via facetas dorsal e plantar, e lateralmente através de uma faceta única, com o ângulo dorsal do quarto metatarsal. A faceta plantar medial frequentemente está ausente. A terceira articulação tarsometatarsiana é relativamente imóvel e predispõe o terceiro metatarsal a fraturas de estresse.

Fixações musculares A cabeça lateral do segundo interósseo dorsal e primeiro plantar se fixam na superfície medial da diáfise. A cabeça medial do terceiro interósseo está fixada a sua superfície lateral.

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo do terceiro metatarsal é o mesmo do segundo metatarsal, descrito anteriormente.

Inervação O terceiro metatarsal é inervado pelos nervos fibular profundo e plantar lateral.

Ossificação Existem dois centros de ossificação, um na diáfise e um distalmente na cabeça do metatarsal (Fig. 84.7). A ossificação da diáfise se inicia durante a nona semana pré-natal e a ossificação da cabeça metatarsiana começa entre o terceiro e quarto anos de idade; a fusão ocorre entre os 17 e 20 anos de idade.

Quarto metatarsal

O quarto metatarsal é menor do que o terceiro (Figs. 84.5A,B; 84.11). Sua base possui, proximalmente, uma faceta quadrilateral oblíqua para a articulação com o cuboide; lateralmente, uma faceta única para o quinto metatarsal; medialmente, uma faceta oval para o terceiro metatarsal. A última é algumas vezes dividida por uma crista, caso em que a parte proximal faz articulação com o cuneiforme lateral.

Fixações musculares A cabeça lateral do terceiro interósseo dorsal e a cabeça lateral do segundo interósseo plantar se fixam à superfície medial. A cabeça medial do quarto interósseo dorsal se fixa à superfície lateral.

Suprimento vascular O suprimento sanguíneo do quarto metatarsal é o mesmo do segundo e terceiro metatarsais, descritos anteriormente.

Inervação O quarto metatarsal é inervado pelos nervos fibular profundo e plantar lateral.

Ossificação Existem dois centros de ossificação, um na diáfise e um distalmente na cabeça do metatarsal (Fig. 84.7). A ossificação da diáfise se inicia durante a nona semana pré-natal e a ossificação da cabeça metatarsiana começa entre o terceiro e quarto anos de idade; a fusão ocorre entre os 17 e 20 anos de idade.

Quinto metatarsal

O quinto metatarsal possui uma tuberosidade (processo estiloide) na face lateral de sua base (Figs. 84.5A,B; 84.11). A base faz articulação proximalmente com o cuboide através de uma superfície triangular oblíqua e medialmente com o quarto metatarsal. A tuberosidade pode ser vista e sentida a meio caminho ao longo do bordo lateral do pé; na inversão aguda pode ser fraturada. A junção metafisária-diafisária da base do quinto metatarsal é propensa a fraturas por trauma ou por estresse, e estas apresentam uma tendência de retardo de consolidação ou pseudoartrose, que geralmente necessita de fixação cirúrgica. Acredita-se que as fraturas neste nível danifiquem a artéria nutriente e o plexo extraósseo, resultando no compromisso da vascularidade do local de fratura e consequente prejuízo à consolidação das fraturas.

Fixações musculares O tendão do músculo fibular terceiro se fixa à parte medial da superfície dorsal e bordo medial da diáfise e o do músculo fibular curto na superfície dorsal da tuberosidade. Uma forte banda da aponeurose plantar, algumas vezes com músculo, conecta o ápice da tuberosidade ao processo lateral da tuberosidade calcânea. É essa inserção, não a do músculo fibular curto, a responsável pelas fraturas por avulsão da tuberosidade. A superfície plantar da base é sulcada pelo tendão do músculo abdutor do dedo mínimo, e o músculo flexor curto dos dedos se insere aqui. A cabeça lateral do quarto interósseo dorsal e do terceiro interósseo plantar se fixam na face medial da diáfise.

Suprimento vascular O quinto metatarsal é suprido pelas artérias metatarsianas dorsal e plantar e uma artéria fibular marginal inconstante. A artéria nutriente entra na diáfise proximal e medialmente.

Inervação O quinto metatarsal é inervado por ramos dos nervos sural, fibular superficial e plantar lateral.

Ossificação Existem três centros de ossificação, um na base na região da tuberosidade (uma apófise), um na diáfise e um distalmente na cabeça do metatarsal. A ossificação da diáfise se inicia durante a décima semana pré-natal e a ossificação da cabeça metatarsiana se inicia entre o terceiro e quarto anos de vida (Fig. 84.7). A fusão entre os centros distal e da diáfise ocorre entre os 17 e 20 anos de idade, a apófise proximal se funde mais cedo. Um osso vesaliano é rara variante e não deve ser confundido com a apófise da base (Fig. 84.12).

FALANGES DO PÉ

Em geral, as falanges do pé se assemelham às das mãos: existem duas para o hálux e três para cada um dos outros pododáctilos (Fig. 84.5A,B). Existem casos de haver somente duas falanges no quinto pododáctilo e, muito raramente, este é o caso nos outros pododáctilos. As falanges dos pododáctilos são muito mais curtas do que suas contrapartes na mão, e suas diáfises, especialmente aquelas do conjunto proximal, são comprimidas de lado a lado. Nas falanges proximais, a diáfise comprimida é convexa dorsalmente, com uma concavidade plantar. A base é côncava para a articulação com uma cabeça metatarsiana e a cabeça é uma tróclea para a falange média. As falanges médias são pequenas e curtas, porém mais largas do que suas contrapartes proximais. As falanges distais se assemelham às dos dedos da mão, mas são menores e mais achatadas. Cada uma delas possui uma base larga para a articulação com a falange média e uma extremidade distal expandida. Uma tuberosidade áspera na face plantar dá apoio à polpa do pododáctilo e fornece uma área de suporte de carga.

Fixações musculares Os tendões do músculo flexor longo dos dedos e músculo extensor longo dos dedos se inserem nas faces plantar e dorsal das bases das falanges distais dos quatro dedos laterais. O músculo flexor longo do hálux e o músculo extensor longo do hálux se inserem similarmente no hálux. As bases das falanges médias recebem os tendões do músculo flexor curto dos dedos e músculo extensor curto dos dedos. As falanges proximais do segundo, terceiro, quarto e quinto pododáctilos recebem um músculo lumbrical em sua face medial; as do segundo, terceiro e quarto pododáctilos também recebem um músculo interósseo em ambos os lados. Para maiores detalhes sobre as disposições musculares, capsulares e ligamentares dos pododáctilos veja a Figura 84.5A,B. A falange distal normalmente demonstra um pequeno grau de desvio em valgo (lateral), assim como pode apresentar a falange proximal. Presume-se que isso não seja causado pelo uso de calçados, pois este grau de desvio também é observado em espécimes fetais.

Suprimento vascular As falanges proximais recebem a maior parte de seu suprimento sanguíneo das artérias digitais dorsais. As falanges médias são supridas por artérias digitais plantares e dorsais. As falanges distais recebem suprimentos principalmente das artérias digitais plantares.

Inervação As falanges são inervadas pelos nervos digitais plantar e dorsal.

Ossificação As falanges se ossificam a partir de um centro primário para a diáfise e uma epífise basal (Fig. 84.7). Centros primários para as falanges distais aparecem entre a nona e décima segunda semanas pré-natais, um pouco depois para o quinto pododáctilo. Centros primários para as falanges proximais aparecem entre a décima primeira e décima quinta semanas, e mais tarde para as falanges médias, havendo uma ampla variação. Os centros basais surgem entre o segundo e oitavo anos (geralmente segundo ou terceiro no hálux) e a união com a diáfise ocorre por volta dos 18 anos de idade. Há uma considerável variação nas datas de ossificação e fusão.

SESAMOIDES

Acredita-se que Galen tenha sido o primeiro a utilizar o termo "sesamoide" por causa da semelhança entre esses ossos e sementes de gergelim (sesame). A maioria dos ossos sesamoides possui alguns poucos milímetros de diâmetro e seu formato é variável. Alguns possuem uma localização previsível (ver adiante), mas muitos outros variam em termos de localização e frequência de ocorrência (Fig. 84.12). Alguns sesamoides se ossificam, enquanto outros permanecem cartilaginosos. A maioria dos sesamoides é envolta pelos tendões em íntima proximidade com as articulações. O seu papel exato ainda não é compreendido; acredita-se que possam alterar a direção da tração muscular, diminuir a fricção e modificar a pressão.

Sesamoides medial e lateral da primeira articulação metatarsofalangeana

Os dois ossos sesamoides constantes mais distalmente no pé são aqueles que pertencem à primeira articulação metatarsofalangeana. O sesamoide medial geralmente é maior do que o sesamoide lateral e se localiza em uma posição um pouco mais distal. Durante a dorsiflexão do hálux, os sesamoides se localizam abaixo da primeira cabeça metatarsiana, oferecendo proteção para a face plantar da cabeça do primeiro metatarsal. O sesamoide medial (tibial) tem aproximadamente 10 mm de largura e 14 mm de comprimento e o sesamoide lateral (fibular) geralmente é menor (aproximadamente 8 mm de largura e 10 mm de comprimento): os tamanhos variam consideravelmente.

Os sesamoides ficam envoltos dentro do tendão duplo do flexor curto do hálux e fazem articulação em suas superfícies dorsais com as facetas plantares da primeira cabeça metatarsiana. Eles são separados pela crista intersesamoidal, que fornece estabilidade ao complexo sesamoide. (Essa crista pode ser erodida ao ponto de obliteração nos casos severos de hálux valgo.) Os sesamoides se conectam à base plantar da falange proximal através da placa plantar que é uma extensão do tendão flexor curto do hálux. A superfície plantar de cada sesamoide é coberta por uma fina camada do tendão flexor curto do hálux, enquanto a superfície dorsal ou superior é coberta por cartilagem hialina. Os sesamoides são suspensos por um mecanismo tipo laço formado pelos ligamentos colaterais da primeira articulação metatarsofalangeana e os ligamentos sesamoides em cada lado da articulação. A aponeurose plantar também possui uma fixação para os sesamoides.

Aproximadamente 30% destes ossos sesamoides são bipartidos. O medial é muito mais comumente afetado e pode apresentar dois, três ou quatro partes, mas o sesamoide fibular raramente possui mais do que duas. A condição pode ser bilateral. Os sesamoides podem ser congenitamente ausentes.

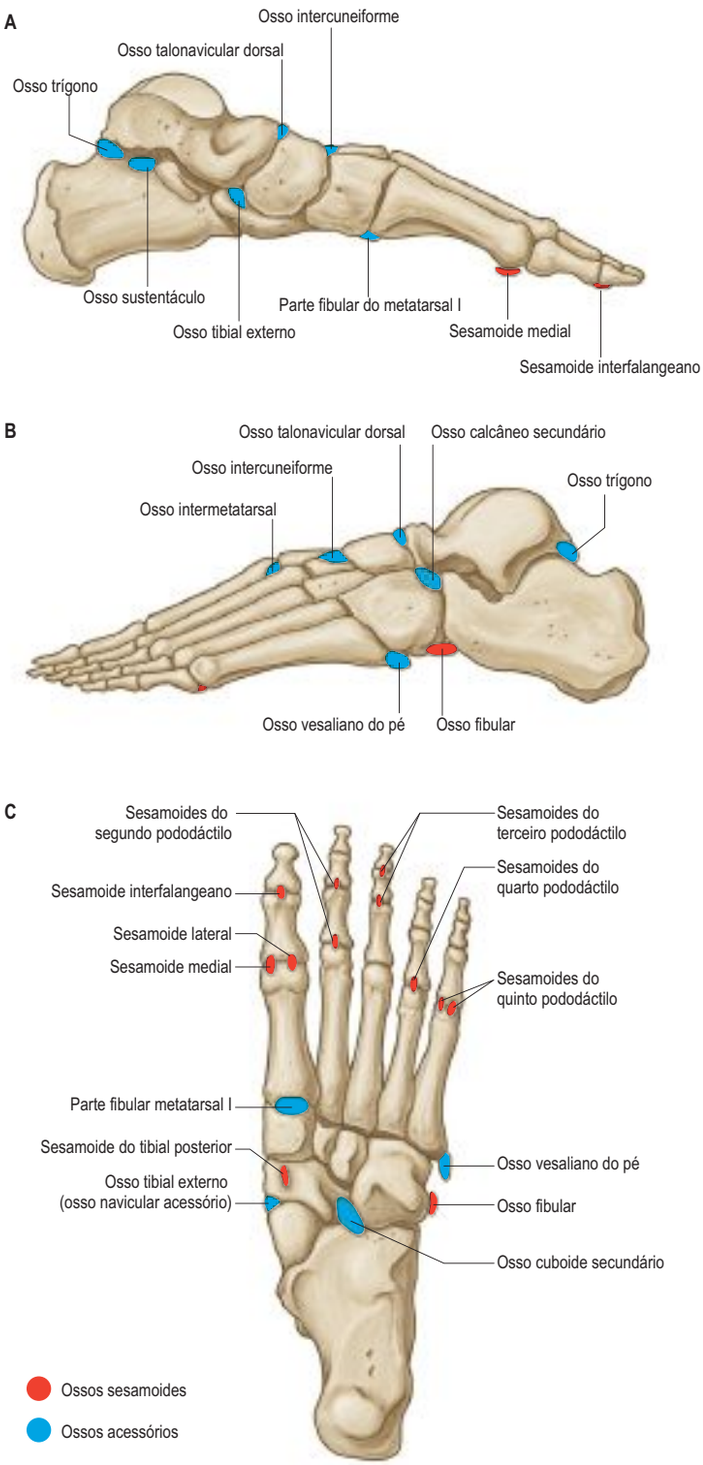


Fig. 84.12 Locais dos ossos sesamoides e acessórios encontrados no pé esquerdo. **A,** Face medial; **B,** face lateral; **C,** face plantar.

Fixações musculares O sesamoide medial recebe uma inserção do músculo abdutor do hálux, que fornece estabilização medial ao complexo sesamoide. O sesamoide lateral recebe algumas fibras do tendão do músculo adutor do hálux, e isto gera estabilização lateral. Os sesamoides medial e lateral são conectados pelo ligamento intersesamoide, que forma o assoalho do canal tendinoso para o tendão do músculo flexor longo do hálux.

Suprimento vascular Existem três padrões de suprimento sanguíneo para os ossos sesamoides. Em 50% dos casos o suprimento arterial deriva da artéria plantar medial e arco plantar, em 25% dos casos é predominantemente do arco plantar e em 25% dos casos da artéria plantar medial isoladamente. O principal suprimento sanguíneo arterial para os sesamoides entra a partir das regiões plantar e proximal e somente uma pequena con-

tribuição entra através do polo distal. O padrão de suprimento vascular determina a vulnerabilidade de um sesamoide à necrose avascular após a lesão do osso.

Inervação Os sesamoides medial e lateral são inervados pelos nervos digitais plantares.

Ossificação Os centros de ossificação dos sesamoides podem ser múltiplos ou individuais.

Outros ossos sesamoides e ossos acessórios

Ossos sesamoides acessórios ou inconstantes podem ocorrer sob qualquer superfície de carga do pé, mas são mais comuns entre as faces inferiores das cabeças do segundo ao quinto metatarsianos. Eles apresentam extrema variação em tamanho e a incidência desses ossos é difícil de determinar.

Um sesamoide verdadeiro ocorre no tendão do tibial posterior em aproximadamente 10% dos indivíduos. Ele se localiza na face plantar da tuberosidade navicular dentro do tendão no nível do bordo inferior do ligamento calcaneonavicular (ver anteriormente, ossos naviculares acessórios). Muito raramente, um sesamoide é encontrado dentro do tendão do tibial anterior próximo à sua inserção no nível do canto anteroinferior do cuneiforme medial, onde há uma faceta articular. O osso fibular é um osso sesamoide dentro do tendão do músculo fibular longo que faz articulação com a superfície lateral do calcâneo, a articulação calcaneocubóidea ou, mais frequentemente, a face plantar do cuboide, onde há uma faceta articular. O osso se situa no local em que o tendão do músculo fibular longo faz uma angulação ao redor da face plantar do bordo lateral do cuboide e provavelmente está presente em 95% dos casos; ele geralmente é cartilaginoso.

ARTICULAÇÕES

ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO (TALOCRURAL)

A articulação talocrural é uma articulação em dobradiça, aproximadamente uniaxial. A extremidade inferior da tíbia e seu maléolo medial, juntamente com o maléolo lateral da fíbula e o ligamento tibiofibular transverso inferior, formam um recesso profundo (“malhete”) para o corpo do tálus. Apesar de parecer uma simples dobradiça, seu eixo de rotação é dinâmico, desviado durante a dorsiflexão e flexão plantar. Começando na posição plantígrada, o arco normal de dorsiflexão é de 10 graus quando o joelho está estendido e 30 graus quando o joelho é flexionado (quando o tendão calcâneo está relaxado). A amplitude normal de flexão plantar é de 30 graus. (Os valores dessas amplitudes são aproximados.) A dorsiflexão resulta na adoção de uma posição “fechada”, com congruência e tendão ligamentar máximas; a partir desta posição, todos os principais movimentos de empuxo são exercidos, na deambulação, na corrida e nos saltos. Os maléolos agarram o tálus e mesmo em relaxamento não pode ocorrer movimento sem a distensão da sindesmose tibiofibular inferior e leve arqueamento da fíbula. A superfície talar superior é mais larga na frente, e em dorsiflexão o espaço maleolar é aumentado pela leve rotação lateral da fíbula, por um “relaxamento” na sindesmose tibiofibular inferior e deslizamento na articulação tibiofibular superior.

Superfícies articulares As superfícies articulares são cobertas por cartilagem hialina. A superfície troclear talar, que é convexa parassagitalmente e suavemente côncava na orientação transversal, é mais larga na frente; a superfície articular tibial distal é reciprocamente curva. A superfície articular talar para o maléolo medial é uma área proximal na superfície talar medial, plana, em formato de vírgula e mais profunda anteriormente. A superfície articular talar mais larga é triangular e verticalmente côncava, enquanto a superfície articular no maléolo lateral é reciprocamente curva. Posteriormente, a borda entre as superfícies articulares troclear e fibular do tálus é chanfrada para uma estreita área triangular plana que faz articulação com o ligamento tibiofibular transverso (Fig. 84.13A); todas as superfícies são contíguas. Os ossos são unidos através de uma cápsula fibrosa e pelos ligamentos tibiofibulares medial (deltoide), anterior e posterior, além do ligamento calcaneofibular.

Cápsula fibrosa Ao redor da articulação, a cápsula fibrosa é fina na frente e atrás. Ela se fixa proximalmente aos bordos das superfícies articulares tibial e maleolar e distalmente ao tálus, próximo às margens de sua superfície troclear, exceto na frente onde chega ao dorso do colo talar. A cápsula é reforçada por fortes ligamentos colaterais. Sua parte posterior consiste principalmente em fibras transversas. Ela se funde com o ligamento transverso inferior e se espessa lateralmente ao chegar na fossa maleolar fibular.

Ligamentos Os ligamentos da articulação talocrural são os ligamentos colaterais medial e lateral.

Ligamento colateral medial (ligamento deltóidea) O ligamento colateral medial (ligamento deltóideo) é uma forte banda triangular presa ao ápice das bordas anterior e posterior do maléolo medial (Fig. 84.13B). Das suas fibras superficiais, a anterior (tibionavicular) passa para a frente na direção da tuberosidade navicular, atrás da qual se funde com a margem medial do ligamento calcaneonavicular plantar; fibras intermediárias (tibiocalcâneas) descem quase verticalmente para todo o comprimento do sustentáculo do tálus; fibras posteriores (tibiotalar posterior) passam posterolateralmente para a face medial do tálus e seu tubérculo medial. As fibras profundas (tibiotalar anterior) passam da ponta do maléolo medial para a parte não articular da superfície talar medial. O ligamento é cruzado pelos tendões do tibial posterior e flexor longo dos dedos. Raramente é lesionado de modo isolado e, quando se rompe, comumente está associado à fratura da fíbula distal. A instabilidade crônica é rara.

Ligamento lateral O ligamento lateral possui três partes discretas. O ligamento talofibular anterior se estende anteromedialmente da margem anterior do maléolo fibular para o tálus, inserindo-se na frente de sua faceta articular lateral e para a face lateral de seu colo (Fig. 84.13C). O ligamento talofibular posterior corre quase horizontalmente da parte distal da fossa maleolar lateral para o tubérculo lateral do processo talar posterior (Fig. 84.13A); uma “projeção tibial” de fibras faz a conexão com o maléolo medial. O ligamento calcaneofibular, um cordão longo, corre de uma depressão anterior ao ápice do maléolo fibular para um tubérculo na superfície lateral do calcâneo, e é cruzado pelos tendões do fibular longo e curto (Fig. 8.13A,C). O complexo do ligamento lateral é lesionado mais comumente nas inversões, geralmente durante a prática de esportes; o ligamento talofibular posterior quase sempre é poupado. Apesar de a maior frouxidão resultante ser tolerada na maioria dos casos, alguns necessitam de reconstrução cirúrgica.

Membrana sinovial A articulação é revestida por membrana sinovial que faz projeção para a articulação tibiofibular inferior (distal).

Suprimento vascular e drenagem linfática A articulação talocrural é suprida por ramos maleolares das artérias tibial posterior e fibular. A drenagem linfática se dá por meio de vasos que acompanham as artérias e via veias safenas magna e parva superficialmente.

Inervação A articulação talocrural é inervada por ramos dos nervos fibular profundo, safeno, sural e tibial (ou nervos plantares medial e lateral, dependendo do nível da divisão do nervo tibial). Ocasionalmente, o nervo fibular superficial também supre a articulação do tornozelo.

Para uma verificação abrangente da inervação da articulação do tornozelo (e outras articulações do pé) veja Gardner & Gray (1968).

Relações Anteriormente, da região medial para a lateral, encontramos os músculos tibial anterior, extensor longo do hálux, os vasos tibiais anteriores, o nervo fibular profundo, o extensor longo dos dedos e fibular terceiro; posteromedialmente da região medial para lateral, encontramos os músculos tibial posterior, flexor longo dos dedos, os vasos tibiais posteriores, o nervo tibial, o flexor longo do hálux; no sulco atrás do maléolo lateral encontramos os tendões do fibular longo e curto. O tendão do músculo fibular curto se localiza anteriormente ao tendão do músculo fibular longo neste nível (Fig. 84.14). A veia safena longa e o nervo safeno cruzam a articulação do tornozelo medialmente ao tendão do tibial anterior e anteriormente ao maléolo medial, com o nervo posicionado posteriormente a esta veia.

Todas as estruturas anteriormente citadas estão em risco durante a cirurgia do tornozelo: as principais estruturas em risco são as neurovasculares anteriormente e posteromedialmente. Ramos do nervo fibular superficial estão em risco na face anterolateral do tornozelo, particularmente durante a artroscopia do tornozelo.

Fatores de manutenção da estabilidade A estabilidade passiva é conferida ao tornozelo principalmente pelos complexos ligamentares medial e lateral, pelos ligamentos talofibulares distais, pelos tendões que cruzam a articulação, pelo contorno ósseo e pelas fixações capsulares. A estabilidade dinâmica é conferida pela gravidade, ação muscular e forças de reação do chão. A estabilidade requer a ação contínua do músculo sóleo auxiliado pelo músculo gastrocnêmico; ela aumenta quando o indivíduo se inclina para a frente e diminui quando o indivíduo se inclina para trás. Se um balanço para trás pega a projeção do centro de gravidade (“linha de peso”) posterior aos eixos transversos das articulações dos tornozelos, os músculos flexores plantares relaxam e os dorsiflexores se contraem.

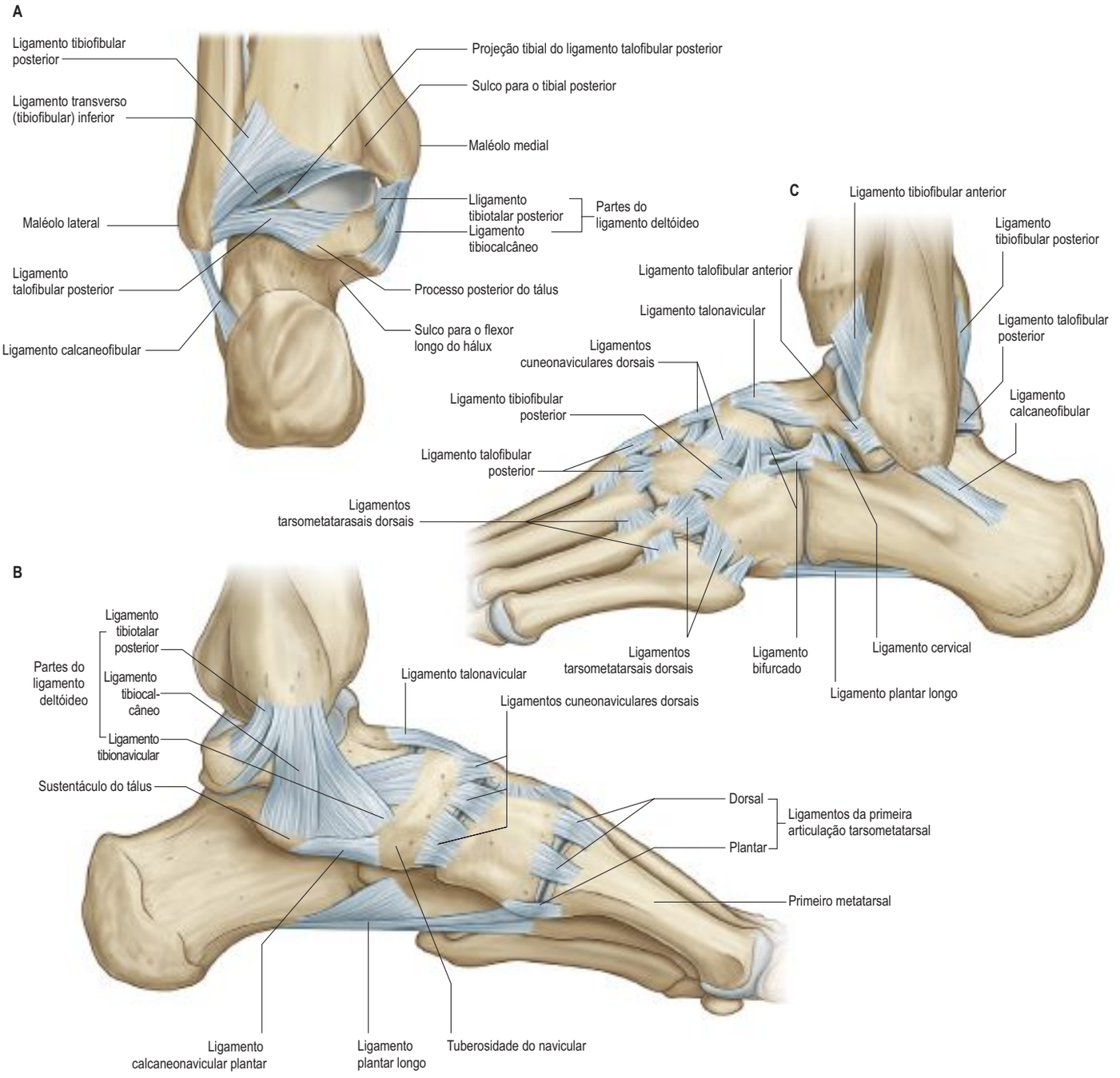


Fig. 84.13 O tornozelo esquerdo e as articulações tarsais. **A,** Face posterior. **B,** Face medial. **C,** Face lateral.

A falência dos músculos fibulares pode levar progressivamente a uma instabilidade em varo, enquanto a falência de longa data do tendão tibial posterior, que é relativamente comum em mulheres idosas, pode resultar em uma instabilidade em valgo do tornozelo e particularmente a uma deformidade do pé em plano valgo.

Músculos que produzem movimento A dorsiflexão é produzida pelo tibial anterior, auxiliada pelo extensor longo dos dedos e longo do hálux e pelo fibular terceiro. A flexão plantar é produzida pelo gastrocnêmico, auxiliada pelo plantar, tibial posterior, flexor longo do hálux e flexor longo dos dedos.

Fraturas do tornozelo

As fraturas do tornozelo são comuns e importantes pois uma incapacidade em obter um alinhamento anatômico preciso no tratamento dessas fraturas geralmente resulta em uma morbidade duradoura. Exceto pelas fraturas mais simples e sem desvio, a maioria das fraturas do tornozelo está associada a lesões ligamentares. A direção e a natureza das forças aplicadas sobre o tornozelo fazem correlação com o padrão de fratura e lesão ligamentar concomitante. A classificação de Lauge-Hansen, apesar de ser um tanto complicada, classifica as lesões de acordo com dois componentes: a posição do pé no momento da lesão e a direção da força aplicada. Na lesão tipo supinação/adução, o pé está supinado e uma força de adução é aplicada, resultando em uma fratura transversa da fíbula distal (estágio 1), seguida por uma fratura oblíqua do maléolo medial (estágio 2). Na lesão tipo supinação/rotação externa, a primeira estrutura a se romper é o ligamento tibiofibular anterior inferior, seguida na ordem por uma fratura espiral da fíbula, uma fratura do maléolo posterior e depois uma fratura do maléolo medial (ou ruptura do ligamento deltóideo). Nas lesões em pronação/abdução, uma fratura transversa do maléolo medial é seguida pela ruptura dos ligamentos tibiofibulares anterior e posterior inferior e do ligamento interósseo, seguida por uma fratura oblíqua da fíbula. As lesões em pronação/rotação externa começam com uma fratura do maléolo medial (ou ruptura do ligamento deltóideo), seguida pela ruptura do ligamento tibiofibular anterior inferior, ligamento interósseo, membrana interóssea, uma fratura fibular alta e a fratura do plafond tibial posterior ("maléolo posterior").

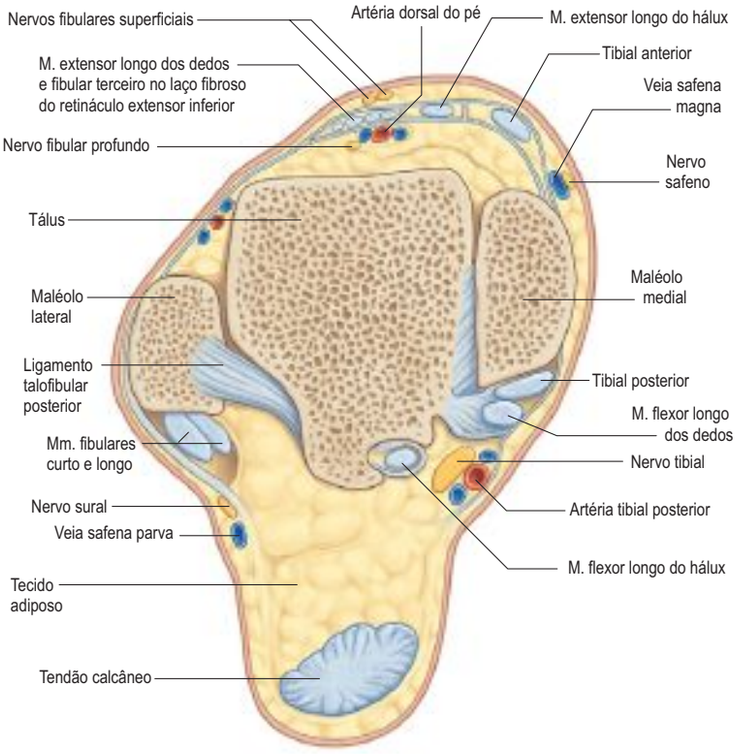


Fig. 84.14 Corte transversal da parte inferior da articulação do tornozelo esquerdo: face superior.

Articulação tibiofibular inferior (distal)

A articulação tibial inferior (distal) geralmente é considerada uma sindesmose. Ela consiste nos ligamentos tibiofibulares anterior e posterior e ligamento interósseo.

Superfícies articulantes A articulação tibiofibular distal se localiza entre a superfície convexa medial áspera da extremidade distal da fíbula e a superfície áspera côncava da incisura fibular da tíbia. Essas superfícies são separadas distalmente em aproximadamente 4 mm por um prolongamento sinovial da articulação do tornozelo, e pode ser coberta por cartilagem nas suas partes mais inferiores.

Cápsula fibrosa A articulação tibiofibular distal não possui cápsula.

Ligamentos Os ligamentos da articulação tibiofibular inferior (distal) são os ligamentos tibiofibulares anterior, interósseo e posterior.

Ligamento tibiofibular anterior O ligamento tibiofibular anterior é uma banda plana que desce lateralmente entre as margens adjacentes da tíbia e fíbula, anterior à sindesmose (Fig. 84.13C). O ligamento de Bassett é uma variante que se apresenta na forma de uma projeção baixa do ligamento que se insere mais distalmente na fíbula e pode causar irritação da cúpula lateral do tálus: pode ser removido através de uma abordagem artroscópica.

Ligamento tibiofibular interósseo O ligamento tibiofibular interósseo é contínuo com a membrana interóssea e contém várias bandas curtas entre as superfícies ásperas adjacentes da tíbia e fíbula; é a ligação mais forte entre os ossos.

Ligamento tibiofibular posterior O ligamento tibiofibular posterior é mais forte do que o anterior, e está disposto similarmente na face posterior da sindesmose (Fig. 84.13A). Sua parte profunda distal é o ligamento transverso inferior, uma espessa banda de fibras amarelas que cruzam da extremidade proximal da fossa maleolar lateral para o bordo posterior da superfície articular tibial quase até o maléolo medial. O ligamento faz projeção distal aos ossos, em contato com o tálus. Sua cor reflete seu conteúdo de fibras elásticas amarelas.

Membrana sinovial A membrana sinovial da articulação do tornozelo faz projeção nos 4 mm distais da articulação tibiofibular inferior.

Suprimento vascular e drenagem linfática A articulação tibiofibular inferior é suprida pelo ramo perfurante da artéria fibular e pelos ramos maleolares mediais das artérias tibial anterior e posterior. A drenagem linfática acontece através de vasos que correspondem às artérias e via vasos que acompanham as veias safenas longa e curta.

Inervação A articulação tibiofibular inferior é inervada por ramos dos nervos fibular profundo e sural.

Relações Nenhuma estrutura significante passa anteriormente à face anterior da articulação tibiofibular inferior, mas o nervo fibular superficial está em risco durante a cirurgia nesta área. Posteriormente, a artéria fibular passa sobre o ligamento tibiofibular posterior e está em risco na abordagem posterolateral para a fíbula.

Fatores que mantêm a estabilidade A estabilidade é mantida em parte pelos contornos ósseos, mas principalmente pelos densos ligamentos tibiofibulares anterior e posterior e pelo ligamento interósseo.

Músculos que produzem movimento Nenhum músculo atua na articulação tibiofibular inferior, que só se move ligeiramente. Devido à inclinação variável da superfície lateral do corpo do tálus, a fíbula sofre um pequeno grau de rotação lateral durante a dorsiflexão no tornozelo, e isto resulta em leve alargamento do intervalo entre os ossos. O teste à procura de significante ruptura desta articulação geralmente é feito sob anestesia e envolve a aplicação de uma força em rotação externa e abdução, em busca de um alargamento anormal da sindesmose. Um deslizamento anterior/posterior excessivo da fíbula em relação à tíbia também indica a ruptura da articulação.

Articulação talocalcânea

As articulações anterior e posterior entre o calcâneo e o tálus formam uma unidade funcional geralmente denominada "articulação subtalar". A articulação posterior é denominada de articulação talocalcânea e a articulação anterior parte da articulação talocalcaneonavicular. A articulação talocalcânea é multiaxial modificada e seus movimentos permitidos são considerados em conjunto com os de outras articulações do tarso. Os ossos são conectados por uma cápsula fibrosa e pelos ligamentos talocalcâneos lateral, medial e interósseo e pelo ligamento cervical.

Superfícies articulares A articulação subtalar envolve adequadamente a faceta calcânea posterior côncava na parte posterior da superfície inferior do tálus e a faceta posterior convexa na superfície superior do calcâneo (Fig. 84.15A,B).

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa envolve a articulação, suas fibras são curtas e se fixam às suas margens articulares.

Ligamentos Os ligamentos da articulação talocalcânea são os ligamentos talocalcâneos lateral, medial e interósseo e o ligamento cervical.

Ligamento talocalcâneo lateral O ligamento talocalcâneo lateral é um fascículo curto e plano que desce obliquamente para trás a partir do processo talar lateral até a superfície lateral do calcâneo e se fixa anterossuperiormente ao ligamento calcaneofibular.

Ligamento talocalcâneo medial O ligamento talocalcâneo medial faz conexão entre o tubérculo talar medial e a face posterior do sustentáculo do tálus e superfície medial adjacente do calcâneo. Suas fibras se fundem com o ligamento medial (deltoide) da articulação do tornozelo; as fibras mais posteriores revestem o sulco para o flexor longo do hálux entre o tálus e o calcâneo.

Ligamento interósseo talocalcâneo O ligamento interósseo talocalcâneo é uma ampla banda transversa bilaminar no seio do tarso (Figs. 84.15A; 84.16). Ele desce oblíqua e lateralmente do sulco do tálus para o sulco calcâneo. A lâmina posterior do ligamento está associada à articulação talocalcânea e a lâmina anterior à articulação talocalcaneonavicular. Suas fibras mediais ficam tensionadas na eversão.

Ligamento cervical O ligamento cervical se localiza em uma posição imediatamente lateral ao seio do tarso e se fixa à superfície calcânea superior (Fig. 84.13C). Ele se posiciona medialmente à fixação do músculo extensor curto dos dedos, de onde ascende medialmente para um tubérculo inferolateral no colo talar (Barclay-Smith 1896). Considera-se que ele fique tensionado em inversão.

Membrana sinovial A cavidade sinovial da articulação talocalcânea geralmente é separada e não se comunica com as de outras articulações tarsais. Entretanto, a comunicação direta com a articulação do tornozelo foi observada em raros casos.

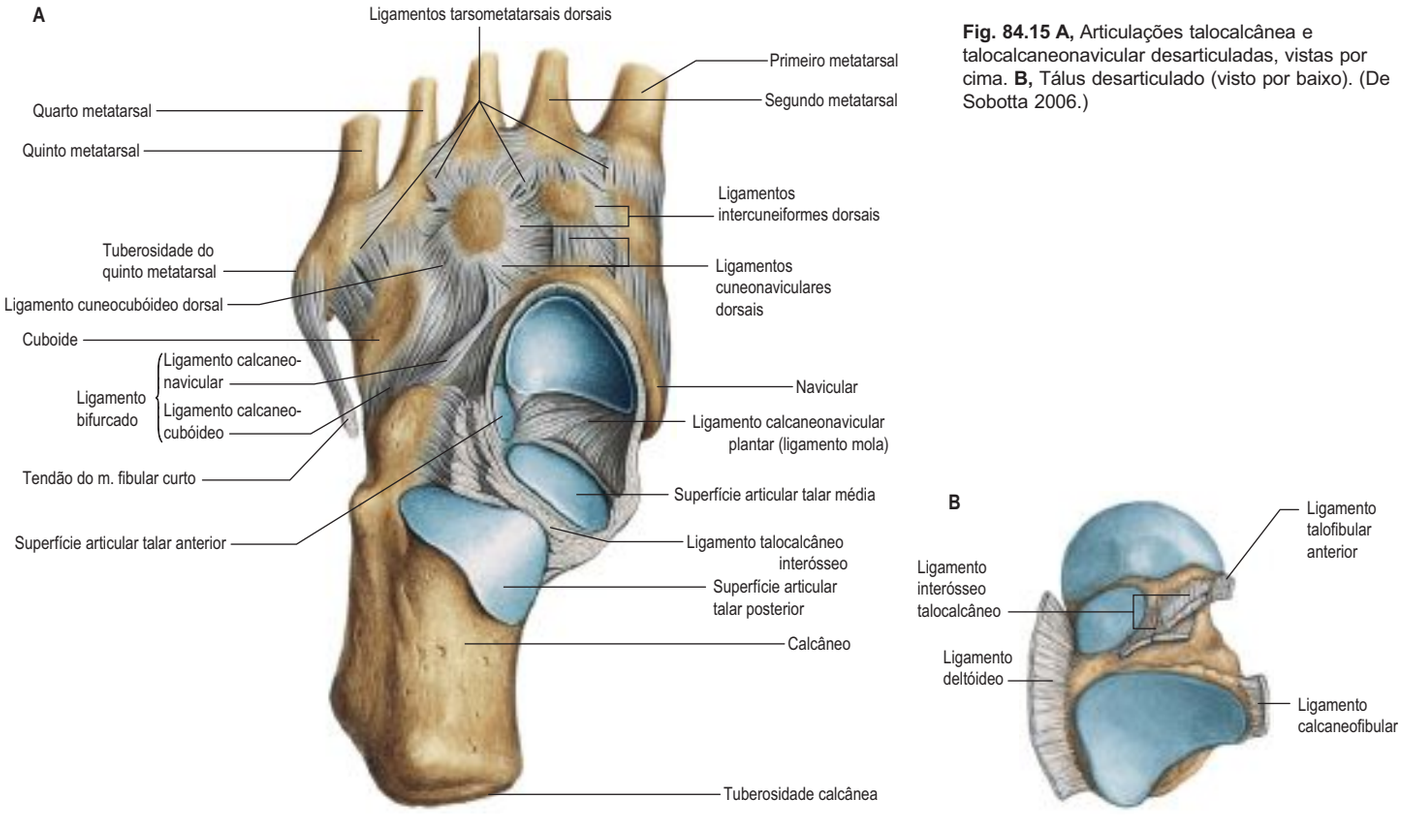


Fig. 84.15 A, Articulações talocalcânea e talocalcaneonavicular desarticuladas, vistas por cima. **B,** Tálus desarticulado (visto por baixo). (De Sobotta 2006.)

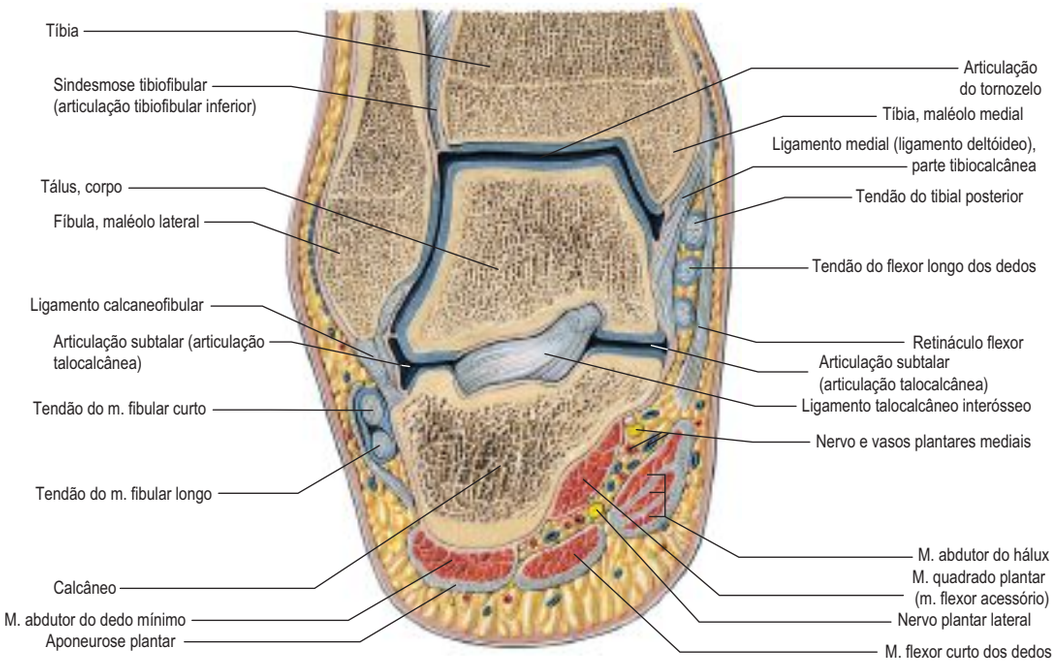


Fig. 84.16 Corte coronal através do tornozelo e articulação talocalcânea esquerda (vista por trás). (De Sobotta 2006.)

Inervação A articulação talocalcânea é inervada por ramos dos nervos tibial posterior, plantar medial e sural.

Relações Posteromedialmente, na região da face posterior da articulação talocalcânea e visto da região anterior para a posterior, localizam-se as veias em ambos os lados da artéria tibial posterior, nervo tibial e tendão do flexor longo do hálux. As estruturas neurovasculares estão em risco nas abordagens posteromediais ao tornozelo e articulação talocalcânea. Na face lateral, o tendão do fibular curto se localiza anteriormente ao tendão do fibular longo, ambos passando por trás do maléolo fibular na proximidade da articulação talocalcânea. O nervo sural se localiza posteriormente aos tendões fibulares e está em risco durante a exposição lateral da articulação.

Fatores que mantêm a estabilidade A estabilidade é conferida pelos contornos ósseos do retropé e pelos ligamentos mencionados anteriormente; não se sabe quais ligamentos fornecem a maior parte da estabilidade. Uma restrição ligamentar adicional é fornecida pelo componente calcaneofibular do complexo ligamentar lateral. Os tendões que cruzam a articulação também auxiliam na estabilidade.

Músculos que produzem movimentos A inversão do calcanhar é controlada pelos músculos tibial anterior, tibial posterior e pelo complexo

gastrocnêmico-sóleo via tendão calcâneo; os músculos flexores longos dos dedos também contribuem. A eversão do calcanhar resulta da tração dos músculos fibulares longo, curto e terceiro, além dos músculos extensores longos dos pododáctilos.

Articulação talocalcaneonavicular

Uma eloquente descrição da articulação foi feita por Barclay-Smith em 1896. Em termos de função, e na prática clínica, é útil considerar essa articulação complexa como a união de duas articulações, ou seja, a parte anterior da articulação "subtalar" e a articulação talonavicular. Ela é uma articulação composta e multiaxial.

Superfícies articulantes A cabeça talar ovoide é contínua com a área anterior de faceta tripla de sua superfície inferior. Todo o conjunto se encaixa na concavidade formada coletivamente pela superfície posterior do navicular, facetas talares média e anterior do calcâneo, e pela superfície fibrocartilaginosa superior do ligamento calcaneonavicular plantar (ligamento mola). Os ossos são conectados por uma cápsula fibrosa e pelos ligamentos talonavicular e calcaneonavicular plantar, e a parte calcaneonavicular do ligamento bifurcado.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é mais desenvolvida, exceto posteriormente, onde é espessa e se funde com a parte anterior do ligamento interósseo que preenche o seio do tarso.

Ligamentos Os ligamentos da articulação talocalcaneonavicular são os ligamentos talonavicular e calcaneonavicular plantar (mola).

Ligamento talonavicular O ligamento talonavicular é uma banda larga e fina (Fig. 84.13B,C). Ele faz a conexão entre as superfícies dorsais do colo do tálus e o navicular, e é coberto pelos tendões extensores. O ligamento calcaneonavicular plantar e a parte calcaneonavicular do ligamento bifurcado (Fig. 84.13C) são os ligamentos plantar e lateral da articulação, respectivamente. Apesar do calcâneo e do navicular não se articularem diretamente, elas são conectadas pelos ligamentos calcaneonavicular e calcaneonavicular plantar.

Ligamento calcaneonavicular plantar (mola) O ligamento calcaneonavicular plantar (mola) é uma espessa e larga banda que conecta a margem anterior do sustentáculo do tálus à superfície plantar do navicular (Figs. 84.13B; 84.15A; 84.17). Ele une o calcâneo e o navicular abaixo da cabeça do tálus como parte de sua cavidade articular e faz a sustentação do arco longitudinal do pé. A superfície dorsal do ligamento possui uma faceta triangular fibrocartilaginosa sobre a qual parte da cabeça talar se apoia (Fig. 84.15A). Sua superfície plantar é apoiada medialmente pelo tendão do tibial posterior e lateralmente pelos tendões do flexor longo do hálux e flexor longo dos dedos; seu bordo medial se funde com as fibras superficiais anteriores do ligamento medial (deltoide). O ligamento calcaneonavicular é descrito mais adiante como a banda medial do ligamento bifurcado.

Membrana sinovial A articulação talocalcaneonavicular é uma articulação sinovial cuja cavidade algumas vezes se comunica com a da articulação talocalcânea.

Inervação A articulação talocalcaneonavicular é inervada pelos nervos fibular profundo e plantar medial.

Relações Na face medial da região dorsal para a plantar se localiza o tendão do músculo tibial posterior e o tendão do músculo flexor longo dos dedos acima do sustentáculo do tálus e o tendão do músculo flexor longo do hálux abaixo. Neste ponto, o flexor longo do hálux se localiza profundamente aos ramos plantares medial e lateral da artéria e nervo tibial posterior. As últimas estruturas estão em risco durante as abordagens mediais para a articulação, por exemplo, ressecção de coalisão talocalcânea. Dorsalmente, da face medial para a lateral se localizam os tendões do músculo tibial anterior e músculo extensor longo do hálux, o nervo fibular profundo e artéria dorsal do pé, o ventre muscular do extensor curto do hálux passando medial e profundamente aos tendões do extensor longo dos dedos e fibular terceiro. As estruturas em risco durante a abordagem dorsal para a articulação talonavicular incluem os ramos do nervo fibular superficial superficialmente e artéria dorsal do pé e nervo fibular profundo profundamente ao retináculo extensor inferior.

Fatores que mantêm a estabilidade A estabilidade da articulação deve-se a uma combinação de fatores: contornos ósseos, o forte ligamento calcaneonavicular plantar (mola) e o componente calcaneonavicular do ligamento bifurcado.

Músculos que produzem movimento Os músculos que produzem movimentos são os descritos anteriormente para a articulação talocalcânea.

Articulação calcaneocubóidea

A articulação calcaneocubóidea está no mesmo nível da articulação talonavicular e, juntas, representam a articulação tarsal transversa. É uma articulação em sela ou biaxial com superfícies côncavo-convexas.

Superfícies articulares As superfícies articulares da articulação calcaneocubóidea, que é 2 cm proximal ao tubérculo da base do quinto metatarsal, localizam-se entre a superfície anterior (distal) do calcâneo e a superfície posterior (proximal) do cuboide.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é espessada dorsalmente na forma de ligamento calcaneocubóideo dorsal. A cavidade sinovial desta articulação é separada e não se comunica com outras articulações tarsais (Fig. 84.6).

Ligamentos Os ligamentos da articulação calcaneocubóidea são os ligamentos bifurcado, plantar longo e calcaneocubóideo plantar.

Ligamento bifurcado O ligamento bifurcado é uma forte banda em formato de Y (Fig. 84.13C). Ele se fixa por sua base proximalmente à parte anterior da superfície anterior co calcâneo e distalmente ele se divide em partes calcaneocuboide e calcaneonavicular. O ligamento calcaneocubóideo (lateral) se estende para a face dorsomedial do cuboide, formando a principal fixação entre as duas fileiras de ossos tarsais; o ligamento calcaneonavicular (medial) se fixa à face dorsolateral do navicular.

Ligamento plantar longo O ligamento plantar longo é o ligamento mais longo associado ao tarso (Figs. 84.13C; 84.17; 84.18). Ele se estende da superfície plantar do calcâneo (anterior aos processos de sua tuberosidade) e de seu tubérculo anterior, para a crista e tuberosidade na superfície plantar do cuboide. As fibras profundas se fixam ao cuboide e as fibras mais superficiais continuam até as bases do segundo ao quarto, algumas vezes ao quinto metatarsais. Esse ligamento, juntamente com o sulco na superfície plantar do cuboide, forma um túnel para o tendão do fibular longo. É o fator de limitação mais poderoso da depressão do arco longitudinal do pé.

Ligamento calcaneocubóideo plantar Este ligamento plantar curto (Fig. 84.17) é mais profundo do que o ligamento plantar longo, do qual está separado por tecido areolar. É uma banda curta e larga de grande resistência, distendendo-se do tubérculo calcâneo anterior e depressão anterior a ele até a superfície plantar do cuboide. Ele também dá sustentação ao arco longitudinal lateral.

Membrana sinovial Uma membrana sinovial reveste a articulação calcaneocubóidea.

Inervação A articulação calcaneocubóidea é inervada em sua face plantar pelo nervo plantar lateral, e dorsalmente pelos nervos sural e fibular profundo.

Relações O fibular longo e o abdutor do dedo mínimo passam na proximidade da articulação, e o nevo plantar lateral passa medialmente. O extensor curto dos dedos se posiciona sobre a face lateral da articulação. O nervo sural e o tendão do fibular longo estão em risco durante as abordagens para um osso fibular.

Fatores que mantêm a estabilidade A articulação calcaneocubóidea permite somente uma pequena quantidade de movimentos; sua estabilidade reflete os contornos ósseos e os fortes ligamentos descritos anteriormente.

Músculos que produzem movimento O deslizamento ocorre entre o calcâneo e o cuboide, com a rotação conjunta entre os dois ossos durante a inversão e a eversão de todo o pé. Os movimentos são feitos pelos mesmos músculos que atuam sobre as articulações talocalcânea e talocalcaneonavicular.

Articulações naviculocuneiformes

A articulação naviculocuneiforme é uma articulação composta, geralmente descrita como plana.

Superfícies articulares O navicular faz articulação distalmente com os ossos cuneiformes onde a superfície navicular distal é transversalmente convexa e dividida em três facetas por cristas baixas que são adaptadas às superfícies proximais levemente curvadas dos cuneiformes.

Cápsula fibrosa A cápsula fibrosa é contínua às cápsulas fibrosas das articulações intercuneiforme e cuneocuboide e também se conectam à segunda e terceira articulações cuneometatarsais e articulações intermetatarsais entre o segundo e quarto ossos metatarsais.

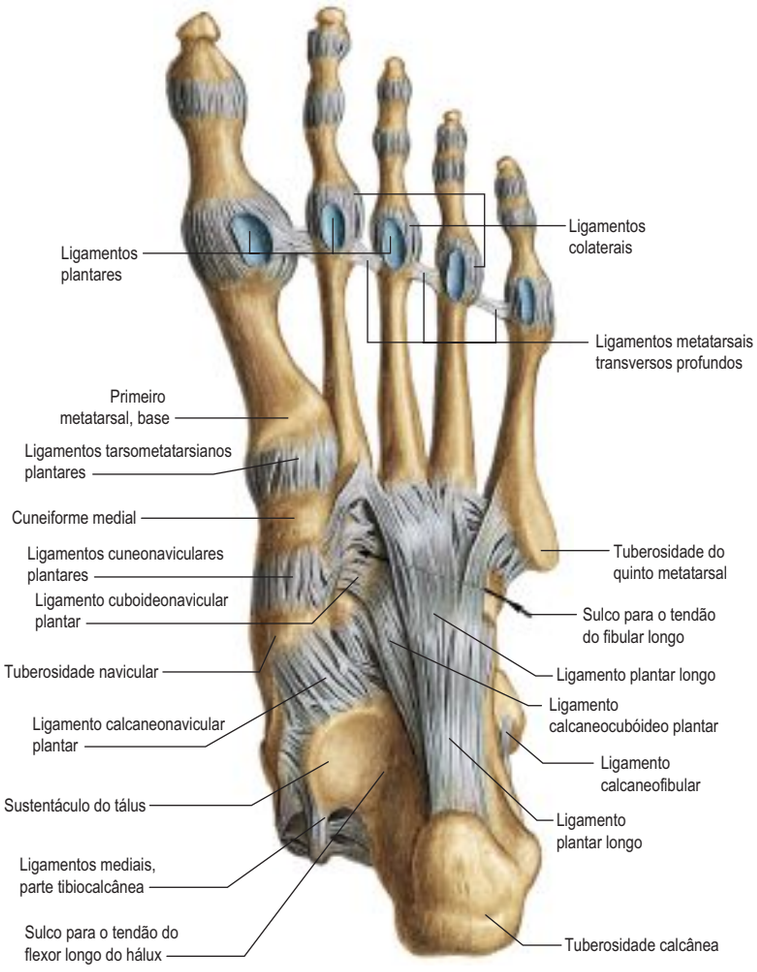


Fig. 84.17 Ligamentos na face plantar do pé. (De Sobotta 2006.)

Ligamentos Os ligamentos da articulação naviculocuneiforme são os ligamentos dorsais e plantares.

Ligamentos dorsal e plantar Os ligamentos dorsal e plantar conectam o navicular a cada cuneiforme; dos três ligamentos dorsais, um se fixa a cada cuneiforme. O fascículo do navicular para o cuneiforme medial continua na forma de cápsula da articulação ao redor de sua face medial, e se funde medialmente com o ligamento plantar. Os ligamentos plantares apresentam fixações similares e recebem projeções do tendão do tibial posterior.

Membrana sinovial A membrana sinovial reveste a cápsula fibrosa da forma descrita acima.

Inervação A articulação naviculocuneiforme é inervada dorsalmente por ramos do nervo fibular profundo. As articulações naviculocuneiformes medial e intermédia recebem uma inervação plantar do nervo plantar medial, e a articulação naviculocuneiforme é inervada pelo nervo plantar lateral.

Relações Os tendões do tibial posterior enviam fibras para o cuneiforme medial e cruzam a articulação por sua face medial; ela é vulnerável à lesão quando uma abordagem cirúrgica medial é utilizada, assim como o arco venoso dorsal e o nervo safeno. O tendão do tibial anterior passa sobre a face dorsomedial da articulação e o tendão do extensor longo do hálux é lateral. Cursando sobre o cuneiforme intermédio, da região medial para a lateral, encontramos o nervo fibular profundo, a artéria dorsal do pé e o ventre muscular do extensor curto do hálux, todos vulneráveis durante a exposição dorsal da articulação. Na face lateral da articulação, as estruturas superficiais em risco são o nervo fibular superficial e o arco venoso dorsal.

Músculos que produzem movimentos Os movimentos nas articulações naviculocuneiforme, cuboideonavicular, intercuneiforme e cuneocubóidea são de deslizamento e rotação leves e sutis que ocorrem durante a pronação e supinação do pé; quando ocorrem alterações em um pé com carga em contato com o chão, eles aumentam a elasticidade quando o antepé está sob estresse; por exemplo, no empuxo inicial de uma corrida ou salto. Os músculos responsáveis por esses leves movimentos são o tibial anterior, tibial posterior, fibulares longo e curto e flexores e extensores longos dos pododáctilos.

Articulação cuboideonavicular

A articulação cuboideonavicular geralmente é uma articulação fibrosa, com os ossos conectados pelos ligamentos dorsal, plantar e interósseo. Esta sindesmose geralmente é substituída por uma articulação sinovial que é quase plana; sua cápsula articular e revestimento sinovial são contínuos com a da

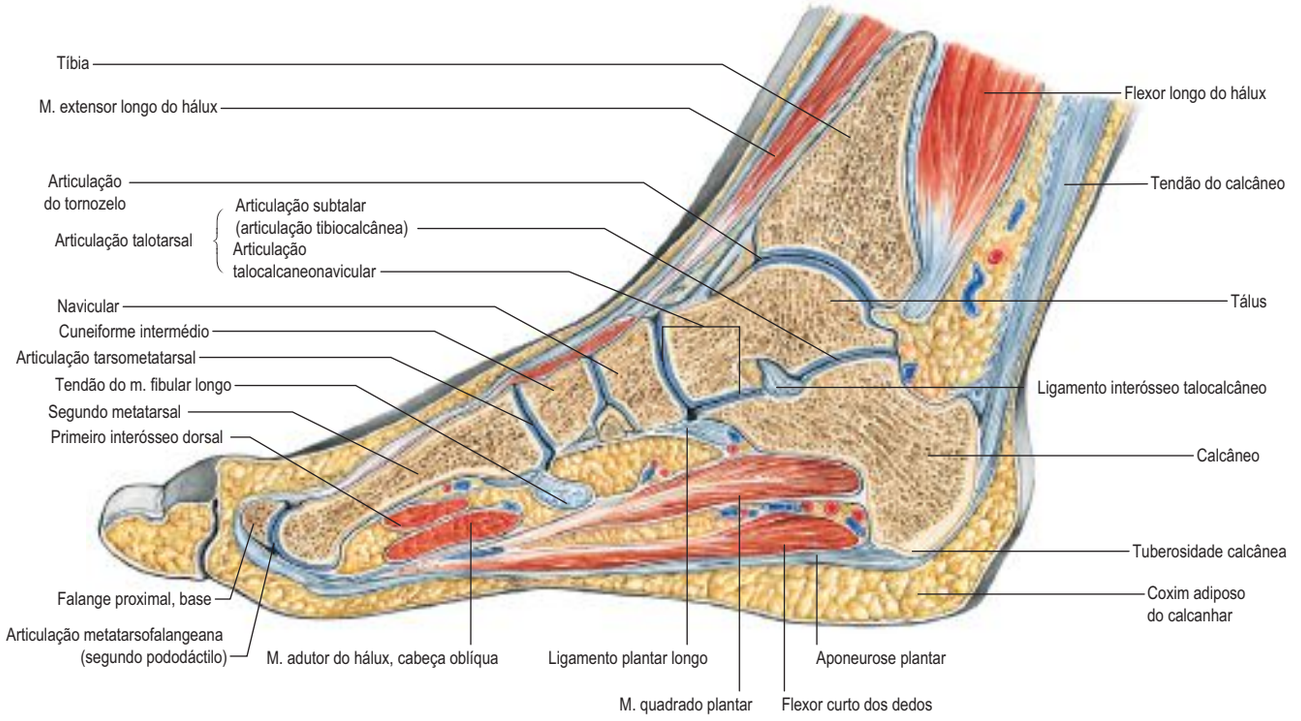


Fig. 84.18 Corte sagital do pé demonstra as articulações talocrural e tarsal. (De Sobotta 2006.)

articulação naviculocuneiforme. O ligamento dorsal se estende distolateralmente, o plantar de modo quase transverso do cuboide para o navicular. O ligamento interósseo é formado por fortes fibras transversas e conecta as partes articulares de superfícies adjacentes dos dois ossos (Fig. 84.13C).

Articulações intercuneiforme e cuneocubóidea

As articulações intercuneiforme e cuneocubóidea são sinoviais e aproximadamente planas ou levemente curvas. Suas cápsulas articulares e revestimentos sinoviais são contínuos com os das articulações naviculocuneiformes. Os ossos são conectados pelos ligamentos dorsal, plantar e interósseo (Figs. 84.13B,C; 84.15A).

Ligamentos Os ligamentos das articulações intercuneiforme e cuneocubóidea são os ligamentos dorsal, plantar e interósseo.

Ligamentos dorsal e plantar Os ligamentos dorsal e plantar possuem três bandas transversas cada que passam entre os cuneiformes medial e intermédio, os cuneiformes intermédio e lateral e entre o cuneiforme lateral e o cuboide. Os ligamentos plantares recebem projeções do tendão do tibial posterior.

Ligamentos interósseos Os ligamentos interósseos conectam as áreas não articulares das superfícies adjacentes e são fortes agentes na manutenção do arco transverso.

Inervação As articulações intercuneiforme e cuneocubóidea são inervadas dorsalmente via nervo fibular profundo. A face plantar das duas articulações mediais é inervada pelo nervo plantar medial e a face plantar das articulações laterais são inervadas pelo nervo plantar lateral.

Músculos que produzem movimentos Os músculos que produzem movimentos são os mesmos descritos anteriormente para a articulação naviculocuneiforme

Articulações tarsometatarsais

As articulações tarsometatarsais são aproximadamente articulações sinoviais planas.

Superfícies articulares O primeiro metatarsal faz articulação com o cuneiforme medial; o segundo está em uma recessão entre os cuneiformes medial e lateral e faz articulação com o cuneiforme intermédio; o terceiro faz articulação com o cuneiforme lateral; o quarto articula com o cuneiforme lateral e com o cuboide; o quinto articula com o cuboide. As articulações se localizam aproximadamente em uma linha que vai do tubérculo do quinto metatarsal até a articulação tarsometatarsal do hálux, exceto a que existe entre o segundo metatarsal e o cuneiforme intermédio, que é 2-3 mm proximal (Figs. 84.5A; 84.11).

Cápsula fibrosa A articulação halucal possui sua própria cápsula. As cápsulas e cavidades articulares do segundo e terceiro são contínuas com aquelas das articulações intercuneiforme e naviculocuneiforme, mas são separadas da quarta e quinta articulações por um ligamento interósseo entre o cuneiforme lateral e a base do quarto metatarsal.

Ligamentos Os ossos são conectados pelos ligamentos tarsometatarsal plantar e cuneometatarsal interósseo

Ligamentos dorsais Os ligamentos dorsais são fortes e planos. O primeiro metatarsal se une ao cuneiforme medial por meio de uma cápsula articular e às outras cápsulas tarsometatarsais por uma cápsula articular e as outras cápsulas tarsometatarsais se fundem com os ligamentos dorsal e plantar. O segundo metatarsal recebe uma banda de cada cuneiforme, o terceiro do cuneiforme lateral, o quarto do cuneiforme lateral e cuboide e o quinto do cuboide somente.

Ligamentos plantares Os ligamentos plantares são bandas longitudinal e oblíqua e são menos regulares do que os ligamentos dorsais. Aquelas para o primeiro e segundo metatarsais são mais fortes. O segundo e terceiro metatarsais são unidos por bandas oblíquas para o cuneiforme medial, o quarto e quinto por algumas fibras para o cuboide.

Ligamentos cuneometatarsais interósseos Existem três ligamentos cuneometatarsais interósseos. Um (o mais forte) passa da superfície lateral do cuneiforme medial para o ângulo adjacente do segundo metatarsal (Fig. 84.17). Conhecido como ligamento de Lisfranc, ele é crucial para a estabilidade do complexo da articulação tarsometatarsal. A ruptura desse ligamento pode levar à instabilidade e deformidade com subsequentes alterações degenerativas. Um segundo ligamento conecta o cuneiforme lateral ao ângulo adjacente do segundo metatarsal: ele não divide a articulação entre o segundo metatarsal e o cuneiforme lateral e é inconstante. Um terceiro ligamento conecta o ângulo lateral do cuneiforme lateral à base do quarto metatarsal adjacente.

Membrana sinovial A primeira articulação tarsometatarsal possui sua própria cápsula, com um revestimento sinovial. As outras articulações são dispostas de modo similar, mas há uma comunicação entre a segunda e terceira e entre a quarta e quinta articulações tarsometatarsais.

Inervação Os ligamentos cuneometatarsais são inervados dorsalmente pelo nervo fibular profundo. As faces plantares das duas articulações mediais são inervadas pelo nervo plantar medial e as faces plantares das articulações laterais são inervadas pelo nervo plantar lateral.

Relações Da face medial para a lateral, as seguintes estruturas cruzam a face dorsal das articulações tarsometatarsais: o nervo safeno, o arco venoso dorsal, o tendão do extensor longo do hálux, a artéria dorsal do pé, o nervo profundo fibular, o extensor curto do hálux, os tendões do extensor longo dos dedos, o extensor curto dos dedos, o fibular terceiro e o fibular curto. A localização dos ramos do nervo fibular superficial é variável no dorso. O nervo sural se localiza imediatamente inferior ao tendão do fibular curto nos tecidos subcutâneos. A cirurgia que envolve as articulações tarsometatarsais é realizada através de uma abordagem dorsal e, portanto, todas essas estruturas estão potencialmente em risco.

Fatores que mantêm a estabilidade Os principais estabilizadores das articulações tarsometatarsais são os ligamentos associados. Entretanto, a despeito da força dos ligamentos, este complexo articular é vulnerável a lesões devido à ausência de conexão ligamentar entre as bases do primeiro e segundo metatarsais. O ligamento interósseo medial ou ligamento de Lisfranc é o responsável pela fratura por avulsão da base do segundo metatarsal, que pode ser a única indicação radiológica de anormalidade após lesões nesta parte do pé. Esta é uma lesão altamente significante que geralmente não é detectada: uma falha no reconhecimento e tratamento desta lesão por redução e fixação cirúrgicas pode levar a uma incapacidade duradoura.

Músculos que produzem movimentos Os movimentos entre os ossos do tarso e metatarsais são limitados à flexão e extensão, exceto na primeira articulação tarsometatarsal, onde alguma abdução e rotação também ocorrem. Os músculos que produzem este movimento são o músculo tibial anterior e o músculo fibular longo. A flexão e a extensão são feitas pelos flexores e extensores longos e curtos dos dedos. O movimento entre o cuneiforme medial e o primeiro metatarsal e entre as bases do quarto e quinto metatarsais e o cuboide é moderado e permite que o pé se adapte a superfícies irregulares, enquanto o movimento entre as bases do segundo e terceiro metatarsais e seus cuneiformes correspondentes é bastante limitado.

Articulações intermetatarsais

Os ligamentos interósseos metatarsais são muito fortes e estão presentes em todos os quatro metatarsais laterais; eles estão ausentes entre o primeiro e segundo metatarsais. A base do segundo metatarsal se funde com a primeira articulação tarsometatarsal por meio do ligamento interósseo medial (ligamento de Lisfranc) que conecta a face plantar do segundo metatarsal ao cuneiforme medial.

Ligamentos Os ligamentos das articulações intermetatarsais incluem os ligamentos intermetatarsais dorsal e plantar.

Ligamentos intermetatarsais dorsal e plantar Assim como suas contrapartes dorsais, os ligamentos intermetatarsais plantares são longitudinais, oblíquos ou transversos e variam consideravelmente em número e organização. Os ligamentos plantares são significantemente mais fortes do que os ligamentos dorsais correspondentes. O mais forte é o segundo ligamento plantar oblíquo, que conecta o cuneiforme medial à segunda e terceira bases (Fig. 84.17).

Outros ligamentos Todas as cabeças metatarsais se conectam indiretamente através de ligamentos metatarsais transversos profundos. Os ligamentos dorsal e plantar passam transversalmente entre bases adjacentes; os ligamentos interósseos são fortes bandas transversas que conectam partes não articulares de superfícies adjacentes (Fig. 84.17).

Articulações metatarsofalangeanas

As articulações metatarsofalangeanas são articulações ovóideas ou elipsóideas entre as cabeças metatarsais arredondadas e cavidades rasas nas bases

das falanges proximais. Elas geralmente se posicionam a 2,5 cm proximais às uniões cutâneas dos pododáctilos.

Superfícies articulares As superfícies articulares cobrem as faces distal e plantar, mas não as faces dorsais das cabeças metatarsais. A face plantar da primeira cabeça metatarsal possui dois sulcos longitudinais separados por uma crista. Cada um deles faz articulação com um osso sesamoide envolto pela cápsula da articulação, formada aqui pelos dois tendões do flexor curto do hálux. Os sesamoides se conectam entre si através do ligamento intersesamoide, que forma o assoalho do canal tendinoso para a fixação do músculo abdutor do hálux e o sesamoide lateral que recebe uma fixação do músculo adutor do hálux.

Áreas articulares nas bases das falanges proximais são côncavas. Os ligamentos são capsular, plantar, metatarsal transverso profundo e colaterais.

Cápsulas fibrosas As cápsulas fibrosas se fixam às suas margens articulares. Elas são finas dorsalmente e podem estar separadas dos tendões extensores longos por pequenas bursas (bolsas sinoviais), ou podem ser substituídas pelos tendões, mas são inseparáveis dos ligamentos plantar e colaterais. A aponeurose plantar se funde com a cápsula plantar para formar a também chamada "placa plantar" que se insere distalmente na base da falange proximal via troncos medial e lateral. Proximalmente, a placa se fixa à cabeça metatarsal através de uma fina prega sinovial. Ela também recebe uma fixação do ligamento colateral acessório.

Ligamentos Os ligamentos das articulações metatarsofalangeanas são os ligamentos plantar, metatarsal transverso profundo e colaterais.

Ligamentos plantares Os ligamentos plantares são espessos e densos. Eles se localizam entre os ligamentos colaterais, estando frouxamente presos aos metatarsais, e firmemente presos às bases das falanges. Suas margens se fundem com os ligamentos metatarsais transversos profundos. Suas superfícies plantares são sulcadas para os tendões flexores, e suas superfícies profundas se estendem as áreas articulares para as cabeças metatarsais.

Ligamentos metatarsais transversos profundos Os ligamentos metatarsais transversos profundos são quatro bandas planas largas e curtas que unem os ligamentos plantares de articulações metatarsofalangeanas adjacentes. Os interósseos são dorsais e os lumbricais, vasos digitais e nervos são plantares a esses ligamentos. Eles se assemelham aos ligamentos metacarpais transversos profundos exceto que, no pé, há um ligamento transverso entre o ligamento plantar da segunda articulação metatarsofalangeana e a articulação metatarsofalangeana do hálux (Fig. 84.17).

Ligamentos colaterais Os ligamentos colaterais são fortes fascículos posicionados nos flancos de cada articulação. Eles se fixam aos tubérculos dorsais nas cabeças metatarsais e o lado correspondente das bases das falanges, fazendo uma inclinação para baixo e para a frente. A primeira articulação metatarsofalangeana também contém os ligamentos metatarso-sesamoides. Em ambos os lados, os ligamentos se originam da cabeça metatarsal com uma origem estreita e depois se abrem para se inserir no bordo da falange proximal e placa plantar. Cada ligamento colateral consiste no ligamento falangeano colateral, que se insere na base da falange proximal, e no ligamento colateral acessório, que se insere na placa plantar.

Membrana sinovial Cada articulação metatarsofalangeana é uma articulação sinovial separada.

Inervação O principal suprimento nervoso das articulações metatarsofalangeanas é oriundo dos nervos interdigitais plantares, que suprem a primeira, segunda e terceira articulação metatarsofalangeana e a metade medial da quarta articulação metatarsofalangeana em suas faces plantares. Ramos digitais do nervo plantar lateral suprem a metade lateral da quarta articulação e os aspectos medial e lateral da quinta articulação, em suas laterais plantares. A face dorsomedial da articulação metatarsofalangeana é suprida pelo ramo cutâneo dorsal medial do nervo fibular superficial. O nervo fibular profundo supre a face dorsolateral da articulação metatarsofalangena do hálux e a face medial da articulação metatarsofalangeana do segundo pododáctilo.

Relações Dorsalmente, o tendão do músculo extensor longo do hálux se localiza medialmente ao tendão do extensor curto do hálux. A mesma disposição ocorre nos dedos menores com o extensor longo dos dedos e o curto. Os interósseos são plantarmedial e plantarlateral, dorsais ao ligamento intermetatarsal, enquanto os tendões lumbricais, artéria e nervo digitais são plantares ao ligamento intermetatarsal. Os flexores longo e curto se localizam na face plantar da articulação na linha média. Na abordagem cirúrgica da articulação metatarsofalangeana a partir da superfície plantar é importante não se desviar da linha média.

Fatores que mantêm a estabilidade A primeira articulação metatarsofalageana deve a sua estabilidade às suas estruturas capsuloligamentares e ao flexor e extensor curto do hálux, com uma pequena contribuição dos músculos flexor e extensor longo do hálux ou dos contornos ósseos. As articulações metatarsofalangeanas dos dedos menores são estabilizadas principalmente pelos ligamentos colaterais e pelas placas plantares. A ruptura da placa plantar leva à deformidade de dedo em martelo.

Músculos que produzem movimentos Os tipos de movimentos que ocorrem nestas articulações são aqueles que ocorrem nas articulações correspondentes das mãos, mas a amplitude de movimentos é bastante diferente. Em contraste com as articulações metacarpofalangeanas, a amplitude de extensão ativa que pode ocorrer nas articulações metatarsofalangeanas (50-60 graus) é maior do que a da flexão (30-40 graus): esta é uma adaptação às necessidades da deambulação, e é mais acentuada na articulação do hálux, na qual a flexão é de alguns graus enquanto a extensão pode atingir os 90 graus. Com o pé plantígrado, as articulações metatarsofalangeanas já estão estendidas em pelo menos 25 graus porque os metatarsais se inclinam proximalmente nos arcos longitudinais do pé (Fig. 84.8A). A amplitude de movimentos passivos nessas articulações é de 90 graus (extensão) e 45 graus (flexão), de acordo com Kapandji (1974). Os seguintes músculos produzem movimentos nas articulações metatarsofalangeanas:

Flexão Músculos flexor curto dos dedos, lumbricais e interósseos, auxiliados pelo músculo flexor longo dos dedos e flexor acessório dos dedos. No quinto pododáctilo, o músculo flexor curto do dedo mínimo auxilia. No hálux, os flexores longo e curto do hálux são os únicos flexores.

Extensão Músculos extensor longo e curto dos dedos, extensor longo do hálux.

Adução Músculo adutor do hálux; no terceiro ao quinto pododáctilos, o primeiro, segundo e terceiro interósseos plantares, respectivamente.

Abdução Adutor do hálux; no segundo pododáctilo, o primeiro e o segundo interósseo dorsal; e no terceiro e quarto pododáctilos, os interósseos dorsais correspondentes; no quinto pododáctilo, abdutor do dedo mínimo.

Nota: A linha de referência para adução e abdução é ao longo do segundo dedo, que possui o metatarsal menos móvel. O segundo pododáctilo, portanto, pode ser "abduzido" medial e lateralmente pelo primeiro e segundo interósseos dorsais, respectivamente.

Hálux valgo O hálux valgo é uma condição comum que ocorre principalmente em indivíduos com predisposição genética. O uso de calçados está implicado na condição, que presumivelmente é responsável pela maior incidência em mulheres. Primeiro metatarso varo, uma deformidade em adução do primeiro metatarsal, comumente está associado ao hálux valgo.

Quanto mais esferoidal for o formato da primeira cabeça metatarsal, maior a probabilidade da articulação ser instável. Inversamente, uma cabeça metatarsal plana apresenta menor probabilidade de estar associada ao hálux valgo. Nenhum músculo se insere na primeira cabeça metatarsal e, portanto, sua posição é determinada pela posição da falange proximal. Conforme a falange proximal se move lateralmente em relação à cabeça metatarsal, ela empurra a cabeça medialmente. Isto leva à atenuação das estruturas de tecidos moles mediais e à contratura das estruturas laterais. O laço sesamoide, que está ancorado lateralmente pelo músculo adutor do hálux, permanece posicionado durante o movimento medial da cabeça, deslocando os sesamoides de baixo da cabeça metatarsal. Conforme isso acontece, o ponto mais fraco da cápsula falha, de modo que o abdutor do hálux desliza por sob a cabeça metatarsal. Isto leva à falência da musculatura intrínseca em estabilizar a articulação, e a tração do abdutor do hálux leva ao giro da falange proximal, que resulta em uma deformidade em pronação. Uma falha em intervir cirurgicamente leva a uma deformidade progressiva.

Articulações interfalangeanas

As articulações interfalangeanas são articulações em dobradiça quase puras, nas quais as superfícies trocleares nas cabeças falangeanas fazem articulação com superfícies reciprocamente curvas sobre bases falangeanas adjacentes. Cada uma possui uma cápsula articular e dois ligamentos colaterais, assim como ocorre nas articulações metatarsofalangeanas. A superfície plantar da

cápsula é uma placa fibrosa espessada, como os ligamentos metatarsofalangeanos plantares e geralmente é denominada ligamento plantar.

Inervação As articulações interfalangeanas são inervadas por ramos dos nervos interdigitais plantares. O ramo cutâneo dorsal medial do nervo fibular superficial também supre a articulação interfalangeana do hálux. Ramos do fibular profundo, cutâneo dorsal intermediário e nervo sural algumas vezes suprem as articulações dos dedos menores.

Músculos que produzem movimentos Os movimentos são flexão e extensão, que são de maior amplitude entre as falanges proximal e média do que entre as falanges média e distal. A flexão é acentuada, mas a extensão é limitada pela tensão dos músculos flexores e ligamentos plantares. Abdução, adução e rotação ocorrem em menor grau.

Flexão Músculos flexor longo e curto dos dedos, flexor longo do hálux. O flexor acessório auxilia o flexor longo dos dedos.

Extensão Extensores longo e curto dos dedos, extensor longo do hálux.

ARCOS DO PÉ

Três arcos principais são reconhecidos no pé. Eles são os arcos longitudinal medial, longitudinal lateral e transverso. Os papéis dos arcos do pé no indivíduo em pé, deambulando e correndo são discutidos mais adiante neste capítulo.

ARCO LONGITUDINAL MEDIAL

A margem medial do pé se arqueia ente o calcanhar proximalmente e as três articulações metatarsofalangeanas mediais para formar um arco visível (Fig. 84.8A). É formado pelo calcâneo, cabeça talar, navicular, os três cuneiformes e os três metatarsais mediais. Os pilares anterior e posterior são a parte posterior da superfície calcânea inferior e as três cabeças metatarsais, respectivamente. Os ossos propriamente ditos contribuem pouco para a estabilidade do arco, enquanto os ligamentos contribuem de modo significante. A estrutura ligamentar mais importante é a aponeurose plantar, que atua como um feixe de união entre os pilares de suporte (Hicks 1953). Dorsiflexão, especialmente do hálux, aproxima os dois pilares, aumentando a altura do arco – o também chamado mecanismo "de molinete". A seguir em importância temos o ligamento mola, que suporta a cabeça do tálus. Se esse ligamento falhar, o navicular e o calcâneo se separam, permitindo que a cabeça talar, que está no ponto mais alto do arco, desça. Os ligamentos talocalcâneos e as fibras anteriores do ligamento deltóideo, da tíbia para o navicular, também contribuem para a estabilidade do arco.

Os músculos desempenham um papel na manutenção do arco longitudinal medial. O músculo flexor longo do hálux atua como uma corda de arco. Os músculos flexor longo dos dedos, abdutor do hálux e metade medial do flexor curto dos dedos também contribuem, em menor grau. Os músculos tibiais posterior e anterior invertem e aduzem o pé, ajudando a elevar seu bordo medial. A importância do músculo tibial posterior se manifesta no colapso do arco longitudinal medial que acompanha a falência deste tendão (ver a seguir).

ARCO LONGITUDINAL LATERAL

O arco longitudinal lateral é muito menos pronunciado do que o medial. Os ossos que formam o arco longitudinal lateral são o calcâneo, o cuboide e quarto e quinto metatarsais: eles contribuem pouco para o arco em termos de estabilidade (Fig. 84.8B). Os pilares são o calcâneo, posteriormente, e as duas cabeças metatarsais laterais, anteriormente. Os ligamentos desempenham um papel mais importante na estabilização do arco, especialmente a parte lateral da aponeurose plantar e ligamentos plantares longo e curto. Entretanto, a contribuição mais importante para a manutenção do arco lateral é feita pelo tendão do fibular longo. Os dois tendões laterais do flexor longo dos dedos (e flexor acessório), os músculos da primeira camada (metade lateral do flexor curto dos dedos e abdutor do dedo mínimo), fibular curto e fibular terceiro também contribuem para a manutenção do arco longitudinal lateral.

ARCO TRANSVERSAL

Os ossos envolvidos no arco transverso são as bases dos cinco metatarsais, o cuboide e os cuneiformes (Fig. 84.5B). Os cuneiformes intermédio e lateral têm formato de cunha e, assim, estão adaptados à manutenção do arco transverso. A estabilidade do arco é fornecida principalmente pelos ligamentos, que ligam os cuneiformes e bases metatarsais, e também pelo tendão do fibular longo, que tende a aproximar os bordos medial e lateral do pé. Um arco raso é mantido nas cabeças metatarsais pelos ligamentos transversos profundos, fibras transversas que se fundem por projeções digitais da aponeurose plantar e, em menor grau, pela cabeça transversa do músculo adutor do hálux.

PÉ PLANO E PÉ CAVO

O termo pé plano denota um pé excessivamente plano. Não há um grau preciso de achatamento que defina o pé plano, mas ele pode ser fisiológico ou patológico. No pé plano fisiológico, os pés são flexíveis e raramente problemáticos. Em um contraste marcante, o pé plano patológico geralmente está associado à rigidez e dor. O teste do molinete (ou "reflexo do primeiro pododáctilo") envolve a dorsiflexão passiva do hálux na articulação metatarsofalangeana. Isto enrijece a aponeurose plantar e, no pé plano flexível, resulta na acentuação do arco longitudinal medial. No pé plano patológico, não se observa acentuação do arco. Este teste também é realizado pedindo para o paciente ficar em pé nas pontas dos dedos com o examinador observando o retropé por trás. No pé plano flexível, o calcâneo desvia para uma posição em varo; no pé plano patológico, não. As causas de pé plano patológico incluem coalisão tarsal, ruptura do tendão do tibial posterior, ruptura do ligamento mola, artrite tarsometatarsiana (e subsequente colapso) e artrite degenerativa ou inflamatória (articulação talocalcânea ou subtalar) do retropé.

O pé cavo denota um arco excessivamente alto. A maioria dos casos se origina como o resultado de um distúrbio neurológico (p. ex., doença de Charcot-Marie-Tooth, diastematomielia, poliomielite). De acordo com a localização anatômica da deformidade, o pé cavo pode ser classificado em cavo do retropé, mediopé ou antepé. Quando o pé cavo envolve as três partes do pé, é chamado pé cavo "global".

Na doença de Charcot-Marie-Tooth, um fibular longo hiperativo leva à hiperflexão plantar do primeiro metatarsal. Para manter o antepé em contato com o chão, os indivíduos afetados desenvolvem um varo compensatório progressivo do retropé. Se ignorado, o varo do retropé, que inicialmente é flexível, torna-se fixo. O teste de bloco de Coleman envolve a colocação do paciente em pé com a parte lateral do antepé sobre um bloco de madeira (Coleman & Chesnut, 1977). Isto efetivamente equilibra ao supinação do antepé e a deformidade do retropé corrige espontaneamente, desde que o varo do retropé seja flexível. Se o retropé ainda é flexível, a cirurgia somente precisa tratar da supinação do antepé. Entretanto, se for fixo, a deformidade do retropé também precisa ser corrigida cirurgicamente.

MÚSCULOS

Os músculos que atuam no pé podem ser divididos nos grupos intrínseco e extrínseco.

MÚSCULOS EXTRÍNSECOS

Os músculos extrínsecos são descritos no Capítulo 83. Seus tendões cruzam o tornozelo, movendo e estabilizando esta articulação. Distalmente, os tendões também atuam nas pequenas articulações do pé e ajudam a estabilizá-las. Os músculos podem ser agrupados de acordo com suas disposições na perna. Os extensores se originam no compartimento anterior da perna e seus tendões passam anteriormente ao tornozelo, onde são unidos pelo retináculo extensor. O grupo lateral se origina em um compartimento lateral relativamente estreito, unidos pelo retináculo lateral. Os flexores se originam no compartimento posterior da perna e seus tendões passam posteriormente para o tornozelo, onde os tendões do grupo superficial de flexores se inserem no calcâneo (ver adiante) e os tendões do grupo profundo de flexores são unidos pelo retináculo flexor.

Grupo anterior

Os músculos tibial anterior, extensor longo do hálux, flexor longo dos dedos e fibular terceiro são descritos no Capítulo 83.

Grupo lateral

Músculos fibular longo e fibular curto são descritos no Capítulo 83.

Grupo posterior

Grupo superficial

Os músculos gastrocnêmico e o sóleo são descritos no Capítulo 83; o tendão calcâneo é descrito a seguir.

Tendão do calcâneo (de Aquiles)

O tendão do calcâneo é o mais espesso e mais forte tendão no corpo humano (Fig. 82.3). Ele tem aproximadamente 15 cm de comprimento e começa próximo ao meio da panturrilha, apesar de sua superfície anterior receber fibras musculares do sóleo em sua extremidade inferior. Ele gradualmente se torna mais arredondado até 4 cm acima do calcâneo, abaixo deste nível ele se expande e se prende ao ponto médio da superfície posterior do calcâneo. As fibras do tendão calcâneo não estão alinhadas de modo estritamente vertical e demonstram um grau variável de espiralização (Cummins *et al.*, 1946).

Suprimento vascular O suprimento vascular para o tendão calcâneo é medíocre: uma artéria predominante é um ramo recorrente da artéria tibial posterior que supre principalmente os tecidos peritendinosos (Taylor & Razaboni, 1994). Existe um suprimento adicional proximal oriundo dos ramos arteriais intramusculares e distalmente oriundo do calcâneo. A vascularidade da substância média do tendão é relativamente ruim, apesar do sangue entrar no tendão neste ponto através de sua superfície anterior. Durante a cirurgia, o paratendão, portanto, deve ser mantido intacto nesta região.

O tendão do calcâneo não é o único flexor plantar do tornozelo, que é um dos motivos por que as rupturas do tendão calcâneo nem sempre são aparentes clinicamente. Entretanto, é um local frequente de patologia por causa de sua susceptibilidade a rupturas, alterações degenerativas (tendinoses) e inflamações (paratendinites): a área de avascularidade relativa na substância média do tendão é o local em que ocorre a maior parte dos problemas.

Relações O tendão calcâneo é subcutâneo. O nervo sural cursa seu bordo lateral por aproximadamente 10 cm acima de sua inserção: o nervo é especialmente vulnerável aqui à lesão iatrogênica durante cirurgias. Distalmente existem bursas superficiais e profundas ao tendão. O ventre muscular do flexor longo do hálux se localiza abaixo da fáscia profunda na superfície anterior do tendão.

Ação A flexão plantar da articulação do tornozelo. As fibras do tendão fazem uma espiral lateral até 90 graus, durante sua descida, de modo que as fibras associadas ao gastrocnêmico se inserem mais distalmente no osso, e aquelas associadas ao sóleo mais medialmente.

Bursas (bolsas) do calcanhar Existem três locais ao redor do calcanhar em que se encontram bursas (bolsas sinoviais). A mais comum é a bursa retrocalcânea, que se localiza entre o tendão calcâneo e a superfície posterior do calcâneo. Um achado quase constante, possui uma parede bursal anterior composta por fibrocartilagem e uma fina parede posterior que se funde com o fino epitendão do tendão calcâneo. A dorsiflexão do tornozelo resulta na compressão da bursa. Menos comuns são a bursa adventícia superficial ao tendão calcâneo e uma bursa subcalcânea entre a superfície inferior do calcâneo e a origem da aponeurose plantar. Uma tuberosidade calcânea superolateral proeminente pode fazer compressão sobre a face profunda do tendão calcâneo em sua inserção no calcâneo (doença de Haglund). Ela geralmente está associada a uma bursa retrocalcânea e os sintomas são exacerbados pela dorsiflexão do tornozelo, pois este movimento aumenta a pressão dentro da bursa e causa impacto do calcâneo sobre a inserção do tendão.

Plantar

O plantar é descrito no Capítulo 83.

Grupo profundo

Os flexores profundos da panturrilha incluem o poplíteo, que atua sobre a articulação do joelho, e o flexor longo do hálux, flexor longo dos dedos e tibial posterior, que atuam sobre a articulação do tornozelo e articulações do pé.

Músculo flexor longo do hálux

O flexor longo do hálux é descrito no Capítulo 83. O tendão do flexor longo do hálux é descrito adiante.

Músculo flexor longo dos dedos

O flexor longo dos dedos é descrito no Capítulo 83.

Músculo tibial posterior

O tibial posterior é descrito no Capítulo 83.

MÚSCULOS INTRÍNSECOS

Os músculos intrínsecos, ou seja, aqueles contidos inteiramente dentro do pé, acompanham o padrão do membro primitivo dos flexores plantares e extensores dorsais.

Os músculos plantares do pé podem ser divididos em grupos medial, lateral e intermediário. Os grupos medial e lateral consistem nos músculos intrínsecos do hálux e dedo mínimo, respectivamente, e o grupo central ou intermediário inclui os músculos lumbricais, interósseos e flexores curtos dos dedos. É costume agrupar os músculos em quatro camadas, porque esta é a ordem na qual eles são encontrados durante a dissecação. Entretanto, na prática clínica e em termos de função, o agrupamento descrito inicialmente geralmente é mais útil.

Músculos plantares do pé: primeira camada

Esta camada superficial inclui o abdutor do hálux, abdutor do dedo mínimo e flexor curto dos dedos (Fig. 84.19A). Todos os três se estendem da tuberosidade do calcâneo até os pododáctilos e todos auxiliam na manutenção da concavidade do pé.

Músculo abdutor do hálux

Fixações O abdutor do hálux se origina principalmente no retináculo flexor, mas também no processo medial da tuberosidade calcânea, aponeurose plantar e septo intermuscular entre este músculo e o flexor curto dos dedos. As fibras musculares terminam em um tendão que se funde, junto com o tendão medial do flexor curto do hálux, à face medial da base da falange proximal do hálux. Algumas fibras se fixam mais proximalmente ao sesamoide medial deste dedo. O músculo também pode derivar algumas fibras da derme ao longo do bordo medial do pé.

Relações O abdutor do hálux se localiza ao longo do bordo medial do pé e cobre as origens dos vasos e nervos plantares (Fig. 84.20).

Suprimento vascular O abdutor do hálux é suprido pela rede maleolar medial, ramos calcâneos mediais da artéria plantar lateral (Fig. 84.9), artéria plantar medial (diretamente e via ramos superficiais e profundos), primeira artéria metatarsal plantar e perfurantes do arco plantar arterial.

Inervação O músculo abdutor do hálux é inervado pelo nervo plantar medial, S1 e S2. A contração do músculo confirma um nervo plantar medial intacto quando a integridade deste músculo é questionada.

Ação O músculo abdutor do hálux produz a abdução do hálux.

Testes O músculo abdutor do hálux é testado clinicamente ao orientar-se o paciente a resistir contra uma força aplicada em desvio lateral da falange proximal.

Anatomia clínica A fáscia profunda está implicada na dor crônica do calcanhar, porque aqui pode causar o encarceramento do primeiro ramo do nervo plantar lateral que se localiza abaixo dela. A fáscia do abdutor do hálux é forte e pode ser utilizada no alongamento dos tecidos moles após a correção do hálux valgo. Raramente, um tônus persistente e exagerado no músculo pode ser a causa de deformidade em varo do pé, necessitando intervenção cirúrgica. Um retalho do abdutor do hálux algumas vezes é utilizado para fornecer cobertura de tecidos moles.

Músculo flexor curto dos dedos

Fixações O flexor curto dos dedos se origina em um tendão estreito no processo medial da tuberosidade calcânea, da parte central da aponeurose plantar e do septo intermuscular entre ele e os músculos adjacentes. Ele se divide em quatro tendões, que passa lateralmente para os quatro dedos; os tendões entram nas bainhas dos tendões digitais acompanhados pelos tendões do flexor longo dos dedos, que se localizam profundamente a eles. Nas bases das falanges proximais, cada tendão se divide ao redor do tendão correspondente do músculo flexor longo dos dedos; as duas projeções se reúnem e fazem uma decussação parcial, formando um túnel através do qual o tendão do flexor longo dos dedos passa para a falange distal. O tendão do músculo flexor curto se divide novamente e se fixa a ambos os lados da diáfise da falange média. O modo pelo qual os tendões do flexor curto dos dedos dividem e se fixam às falanges é idêntico ao dos tendões do flexor superficial dos dedos na mão. Uma projeção para um determinado podo-

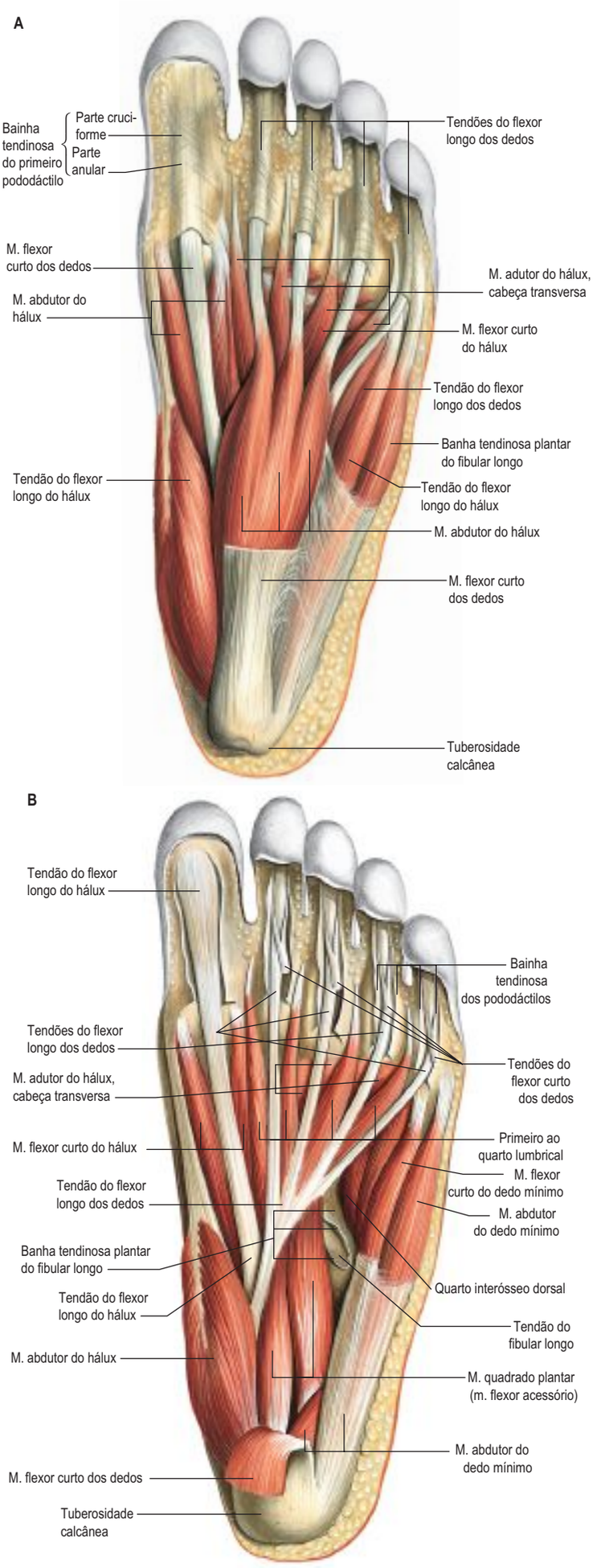


Fig. 84.19 Músculos da planta do pé. **A,** Primeira camada. **B,** Segunda camada. (De Sobotta 2006.)

dáctilo pode ser ausente, ou pode ser substituída por uma pequena projeção muscular do tendão flexor longo ou do flexor acessório. Inversamente, a projeção pode se unir a uma segunda projeção supranumerária.

Relações O músculo flexor curto dos dedos se localiza imediatamente abaixo da parte central da aponeurose plantar (Fig. 84.19A). Sua superfície inferior é separada dos vasos plantares laterais e nervos por uma fina camada de fáscia.

Suprimento vascular O flexor curto dos dedos é suprido pelas artérias plantares medial e lateral, artérias metatarsais plantares e pelas artérias digitais plantares dos quatro dedos menores.

Suprimento nervoso O músculo flexor curto dos dedos é inervado pelo nervo plantar medial, S1 e S2.

Ações O músculo flexor curto dos dedos flexiona os dedos menores na articulação interfalangeana proximal, com igual efeito em qualquer posição da articulação do tornozelo.

Testes Para testar a ação do flexor curto dos dedos, o examinador estende passivamente a articulação interalangeana distal e pede que o indivíduo flexione os dedos na articulação interfalangeana distal. A contratura do tendão flexor pode levar a deformidades dos dedos, e procedimentos de liberação ou alongamento podem ser necessários. O ventre muscular algumas vezes é excisado na forma de retalho para cobrir um defeito de tecidos moles.

Músculo abdutor do dedo mínimo

Fixações O músculo abdutor do dedo mínimo se origina de processos da tuberosidade calcânea, da superfície plantar do osso entre eles, da aponeurose plantar e do septo intermuscular entre o músculo e o flexor curto dos dedos. Seu tendão desliza em um sulco liso na superfície plantar da base do quinto metatarsal e se fixa, com o flexor curto do dedo mínimo, à face lateral da base da falange proximal do quinto dedo; consequentemente é mais um flexor do que um abdutor. Algumas fibras que se originam do processo calcâneo lateral geralmente chegam à ponta da tuberosidade do quinto metatarsal (Figs. 84.8B; 84.11) e podem formar um músculo separado, o abdutor do metatarsal do quinto dedo. Uma projeção acessória da base do quinto metatarsal não é infrequente.

Relações O abdutor do dedo mínimo se localiza ao longo do bordo lateral do pé, e sua margem medial está relacionada com os vasos e nervo plantares laterais (Fig. 84.20).

Suprimento vascular O abdutor do dedo mínimo é suprido pelas artérias plantares medial e lateral (Figs. 84.20 e 84.24A), a artéria digital plantar para o lado do dedo mínimo, os ramos do arco plantar, a quarta artéria plantar lateral e as terminações das artérias arqueada e tarsal lateral (Fig. 84.9).

Inervação O abdutor do dedo mínimo é inervado pelo nervo plantar lateral, S1, S2 e S3.

Ação A despeito de seu nome, o abdutor do dedo mínimo é mais um flexor do que um abdutor da articulação metatarsofalangeana do quinto pododáctilo.

Músculos plantares do pé: segunda camada

A segunda camada consiste no músculo quadrado plantar (em português) e quatro músculos lumbricais. Os tendões do flexor longo do hálux e flexor longo dos dedos cursam no mesmo plano dos músculos da segunda camada (Fig. 84.19B): o flexor longo do hálux e o flexor longo dos dedos são descritos no Capítulo 83.

Bainha dos tendões flexores

As terminações dos tendões dos músculos flexores longo e curto estão contidas em canais osseoaponeuróticos similares àqueles que ocorrem nos dedos da mão. Esses canais podem ser limitados acima pelas falanges e abaixo por bandas fibrosas, as bainhas fibrosas digitais que se fixam nos dois lados às margens das falanges (Fig. 84.19B). Ao longo das falanges proximal e média, as bandas fibrosas são fortes e as fibras são transversas (parte anular); opostas às articulações elas são muito mais finas e as fibras fazem decussações (parte cruciforme). Cada canal osseoaponeurótico possui um revestimento sinovial, que é refletido ao redor de seu tendão; dentro desta bainha, os vínculos tendinosos estão dispostos da mesma forma encontrada nos quirodáctilos.

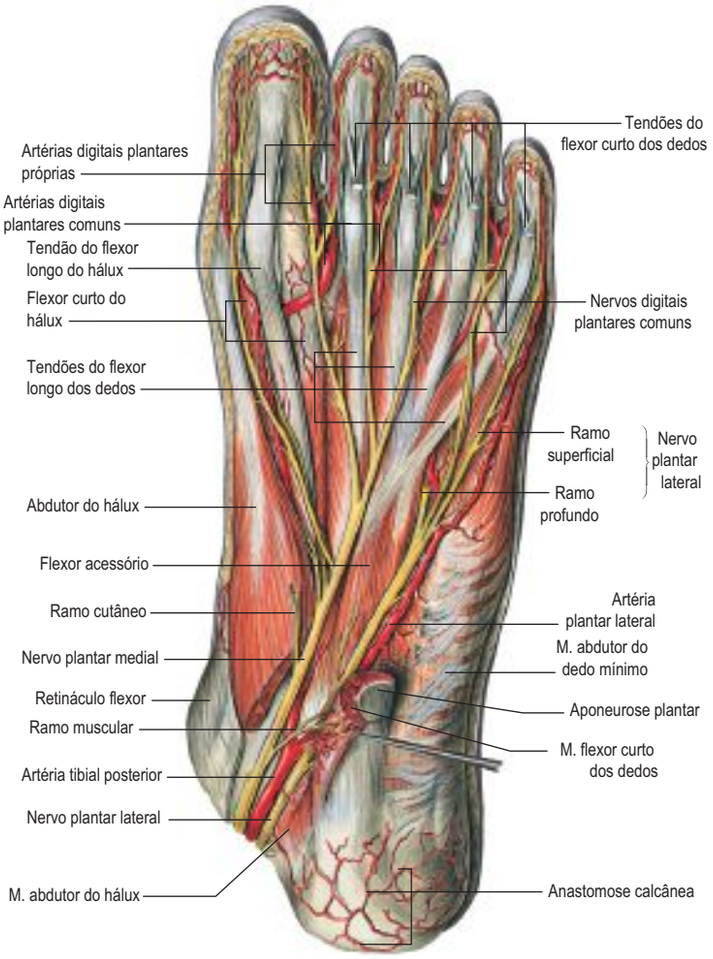


Fig. 84.20 Nervos e vasos plantares em relação às camadas musculares. (De Sobotta 2006.)

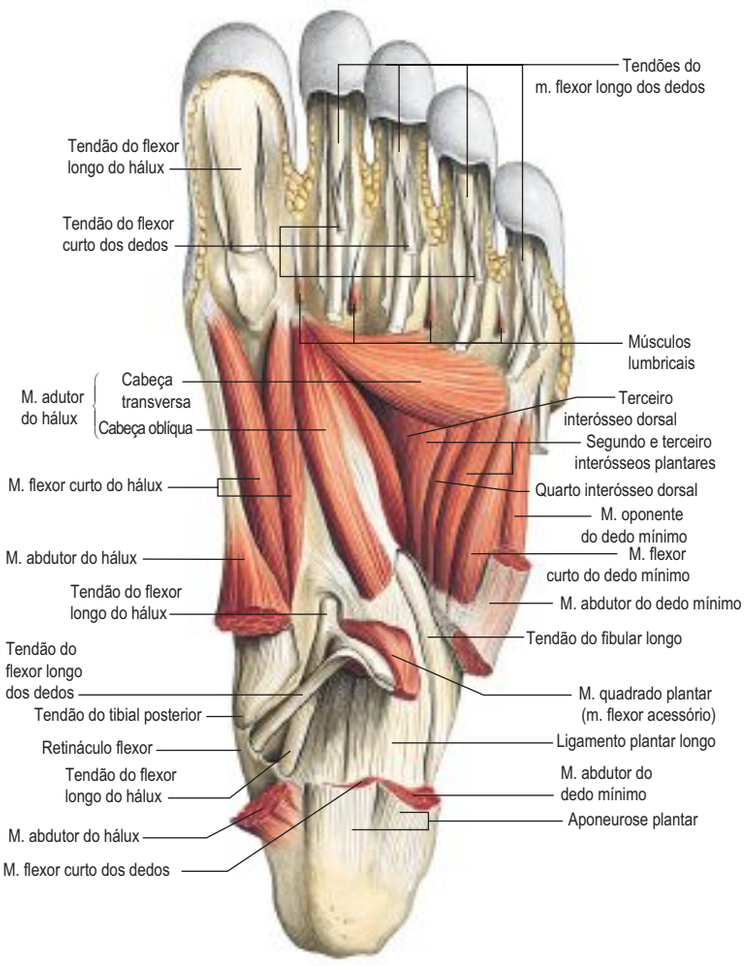


Fig. 84.21 Músculos da planta do pé, terceira camada. (De Sobotta 2006.)

Músculo quadrado plantar

Fixações O músculo quadrado plantar (Fig. 84.19B), também conhecido como flexor acessório dos dedos, se origina a partir de duas cabeças, com o ligamento plantar longo situado profundamente no intervalo entre as duas cabeças. A cabeça medial é maior e com maior quantidade de fibras musculares, se fixando à superfície medial côncava do calcâneo, abaixo do sulco para o tendão do flexor longo do hálux. A cabeça lateral é plana e tendinosa se fixando ao calcâneo distal ao processo lateral da tuberosidade, e ligamento plantar longo. O ventre muscular se insere no tendão do flexor longo dos dedos no ponto em que ele se funde por uma projeção fibrosa ao tendão do flexor longo do hálux, e onde se divide em seus quatro tendões.

O músculo algumas vezes está ausente. Sua fixação distal nos tendões do flexor longo dos dedos pode variar, o que significa que o quarto e quinto tendões do flexor longo podem, algumas vezes falhar em receber projeções do acessório.

Relações O nervo plantar medial passa medialmente e o nervo plantar lateral passa superficialmente ao flexor acessório.

Suprimento vascular O músculo quadrado plantar é suprido pelo tronco da artéria plantar medial (para a cabeça medial), a artéria plantar lateral e arco plantar.

Inervação O músculo quadrado plantar é inervado pelo nervo plantar lateral, S1, S2 e S3.

Ação Pela tração dos tendões do músculo flexor longo dos dedos, o músculo quadrado plantar fornece um meio de flexionar os quatro dedos laterais em qualquer posição da articulação do tornozelo.

Músculos lumbricais

Fixações Os músculos lumbricais são quatro pequenos músculos (numerados a partir da face medial do pé) que são acessórios para os tendões do flexor longo dos dedos (Fig. 84.19A,B). Eles se originam desses tendões em seus ângulos de separação, cada um deles cobrindo os lados de dois tendões adjacentes, exceto para o primeiro lumbrical, que se origina somente da borda medial do primeiro tendão. Os músculos terminam em tendões que passam distalmente nas faces mediais dos quatro dedos menores e se fixam nas expansões dorsais digitais em suas falanges proximais.

Relações Os lumbricais estão intimamente relacionados com os tendões do flexor longo dos dedos antes deste entrar em suas bainhas flexoras fibrosas correspondentes. Os lumbricais permanecem fora das bainhas flexoras fibrosas e cruzam as faces plantares dos ligamentos metatarsais profundos antes de chegarem às expansões digitais dorsais.

Suprimento vascular Os lumbricais são supridos pela artéria plantar lateral e arco plantar, e por quatro artérias metatarsais plantares (quatro artérias perfurantes distais unidas por três artérias perfurantes proximais). Seus tendões são supridos por ramos das artérias digitais dorsais (e suas artérias metatarsais dorsais parentes) para os quatro dedos laterais.

Inervação O primeiro lumbrical é suprido pelo nervo plantar medial e os restantes são supridos pelo ramo profundo do nervo plantar lateral, S2 e S3.

Ação Os lumbricais ajudam a manter a extensão das articulações interfalangeanas nos dedos. Nas lesões do nervo tibial, e em condições como as neuropatias motor-sensitivas hereditárias (p. ex., doença de Charcot-Marie-Tooth), a disfunção dos lumbricais contribui para o posicionamento em garra dos pododáctilos.

Músculos plantares do pé: terceira camada

A terceira camada do pé contém os músculos intrínsecos mais curtos do hálux e mínimo, isto é, o flexor curto do hálux, adutor do hálux e flexor curto do dedo mínimo (Fig. 84.21).

Flexor curto do hálux

Fixações O músculo flexor curto do hálux possui um tendão de origem bifurcado (Figs. 84.19A,B; 84.21). O membro lateral se origina da parte medial da superfície plantar do cuboide, posterior ao sulco para o tendão do músculo fibular longo e da parte adjacente do cuneiforme lateral. O membro medial possui uma fixação profunda diretamente contínua com a divisão lateral do tendão do tibial posterior e uma fixação mais superficial na banda média do septo intermuscular medial. O ventre do músculo se divide em partes medial e lateral, e seus tendões gêmeos se fixam aos lados da base da falange proximal do hálux. A parte medial se funde com o tendão do abdutor do hálux, e a lateral com a parte lateral do adutor do hálux.

Um osso sesamoide geralmente ocorre em cada tendão próximo a sua inserção. Problemas clínicos com o flexor curto do hálux geralmente estão relacionados com os ossos sesamoides associados. Entretanto, a excisão de ambos os sesamoides leva à ruptura dos tendões e a subsequente deformidade em extensão na primeira articulação metatarsofalangeana: portanto, esta cirurgia não é recomendada.

Projeções acessórias podem se originar proximalmente do calcâneo ou ligamento plantar longo. Uma projeção tendinosa pode se estender para a falange proximal do segundo dedo.

Relações O músculo flexor curto do hálux se localiza na face inferior da diáfise do primeiro metatarsal; o abdutor do hálux se localiza medialmente. O nervo digital medial para o hálux e o tendão do flexor longo do hálux passam para o hálux em sua superfície plantar. O nervo plantar medial se localiza mais superficialmente em sua face lateral.

Suprimento vascular O músculo flexor curto do hálux é suprido por ramos da artéria plantar medial, primeira artéria metatarsal plantar, artéria plantar lateral e arco plantar.

Inervação O músculo flexor curto do hálux é suprido pelo nervo plantar medial, S1 e S2.

Ação O flexor curto do hálux flexiona a falange proximal do hálux.

Testes O indivíduo é orientado a flexionar a primeira articulação metatarsofalangeana com a articulação interfalangeana estendida, eliminando a ação do flexor longo do hálux.

Músculo adutor do hálux

Fixações O músculo adutor do hálux se origina por meio de cabeças oblíquas e transversa (Figs. 84.19B; 84.21). A cabeça oblíqua se estende das bases do segundo, terceiro e quarto ossos metatarsais, e da bainha fibrosa do tendão do fibular longo. A cabeça transversa, um fascículo estreito e plano, se origina dos ligamentos metatarsofalangeanos plantares do terceiro, quarto e quinto dedos (algumas vezes somente do terceiro e quarto) e dos ligamentos metatarsais transversos profundos entre eles. A cabeça oblíqua possui partes medial e lateral. A parte medial se funde com a parte lateral do flexor curto do hálux e se fixa ao osso sesamoide lateral do hálux. A parte lateral se junta à cabeça transversa e também se fixa ao osso sesamoide lateral e diretamente à base da primeira falange do hálux. Não há fixação falangeana para a parte transversa do músculo; as fibras que não chegam ao sesamoide lateral se fixam com a parte oblíqua.

A parte transversa do adutor do hálux algumas vezes está ausente; parte do músculo pode se fixar ao primeiro metatarsal, constituindo um oponente do hálux; uma projeção também pode se estender para a falange proximal do segundo dedo.

Relações O músculo adutor do hálux se localiza plantar às diáfises metatarsais e interósseos e flexores longo e curto dos dedos. As artérias e nervos plantares medial e lateral são superficiais e o músculo flexor curto do hálux é proximal e medial.

Suprimento vascular O adutor do hálux é suprido por ramos da artéria plantar medial, artéria plantar lateral, arco plantar e primeira a quarta artérias metatarsais.

Inervação O músculo adutor do hálux é inervado pelo ramo profundo do nervo plantar lateral, S2 e S3.

Ação O músculo adutor do hálux flexiona parcialmente a falange proximal do hálux, mas também estabiliza as cabeças metatarsais.

Anatomia clínica O músculo adutor do hálux é uma das forças de deformação no hálux valgo e precisa ser liberado durante a liberação de tecidos moles distais nos casos de deformidade fixa.

Músculo flexor curto do dedo mínimo

Fixações O músculo flexor curto do dedo mínimo se origina na parte medial da superfície plantar da base do quinto osso metatarsal e da bainha do fibular longo (Figs. 84.19B; 84.21). Ele possui um tendão distal que se insere na face lateral da base da falange proximal do mínimo; esse tendão geralmente se funde lateralmente com o do abdutor do dedo mínimo. Ocasionalmente, algumas de suas fibras profundas se estendem para a parte lateral da metade distal do quinto osso metatarsal, constituindo o que pode ser descrito como um músculo distinto, o oponente do dedo mínimo.

Relações A diáfise do quinto metatarsal se localiza na superfície profunda do flexor curto do dedo mínimo, os interósseos se localizam medialmente e o abdutor do dedo mínimo é lateral. O ramo mais lateral do nervo plantar lateral se localiza superficial e medialmente ao flexor curto do dedo mínimo.

Suprimento vascular O flexor curto do dedo mínimo é suprido pelos ramos finais das artérias arqueada e tarsal lateral e a artéria plantar lateral e seu ramo digital (plantar) para a face lateral do mínimo.

Inervação O músculo flexor curto do dedo mínimo é inervado pelo ramo superficial do nervo plantar lateral, S2 e S3.

Ação O flexor curto do dedo mínimo flete a articulação metatarsofalangeana do quinto pododáctilo.

Músculos plantares do pé: quarta camada

A quarta camada de músculos do pé consiste nos interósseos plantar e dorsal e dos tendões do tibial posterior e fibular longo (o tibial posterior e o fibular longo são descritos no Cap. 83). Os interósseos se assemelham às suas contrapartes na mão exceto que, quando se descreve a adução e abdução nos dedos do pé, o eixo de referência é um eixo longitudinal que corresponde à diáfise do segundo metatarsal (ao contrário da mão onde a referência é feita com o eixo longo do terceiro metacarpal).

Interósseos dorsais

Fixações Os interósseos dorsais (Fig. 84.22A) se situam entre os ossos metatarsais. Eles consistem em quatro músculos bipenados, cada um deles se

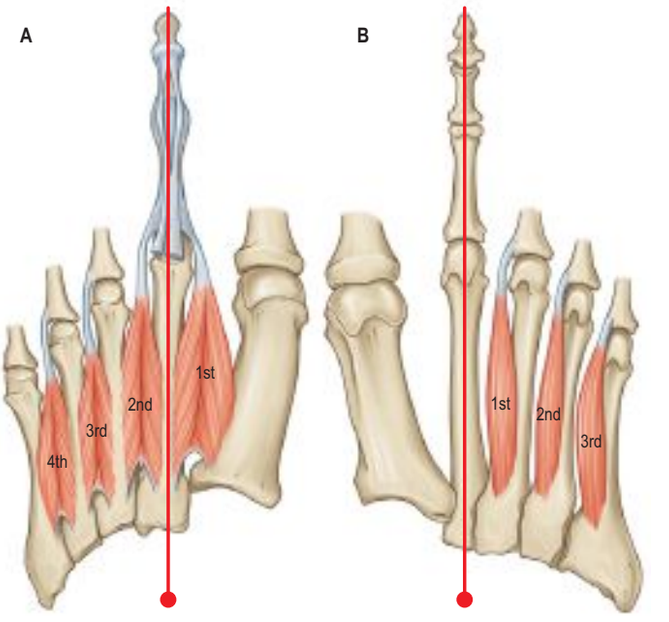


Fig. 84.22 Os interósseos do pé esquerdo. **A,** Interósseos dorsais vistos pela face dorsal. **B,** Interósseos plantares vistos pela face plantar. O eixo ao qual o movimento de abdução e adução se refere está indicado.

originam em duas cabeças que surgem dos lados dos ossos metatarsais adjacentes. Seus tendões se fixam às bases das falanges proximais e expansões digitais dorsais. O primeiro se insere na face medial do segundo dedo; os outros três passam para as faces laterais do segundo, terceiro e quarto dedos.

Relações Entre as cabeças de cada um dos três músculos laterais há um espaço angular através do qual uma artéria perfurante passa para o dorso do pé. Entre as cabeças do primeiro músculo, o espaço correspondente transmite a parte terminal da artéria dorsal do pé para a planta (Fig. 84.1).

Suprimento vascular Os interósseos dorsais são supridos pela artéria arqueada, artérias tarsais lateral e medial e primeira a quarta artérias plantares e primeira a quarta artérias metatarsais dorsais (recebendo as artérias perfurantes distal e proximal) e pelas artérias digitais dorsais dos quatro dedos laterais.

Inervação Os interósseos dorsais são supridos pelo ramo profundo do nervo plantar lateral (S2 e S3), exceto pelo quarto espaço interósseo, que é suprido pelo ramo superficial do nervo plantar lateral.

Ação Os interósseos dorsais abduzem os dedos do pé em relação ao eixo longitudinal do segundo metatarsal. Eles também flexionam as articulações metatarsofalangeanas e estendem as articulações interfalangeanas dos dedos menores. O hálux e o dedo mínimo possuem seus próprios abdutores.

Anatomia clínica A denervação dos interósseos leva a deformidades de dedos em garra. O desenvolvimento de dedos em garra deve alertar o médico para a possibilidade de um processo neuropático (p. ex., doença de Charcot-Marie-Tooth, diastematomielia).

Músculos interósseos plantares

Existem três interósseos plantares (Fig. 84.22B). Eles se localizam abaixo, e não entre, os ossos metatarsais, e cada um deles se conecta somente a um osso metatarsal. Eles se originam nas bases e faces mediais do terceiro, quarto e quinto ossos metatarsais e se inserem nas faces mediais das bases das falanges proximais numericamente correspondentes e em suas expansões digitais dorsais.

Relações Os interósseos plantares se localizam plantarmente aos interósseos dorsais e abaixo dos músculos da terceira camada.

Suprimento vascular Os músculo interósseos plantares são supridos pela artéria plantar lateral, pelo arco plantar, da segunda a quarta artéria metatarsal e pelas artérias digitais dorsais dos três dedos laterais.

Inervação Os músculos interósseos dorsais são supridos pelo ramo profundo do nervo plantar lateral (S2 e S3), exceto pelo quarto espaço interósseo, que é suprido pelo ramo superficial do nervo plantar lateral.

Ação Os interósseos plantares aduzem o terceiro, quarto e quinto dedos do pé, fletem as articulações metatarsofalangeanas e estendem as articulações interfalangeanas.

Anatomia clínica A anatomia clínica dos interósseos plantares é similar à dos interósseos dorsais.

Músculos extensores do pé

Extensor curto dos dedos e extensor curto do hálux

Fixações O extensor curto dos dedos (Fig. 84.2A) é um músculo fino que se origina na parte distal da superfície superolateral do calcâneo na frente de um sulco lateral raso para o fibular curto, do ligamento talocalcâneo interósseo e da superfície inferior do tronco do retináculo extensor. Ele faz uma projeção distal e medial através do dorso do pé e termina em quatro tendões. A parte medial do músculo geralmente é uma projeção mais ou menos distinta, terminando em um tendão que cruza a artéria dorsal do pé superficialmente para se inserir na face dorsal da base da falange proximal do hálux; essa projeção algumas vezes é denominada extensor curto do hálux. Os outros três tendões se fixam nas faces laterais dos tendões do extensor longo dos dedos para o segundo, terceiro e quarto dedos.

Relações O tendão mais medial, o do músculo extensor curto do hálux, cursa dorsomedialmente e passa superficial à artéria dorsal do pé e ao nervo fibular profundo. Os três tendões restantes passam obliquamente abaixo dos tendões correspondentes do extensor longo dos dedos.

Suprimento vascular O extensor curto dos dedos é suprido pelo ramo perfurante anterior da artéria fibular, artéria maleolar anterior lateral, artérias tarsais laterais, artérias dorsais do pé, artéria arqueada, primeira, segunda e terceira artérias metatarsais, artérias perfurantes proximal e distal e artérias digitais dorsais para os quatro dedos mediais (incluindo o hálux).

Inervação O extensor curto dos dedos é suprido pelo ramo terminal do nervo fibular profundo, L5, S1.

Ações O músculo auxilia na extensão das falanges dos três dedos do meio através dos tendões do extensor longo dos dedos; no hálux, auxilia na extensão da articulação metatarsofalangeana.

Anatomia clínica A laceração do extensor curto dos dedos leva a um pequeno dano funcional porque os extensores longos podem compensar a perda deste músculo. A parte proximal do músculo pode ser utilizada como material de interposição para impedir uma fusão óssea após a ressecção de uma barra calcaneonavicular (uma coalisão tarsal comum). O ventre muscular e o tendão do extensor curto do hálux servem como guias para a localização da artéria dorsal do pé e nervo fibular profundo. O tendão do extensor curto do hálux pode ser utilizado como um enxerto local.

SUPRIMENTO VASCULAR

ARTÉRIAS

Artéria dorsal do pé

A artéria dorsal do pé (Figs. 84.1; 84.23) é a continuação da artéria tibial anterior distal ao tornozelo. Ela passa para a extremidade proximal do primeiro espaço intermetartarsal, onde se junta à planta entre as cabeças do primeiro interósseo dorsal para completar o arco plantar, e fornece a primeira artéria metatarsal plantar.

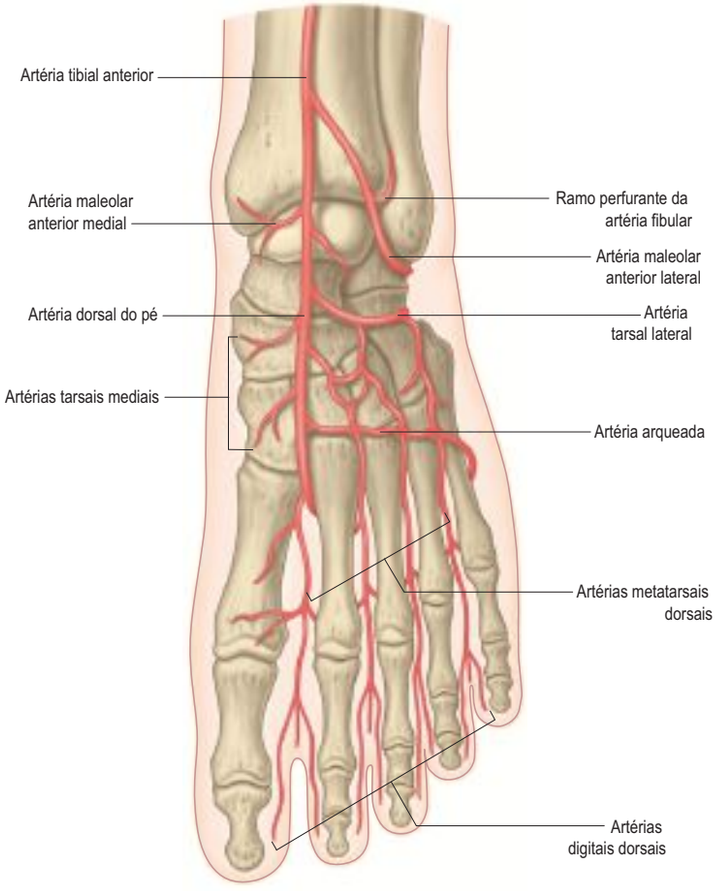


Fig. 84.23 Artérias dorsais do pé.

A artéria pode ser maior do que o normal, para compensar uma artéria plantar lateral pequena. Ela pode ser ausente, caso no qual é substituída por um grande ramo perfurante da artéria fibular. Ela geralmente diverge lateralmente de sua rota usual.

Relações

A artéria dorsal do pé cruza sucessivamente a cápsula articular talocrural, o tálus, o navicular e o cuneiforme intermédio e seus ligamentos; superficialmente a ela encontramos a pele, fáscias, retináculo extensor inferior e, próximo ao seu término, o extensor curto do hálux. Medialmente a esta artéria, encontramos o tendão do extensor longo do hálux e lateralmente está o tendão medial do extensor longo dos dedos e ramo terminal medial do nervo fibular profundo. Os tendões são marcos anatômicos úteis no planejamento de abordagens anatômicas seguras na cirurgia do tornozelo e pé.

Anatomia de superfície

A pulsação da artéria dorsal do pé é palpável no ponto médio entre os maléolos e a extremidade proximal do primeiro espaço intermetatarsal.

Ramos

A artéria dorsal do pé origina as artérias tarsal, arqueada e primeira artéria metatarsal dorsal.

Artérias tarsais Existem duas artérias tarsais, lateral e medial (Fig. 84.23). Elas se originam quando a artéria dorsal do pé cruza o navicular. A lateral cursa lateralmente por sob o extensor curto dos dedos; ela supre este músculo e as articulações tarsais, e faz anastomoses com ramos das artérias arqueada, maleolar lateral anterior e plantar lateral, e com o ramo perfurante da artéria fibular. Duas ou três artérias tarsais mediais se ramificam no bordo medial do pé e se unem com a rede maleolar medial.

Artéria arqueada A artéria arqueada (Fig. 84.23) se origina próximo ao cuneiforme medial, passa lateralmente sobre as bases metatarsais, profundamente aos tendões dos extensores digitais e faz anastomose com as artérias tarsal lateral e plantar. Ela é responsável pelo suprimento entre a segunda e a quarta artéria metatarsal dorsal, cursando distal e superficialmente ao interósseo dorsal, e se divide em dois ramos digitais dorsais para os dedos contíguos nas fendas interdigitais. Proximalmente, nos espaços interósseos, esses ramos recebem ramos perfurantes proximais do arco plantar. Distalmente, eles se unem aos ramos perfurantes distais das artérias metatarsais plantares. A quarta artéria metatarsal dorsal envia um ramo para a face lateral do quinto dedo.

Primeira artéria metatarsal dorsal A primeira artéria metatarsal dorsal (Fig. 84.23) se origina antes da artéria dorsal do pé entrar na planta. Ela cursa distalmente no primeiro interósseo dorsal e se divide na fenda entre o primeiro e segundo pododáctilos. Um ramo passa por sob o tendão do extensor longo do hálux e supre a face medial do hálux; o outro faz bifurcação para suprir os lados adjacentes do hálux e segundo pododáctilo.

Vasos cutâneos da artéria dorsal do pé A artéria dorsal do pé e seu primeiro ramo metatarsal dorsal dão origem a pequenos ramos cutâneos diretos que suprem a pele dorsal do pé entre o retináculo extensor e o primeiro espaço interdigital. Este vaso fornece a base para o retalho fasciculocutâneo desta região e que pode ser utilizado para cobrir defeitos superficiais em qualquer local do pé.

Arco plantar

O arco plantar (Fig. 84.24) está situado profundamente, estendendo-se da base do quinto metatarsal até a extremidade proximal do primeiro espaço interósseo. Convexo distalmente, é plantar às bases do segundo ao quarto ossos metatarsais e interósseos correspondentes, mas dorsal à parte oblíqua do músculo adutor do hálux.

Ramos

O arco plantar emite três ramos perfurantes e quatro ramos metatarsais plantares e diversos ramos que suprem a pele, fáscia e músculos na planta. Três ramos perfurantes ascendem através das extremidades proximais do segundo ao quarto espaços intermetatarsais, entre as cabeças dos interósseos dorsais e fazem anastomoses com as artérias metatarsais dorsais. Quatro artérias metatarsais plantares se estendem distalmente entre os ossos dos metatarsais em contato com os interósseos (Fig. 84.24). Cada uma se divide em duas artérias digitais plantares, suprindo as faces digitais adjacentes. Próximo a sua divisão, cada artéria digital plantar envia um ramo perfurante distal dorsalmente para se unir a uma artéria metatarsal dorsal. A primeira artéria metatarsal plantar se origina da junção entre as artérias plantar lateral e dorsal do pé e envia um ramo digital para a face lateral do hálux. O ramo digital lateral para o quinto dedo se origina diretamente da artéria plantar lateral próximo à base do

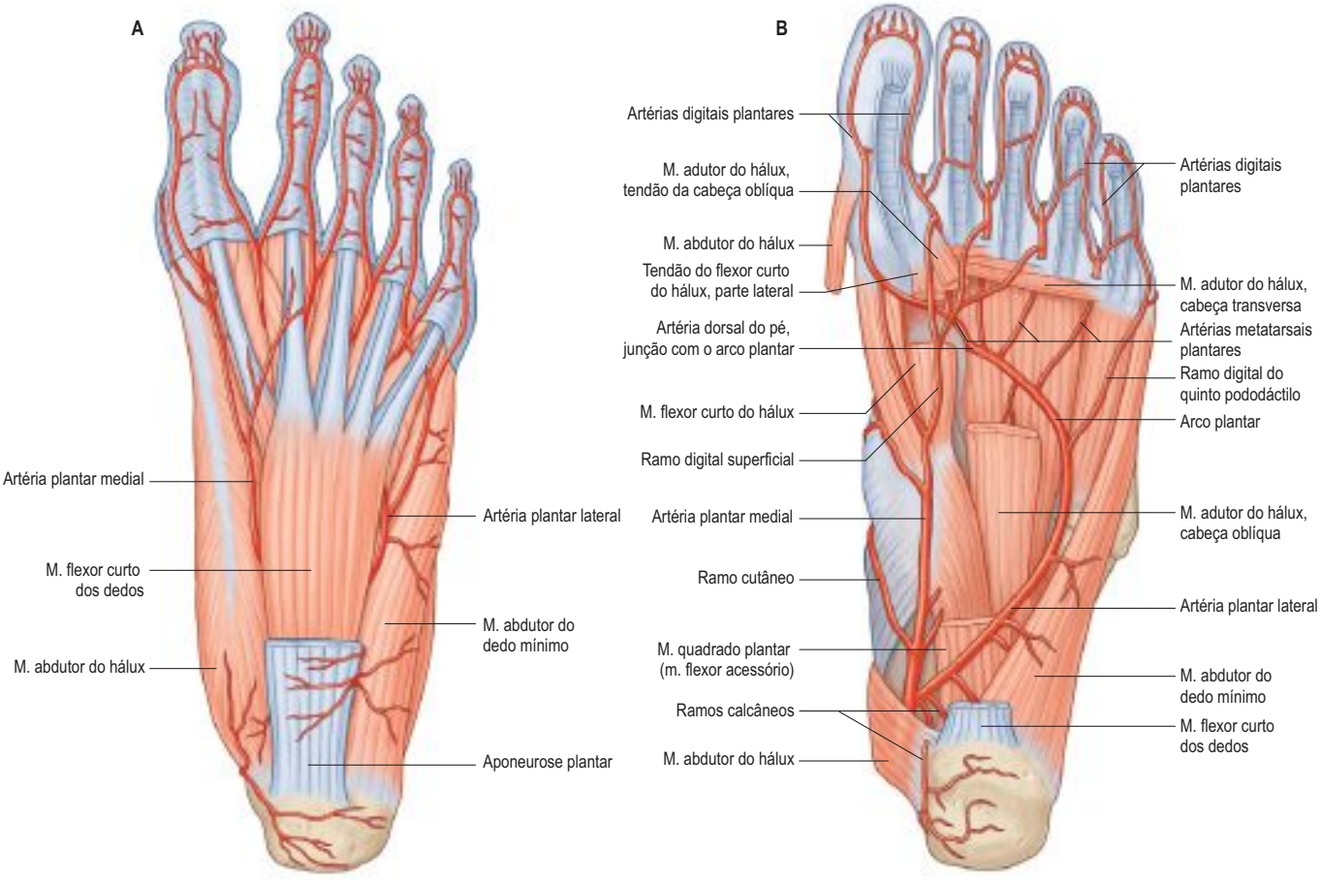


Fig. 84.24 As artérias plantares do pé esquerdo. **A,** Dissecação superficial. **B,** Dissecação profunda.

quinto metatarsal. A hemorragia no arco plantar é difícil de controlar, devido à profundidade do vaso e suas importantes relações.

Anatomia de superfície

A artéria plantar lateral começa entre o calcanhar e o maléolo medial e cruza obliquamente até um ponto 2,5 cm medial à tuberosidade do quinto metatarsal. Com uma leve convexidade distal, ela chega até o final do primeiro espaço intermetatarsal.

Artéria tibial posterior

Antes de a artéria tibial posterior se dividir em seus dois principais ramos terminais, ela origina um ramo comunicante que cursa posteriormente através da tíbia a aproximadamente 5 cm acima de sua extremidade distal, profundamente ao flexor longo do hálux, unindo-se a um ramo comunicante da artéria fibular; ramos calcâneos, que se originam proximal ao término da artéria tibial posterior, perfuram o retináculo flexor e suprem a pele e tecido adiposo por trás do tendão calcâneo; a artéria do canal tarsal. Os ramos terminais da artéria tibial posterior são as artérias plantares medial e lateral.

Ramos

Artéria plantar medial A artéria plantar medial é o menor ramo terminal da artéria tibial posterior (Fig. 84.24). Ela se origina a meio caminho entre o maléolo medial e o tubérculo calcâneo medial e passa distalmente ao longo da face medial do pé, com o nervo plantar medial lateral a ela. Inicialmente abaixo do músculo abdutor do hálux, ele cursa distalmente entre o abdutor do hálux e o flexor curto dos dedos, suprindo ambos. Próximo à sua primeira base metatarsal, quando seu calibre já diminuiu como o resultado do suprimento de vários ramos musculares, ela diminui ainda mais terminando em um ramo superficial. Ela passa para o bordo medial do hálux, onde faz anastomose com um ramo da primeira artéria metatarsal. Seu ramo superficial faz uma trifurcação e supre três ramos digitais superficiais que acompanham os ramos digitais do nervo plantar medial e se une às artérias plantares metatarsais.

Artéria plantar lateral A artéria plantar lateral é o maior ramo terminal da artéria tibial posterior (Fig. 84.24). Ela passa distal e lateralmente para a base do quinto metatarsal; o nervo plantar lateral é medial. Os nervos plantares se localizam entre as artérias plantares. Girando medialmente, com o ramo profundo do nervo, ela ganha o intervalo entre a primeira e segunda bases metatarsais e se une com a artéria dorsal do pé para completar o arco plantar. Em seu curso lateral, é a primeira entre o calcâneo e o abdutor do hálux, a seguir, entre o flexor curto dos dedos e flexor acessório. Cursando distalmente para a base do quinto metatarsal, ela passa entre o flexor curto dos dedos e abdutor do dedo mínimo e é coberto pela aponeurose plantar, fáscia superficial e pele.

Ramos musculares suprem os músculos ao seu redor. Ramos superficiais emergem ao longo do septo intermuscular para suprir a pele e tecido subcutâneo sobre a parte lateral da planta do pé. Ramos anastomóticos cursam para o bordo lateral, e se unem a ramos das artérias tarsal lateral e arqueada. Algumas vezes, um ramo calcâneo perfura o músculo abdutor do hálux para suprir a pele do calcanhar.

Retalhos perfurantes na região do tornozelo e do pé

As artérias ao redor do tornozelo e pé são as artérias calcâneas medial e lateral, as artérias plantares medial e lateral e a artéria dorsal do pé. No pé, as duas artérias plantares com artérias comunicantes da dorsal do pé originam várias pequenas perfurantes. Na planta do pé, as perfurantes emergem em ambos os lados da aponeurose plantar e também passam através dela para suprir a pele. "Retalhos em ilha" dessas perfurantes podem ser usados para reconstruir pequenos defeitos nas áreas de suporte de peso. A pele da planta do pé é altamente especializada e, portanto, de maneira ideal os defeitos nesta região devem ser reconstruídos com o uso de pele local.

SISTEMAS VENOSOS PROFUNDO E SUPERFICIAL NO PÉ

As veias digitais plantares se originam de plexos nas regiões plantares dos pododáctilos. Elas se conectam às veias digitais dorsais para formar quatro veias metatarsais plantares que cursam proximalmente nos espaços intermetatarsais e se conectam via veias perfurantes às veias dorsais, e continuam para formar o arco plantar venoso profundo que se situa ao longo do arco arterial plantar. Deste arco venoso, veias plantares medial e lateral cursam próximo às artérias correspondentes e, após se comunicarem com as veias safenas magna e menor, formam as veias tibiais posteriores atrás do maléolo medial.

As principais veias com nomes são as veias safena magna e safena parva. Suas diversas tributárias em grande parte não possuem nomes (mas não a maioria); os vasos com nomes serão destacados (Fig. 79.9A,B). Assim como no membro superior, os vasos serão descritos de modo centrípeto dos vasos periféricos para os principais canais de drenagem.

As veias digitais dorsais recebem ramos das veias digitais plantares nas fendas entre os dedos e se unem para formar as veias metatarsais dorsais, que se unem através das partes proximais dos ossos metatarsais em um arco venoso dorsal. Proximal a este arco, uma rede venosa dorsal irregular recebe tributárias de veias profundas e é contínua proximalmente com uma rede venosa na perna. Em cada lado do pé, esta rede faz conexão com as veias marginais medial e lateral, que são formadas principalmente por veias das partes mais superficiais da planta do pé. Na planta do pé, as veias superficiais formam um arco cutâneo plantar através das raízes dos dedos e também drenam para os plexos marginais medial e lateral, especialmente denso no coxim adiposo do calcanhar. Ela faz conexão com o arco venoso plantar cutâneo e outras veias profundas, mas drena principalmente para as veias marginais. As veias da planta são parte importante do sistema de "bomba venosa" do membro inferior auxiliando na propulsão do sangue na direção do coração. Instrumentos de compressão intermitente estão disponíveis para aumentar este fluxo e reduzir o risco de trombose venosa profunda durante períodos de risco aumentado; por exemplo, após cirurgias.

INERVAÇÃO DO PÉ

Nervo fibular superficial

O nervo fibular superficial é descrito no Capítulo 83.

Nervo fibular profundo

O nervo fibular profundo é descrito no Capítulo 83.

Nervo tibial

Os ramos do nervo tibial que inervam estruturas no tornozelo e pé são os nervos articular, muscular, sural, calcâneo medial e nervos plantares medial e lateral. O curso e a distribuição do nervo tibial na panturrilha são descritos no Capítulo 83.

Nervo calcâneo medial

O nervo calcâneo medial se origina no nervo tibial e perfura o retináculo flexor para suprir a pele do calcanhar e face medial da sola.

Nervo plantar medial

O nervo plantar medial é a maior divisão terminal do nervo tibial e se localiza lateralmente à artéria plantar medial. De sua origem sob o retináculo flexor, ele passa abaixo do abdutor do hálux, depois aparece entre este músculo e o flexor curto dos dedos, origina um nervo digital próprio medial para o hálux e se divide próximo às bases metatarsais em três nervos digitais plantares comuns.

Os ramos cutâneos perfuram a aponeurose plantar entre o músculo abdutor do hálux e o músculo flexor curto dos dedos para suprir a pele da planta do pé. Ramos musculares suprem o músculo abdutor do hálux, flexor curto dos dedos e primeiro lumbrical. Os dois primeiros se originam próximo à origem do nervo e penetram nas superfícies profundas dos músculos. O ramo para o músculo flexor curto do hálux é oriundo do nervo digital medial do hálux, e o ramo para o primeiro lumbrical é oriundo do primeiro nervo digital plantar comum. Ramos articulares suprem as articulações do tarso e metatarsais.

Três nervos digitais plantares comuns passam entre projeções da aponeurose plantar, cada um deles se dividindo em dois ramos digitais próprios. O primeiro supre as faces adjacentes do hálux e segundo pododáctilo, e o segundo supre as faces adjacentes do segundo e terceiro dedos; o terceiro supre as faces adjacentes do terceiro e quarto dedos e também faz conexão com o nervo plantar lateral. O primeiro origina um ramo para o primeiro lumbrical. Cada nervo digital próprio possui ramos cutâneos e articulares: próximo às falanges distais um ramo dorsal supre as estruturas ao redor da placa ungueal, e o término de cada nervo supre a polpa do dedo.

Os ramos digitais comuns do nervo plantar medial são distribuídos de modo similar àqueles do nervo mediano, assim como os ramos motores dos dois nervos. Na mão, o nervo mediano supre o abdutor e o flexor curto do polegar, oponente do polegar, além do primeiro e segundo lumbricais. Um

oponente está ausente no pé, mas os músculos abdutor do hálux, flexor curto do hálux e primeiro e segundo lumbricais são todos supridos pelo nervo plantar medial. O flexor curto dos dedos e o flexor superficial dos dedos (inervados pelo nervo mediano) correspondem, mas a inervação do segundo lumbrical do pé não se espelha na disposição da mão.

Nervo plantar lateral

O nervo plantar lateral supre a pele para o quinto dedo, a metade lateral do quarto dedo e a maior parte dos músculos profundos do pé (Fig. 84.20). Portanto, sua distribuição se assemelha muito à do nervo ulnar na mão. Ele passa lateralmente para a frente medial à artéria plantar lateral, na direção do tubérculo do quinto metatarsal. A seguir, ele passa entre os músculos flexor curto dos dedos e quadrado plantar (flexor acessório) e termina entre o flexor curto do dedo mínimo e abdutor do dedo mínimo dividindo-se em ramos superficial e profundo. Antes da divisão ele supre o flexor acessório e o abdutor do dedo mínimo e dá origem a pequenos ramos que perfuram a fáscia plantar para suprir a pele da parte lateral da planta (Fig. 84.25). O ramo superficial se divide em dois nervos digitais plantares comuns: o lateral supre a face lateral do quinto dedo, flexor curto do dedo mínimo e os dois interósseos no quarto espaço intermetatarsal; o medial se conecta ao terceiro ramo digital plantar comum do nervo plantar medial e se divide em dois para suprir as faces adjacentes do quarto e quinto dedos. O ramo profundo acompanha a artéria plantar lateral abaixo dos tendões flexores e o adutor do hálux, suprindo do segundo ao quarto lumbrical, adutor do hálux e todos os interósseos (exceto aqueles do quarto espaço intermetatarsal). Ramos para o segundo e terceiro lumbricais passam distalmente abaixo da cabeça transversa do adutor do hálux e envolvem seu bordo distal para atingi-los.

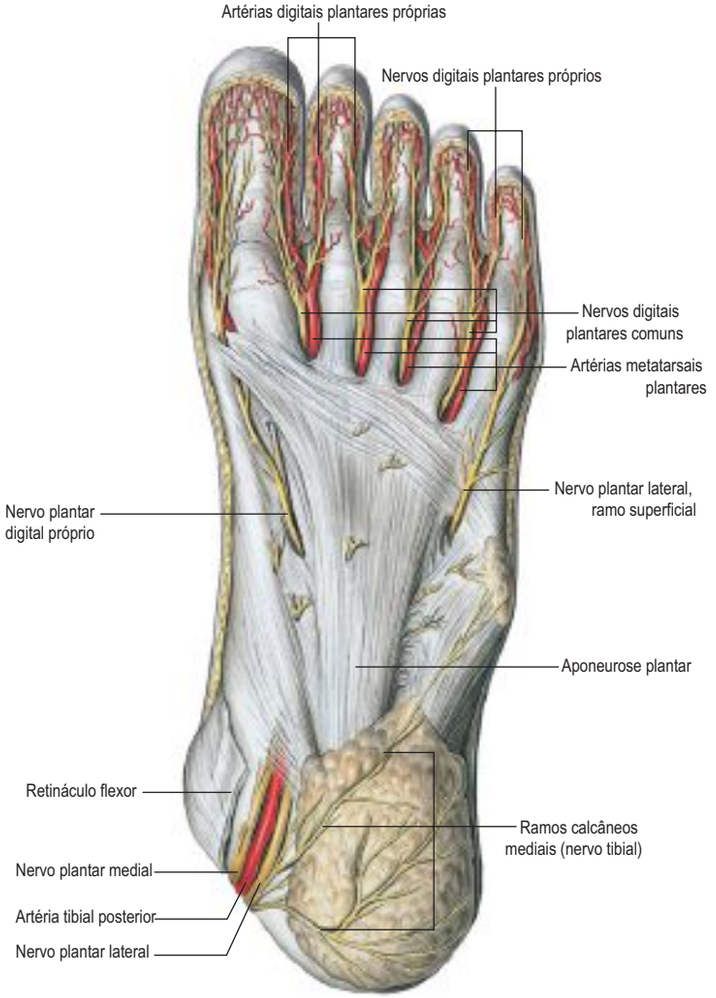


Fig. 84.25 Nervos digitais plantares. (De Sobotta 2006).

Síndromes de encarceramento nervoso no pé

Todos os nervos do pé podem ser afetados pelo encarceramento, levando classicamente a uma sensação de queimação na distribuição daquele nervo. A síndrome do túnel do tarso é muito menos comum do que a síndrome do túnel do carpo. O retináculo flexor pode comprimir o nervo tibial ou um de seus ramos (nervos plantares medial e lateral). Entretanto, o encarceramento neste nível é causado na maioria das vezes por uma lesão que ocupa espaço; por exemplo, cistos, ou compressão por um grupo de vasos ou a fáscia profunda associada ao músculo abdutor do hálux. A compressão do primeiro ramo do nervo plantar lateral pela fáscia profunda do músculo abdutor do hálux pode levar a dor no calcanhar. O nervo plantar medial pode ser comprimido no "nó de Henry": esta lesão geralmente se relaciona à prática do *jogging*. O "nó de Henry" é o marco anatômico onde o tendão do músculo flexor longo do hálux cruza abaixo do tendão do flexor longo dos dedos para atingir sua face medial na planta do pé. O nervo fibular superficial pode ser danificado nas inversões severas do tornozelo, e o nervo fibular profundo algumas vezes é comprimido por osteófitos na região da segunda articulação tarsometatarsal. O encarceramento do nervo sural geralmente não ocorre pela compressão dos elementos fasciais; em vez disto, é secundária ao trauma fibular distal e à consequente formação de cicatrizes ao redor do nervo. O encarceramento do nervo digital comum em sua passagem por sob o ligamento intermetatarsal do terceiro (ou menos comumente o segundo) espaço interdigital pode resultar em um neuroma de Morton, que provavelmente é a forma mais comum de encarceramento nervoso do pé.

BIOMECÂNICA DA POSTURA ERETA, DA DEAMBULAÇÃO E DA CORRIDA

PLANOS DE MOVIMENTO

Existe muita confusão em torno dos termos descritivos para o movimento no pé e tornozelo. Flexão plantar e dorsiflexão dizem respeito ao movimento no plano sagital e ocorrem principalmente, mas não exclusivamente, no tornozelo, articulações metatarsofalangeanas e interfalangeanas. A inversão é a inclinação da superfície plantar do pé na direção da linha média, e a eversão é a inclinação que se afasta da linha média. Este é o movimento no plano coronal e ocorre principalmente nas articulações talocalcânea e tarsal transversa. A adução é o movimento do pé na direção da linha média no plano transversal. A abdução é o movimento que se afasta da linha média. Esse movimento ocorre nas articulações tarsais transversas e, em grau limitado, na primeira articulação tarsometatarsal e articulações metatarsofalangeanas.

Supinação descreve um movimento tridimensional e é a combinação da adução, inversão e flexão plantar. Pronação é o movimento oposto, ou seja, uma combinação de abdução, eversão e dorsiflexão. A pronação e a supinação geralmente são termos melhores do que eversão e inversão, já que os últimos raramente ocorrem de modo isolado e os primeiros são descritos como movimentos 'compostos' que ocorrem com frequência.

Os movimentos ativos ocorrem no tornozelo, nas articulações talocalcaneonavicular e subtalar. Os movimentos na articulação do tornozelo são quase totalmente restritos à dorsiflexão e flexão plantar, mas uma leve rotação pode ocorrer na flexão plantar. Os arcos de movimentos na articulação talocalcaneonavicular e subtalar são maiores: inversão e eversão ocorrem principalmente aqui.

POSTURA ERETA

Humanos são bípedes: ficamos em pé e deambulamos com um tronco ereto e joelhos quase retos. Além disto, somos plantígrados, ou seja, apoiamos todo o comprimento do pé no chão, enquanto a maioria dos mamíferos médios e grandes são digitígrados, ou seja, eles ficam em pé e deambulam sobre seus dedos do pé e o apoio se dá sobre os cascos nas pontas de seus dedos do pé.

Quando ficamos em uma posição estacionária, o chão exerce uma força sobre o pé chamada "força de reação do chão", que é igual e oposta ao peso do corpo. Este último atua no "centro de gravidade", um ponto pouco acima das articulações dos quadris e anterior à coluna vertebral. A força do chão é centralizada verticalmente abaixo, no centro de pressão. Quando ficamos em pé em uma posição confortável, o centro de pressão geralmente está no ponto médio entre a distância dos dois pés. Não permanecemos absolutamente parados, mas balançamos levemente. Conforme envelhecemos, o controle postural deteriora, um fator que atua no desenvolvimento de desequilíbrio e risco de quedas.

Quando consideramos a distribuição de carga no membro inferior, o conhecimento do alinhamento do membro é importante. O "eixo anatômico" é produzido por linhas que passam ao longo das diáfises do fêmur e tíbia e,

portanto, apresenta uma angulação no joelho entre 5 a 7 graus. O "eixo mecânico" é uma linha reta que conecta o centro da cabeça femoral ao tornozelo. Ainda deve ser definido o local exato em que a linha passa através do joelho: por conveniência, ela geralmente passa pelo centro, mas pode se localizar mais medialmente. Para a tíbia, as linhas dos eixos mecânico e anatômico coincidem. Apesar do peso do corpo atuar em uma linha vertical do centro de gravidade para o chão, a linha no eixo mecânico dos membros inferiores está inclinada em 3 graus para esta postura normal, com os tornozelos mais próximos do que os quadris.

No plano sagital, o peso corporal atua ao longo de uma linha que passa alguns centímetros anterior à articulação tibiotalar, exercendo um momento que deve ser equilibrado pelos músculos flexores plantares. Algumas investigações eletromiográficas da postura ereta encontraram atividade principalmente no sóleo, mas outras encontraram atividade moderada no gastrocnêmico também. Em ambos os casos parece provável que a atividade seja principalmente nas fibras do tipo I (lentas oxidativas), já que estas podem manter a tensão de modo mais econômico do que as fibras rápidas sob as mesmas condições. O sóleo contém fibras principalmente do tipo I e o gastrocnêmico contém aproximadamente 50% destas.

Na postura ereta normal, o peso do corpo acima da articulação do joelho atua em uma posição levemente anterior aos eixos dos joelhos: ele exerce um momento que é equilibrado passivamente pela tensão nos ligamentos e cápsula posterior, que previnem contra a hiperextensão. Se os joelhos são mantidos retos, há pouca ou nenhuma atividade elétrica na musculatura do jarrete e somente níveis moderados no quadríceps. Geralmente, o peso combinado do tronco, dos braços e da cabeça parece atuar levemente atrás das articulações dos quadris, exercendo um pequeno momento que é equilibrado em grande parte pelo iliopsoas. Assim, uma postura relaxada, com o tronco ereto e os joelhos retos, requer muito pouca atividade nos músculos da coxa. Isto demanda baixo consumo de energia e permite longos períodos em pé. No apoio sobre uma só perna, o peso das partes superiores do corpo exerce um momento sobre o quadril de apoio que deve ser equilibrado pelos músculos abdutores, especialmente o tensor da fáscia lata e glúteos médio e mínimo. O dano aos glúteos ou ao seu suprimento nervoso, por exemplo, durante uma cirurgia do quadril, é uma causa potente de claudicação.

PROPULSÃO

A contração dos músculos tibial posterior, gastrocnêmico e sóleo é o principal fator responsável pela propulsão durante a deambulação, corrida e saltos. A ação propulsiva desses músculos da panturrilha é amplificada pelo arqueamento do pé e flexão dos pododáctilos. Na deambulação, o peso do pé é colocado sucessivamente sobre o calcanhar, bordo lateral e planta do pé. A última parte do pé a deixar o chão é o pilar anterior do arco longitudinal medial e os três dedos mediais. No ato da corrida, o calcanhar não toca o chão, mas o ponto de partida ainda é o pilar anterior do arco longitudinal medial. Conforme o calcanhar deixa o chão, os dedos se estendem gradualmente. A extensão do hálux, particularmente, enrijece a aponeurose plantar, elevando o arco. Ao mesmo tempo, o flexor longo do hálux e o flexor longo dos dedos se alongam aumentando suas contrações subsequentes. Os flexores longo e curto dos dedos aumentam a força de partida exercendo pressão sobre o chão. O músculo mais importante neste caso é o flexor longo do hálux, que é fortemente auxiliado pelos flexores curtos dos dedos. Os lumbricais fornecem uma ação de equilíbrio para os flexores longos dos dedos e impedem o travamento dos dedos durante a fase da marcha em que os dedos não tocam o chão.

Deambulação

Na deambulação, cada pé está no chão (fase do apoio) por aproximadamente 60% do passo e fora do chão (fase do balanço) por aproximadamente 40% (Fig. 84.26). Assim, as fases de apoio único (um pé no chão) se alternam com as fases de apoio duplo (dois pés no chão). O joelho está reto no apoio do calcanhar e permanece quase reto (10-30 graus) durante a maior parte da fase do apoio daquela perna, inclinando-se imediatamente antes da elevação dos dedos. Durante a fase do balanço, o joelho é flexionado ao máximo de 60 graus no meio do balanço.

A fase do apoio começa com o "apoio do calcanhar". Com o pé ainda plantado na frente do corpo, um pé plano é obtido e se torna "meio do passo" quando o corpo se apoia diretamente por sobre o pé plantado. A seguir, o calcanhar se eleva conforme o pé contralateral faz contato com o chão (a fase do "apoio duplo"). O último evento do apoio é o levantamento dos dedos, quando se inicia a "fase do balanço". No início da fase do apoio, quando o "pé está plano" na frente do tronco, o pé empurra para baixo e para a frente o chão, desacelerando o corpo e dando apoio a ele. Depois, quando o pé está atrás do tronco, ele empurra para baixo e para trás, reacelerando o corpo (Fig. 84.26). A velocidade e, portanto, a energia cinética do corpo passa através do máximo em cada fase de apoio duplo e do mínimo em cada fase de apoio único.

O peso do centro de gravidade, e, portanto, a energia potencial do corpo, também flutua. Isto é inevitável se o joelho é mantido quase reto, fazendo o quadril se mover em um arco quase circular em relação ao tornozelo do pé que está apoiado. O componente vertical da força total exercida por ambos os pés sobre o chão na fase do apoio duplo é maior do que o peso corporal, dando ao corpo uma aceleração para cima. O componente vertical da força do chão durante a fase do apoio único é menor do que o peso corporal, dando ao corpo uma aceleração para baixo. As flutuações de força devem ser maiores em velocidades mais elevadas, para dar o mesmo movimento vertical em menos tempo.

Durante a deambulação, a energia potencial do corpo é alta quando sua energia cinética é baixa, e vice-versa. A energia pode ser movida para a frente e para trás de duas formas, como em um pêndulo. Um pêndulo sem fricção deve continuar balançando para sempre sem nenhum outro acréscimo de energia. Na deambulação, a troca de energia potencial e cinética é menos perfeita, e os músculos dos membros inferiores devem trabalhar para substituir a energia perdida a cada impacto do pé no chão. Mesmo assim, uma quantidade muito menor de trabalho é necessária devido ao princípio do pêndulo. Um segundo efeito pendular pode ser observado no balanço para a frente das pernas. Se o membro inferior fosse uma haste rígida movimentando-se a partir de um eixo fixo, dela balançaria para a frente muito lentamente para uma deambulação normal: com ela é livre para se arquear no nível do joelho, e como o quadril a partir do qual ele balança sobe e desce, o membro balança para a frente mais rapidamente com pouca necessidade de trabalho muscular.

Esses efeitos pendulares asseguram que um trabalho relativamente pequeno seja necessário para lidar com as flutuações da energia cinética e potencial que ocorrem na deambulação. O trabalho adicional necessário para superar a resistência do ar e a fricção articular é muito pequeno, porque andamos devagar e temos articulações bem lubrificadas. A deambulação humana é econômica em relação à energia. As mensurações do consumo de oxigênio demonstram que um homem de 70 kg utiliza somente 230 joules de energia metabólica para cada metro andado na sua velocidade mais econômica (aproximadamente 1,3 metros por segundo), que é 140J/m a mais do que se estivesse parado. A corrida utiliza 260 J/m a mais do que uma postura parada. A deambulação é econômica somente próxima da velocidade ideal, e o custo energético da deambulação rápida supera o da corrida aos 2 m/s, velocidade na qual os adultos geralmente começam a correr. Crianças com suas pernas mais curtas começam a correr em velocidades mais baixas; a expectativa teórica é que a velocidade crítica deve ser proporcional à raiz quadrada do comprimento do membro inferior.

A função do balanço dos braços na deambulação não é completamente compreendida, mas auxilia na estabilidade postural. Para uma maior discussão sobre a postura ereta e a deambulação, ver Alexander (1992).

Desenvolvimento da deambulação

A criança mediana senta aos 6 meses, engatinha aos 9 meses, anda com apoio aos 12 meses e sem apoio aos 18 meses. A marcha inicial típica amadurece rapidamente e torna-se semelhante à do adulto aos 3 anos. Algumas mudanças pequenas ocorrem até os 7 anos, e são em sua maioria um reflexo do desenvolvimento neurológico, mas também estão relacionadas à estatura. A marcha inicial é desengonçada, instável e de base larga. Os braços são mantidos abduzidos nos ombros e inicialmente flexionados nos cotovelos. O contato inicial com o solo varia, e todos os contatos são possíveis: calcanhar-dedo, todo o pé e dedo-calcanhar. Geralmente, adota-se uma postura com a planta flexionada, que contrasta com o padrão adulto. Nos adultos, o contato do calcanhar com o solo é acompanhado por joelho estendido que flexiona em seguida. Uma criança pisa no solo com o joelho flexionado que se estende em seguida em resposta à sustentação do peso e leva-se um tempo curto na posição em um pé só (Fig. 84-27). A maturação está associada à diminuição da largura da base e aumento do comprimento e velocidade do passo. As primeiras mudanças são desenvolvimento de contato do calcanhar com o solo, flexão do joelho durante o posicionamento e movimento recíproco dos membros superiores. O período de posicionamento em um apenas um pé aumenta.

Corrida

A deambulação envolve fases de apoio duplo, mas na corrida cada pé está em contato com o chão durante 40% (*jogging*) a 27% (piques) da duração do passo, de modo que há uma fase aérea, a fase da "dupla flutuação", quando nenhum dos pés está em contato com o chão. Quanto mais rápido o indivíduo corre, menor será a fase do apoio: corredores de curta distância e de elite gastam aproximadamente 22% do ciclo da marcha em apoio. Durante cada fase aérea o corpo sobe e desce sob a força da gravidade, o que significa que sua altura e a emergia potencial estão no máximo no meio desta fase e no mínimo no meio do passo, quando, em acentuado contraste com a deambulação, o joelho do membro de apoio se dobra. A deambulação já foi descrita como uma "queda controlada", já que o centro de gravidade cai de um pico no meio do

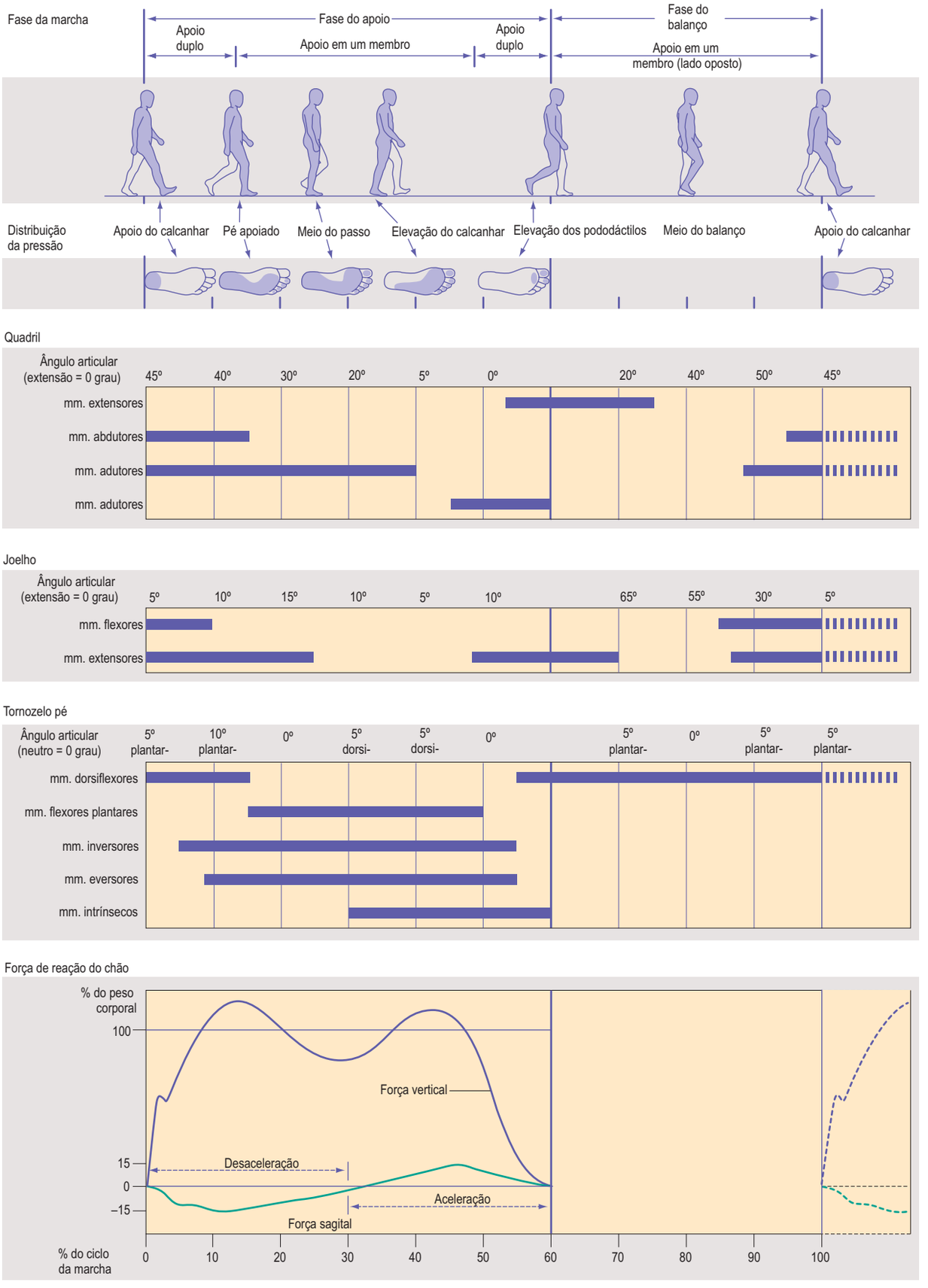


Fig. 84.26 Os eventos que ocorrem durante as diferentes fases de um ciclo normal da marcha. Descritos estão: distribuição da pressão sobre a superfície plantar do pé; alterações nos ângulos das articulações dos quadris, joelhos e tornozelos, juntamente com a atividade nos grupos musculares correspondentes; e componentes vertical e horizontal (plano sagital) da força de reação do chão durante a fase do apoio. (Tabela compilada de várias fontes por Michael Gunther, Department of Human Anatomy and Cell Biology, University of Liverpool.)

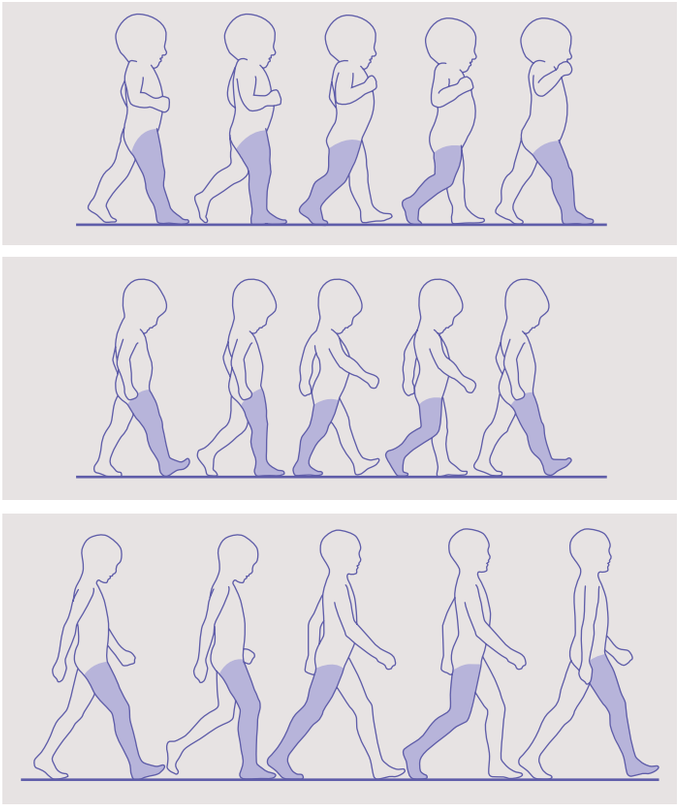


Fig. 84.27 Desenvolvimento da marcha madura. Topo: Um ano de idade. Observe os cotovelos fletidos e a ausência de balanço dos braços. O pé está em flexão plantar no contato. Meio: Três anos de idade. O balanço dos braços está presente, assim como o apoio do calcanhar. Embaixo: Seis anos de idade. Agora observamos uma marcha do tipo adulto. (Com permissão de Benson MKD, Fixsen JA, MacNicol MF (edit.), 2001 Development of a mature gait. In: Children's Orthopaedics and Fractures, 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone.)

paço para uma posição mais baixa durante o apoio duplo. A analogia que é utilizada na corrida é um indivíduo em um "pula-pula". O corredor se impulsiona a partir de um ponto baixo no meio do apoio até o pico durante a dupla flutuação. Durante a deambulação, a eficiência é mantida pelo intercâmbio de energia potencial e cinética. Durante a corrida, quando as energias potencial e cinética estão em fase, a eficiência é mantida de duas maneiras: armazenamento e liberação da energia potencial na estrutura elástica dos tendões e transferência da energia entre os segmentos dos membros via músculos que cruzam duas articulações (p. ex., reto femoral e musculatura do jarrete). As alterações nos comprimentos dos ventres musculares são relativamente pequenas durante a corrida. Os músculos atuam como tensionadores dos tendões. Sem dúvida, a maior parte da mudança de comprimento é produzida pela distensão e recuo dos tendões. Estima-se que, da energia cinética e potencial perdida e recuperada em cada fase de apoio, 35% seja armazenada temporariamente como uma energia elástica no tendão calcâneo, e 17% nos ligamentos do arco do pé. Juntas, essas energias acumulares representam aproximadamente metade do trabalho requerido pelos músculos.

Um tendão é capaz de resistir aos estresses (força por unidade de área transversal) de pelo menos 100 N/mm^2 (10 kg força/mm^2). Ele se distende elasticamente em aproximados 8% antes de se romper, e seu recuo retorna 93% da energia utilizada para distendê-lo Este alto retorno de energia é importante não somente por reduzir o trabalho requerido pelos músculos, mas também porque a perda de energia mecânica se transforma em calor: os tendões dos membros inferiores com baixo retorno de energia poderiam superaquecer durante a corrida e serem danificados. O tendão do calcâneo é a "mola" mais importante do membro inferior. A maioria dos corredores faz impacto com o chão primeiro com o calcanhar e o centro da pressão rapidamente se move para a frente na direção das cabeças distais dos metatarsais, onde permanece durante a maior parte da fase do apoio. Uma grande força é necessária no tendão calcâneo para equilibrar os momentos na articulação tibiotalar. Para um homem de 70 kg que corre em uma velocidade média, o pico de força sobre o tendão é de 500 N (0,5 da força do tônus), que é suficiente para distendê-lo em aproximadamente 6%. As partes do tendão que cursam ao longo dos ventres musculares do gastrocnêmico e sóleo devem ser distendidas, bem como a parte distal livre.

A força vertical média do chão durante um ciclo completo de um passo em qualquer macha deve ser igual ao peso corporal. Se o pé está apoiado no chão durante somente uma fração do passo, as forças devem ser altas. O pico das forças verticais sobre um pé é de aproximadamente 1,0 vez o peso corporal na deambulação, 2,5 vezes no jogging e 3,5 vezes em um pique. Os músculos do membro inferior devem exercer forças muito maiores na corrida do que na deambulação, porque as forças de reação do chão são mais elevadas, e também porque, para uma determinada força do chão, a flexão do joelho aumenta os momentos sobre ele. As principais fontes de força são o complexo gastrocnêmico-sóleo na saída; quadríceps femoral após a "reversão da fase do apoio" (quando os músculos do membro inferior mudam do modo de desaceleração para uma fase de geração de força); os extensores do quadril durante o final do balanço e início do apoio; os abdutores do quadril logo após a fase de reversão do apoio.

Assim como na deambulação, a força do chão atua mais ou menos em linha com a perna, de modo que o corpo é desacelerado e reacelerado durante cada fase de apoio. A fase do apoio se inicia com a desaceleração e absorção de energia. Força é gerada após a reversão da fase do apoio conforme o membro empurra para cima com o joelho estendendo e o pé em flexão plantar, continuando na fase do balanço, conforme o membro é acelerado para a frente. Quando o membro fica à frente do tronco, a fase final da absorção da fase do balanço se inicia, durante a qual o membro é desacelerado.

A força do chão atua para cima sobre as cabeças metatarsais, e o tendão do calcâneo traciona para cima sobre o calcanhar. O equilíbrio necessário da reação ocorre no tornozelo, onde a tíbia pressiona para baixo em relação ao tálus. Juntas, essas três forças achatam o arco longitudinal do pé, forçando o tornozelo 10 mm mais próximo do chão do que estaria se o pé fosse rígido. Testes mecânicos sobre pés amputados demonstraram que o pé é uma mola razoavelmente boa, gerando um retorno de energia de quase 80%. A aponeurose plantar, os ligamentos plantares longo e curto e o ligamento calcaneonavicular plantar estão envolvidos na ação de mola: eles são predominantemente colagenosos e presumivelmente apresentam propriedades elásticas similares às do tendão.

O pé de um corredor ainda se move em aproximadamente 1,5 m/s quando o calcanhar atinge o chão. O impacto é amortecido pelo coxim adiposo subcalcâneo do pé, suplementado (quando se utilizam calçados) pela complacência do calçado. Ao contato, o pé está supinado, o que "bloqueia" o pé como uma estrutura rígida, ideal para absorção de choques. Imediatamente após o apoio do calcanhar, o tronco progride por sobre o pé: a pronação passiva é iniciada, tornando o pé mais flexível e, portanto, capaz de se adaptar à superfície de corrida. Conforme o pé se aproxima do arranque, ele se torna novamente supinado e enrijece, gerando uma excelente alavanca. Essas alterações na postura do pé causam alterações rotacionais na perna e estas por sua vez causam impacto sobre o joelho.

Oitenta por cento dos corredores se apoiam no calcanhar e 20% se apóiam no meio do pé. No "*sprint*" (pique), o antepé faz contato primeiro para fornecer maior alavancagem. Os joelhos nunca se estendem completamente durante a corrida: no primeiro contato, o joelho está em 25 graus de flexão, aumentando até um máximo durante o apoio de 45 graus na fase da reversão do apoio e diminuindo para 20 graus no levantamento dos dedos. Na corrida, a flexão do joelho durante a fase do balanço aumenta para 90 graus no final da fase do balanço (até 125 graus durante um pique), diminuindo até o contato com o chão novamente. (Todos os valores são aproximados.)

Movimentos do pé

Com o pé plantado no chão, o peso corporal causa certo grau de supinação e achatamento dos arcos longitudinais; aproximadamente um terço do peso exercido pelo antepé é recebido pela cabeça do primeiro metatarsal. Quando a posição de repouso se torna ativa, como ocorre no início da deambulação, o pé é pronado pelo esforço muscular e o primeiro metatarsal é deprimido (o segundo também, em menor grau), o que acentua o arco longitudinal a sua altura máxima (Hicks, 1953). Alterações similares podem ser impostas sobre um pé que sustenta carga através da rotação femoral lateral ativa, que é transmitida através do tálus e leva à supinação passiva do pé. A rotação femoral medial tem o efeito oposto. Quando o pé está plantígrado e imóvel, os músculos que o movem quando ele está livremente suspenso podem exercer efeitos sobre a perna; por exemplo, os dorsiflexores podem direcionar a perna para a frente na articulação do tornozelo.

O pé possui duas funções principais: suportar o corpo na posição ereta e durante a progressão e alavancá-lo para a frente absorvendo os choques da deambulação, corridas e saltos. Para cumprir a primeira função, a plataforma pedal deve ser capaz de dissipar os estresses da postura ereta e do movimento e ser maleável suficientemente para acomodar a deambulação ou corridas em superfícies irregulares ou inclinadas. Para atender à segunda função, o pé deve ser transformável em uma forte alavanca ajustável de modo a resistir contra a inércia e empuxos poderosos: uma alavanca segmentada pode atender melhor a estes estresses se for arqueada.

Em lactentes e crianças mais jovens, o tecido conjuntivo da face plantar pode dar ao pé uma aparência plana, pois, sem dúvida, os tecidos moles modificam sua aparência em graus variáveis em todas as idades. Entretanto, o esqueleto do pé humano é normalmente arqueado e a planta do pé em geral é visivelmente côncava. Esta curvatura costumeiramente é analisada em arcos longitudinal e transverso. Esses arcos variam individualmente em altura, especialmente o longitudinal em sua parte medial. Como esses arcos são dinâmicos, suas alturas também diferem nas várias fases de atividade.

O arco longitudinal medial contém o calcâneo, tálus, navicular, cuneiforme e três ossos metatarsais mediais. Seu ápice, a superfície articular talar superior, acomoda toda a carga da tíbia, passando-a para trás na direção do calcâneo, e para a frente através do navicular e cuneiformes para os metatarsais. Quando o pé está apoiado no chão, estas forças são transmitidas através de as três cabeças metatarsais e o calcâneo (especialmente sua tuberosidade). O arco medial é mais elevado, mais móvel e resiliente do que o arco lateral; seu achatamento enrijece o ligamento calcaneonavicular plantar e a fáscia plantar. O arco lateral é adaptado para transmitir o peso e o empuxo em vez de absorver estas forças: os ligamentos plantar longo e calcaneocubóideo plantar se enrijecem enquanto o pé fica mais plano.

O arco lateral faz contato com o chão de modo mais extenso do que o arco medial, Conforme o pé fica mais plano, uma fração crescente de carga atravessa os tecidos moles inferiores a todo o arco. Todo o bordo lateral geralmente toca o chão, enquanto o bordo medial não. Entretanto, o bordo medial é visivelmente côncavo, geralmente mesmo com o paciente em pé, o que explica o delineamento familiar das pegadas humanas (apesar de esta variar com a posição dos pés (Fig. 84.28), desenvolvimento dos tecidos moles associados e natureza da superfície). Em qualquer atividade, assim que o calcanhar se eleva, os dedos estão estendidos e as estruturas musculares (incluindo a aponeurose plantar) se enrijecem na planta, acentuando os arcos longitudinais. Foi sugerido que esta tensão diminui nos ligamentos plantares mais profundos nesta fase.

A planta é transversalmente côncava, tanto na forma esquelética como na aparência externa usual, e vários arcos transversos são mais desenvolvidos abaixo dos metatarsais e tarso adjacente. A transmissão da força ocorre nas cabeças metatarsais, em algum grau para o do bordo lateral do pé e através dos tecidos moles subjacentes.

Em pé, somente com o peso corporal para suportar, os músculos intrínsecos e extrínsecos parecem relaxar. Se os arcos longitudinais afundam como o resultado do relaxamento muscular, os ligamentos plantares unem os ossos em uma forma arqueada. O arco medial é mais elevado quando os pés estão juntos do que quando eles estão separados, ou seja, a inversão com supinação aumenta quando os pés estão separados. Esta frouxidão medial pode ser contrabalançada pela contração voluntária dos músculos como o tibial anterior. A pronação e a supinação asseguram que quando o indivíduo está em pé, seja qual for a posição do pé, uma área de sustentação máxima de carga esteja apoiada no chão, das cabeças metatarsais ao longo do bordo lateral do pé até o calcâneo. O giro desencadeado pela pronação (que é parcialmente desfeito na supinação) faz com que o pé se transforme em uma placa torcida, mas resiliente (Fig. 84.28), na qual o contato adequado com o chão é assegurado seja qual for o ângulo entre o pé e a perna, e a resiliência adaptável é encontrada com o paciente em pé e em progressão.

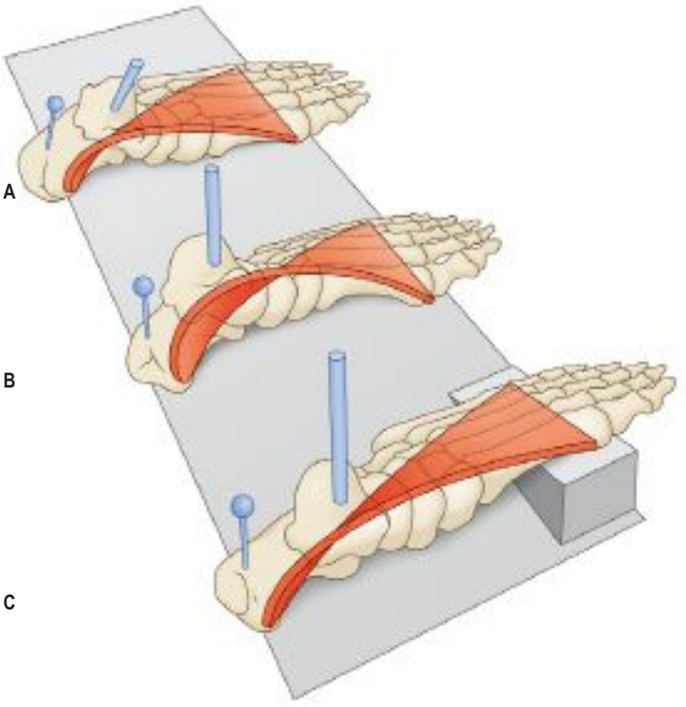


Fig. 84.28 O conceito do esqueleto do pé como uma placa torcida que pode ser destorcida (supinação) ou torcida ainda mais (pronação) durante a manutenção de uma postura plantígrada nas várias posições do pé. (Baseado em MacBoncail 1945, 1950.). **A,** O esqueleto do pé em supinação e apoiado com os pés separados. Observe a acentuada inclinação medial do tálus e, em menor grau, do calcâneo, e a depressão do arco longitudinal medial. **B,** Pronação relativa do pé, em uma posição ereta com os pés juntos. **C,** Supinação do pé com o paciente em pé sobre uma superfície inclinada; se a posição da cunha for revertida, o esqueleto do pé deve, é claro, se aproximar da supinação máxima.

REFERÊNCIAS

Alexander R McN 1992 The Human Machine. Natural History Museum Publications: London.

Barclay-Smith E 1896 The astragalo-calcaneo-navicular joint. J Anat Physiol 30: 390–412.
Este trabalho forneceu a primeira descrição da articulação astrágalo-calcâneo-navicular e explicou a importância do complexo articular em termos do movimento do retropé.

Coleman S, Chesnut W 1977 A simple test for hindfoot flexibility in the cavovarus foot. Clin Orthop 123: 60–2.

Cummins JE, Anson JB, Carr WB, Wright RR, Hauser DWE 1946 The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery with additional observations on the plantaris muscle. Surg Gynecol Obstet 83: 107–16.

Gardner E, Gray DJ 1968 The innervation of the joints of the foot. Anat Rec 161: 141–8.

Harris RI, Beath T 1948 Etiology of peroneal spastic flat foot. J Bone Joint Surg [Br] 30: 624–34.

Hicks JH 1953 The mechanics of the foot II. The plantar aponeurosis and the arch. J Anat 88: 25–30.

Jones FW 1949 Structure and Function as Seen in the Foot, 2nd edn. London: Baillière, Tindall and Cox: 63–5.
Um dos textos clássicos sobre o pé.

Kapandji IA 1970–1974 The Physiology of the Joints. Annotated Diagrams of the Mechanics of the Human Joints, 2nd edn (3 vols translated by LH Honoré: Vol 1 Upper Limb. Vol 2 Lower Limb. Vol 3 The Trunk and the Vertebral Column.) Churchill Livingstone: Edinburgh.

Sarrafian SK 1993 Anatomy of the Foot and Ankle, Descriptive, Topographic, Functional, 2nd edn. Philadelphia: Lippincott.

Taylor GI, Razaboni RM (1994) Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk. St Louis: Quality Medical Publishing Inc.

Wildenauer F 1950 Die Blutversorgung des Talus. Z Anat Entwicklungsgesch 115: 32–6.
A primeira descrição abrangente do suprimento sanguíneo talar e da identificação da importante artéria do canal do tarso.

Desenvolvimento da cintura pélvica e do membro inferior

CAPÍTULO 85

ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO DO MEMBRO INFERIOR

O membro inferior é o primeiro a ser reconhecido como uma crista que se projeta lateralmente no estágio 13 e, no estágio 14, associa-se, intimamente, ao amplo cordão umbilical. Durante os estágios 15-17, o membro se projeta lateralmente e o crescimento é bastante simétrico.

Por volta do estágio 17, o membro inferior ainda apresenta uma placa do pé plana e, apesar de uma região do quadril poder ser identificada, ainda não há um joelho verdadeiro. No estágio 18, o membro inferior parece estar flexionado e abduzido no quadril com o joelho dobrado e dá a aparência de que o joelho está voltado lateralmente. Muito pouca pele é visível na coxa. As plantas dos pés estão voltadas para o cordão umbilical e a placa do pé apresenta cinco raios digitais. Durante os estágios 20-23, os raios digitais se separam e os dedos do pé (pododáctilos) estão claramente definidos no estágio 23. Os pés podem finalmente se tocar no estágio 21, quando o cordão umbilical se torna proporcionalmente menor e o embrião maior.

A pelve se forma a partir de duas hemipelves, cada uma se desenvolvendo de um foco cartilaginoso. A ossificação da pelve se inicia com o osso ilíaco, que sofre ossificação endocondral na nona semana e meia. O fêmur e a tíbia se apresentam em seus moldes cartilaginosos e o nervo isquiático se estende distalmente na direção da tíbia por volta do estágio 18. A cavitação da articulação do quadril é observada entre as semanas 7-8. A articulação sacroilíaca pode ser reconhecida na sétima semana; seu desenvolvimento é um pouco diferente do observado nas articulações sinoviais, já que o ilíaco se desenvolve antes do sacro.

VASOS NO MEMBRO INFERIOR

A artéria axial do membro inferior se origina da raiz dorsal da artéria umbilical e segue ao longo da superfície dorsal da coxa, do joelho e da perna (Fig. 85.1). Abaixo do joelho, ela se localiza entre a tíbia e o músculo poplíteo, e na perna ela se posiciona entre a membrana interóssea crural e o músculo tibial posterior. Ela emite uma artéria perfurante que atravessa o seio do tarso para formar uma rede dorsal e termina distalmente em uma rede plantar. A artéria femoral passa ao longo da superfície ventral da coxa e abre um novo canal para o membro inferior. Ela se origina a partir de um plexo capilar que se conecta proximalmente com os ramos femorais da artéria ilíaca externa e distalmente com a artéria axial. Na borda proximal do músculo poplíteo, a artéria axial se divide nos ramos tibial posterior e fibular primitivos, os quais seguem distalmente na superfície dorsal dos músculos poplíteo e tibial posterior para chegar até a planta do pé. Na borda distal do músculo poplíteo, a artéria axial dá origem a um ramo perfurante que passa ventralmente entre a tíbia e a fíbula, em seguida continua até o dorso do pé e forma as artérias tibial anterior e dorsal do pé. A artéria fibular primitiva se comunica com a artéria axial na borda distal do músculo poplíteo e em seu trajeto na perna.

A artéria femoral aumenta gradualmente de tamanho. Coincidentemente, a maior parte da artéria axial desaparece, mas, proximalmente à sua comunicação com a artéria femoral, a raiz da artéria axial persiste como a artéria glútea inferior e a artéria acompanhante do nervo isquiático.

As partes proximais das artérias tibial posterior e fibular primitivas se fundem, mas permanecem separadas distalmente. Finalmente, grande parte da artéria fibular primitiva desaparece; uma parte da artéria axial é incorporada na artéria fibular permanente. As mesmas considerações feitas sobre as anomalias e variações no membro superior se aplicam ao membro inferior (Cap. 52).

A veia pré-axial se torna a veia safena magna, que drena para a veia femoral na abertura safena. A veia pós-axial se torna a veia safena parva, que segue profundamente e se une à veia poplítea.

MEMBRO INFERIOR NEONATAL

No recém-nascido, a pelve tem o formato de um cone. O diâmetro transverso da pelve verdadeira é de 2,2 cm, seu diâmetro anteroposterior tem 2,8 cm e o comprimento entre os orifícios superior e o inferior da pelve é de 2 cm. O sacro é proporcionalmente maior do que no adulto e o promontório sacral é mais alto. Quando a deambulação começa, o sacro desce entre os ilíacos e o promontório se desenvolve. Os ossos ilíacos, ísquios e púbis se encontram variavelmente ossificados ao nascimento: eles se unem no acetábulo, que no recém-nascido é cartilaginoso, relativamente grande e raso.

Os membros inferiores são subdesenvolvidos no recém-nascido quando comparados aos membros superiores. Eles são mantidos em posição de flexão e a perna é proporcionalmente mais curta do que a coxa. Embora as pernas pareçam estar arqueadas, a tíbia e a fíbula são retas; a ilusão do arqueamento das pernas é causada pelo formato dos tecidos moles e pelo desenvolvimento ligeiramente mais avançado da cabeça lateral do músculo gastrocnêmico em relação à sua cabeça medial. O colo do fêmur é muito mais curto e forma um ângulo agudo com a diáfise. Esta última é bastante reta, porque a curvatura observada no adulto é adquirida com a deambulação. A cabeça do fêmur é maior do que a fossa acetabular e quase um terço dela permanece externa, o que significa que o ligamento redondo é relativamente longo. A luxação da articulação do quadril é relativamente fácil; a cabeça do fêmur pode ser removida da fossa acetabular lateralmente, mas não posteriormente. Os ossos calcâneo e tálus têm um centro de ossificação ao nascimento, e um centro está presente no osso cuboide em 50% dos recém-nascidos.

Os músculos do membro inferior são muito menos desenvolvidos do que os do membro superior. A posição fetal geralmente assumida por bebês pós-natais mantém as coxas em abdução contínua, alongando os músculos adutores. Os músculos que serão utilizados na deambulação são fracos; a ausência de desenvolvimento dos músculos glúteos em particular é responsável pelo pequeno volume das nádegas do recém-nascido.

Em recém-nascidos, os pés geralmente são invertidos e apresentam um maior grau de dorsiflexão, causado pela área relativamente maior da tróclea do tálus. A flexão plantar é limitada, em parte refletindo o encurtamento dos músculos extensores do pé. Ao nascimento, a impressão plantar delineia toda a superfície plantar, o que reflete a deposição de tecido adiposo subcutâneo abaixo dos arcos longitudinal e transverso; desta forma, a maioria dos bebês parece ter pé planos.

ANOMALIAS DO MEMBRO INFERIOR

As categorias de defeitos dos membros descritas por Swanson (1976) são apresentadas no Capítulo 52. Apesar de serem descritas para o membro superior, elas se aplicam da mesma forma para o membro inferior.

A displasia de desenvolvimento do quadril é um termo que cobre uma alteração do desenvolvimento do quadril antes e depois do nascimento. O termo substituiu a denominação "luxação congênita do quadril". Nos casos mais extremos, a cabeça do fêmur está completamente deslocada para fora do acetábulo. Esta condição ocorre em aproximadamente 1 a cada 100 nascidos vivos; a proporção entre mulheres e homens é de 6:1. Considera-se que a etiologia seja multifatorial e está associada às primeiras gestações, o que sugere que as musculaturas materna e uterina restringem os movimentos fetais e exercem uma tensão postural sobre os quadris fetais. A displasia do desenvolvimento do quadril é observada com maior frequência nos partos pélvicos, especialmente se os joelhos da criança estão estendidos. O quadril esquerdo é mais frequentemente afetado do que o direito, provavelmente porque na apresentação pélvica o feto se encontra com seu ombro direito e sua coxa esquerda mais próximos ao sacro materno. Os efeitos fisiológicos que fazem com que os ligamentos maternais se tornem temporariamente frouxos antes do parto também podem afetar o feto e contribuir para a frouxidão da cápsula do quadril.

O talipes equinovaro, ou pé torto congênito, tem seu nome derivado de uma combinação de *talus* e *pes*, juntamente com os termos que descrevem um calcanhar elevado semelhante ao de um cavalo (*equino*), que também está voltado para dentro (*varus*). Essa é uma anomalia neonatal comum e ocorre em aproximadamente 1 entre cada 1.000 nascidos vivos, com ocorrência duas vezes maior nos homens do que nas mulheres. Há certo grau de hereditariedade, de modo que essa anomalia não seja completamente um efeito do posicionamento intrauterino ou de um oligoidrâmnio (quantidade anormalmente baixa de líquido amniótico). Tanto ossos como tecidos moles estão afetados e é difícil determinar quais são os efeitos primários e quais os secundários. Várias teorias foram propostas para explicar os mecanismos patogênicos responsáveis, incluindo inserções anormais de tendões e ligamentos e maturação muscular retardada. A teoria mais amplamente aceita é que o tálus sofre um desenvolvimento

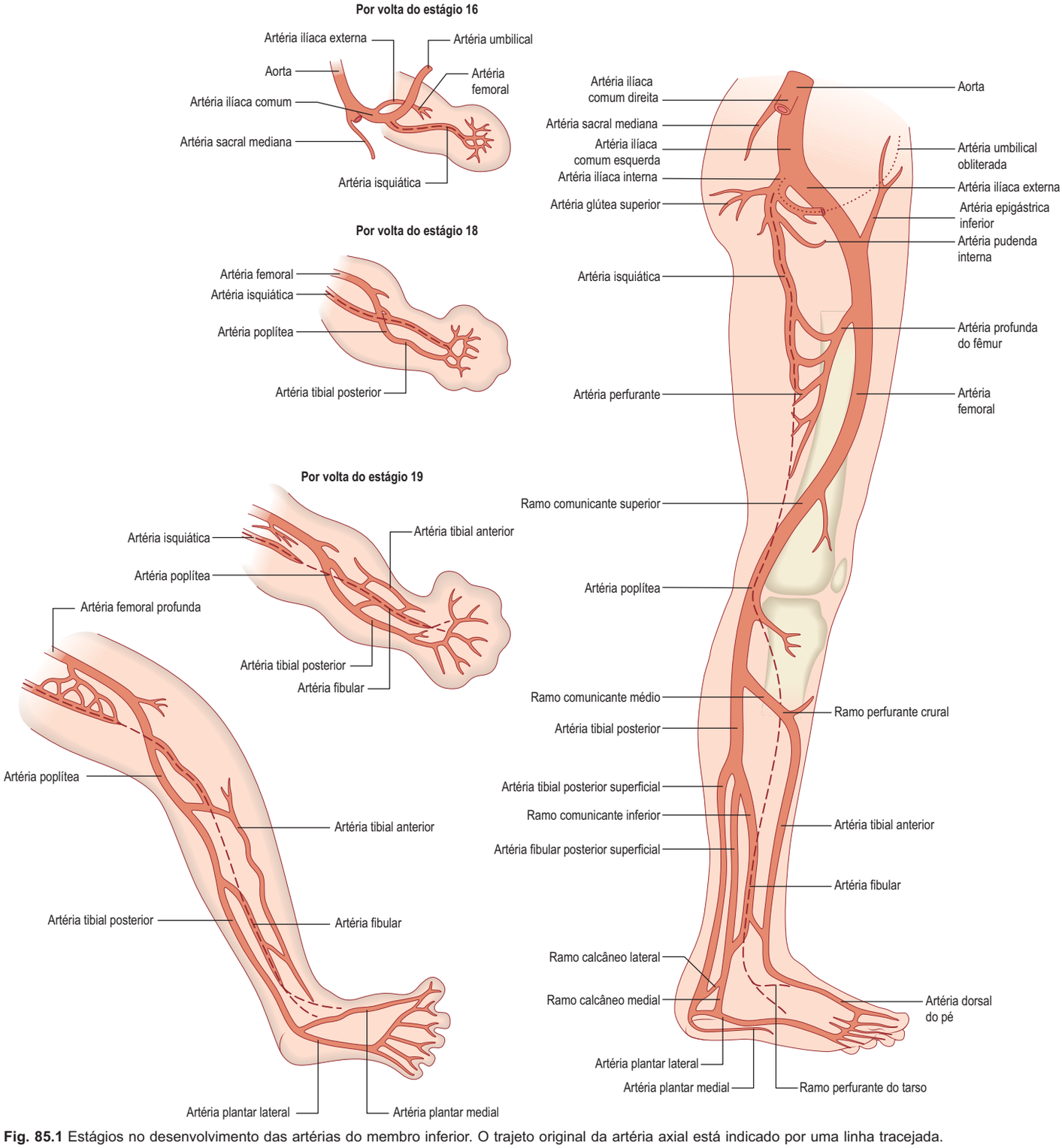


Fig. 85.1 Estágios no desenvolvimento das artérias do membro inferior. O trajeto original da artéria axial está indicado por uma linha tracejada.

defeituoso e que todas as outras deformidades surgem como consequência desse defeito inicial. O tálus tem uma diminuição do tamanho de até 25%. Ele apresenta um colo encurtado e diminuição do ângulo entre o corpo e o colo, e as facetas subtalares apresentam uma rotação medial. O osso navicular é pequeno e apresenta um desvio medial em relação ao tálus. O osso calcâneo também é pequeno e apresenta um desvio varo e uma inclinação equina: as facetas anteriores correspondem àquelas do tálus (Barlow & Clarke, 1994). Todo o pé afetado e a panturrilha são menores do que seus equivalentes normais. O pé se encontra invertido e supinado, e o antepé está em adução. O calcanhar é pequeno, rodado para dentro e elevado. O calcâneo está invertido abaixo do tálus. O tratamento varia entre a imobilização e repetidas cirurgias complexas, o que reflete a severidade altamente variável da doença e a resposta individual à terapia.

O "pé plano" (ou "pé chato") é comum na infância. A maioria é "flexível" e simplesmente relacionado com a postura, enquanto pés planos "rígidos" são causados por anormalidades estruturais. A descrição do pé em "mata-borrão" está associada a muitas síndromes congênitas. O pé é plano e rígido, e a superfície plantar parece curva, com o ápice da curva na articulação mediotarsal. A doença demonstra uma posição equina do retropé. O tálus pode estar vertical e palpável na superfície plantar. A maioria dos bebês com essa doença apresenta anormalidades neurológicas.

REFERÊNCIAS

Barlow I, Clarke NMP 1994 Congenital talipes equinovarus. Surgery 12: 211–5.

Swanson AB 1976 A classification for congenital limb malformations. J Hand Surg 1: 8–22.

ÍNDICE

Nota:

Estrutura do índice

Neste índice, estruturas como artérias, ductos, músculos, nervos, veias etc. aparecem nas respectivas entradas principais. As artérias, por exemplo, aparecem na entrada "artérias (específicas)". O mesmo ocorre com assuntos/estruturas, como células, conexões, doenças, síndromes e tratos. Os linfócitos, por exemplo, são encontrados na entrada "células (específicas)". Já os ossos são uma exceção: cada osso específico possui sua entrada principal. A tíbia, por exemplo, é encontrada na entrada "tíbia", e não na entrada "ossos".

Os órgãos e as estruturas regionais têm as próprias entradas principais e subentradas (p. ex., esôfago). As referências cruzadas a cada artéria, veia, músculo etc. estão subentendidas, e não explícitas.

Na maioria dos casos, as estruturas aparecem como substantivos no singular, e o plural vem entre parênteses.

Ordem das entradas do índice

Este índice apresenta uma ordem alfabética letra a letra, sendo que os hifens e os espaços estão excluídos dessa ordem (p. ex., "neurogênese" vem antes de "neuro-hipófise"). Os caracteres entre parênteses não contam para a ordem alfabética. Por exemplo: corda(s) vem antes de cordão.

Termos como primeiro, segundo, terceiro (como em arco(s), faríngeo) aparecem em ordem numérica antes da subentrada (ou sub-sub) em ordem alfabética.

Números de páginas

A letra "f" que acompanha alguns números de página refere-se a uma figura, e a letra "t" refere-se a uma tabela.

A

abdome
- anatomia de superfície 1052-4
  - planos 1052, 1052(f)
  - regiões 1052, 1052(f)
  - vísceras
    - intra-abdominais 1053-4
    - retroperitoneais 140
- arcabouço musculoesquelético 1041, 10429(f)
- cavidade 1101(f)
  - estrutura e função 1041
- corte sagital 1102(f)
- corte transversal 71(f)
- músculos 1060-6, 1070-2, 1071(f)
  - esforços expulsivos 1008, 1061
- papel na respiração 1012, 1071, 1085
- planos 1052, 1052(f)
- pontos de referência viscerais 1053-4, 1053(f)
- pontos de referência, do esqueleto 1052-3
- regiões 1052, 1052(f)
- suprimento arterial 1047, 1047(f)
- suprimento autônomo 1041-7, 1043(f)
  - gânglios 1045-6
  - parassimpático 1044-5
  - plexos 1044(f), 1045-6, 1045(f), 1046(f)
  - simpático 1042-4
- tônus 1061, 1064
- *ver também* parede do abdome

abdução(movimento) 103
- do braço 122(f)

abertura(s) 86, 100
- acessória, do seio maxilar 551
- atrioventricular 964, 965(f)
- da aorta(hiato aórtico) 913, 1007, 1008(f)
- da cápsula da articulação do ombro 805
- da mandíbula *ver* mandíbula
- da pelve
  - inferior 1358
  - superior 1358
- da tuba auditiva 563, 564
- da valva da aorta 973
- da valva mitral 972
- da valva pulmonar 967, 967(f)
- da valva tricúspide 967, 967(f)
- da veia cava(forame da veia cava) 1008
- das glândulas bulbouretrais 1252
- do aqueduto do vestíbulo 424, 617
- do canal carótico 617
- do diafragma *ver* diafragma, torácico, aberturas
- do estomodeu 602
- do meato acústico interno 617
- do seio frontal 471-2, 471(f), 556-7
- do seio maxilar 551, 559
- dos pontos lacrimais 703
- dos seios esfenoidais 557
- dos ventrículos, do encéfalo
  - lateral(de Luschka) 237, 240, 242
    - desenvolvimento 377
  - mediana(de Magendie) 237, 242
    - desenvolvimento 377
- esofágica(hiato) 1007-8, 1044
- nasal 404, 409
  - nasal posterior(cóanos) 415, 547, 549, 550(f)
- orbital 404, 409
- palpebral 659
- *ver também* ádito; forame(s); orifício; hiato

abóbada, do crânio 409, 412, 416, 423
- crescimento 390
  - pós-natal 416-17
- desenvolvimento 390, 611-13, 612(f)

abordagens e procedimentos cirúrgicos
- abertura posterior do deltoide 821
- acesso para os espaços peritoneais 1110
- adenoidectomia 564
- angiografia coronariana 981
- angioplastia com balão 981
- aórtico 1074, 1077
- artroscopia 1347
- artroscopia do joelho 1347
- artroscopia do quadril 1347
- artroscopia do tornozelo 1347
- aspiração de uma articulação 1346-7
- aspiração do joelho 1346-7
- aspiração do quadril 1346
- aspiração do tornozelo 1347
- biópsia de linfonodo sentinela 932
- canulação
  - artérias do braço 787
  - da veia femoral 1344
  - da veia jugular interna 453
  - do ducto colédoco 1179
- cardíaco, lesão do nervo frênico 1010-11
- cateterização suprapúbica 1054
- cateterização venosa central 1032
- cauda equina 1074
- cecostomia 1054
- cesariana 1299, 1300
- cirurgia da glândula parótida, complicações 497
- cirurgia da orelha
  - abordagem endaural 622
  - abordagem permeatal 622
  - abordagem pós-auricular 622
  - abordagem transmeatal 622
  - orelha interna 649
  - timpanotomia 622
  - *ver também os procedimentos individuais em* abordagens e procedimentos cirúrgicos
- cirurgia de revascularização do miocárdio 981
- cirurgia do tornozelo 1443
- cirurgia pela técnica de *port access* 981
- cirurgia refrativa 688
- cirurgia vitreorretiniana 681
- colangiografia endoscópica 1179
- coledocoduodenostomia 1126
- coleta de amostra de linfonodo axilar 932
- colo transverso 791
- colostomia 1054
- comissurotomia 358
- conservação da mama 933
- cordotomia, dorsolateral 264
- craniofacial 467
- craniotomia, frontotemporal 479, 481
- cricotireoidotomia 405
- desvio portossistêmico intraparenquimatoso por via transjugular 1172

dissecção do nervo facial 494
dissecção dos linfonodos axilares 932
dissecções do pescoço 455
distração mandibular 419
do apêndice, lesão do nervo ilio-hipogástrico 1080
drenagem da vesícula biliar 1179
enxertos de pele 163-4
enxertos ósseos pediculados 842
epidural 751-2
  caudal 759-60, 760(f)
  lombar 760
epiglotopexia 574
episiotomia 1096
esfincterotomia 1178
  com pré-corte 1179
  duodenal 1126
esplenectomia 1192-3
  lesão da cauda do pâncreas 1193
estapedectomia 622, 628
estapedotomia 628
esternotomia 937, 981
excisão abdominoperineal 1154
excisão da glândula suprarrenal 1200-1
excisão da vesícula biliar 1178
excisão do reto 1154
excisão mesorretal 1154
facelift 469
faringostomia 574
formação de retalho cutâneo *ver* retalho(s) cutâneo(s), formação
formação de retalhos *ver* retalho(s), formação
gastrectomia 1120
gastrostomia 1116
hepatectomia 1170
ileostomia 1054
implante dentário 532
incisão de abscesso axilar 791
incisões 161
  abdominal 1054
  na cirurgia do joelho 1347
  na cirurgia do quadril 1347
  na cirurgia do tornozelo 1347
  no abscesso axilar 791
  no diafragma(radial) 1010
  subxifóidea 960
  toracotomia *ver mais adiante*
injeção em uma articulação 1346-7
injeção intramuscular, membro inferior 1346
injeção no joelho 1346-7
injeção no quadril 1346
injeção no tornozelo 1347
inserção de dreno torácico 937
jejunostomia 1129
laringoectomia 590
laringotomia 584
lesão do ducto torácico esofágico 943-4
lesões da cápsula do baço 791
linfadenectomia gástrica 1120
linfadenectomia, câncer colorretal 1141
lobectomia(pulmão) 1003
manobra de Epley 639
mastectomia 933
mediastinostomia 941
miectomia, do septo ventricular 969
mini-toracotomia 981
miotomia, do septo ventricular 969
miringoplastia 622
miringotomia 626
nefrectomia *ver* nefrectomia
neurectomia timpânica 629
ossiculoplastia 622
osteogênese por distração 419
osteotomia
  de ramo da mandíbula 481
  do terço médio da face 418
  zigomática 481
osteotomia tibial 1396
palidotomia 253, 333
pancreatectomia, com preservação do piloro 1188
para a doença de Parkinson 333-4, 334(f)
para pseudocisto pancreático 1188
parotidectomia, superficial 495
pericardiocentese 937
piramidotomia 269
plano de dissecção, fossa isquioanal 1094
pneumoperitônio 1054
procedimento de Caldwell-Luc 404
procedimento *swing* mandibular 481
punção cricotireóidea 405
punção da cisterna magna 760
punção lombar
  do adulto 747, 760
  do recém-nascido/bebê 760
reconstrução da mama 933-4
ressecção da glândula suprarrenal 1200-1
ressecção do colo, ligadura vascular 1149
ressecção hepática 1166, 1169, 1170
ressecção pancreática 1183, 1188
retirada da veia safena 1344
sangramento proveniente dos vasos epigástricos superiores 1056
simpatectomia lombar 1338
simpatectomia torácica 945
talamotomia 333
timectomia 949
timpanotomia 622
  posterior 649
tireoidectomia 463
toracocentese (aspiração pleural) 937
  agulha 937
toracotomia 937, 960
  anterolateral 937
  axilar 937
  do tipo *clam shell* 937
  posterolateral 937
transplante de fígado 1170, 1172
traqueostomia 405
traqueotomia 584
tratotomia medular 281
uvulopalatofaringoplastia 565-6
abscesso
  axilar, incisão de 791
  de Bezold 626
  dentário 524(f), 525, 543
  extradural 744
  peritonsilar(dor de garganta) 405, 567
  psoas 1368
  submandibular 538
  ver também infecção
absorção de choque 119
acalasia, cárdia 953
acalculia 358
ação de martelo 874-5
acardia 172
aceleração
  angular 643
    movimentos dos olhos 663
  linear 643
    movimentos dos olhos 663
acetábulo 1352, 1353(f), 1390
  cúpula 1352
  diferenças sexuais 1359
  na articulação do quadril 1387
  ossificação 1354
acetilcolina(ACh) 47, 111, 233
  células bipolares 339
  efeito sobre o pâncreas 1190
  no estriado 328
acetilcolinesterase(AChE) 46(t), 111, 1249
  no estriado 328
acidente vascular encefálico 230, 253, 269
ácido
  biliar, ciclo 1212
  gástrico
    secreção no feto 1206
    secreção no recém-nascido 1206
  hialurônico *ver* ácido hialurônico
  ver também os ácidos específicos
ácido desoxirribonucleico *ver* DNA
ácido gama-aminobutírico(GABA) 46, 47, 48
  córtex cerebelar 302, 303, 305, 306-7
  das células não espinhosas 339
  neurônios estriatais 328
  receptores, hipocampo 351
ácido glutâmico descarboxilase(GAD), estriado 328
ácido hialurônico 1016
ácido láctico 62
ácido retinoico 1020, 1035
ácido siálico 1005
acinesia 230
ácino(s)
  da mama 933, 933(f)
  da próstata 1259(f)
  das glândulas lacrimais 673
  das glândulas salivares 523(f), 605
  das glândulas sebáceas 151(f), 153
  do pâncreas, desenvolvimento 1207
  do pulmão 995, 1004
  glandular 31
  mucoso, glândula sublingual 523(f)
  secretor, glândula parótida 523(f)
  seroso 522, 523(f)
acne 153
acomodação, do olho 680
acondroplasia 527, 1014
acoplamento excitação-contração 111, 141-2
  eletromecânico 130
  farmacomecânico 130
  influência hormonal 142
  regulação 130
acromegalia 96
acrômio 785, 786, 795, 803
  anatomia de superfície 785
acrossomo 1266
ACTH(adrenocorticotrofina) 149, 321
actina 3(f), 7, 14, 14(f), 18, 764
  células dos somitos epiteliais 764
  células neuroblásticas 369
  fibrilar 14
  globular 14
  músculo cardíaco 142
  músculo esquelético 106-7, 117
  músculo liso 127, 128, 129(f)
actinina α 7, 14(f), 107, 764
  músculo liso 127
adaptina 9, 12
adeno-hipófise 320-3
  desenvolvimento 367
  microestrutura 321, 322(f)
  produtos hormonais 321
  secreção 322
  ver também glândula(s), hipófise
adenoide (tonsila faríngea) 563-4, 563(f)
  alterações relacionadas com a idade 563
  artérias 563
  desenvolvimento 604
  função 564
  linfáticos 563
  microestrutura 564
  remoção 564
  veias 563
aderência(s)
  intertalâmica 239, 380
  peritoneal 1099
ádito
  ao antro mastóideo 622, 626
    acesso cirúrgico 622
  da laringe(laríngeo) 573, 582, 1006
  para a bolsa omental *ver* forame(s), omental(de Winslow)
adminículo da linha alba 1062

adolescência, alterações da puberdade na 1325, 1325(f)
adrenalina(epinefrina) 46, 47, 56, 142, 1029
anestesia dentária 520
produção 1199(f), 1200
adrenocorticotrofina(ACTH) 149, 321
adução(movimento) 103
adventícia 1051
do coração 977
afasia 358
semântica(transcortical) 358
aganglionose 1213
ver também doença de Hirschsprung
agenesia
anal 1212
dos pulmões 1037
renal 1035, 1312
agente esclerosante, varizes esofágicas 951
aglutinação 68, 72
agnosia
visual aperceptiva 358
visual associativa 358
tátil/visual 358
agrafia 358
agregados linfoides
intestinais 1213
pulmonares 998
agrina 62
AIDS(síndrome da imunodeficiência adquirida) 71
alantoide 173, 174, 180, 181(f), 207, 1203(f), 1205(f), 1209, 1212, 1305(f)
definição 180, 186, 1212, 1307
desenvolvimento 174, 180, 183
formação do uraco 1209
relação com a cloaca 1322
albinismo 149
alça
cervical 456, 460
de Maubrac 459
lenticular 323, 331
subclávia 448, 457(f), 461
alça(s)
capilar 147(f), 150, 152(f), 156, 157(f), 160, 162
de Henle 1235, 1235(f), 1236(f), 1237
funções e permeabilidade 1238
no metanefro 1307
de Meyer 696
do duodeno 1217
posição/configuração 1209
do sigmoide 1147
do tubo cardíaco 1018
interperitoneal 1099
intestinal primário (intestino médio) 1209
ventricular 1018
aldosterona 154
composição da saliva afetada pela 523
funções 1238
alexia 358, 359
alfa fetoproteína(AFP) 180
alocórtex 338, 358, 382
alterações relacionadas com a idade
adenoide (tonsila faríngea) 563
arco da aorta 984
cartilagem costal 81, 922
cartilagem hialina 82, 83
corpo ciliar 681
espermatogênese 1267
faces articulares 99(f), 100
glândulas paratireoides 464
lente(do olho) 686
mama 934-5, 935(f)
mandíbula 532-3, 532(f)
menisco do joelho 1398
músculo 112, 117
osso 87, 91
osso do quadril 1354(f)
ovário 1294
pâncreas 1183
pele 161-2
próstata 1257, 1259
seios paranasais 556
sinostose natural 614
testículo 1267
tonsila palatina 566
vértebra lombar 714
altura corporal 744
álveo 349, 351(f), 352(f)
alvéolo(s)
da mama 933, 933(f), 936
desenvolvimento 934
da mandíbula 478, 480
da maxila 476, 477
dental 514, 517, 518
dos pulmões 992, 995-6, 998
aberturas dos(sacos) 995
área e número 998
desenvolvimento 998, 1033, 1034-5
estrutura 998, 999(f), 1000(f)
poros interalveolares de Köhn 998, 1000(f)
surfactante *ver* surfactante
tensão superficial 1000
glandular 31
amamentação 606-7
amastia 934
amazia 934
amelogeninas 514
amenorreia 1325
ametropia 688
amígdala 320, 325, 353-4, 353(f)
conexões 353-4
aferentes 343-4
eferentes 354
desenvolvimento 382, 383
"estendida" 353
funções 354
lesões 358
núcleos 346, 353
basal 353, 354
basal acessório 346, 353
central 353
desenvolvimento 383
lateral 353
medial 353
relações 353
ver também complexo nuclear amigdaloide
amilina 1207
aminoácidos 48
amiotrofia diabética 1383
amnésia
anterógrada 358
retrógrada 358
âmnio(cório-âmnio) 180-1, 1302
usos/aplicações 180-1
AMPc 8, 9
ampola
da tuba uterina 1293
do ducto deferente 1269, 1314(f), 1317
dos canais semicirculares 633, 633(f), 636
hepatopancreática(de Vater) 1178
retal 1137, 1151
anáfase
divisão celular 21-2
meiose 23
analgesia
local, dentária 519-20
opiáceos de ocorrência natural 48
anastomose(s)
arterial 134
broncopulmonar 1003
cerebral, desenvolvimento 392
círculo arterial 249(f), 251-2
convergência 134
coronária 978, 980-1
cruciforme 1380
da articulação do joelho 1408
da coluna vertebral 715(f), 732
de Hyrtl 177
do colo 1140, 1146
do estômago 1268
do trato gastrointestinal 1048
esplâncnica, dorsal 207
no coração 141
palmar 787
região do quadril 1380-1
término-terminal 134
transversal 134
trocantérica 1380
vasos gastromentais 1103(f), 1104
arteriovenosa 134, 135(f)
coronariana 980-1
da pele 156
do recém-nascido 134
glomos 134
da articulação do joelho 1394, 1395(f), 1408
genicular 1394, 1408
inter-pós-cardinal 1219
intraóssea, do osso 91
nervosa, vestibulofacial 643
veias lombares 1075
venosa
cardíaca 982
das veias vitelinas 1220
duodenal 1220
intervitelina subdiafragmática 1220
supracardial-subcardinal 1219
veia cava superior cardinal comum esquerda 959
anatomia *ver as estruturas individuais*
anatomia de superfície *ver as estruturas anatômicas específicas*
ancirina 15
andar 1459
centro de gravidade 1459
choque do calcanhar 1459
desenvolvimento 1459, 1461(f)
fase de apoio unipodal 1459
fase de oscilação ou balanço 1459
fases de apoio 1459
princípio do pêndulo 1459
retirada dos dedos do chão 1459
uso da energia 1459
ver também marcha
andrógenos
descida dos testículos 1320
masculinização do feto feminino 1219
ver também hormônios, testosterona
anel
anorretal 1159
aórtico 977
arterial 1032
das valvas 1027
da aorta 969(f), 972, 983
do tronco pulmonar 967, 969(f), 983
mitral 970, 974
tricúspide 967, 974
de Vieussens 978
ectodérmico 198
parte intermembros 198
estapedial 652
femoral 1058(f), 1059, 1067
fibroso 730(f)
himenal 1284
inguinal 1320, 1320(f)
profundo 1056, 1060, 1065-6, 1289, 1320
do recém-nascido 1066
fáscia transversal no 1060
posição e ações 1065-6
superficial 1065
do recém-nascido 1066
ver também hérnia, inguinal
intra-articular, da cabeça do fêmur 1364
linfático 602

linfático da faringe 401, 564, 567
linfoide circunfaríngeo 567
tendíneo comum, da órbita 656, 657(f)
timpânico 613, 617-18, 621
anencefalia 181, 364, 365(f)
aneuploidia 23
aneurismas
cerebral 252, 252(f)
da aorta 985
abdominal 1074
ligadura da veia renal 1233
inflamatório, artéria mesentérica superior 1187
anfetaminas 331
angina
de Ludwig 543
pectoris 236
angina de Ludwig 543
angiogênese 136, 600
alantoide 180
artérias coronárias 1026
encéfalo 391
reparo dérmico 162-3
angiografia por ressonância magnética 975(f), 984(f)
angiograma, aortoilíaco 1073(f)
angioplastia, com balão 981
angiossomos 110(f), 135
angiotensina II 1238
angiotensinogênio 1238
angulação(movimento) 103
ângulo(s)
anorretal 1150, 1155, 1160
bifurcação da parte abdominal da aorta 1072
da base do crânio 420, 481
da boca 467
da costela
anterior 919
posterior 919
da escápula 795, 800, 812
inferior 785, 795, 812, 817
lateral 795
superior 795, 811, 814
da mandíbula 412, 413(f), 418
fratura 480
de "filtração" *ver* ângulo, iridocorneal
de Louis 909
de Lovibond(prega proximal da unha) 155, 155(f), 159
de penação 113, 114
de transporte 786, 833
do acrômio 795
do esterno 909, 917, 917(f)
do fêmur 1360
do olho, medial 674
do sacro 725
esfenoidal (anteroinferior), do osso parietal 469, 470(f)
frontal (anterossuperior), do osso parietal 469
iridocorneal(da câmara anterior) 675, 677(f)
desenvolvimento 702
lateral inferior(sacro) 725
mandibular 402
mastóideo(posteroinferior) 469, 617
occipital(posterossuperior) 470
pontocerebelar 240, 242, 279, 284, 286, 295
posteroinferior, do osso parietal 412
subaracnóideo 752
anidrâmnio 181
anodontia 517
anoftalmia 699
anomalia de Taussig-Bing 1030
anorreto 1212
ver também ânus; reto
anosmia 555
anotia 618
antagonistas(músculo) 114, 115, 121
antebraço 839-56
artérias 852-3
compartimentos 840, 840(f)
desenvolvimento 905
do recém-nascido 905-6
músculos 845-52
compartimento anterior 845-8
flexores profundos 847-8
flexores superficiais 845-7, 846(f)
compartimento posterior 848-52
extensores profundos 850-2, 850(f)
extensores superficiais 848-50, 848(f)
nervos 853-6
ossos 840-4
pele 839
inervação 839
nervos 839
suprimento vascular 839, 839(f)
rotação 871
tecido mole 839-40
ver também braço
antélice 618, 619, 620
anticorpos 68
opsonização 69
para o fator de crescimento neural 370
ver também imunoglobulina
antígeno(s)
de eritrócitos 68
leucocitários humanos(HLA) 68, 176
muito tardio 137
Rhesus 68
antígenos dos leucócitos humanos(HLA) 68
antitrago 618, 620
antro
mastóideo 403, 615, 618, 623(f), 626
acesso cirúrgico 622
ádito 622, 626
desenvolvimento 652
pilórico 1112, 1112(f), 1207(f)
pré-pilórico 1115
ânus
agenesia 1212
desenvolvimento 1212-13
esfíncter *ver* esfíncter(es)
fissura 1157
fístula 1158
imperfurado 1212-13
nervos 1212
aorta 980
anatomia de superfície 919
aneurisma 985, 1074
angiografia por TC 1074(f)
arco 984, 1030(f)
alterações relacionadas com a idade 984
anatomia de superfície 912, 913
angiografia por ressonância magnética 984(f)
artérias da 600, 601(f)
desenvolvimento 1027, 1027(f), 1030(f), 1032
direito 1032
embrionário 206, 1027, 1027(f), 1030(f), 1032
primeiro 390, 1027
quarto 1032
segundo 390
sexto 601, 1033, 1034
terceiro 390, 600, 1027
hipoplasia 984
interrompido 575
radiografia de tórax 954(f), 957
ramos 984
relações 984
variação 984
ascendente 962, 963, 964, 978
relações 961(f), 983, 984
torácica 983-4
bifurcação 1072, 1073(f), 1074, 1086
ângulo 1072
botão da 914, 954, 984
calcificação 986
coarctação 975, 984-5, 1030, 1032
"defletor" 971
desenvolvimento 205
dimensões(diâmetro) 130
dissecação 985
dorsal 1027
embrionária 206
esclerose 986
interrupção 984
"mamilo" da 954
óstio 913
parte abdominal 1072-4, 1072(f), 1073(f)
anatomia de superfície 1054
angiografia por RM 1073(f)
angiografia por TC 1074(f)
bifurcação 1072, 1072(f), 1086
ramos 1073-4, 1073(f)
relações 1072-3
trajeto 1072
parte descendente 954, 955(f), 957
parte torácica 983-5
parte descendente 985
anatomia de superfície 985
ramos 985
relações 985
raiz 970(f), 974, 1026
regurgitação 985
ruptura 985
aparelho
de Golgi(complexo golgiense) 1297
somitogênese 764
faríngeo
desenvolvimento 595, 596(f)
ver também arco, faríngeo
justaglomerular 1237(f), 1238
lacrimal, desenvolvimento 703
lacrimonasal 674
subneural 110
vestibular 636-9, 661, 663
ver também órgão; sistemas
aparelho de Golgi(complexo golgiense) 3(f), 4, 9, 11(f), 12
cisternas 11(f), 12
rede *cis*-Golgi 12
rede *trans*-Golgi 12
apêndice(s)
do epidídimo 1264(f), 1267, 1268
do testículo 1263(f), 1264(f), 1267, 1268, 1315(f), 1316(t), 1317
omentais do colo 1137, 1138, 1138(f), 1151, 1162
vermiforme 1142-4, 1143(f)
agregados linfoides 1143
anatomia de superfície 1053
artérias 1144-5
desenvolvimento 1212, 1217
dor 1143-4, 1146
epitélio 1137
linfáticos 1145
luz 1142-3
microestrutura 1143, 1143(f)
nervos 1143-4, 1146
peritônio 1217
variação de posição 1142, 1143(f)
na gravidez 1300
veias 1145
apendicite 1143-4
na gravidez 1300
apendicolitos 1143
ápice
da bexiga urinária 1245, 1312
da patela 1394
do coração 913, 962-3, 980
do dente 517
do fundo gástrico 1112
do modíolo 489
do pulmão 465, 993
do sacro 725
do trígono femoral 1373
aplasia
do timo 949
dos pulmões 1037

apneia
periódica 1012
sono 561
aponeurose 857
bilaminar(concepto) 1061, 1063, 1063(f)
do centro tendíneo do diafragma 1007
do genioglosso 503
do levantador da pálpebra superior 658, 659, 670-1, 672
do músculo bíceps 778, 786, 787, 789, 825, 825(f), 826
anatomia de superfície 786
do músculo oblíquo externo do abdome 1063
hiato(anel inguinal superficial) 1065
do músculo oblíquo interno do abdome 1062(f), 1064
do transverso do abdome 1062(f), 1064, 1070
epicrânica 397, 467, 481-2, 538
glútea
palatina 565
palmar 778, 857, 859(f)
fibras transversais 859
sistema de ancoragem 80
plantar *ver* fáscia, plantar
apoptose 24-5, 24(f), 181
células T
citotóxicas 71
progenitoras 77, 947
ciclo menstrual, alterações mamárias 935-6
e diferenciação terminal 193
na formação dos dedos 902
na sinaptogênese 370
apraxia, ideomotora 358
aprendizado motor, papel da fibra trepadeira olivocerebelar 301
aqueduto
da cóclea 634
do mesencéfalo 239-40, 240(f)
do vestíbulo 425, 431, 617, 633, 634
abertura 425, 617
ar, umidificação no trato respiratório 1005
aracnoide-máter 426, 427, 433-4
parte encefálica, desenvolvimento 389
parte espinal 752, 752(f)
vilos 243-4, 244(f)
arcada
arterial, da mão 894, 894(f)
de Fröhse 835(f), 855
de Riolan(arco justacólico) 1140
palpebral 665, 672
arco(s) 102
alveolar 477
superior 414
arterial
do carpo
dorsal 890, 894
palmar 890, 892(f), 893
do colo 1146, 1149
do polegar 892
palmar 890, 892(f)
profundo 890, 891, 892(f), 894
superficial 890, 892(f), 893(f), 894
pré-pancreático 1186
axilar 811
branquial(brânquia) 532, 596
ver também arco(s), faríngeo
coracoacromial 807
cortical(renal) 1229
crural
profundo 1060
superficial *ver* ligamentos(específicos), inguinal
da aorta *ver* aorta, arco
da cartilagem cricóidea 579
da pelve 1358
dental
mandibular 511(f)
maxilar 511(f)
do atlas
anterior 719, 770
posterior 719, 770
do ducto torácico 942
do pé 1450
longitudinal, parte lateral 1450
longitudinal, parte medial 1450
transverso 1450
doloroso 807
faríngeo
derivados do 597(t)
desenvolvimento 595
suprimento nervoso 374
elementos esqueléticos 598-9, 598(f)
embrionário 596-602, 597(f)
músculos do 599-600, 599(f), 600(f)
nervos do 600
primeiro(mandibular) 595(f), 597, 652
segundo(hióideo) 595, 596(f), 652
suprimento sanguíneo 600-2, 601(f)
hióideo 595, 596(f), 597, 652
jugular 451, 465
justacólico 1140
lombocostal 1007
ver também ligamentos(específicos), arqueado
mandibular 595, 595(f), 597, 652
maxilomandibular *ver* arco(s), faríngeo
neural 767, 768, 769(f)
occipital 611
palatofaríngeo 503(f), 565
palatoglosso 501, 503(f), 565, 604
palmar
anatomia de superfície 787
superficial 857(f)
plantar 1456-7, 1456(f)
púbico 1358, 1365
reflexo 261
reflexo medular 8, 389
reflexo monossináptico 287
subpúbico, diferenças sexuais 1359
superciliar 404, 409, 416, 470, 471(f)
tendíneo
da fáscia da pelve 1086
do levantador do ânus 1086
venoso, da mão, palmar
profundo 894
superficial 894
venoso, do pé, dorsal, anatomia de superfície 1344
vertebral 716, 721, 727, 734, 768
zigomático 403, 412, 416, 527, 538, 615
área
coclear, do meato acústico interno 636
cortical(cerebral)
área 8 343
área 17 315
associação 335, 341, 341(f), 344, 358
auditiva 345-6, 345(f)
campo visual frontal(área 8) 343, 343(f)
da fala de Wernicke 343(f)
de Broca(área 44, 45) 335, 343(f), 349
de Brodmann 340
área 1 344
área 2 344
área 3a e 3b 344
área 4 342, 344
área 5 344
área 6 341, 343, 343(f), 344, 664
área 7a 343, 345
área 7b 343, 344, 345
área 8 343, 343(f), 664
área 9 343, 343(f)
área 10 343, 344
área 17 346, 696
V1 346, 696
V2 e V3, 346
área 18 346, 347
área 19 346, 347
área 20 340, 345
área 21 345
área 22 343(f), 345
área 24 343, 345
área 25 347, 348
área 28, 348, 351
área 29 348
área 35 352
área 36 354
área 37 343(f)
área 38 345
área 39 341(f), 343(f), 345, 664
área 40 343(f), 345
área 41 345, 357
área 42 345, 357
área 44 335, 343
ver também área, cortical(cerebral), de Broca
área 45 335, 343, 358
área 46 343, 345, 664
entorrinal 348, 349, 356
estriada 346, 347
insular 346, 346(f)
motora
primária(MI) 342, 342(f)
suplementar(AMS; MII) 343
motora cingulada 343
multimodais 386
occipitotemporal 345
paraestriada 340
piriforme 382
desenvolvimento 383-4
pré-comissural 385
pré-frontal 341, 343
pré-motora 343
sensitiva somática *ver* córtex, cerebral
subcalosa(giro paraolfatório) 335
visual 346, 354
V1 347
V2-V4 347
V5(temporal média) 347
ver também córtex, cerebral
cortical vestibular 286
cortical, visual V5(temporal média) 664
de Little 553, 554
intercondilar, da articulação do joelho 1397, 1397(f)
nua, do fígado 1163, 1164(f), 1165, 1168
paraespinal 957
pélvica, do ramo do ísquio 1356
perineal, do ramo do ísquio 1356
polimodais sensitivas, lobo temporal 354
postrema 51, 240, 241, 241(f)
reticular 294
supramamilar 350
vestibular
do meato acústico interno 633, 633(f), 636
do quarto ventrículo 240, 269, 275
área de Brodmann *ver* área, cortical(cerebral)
área Tpt, plano temporal, assimetria 358
áreas gástricas 1115
aréola(s)
da mama 930, 930(f), 932(f)
inervação 932
nervos 932
suprimento vascular 931
masculina 937
primária, do osso 93
arginina vasopressina 317
arquêntero 184
arquicórtex(arquipálio) 338, 350, 382
ver também formação, hipocampal
artérias
aberrante 985
acessória
do músculo 109
meníngea 431, 540, 541, 544
pudenda 1098
renal 1231
acompanhante do nervo isquiático 1378

alveolar
  inferior 518, 540, 600
    ramo lingual 518
    ramo milo-hióideo 518
    ramos perfurantes 500
  ramos 518
  superior 518
    anterior 518
    média 544
    posterior 518, 543-4
anastomótica, de Kugel 980
angular 490, 490(f)
aorta *ver* aorta
apendicular 1145
  acessória 1145
  trombose 1145
arco da aorta *ver* aorta, arco
arqueada 1289
  do pé 1455(f), 1456
  do rim 1232
auricular 491
  posterior 490(f), 491, 609, 619, 620, 621
  profunda 540, 541, 628
  superior 620
axial, do membro embrionário 903, 905, 906(f), 1463
axilar 778, 815-17, 816(f), 986
  ramos 817
  relações 815, 817
ázigo 1284, 1289
basiesfenóidea 563
basilar 242, 248, 248(f), 250-1, 449, 461
  desenvolvimento 390
braquial 778, 823, 827-8, 831(f), 835, 835(f)
  locais de registro da pulsação 787
  punção de 981
  ramos 827-8
braquiocefálica 914, 984, 985
  ramos 985
  relações 985
brônquica 950, 985, 991, 999(f), 1035
  direita 1003
  esquerda 1003
  plexos capilares/mucosos 1003
bucal 491, 540, 541
calcânea
  da artéria fibular 1425, 1426
  da artéria plantar lateral 1425
  da artéria tibial posterior 1425
calosomarginal 248
caroticotimpânicas 247,601
carótida 406
  comum 98, 397, 400, 406, 444-5
    desenvolvimento 600
    direita 984, 986
    esquerda 984, 986
    relações 986
  externa 406, 445-7
    desenvolvimento 600
    pulso 445
    ramos 446, 490, 496, 496(f)
  interna 247-8, 247(f), 400, 406, 430, 444(f), 445, 447
    desenvolvimento 390
    parte cavernosa 248
    parte cerebral 248
    parte petrosa 247-8
    pulso 437, 444
    ramos caroticotimpânicos 601
cecal(anterior/posterior) 1145
celíaca *ver* tronco celíaco
centrais
  do cérebro 252, 252(f)
    da artéria cerebral anterior 248, 248(f)
    da artéria cerebral média 248, 248(f)
central da retina 667
centrífuga 392
centrípeta 392
cerebelar
  desenvolvimento 390
  inferior 242
    anterior 249(f), 251
    posterior 249(f), 250, 251
  superior 249(f), 251
cerebral
  anterior 248-50
    ramos 249, 249(f)
  média 250
  posterior 242, 251
    desenvolvimento 390
cervical
  ascendente 445(f), 465, 714
  profunda 449, 451, 708, 714
  transversa 438, 453(f), 457, 816(f), 817
ciliares 665, 681
  curtas 682(f)
  longas 682(f)
ciliorretiniana 694
circunflexa 978, 980
  anterior 980
  cirurgia de revascularização do miocárdio 981
  do úmero
    anterior 817, 818(f)
    posterior 817, 818(f)
  escapular 804(f), 815(f), 816(f), 817
  esquerda 977
  ilíaca, profunda 1089
  profunda 1057(f), 1065(f)
cística 1179-80
  acessória 1180
colateral
  média 823(f), 827, 827(f)
  radial 824(f), 827, 827(f)
  ulnar
    inferior 828, 829(f)
    média 828
    superior 828, 829(f)
colateral *ver* circulação, colateral
cólica 207
  direita 145(f), 1140, 1145, 1146
    acessória 1145, 1145(f)
  esquerda 1140, 1146, 1149(f)
  média 1140, 1146, 1147(f)
comunicante
  da artéria tibial posterior 1425
  do cérebro
    anterior 248, 252, 252(f)
    posterior 247(f), 248, 248(f), 252
      do feto 248
  ramo da artéria fibular 1426
corióidea
  anterior 248, 253, 390
  posterior 390
coronária 978
  acessória 1026
  anastomoses 978, 980-1
  angiografia 981
  calibre da 978
  cirurgia de revascularização do miocárdio 981
  desenvolvimento 1026
  direita 977, 978, 980
    ramos 980
  distribuição 978, 980
  doença 978, 981
  dominante 978
  esquerda 978, 980
  estenose 981
  revascularização 981
  terceira 978
cortical, da artéria cerebral média 249-50
craniana, desenvolvimento 390
cremastérica 1056-7, 1064, 1262
  ramo púbico 1056-7
cricotireóidea 446, 588
da cauda do pâncreas 1186
da medula 250-1, 392
  ósseas 90(f), 91
  radicular anterior 757
  segmentar 757
da ponte 251
da retina, central 665, 693, 695
de Charcot, da hemorragia cerebral 253
de Vidian 544
dental *ver* artérias(específicas), alveolar
diagonal, esquerda 980
digital
  carpal, do polegar 890
  dorsal, da mão 894
  palmar 894
    comum 892(f), 894
  ulnar 894
do bulbo, do pênis 1273
do cone(ramo do cone arterial) 978
  esquerda 980
do joelho
  descendente 1380
  inferior 1409
  lateral 1362
  média 1409
  medial 1362
  superior 1408-9
do labirinto 251, 642
do labirinto 251, 642
do meato acústico externo 621
do nó sinoatrial 980
do pênis 1098
do pênis, dorsal 1252, 1273
dorsal
  da língua 505
  digital(da mão) 894
  do pênis 1252, 1273
  escapular *ver* artérias(específicas), escapular
  lombar 1074
  metacarpal *ver* artérias(específicas), metacarpal
  nasal 491
  perfurante 811
dorsal do pé 1419(f), 1455-6, 1455(f)
  pulso 1344
  vasos cutâneos 1456
epifisial 91
  subclávia, pulso 438
epigástrica
  inferior 1056, 1059, 1063, 1064, 1089
    ramo púbico 1067
    ramos 1088
    relações com o canal inguinal 1066
  superficial 1379
  superior 985, 1056
escapular
  circunflexa 804(f), 815(f), 816(f), 817
  dorsal 450, 451, 816(f), 817
    variantes 816(f)
escrotal 1273
esfenopalatina 544, 558, 665
esofágica 950, 1111
  anastomoses 1268
espinal 714, 715(f)
  anterior 148, 757
  posterior 250, 253, 757
esplâncnica
  lateral 206-7, 1263
    desenvolvimento 1310
    persistência 1231
  ventral 207, 1220
esplênica 1193
  ramos pancreáticos 1186
  segmentar 1193
estapedial 600, 629
  hemorragia da 607
  ramos 600
esternocleidomastóideas 446
estilomastóidea 628, 629
estriada 252, 253

desenvolvimento 392
lateral 249(f), 250
medial 249(f), 250, 252, 253
estriada distal medial(artéria recorrente de Heubner) 392
estriada distal medial 392
etmoidal 544
anterior 665
posterior 665
facial 444(f), 445(f), 446-7, 489-90, 538, 541, 671
infraorbital 541
ramo palatino ascendente 505, 539
ramo tonsilar 505
ramos 447, 478, 505
relação com a glândula submandibular 520
transversa 490-1, 671
faríngea 446, 544, 1025
ascendente 446, 544
ramos 446
ventral 600
femoral 1351(f), 1378-80, 1379(f), 1388
anatomia de superfície 1344
circunflexa
lateral 1380
medial 1380
circunflexa femoral lateral 1364(f)
circunflexa femoral medial 1364(f)
oclusão proximal 1381
profunda *ver* artérias(específicas), femoral profunda
pulso 1344
punção da 981
ramos 1379-80
ramos superficial e profundo 1280, 1282(f)
relações 1378-9
femoral profunda 1379-80, 1379(f)
fibular 1425-6
ramos, na perna 1426
frênica 1008(f), 1009-10
direita 1010
esquerda 1009
inferior 1010, 1074
origem 1009
ramos medial e lateral 1010
frontal
da artéria cerebral anterior 249
da artéria temporal superficial 491
ganglionar 249(f), 252
gástrica 1111
anastomoses 1268
curtas 1116-17
direita 1117
esquerda 1007, 1116
variações 1116
posterior 1111, 1117
gastroduodenal 1126
retroduodenais 1180
gastromental
anastomoses 1268
direita 1104, 1117
esquerda 1104, 1117
glandulares, da artéria facial 447
glútea
anatomia de superfície 1054
inferior 1054, 1089
ramos 1087
superior 1054, 1087
gonadal 1074
grandes vasos
conexões anormais 1030, 1031-2, *1032*
transposição 1030, 1031
helicinas, do pênis 1273, 1274
hemorroidal *ver* artérias(específicas), retal
hepática 1169-70, 1169(f), 1180
acessória 1169
arteriograma 1170(f)
comum 1169
direita 1169
substituta 1169
variantes 1169
hialóidea 702
atrofia 702
desenvolvimento 699, 702
hipofisária
inferior 323
superior 323, 1057(f), 1059
hipoglossa, pré-segmentar 390
ileais 1130, 1145
ileocólica 1140, 1144-5, 1145(f)
ramos 1144
ilíaca 1054
circunflexa
profunda 1088
superficial 1379
comum 1086
direita 1086
esquerda 1086
ramos 1086
externa 206, 1086, 1089
circulação colateral 1059
interna 206, 1086-7, 1087(f), 1140, 1284
do feto/recém-nascido 1087
iliolombar 1087
ramo lombar 1071, 1074
incisiva, ramos perfurantes 500
infra-hióidea 446
infraorbital 491, 518, 544, 559, 600, 666, 671
inominada, *ver* tronco braquiocefálico
insulares 250
intercostal
anterior 926
posterior 98, 714, 927, 927(f), 928, 940, 984, 985, 987, 1056, 1059, 1064
ramos 109, 855(f), 915, 927
ramos dorsais 927
ramos posteriores 915
superior 451, 461, 926, 990(f), 993, 1003
interdental 518
interlobares, do rim 1230(f), 1232
interlobulares, do rim 1231, 1232
interóssea
anterior 778, 839, 852-3
comum 778, 846(f), 852
posterior 778, 839(f), 853
desenvolvimento 905
intersegmentar 1027
interventricular
anterior 980
posterior 978, 980
intramedular 757
intraparenquimatosa(medular) 392
ver também artérias(específicas), medular
jejunais 1048, 1127(f), 1128, 1130, 1131(f), 1132(f)
labial
inferior 490(f)
superior 490, 490(f), 544
lacrimal 491, 541, 665
laríngea
inferior 449, 588
posterior 588
superior 446, 587
ramos epiglóticos 505
lenticuloestriada 250, 252, 254
lingual 445(f), 446, 500, 504, 505(f)
dorsal 505
profunda 505
lobar, do rim 1232
lombar 714, 985, 1059, 1074
posterior 1061, 1063, 1064
ramos dorsais 1074
lombares imas 1071, 1074
maleolar
anterior lateral 1425
anterior medial 1425
mamária *ver* artérias(específicas), torácica interna
marginal
arco justacólico 1140, 1140(f)
do coração
direita 980
esquerda 980
massetérica 538, 540, 541
maxilar 517, 527, 529, 533, 538, 539, 540-1, 540(f), 543-4, 660
na fossa pterigopalatina 540, 559
ramos 628
bucal 499, 500
facial 488, 491
suprimento da mucosa oral 500
mediana 852, 855(f), 857, 905
meníngea 250, 432(f), 446, 461, 665
acessória 431, 540, 541, 544
circunferenciais curtas 390
circunferenciais longas 390
desenvolvimento 390, 600
infratentorial 390
média 404, 412, 415, 424, 429(f), 431, 433, 535, 540, 541, 541(f), 600
desenvolvimento 600
paramediana 390
posterior 446
ramos perfurantes 390
supratentorial 390
mentual 491, 500, 518
mesencefálica, primitiva 390
mesentérica
inferior 1047, 1048, 1072(f), 1074, 1074(f), 1140, 1140(f), 1149, 1149(f), 1220
ligadura 1141
oclusão 1140-1
superior 1047, 1048, 1072(f), 1074, 1074(f), 1130, 1132(f), 1140, 1140(f), 1209, 1210(f), 1220
mesonéfrica, persistente 1310
metacarpais
dorsais 890-1
primeira 858(f), 890-1
segunda 890, 891
terceira 891
quarta 891
palmares 892(f), 893
metafisial 91
metatarsal, dorsal 1456
milo-hióidea 518
muscular
da artéria fibular 1426
da artéria radial 852, 855(f)
da artéria tibial anterior 1425
da artéria tibial posterior 1425
da artéria ulnar 852-3, 855(f)
musculofrênica 926, 985
nasal
dorsal 666
dorsal(externa) 491, 666
lateral 490, 490(f)
nutrícia
da artéria fibular 1426
da fíbula 1426
da tíbia 1425
das vértebras 714
do escafoide 862
do fêmur 1364, 1380
do osso do quadril 1352
do úmero 827-8
óssea 91
obturatória 1041, 1088
aberrante 1059
ramos 1088
variações 1067
occipital 444(f), 445(f), 447, 491
oftálmica 248, 600, 656, 659, 660, 665-6, 665(f), 667
ramos 491

ramos faciais 491
olfatória, primitiva 390
origem, lombar, número e relações 1074
ótica, pré-segmentar 390
ovárica 207, 1288, 1289, 1293, 1295
palatina
ascendente 446, 544
maior(ramo da palatina descendente) 544, 559
menores 559
palmar 894
comum 892(f), 894
metacarpal 892(f), 893
palpebrais
laterais 671
mediais 491, 665, 671
pancreática, magna 1186
pancreaticoduodenal
inferior 1048, 1128, 1184, 1186
superior 1048, 1128, 1184, 1186
para o ducto deferente 1269
paratireóidea 464
parietal
da artéria cerebral anterior 249
da artéria cerebral média 249
da artéria temporal superficial 491
parte esfenoidal, da artéria cerebral média 250
perfurante 252
da artéria femoral 1380
da artéria tibial anterior 1425
da artéria tibial posterior 1425
da artéria torácica interna 915, 926
da cavidade oral 500
da mão 891, 893
do tornozelo e do pé 1457
dorsal, da região do ombro 811
meníngea 390
pericalosa 248
pericardicofrênica 985
perineal 1273, 1275(f)
escrotal 1093(f), 1098
na mulher 1098
peroneal *ver* artérias(específicas), fibular
pilórica 1268
pineal 324
plantar
lateral 1425, 1456-7
medial 1425, 1457
anatomia de superfície 1344
poplítea 1044, 1394
anatomia de superfície 1344
aprisionamento 1408
pulso 1344
ramos 1408-9
relações 1408
variações 1408
posterior, auricular 441, 445, 447
pré-massetérica 490
principal do polegar 891-2
profunda da língua 446
profunda do braço 778, 824(f), 825(f), 826, 827, 828, 829(f)
profunda do pênis 1098, 1273
profunda, do pênis 1098, 1273
pterigóidea 247, 540, 541
pudenda
externa
profunda 1379
superficial 1379
interna 1088-9, 1280, 1282(f), 1284
acessória 1098
no períneo 1097-8
ramos 1275(f)
pulmonar 980, 983, 996-7, 999(f), 1028
bifurcação 996
desenvolvimento 1035
pós-natal 1036
direita 982, 996
esquerda 996-7
ramos lingulares 996-7
fetal 983
ramos 996
relações 983
pulso 446
radial 778, 857, 890-3, 891(f)
desenvolvimento 905
locais de registro da pulsação 787
na mão 890-3
no antebraço 839, 839(f), 842(f), 845, 846(f), 848, 852
no cotovelo 835, 835(f)
no punho 890
punção da 981
recorrente 827, 827(f), 835
radial do indicador 857, 891(f), 892-3
radicular
anterior 757
posterior 757
recorrente
interóssea, posterior 835, 852, 853
radial 827, 827(f), 835
tibial
anterior 1425
posterior 1425
ulnar
anterior 827
posterior 827
renal 207, 1054, 1074, 1225(f), 1228, 1228(f), 1230(f), 1231, 1231(f), 1310
características 1231
direita 1225(f)
esquerda 1225(f)
ramos 1231(f)
retal
acessória 1231
direita 1231
esquerda 1231
inferior 1098, 1140, 1154
média 1088, 1140, 1154, 1284
ramos 1231
superior 1140, 1154, 1159
retinacular 1364
retroportal 1180
sacral
lateral 708, 714, 1087
mediana 1074, 1154
segmentar
do rim 1231-2, 1232(f)
espinal 757
septal, posterior 980
sigmóideas 1140, 1141, 1148, 1149
somática 206
subclávia 400, 406-7, 435, 438, 443, 447-8, 600, 986, 991, 993
desenvolvimento 601, 905
direita 98, 446-7, 1032
desenvolvimento 600
esquerda 448, 449, 984, 986
pulso 448
ramos 444, 447-8
relações 986
subcostal 985, 1059, 1063, 1064
ramos 1071
subescapular 816(f), 817, 984
sublingual 505
submentual 444(f), 446-7
supraclavicular 791, 815
supraduodenal 1127
supraescapular 449, 814
supra-hióidea 446
supraorbital 59, 491, 600, 660, 665
suprarrenal 207, 1074, 1310
inferior 1198, 1232
média 1198
superior 1198
supratroclear 491, 666, 828, 829(f)
surais 1409
superficial 1409
tarsal 1456
temporal
média 491
locais de registro da pulsação 490
ramo parietal(posterior) 491
profunda 540, 541
superficial 490(f), 491, 496(f), 538, 671
frontal(anterior) 491
pulso 405
testicular 207, 1262-3
tibial
anatomia de superfície 1344
anterior 1411, 1415, 1417, 1418(f), 1419(f), 1424-5
ramos 1425
posterior 1425, 1457
pulso 1344
ramos 1425, 1457
timpânica
anterior 540, 541, 628
inferior 446
superior 430
tireóidea
ima 462, 984, 985
inferior 443, 444(f), 449, 466, 946, 950, 951(f)
superior 445-6, 462, 946
ramos 446
tonsilar 446, 566, 566(f), 567
torácica
alar 817
cirurgia de revascularização do miocárdio 981
interna 449, 926, 939, 985
circulação colateral 1059
ramos esternais 926
ramos perfurantes 915, 926
relações 926
lateral 817, 915, 984
superior 817
toracoacromial 803, 817, 984
toracodorsal 811, 817
trigeminal, primitiva 390
ulnar 778, 857
desenvolvimento 905
locais de registro da pulsação 787
na mão 891(f), 892(f), 893-4
no antebraço 839, 839(f), 842(f), 846(f), 847, 852-3
ramos 852-3
no cotovelo 827
superficial 790(f)
ulnar inferior 839, 852
umbilical 182, 206, 1222-3
cateterização 1222-3
circulação embrionária 205, 205(f), 206(f)
descida dos testículos e 1320
desenvolvimento 1087
obliterada 1062, 1105, 1106
uretral 1252
uterina 1088, 1284, 1289, 1290(f), 1293, 1294(f)
vaginal 1088, 1088(f), 1284
ventricular, anterior 980
ventriculofugal 391, 391(f)
ventriculopetal 391, 391(f)
vertebral 250-1, 251(f), 449, 449(f), 714, 719, 721, 734
esquerda 984
ramos cervicais 449
vertebrobasilar 250-1
vesical
inferior 1088, 1249
superior 1088, 1249
visceral 1054
zigomática 491
zigomaticofacial 490(f), 491
zigomático-orbital 491, 665
zigomaticotemporal 491

artérias(de órgãos ou regiões)
da articulação do joelho 1408-9
cutânea 1393
da articulação do quadril 1390
da articulação temporomandibular 535-6
da bexiga urinária 1249
da cabeça 397-400, 398(f), 444-51, 539(f), 540(f)
da cabeça do nervo óptico 695
da cavidade nasal 553
da cavidade timpânica 628-9
da coluna vertebral 714, 715(f)
da conjuntiva 672
da face 489-91
da faringe 561
da glândula lacrimal 673
da glândula parótida 497
da glândula pineal 324
da glândula salivar sublingual 521
da glândula salivar submandibular 521
da glândula suprarrenal 1198, 1198(f), 1199(f)
da hipófise 323
da íris 685
da laringe 587-8, 587(f)
da língua 505, 505(f)
da mama 931
cutânea 931
da mão 620, 890-3
cutânea 857, 858(f)
da medula espinal 757, 758(f)
da mucosa oral 500
da órbita 665-6
da orelha
externa 620
interna 642
média 628-9
da orelha externa 620
da parede do abdome
anterior 1056-9
posterior 1072-4, 1073(f)
da parede torácica 926-7
da pele 156
antebraço 839, 839(f)
braço 823
costas 708, 708(f)
cotovelo 831
do pé 1429
joelho 1393
mama 931
mão 857, 858(f)
perna 1411
pescoço 435
pulso 857, 858(f)
região do ombro 791
região glútea 1349
tórax 915, 915(f)
da pelve 1041, 1047, 1047(f), 1086-9, 1087(f), 1088(f)
da perna 1424-6
cutânea 1411
da pleura 991
da próstata 1257
da região do cotovelo 835
da região do ombro, cutânea 791
da região glútea 1378, 1378(f)
cutânea 1349
da retina 693, 693(f), 694
da tonsila faríngea 563
da tonsila palatina 567
da traqueia, parte cervical 466
da tuba auditiva 564
da tuba uterina 1293
da uretra
feminina 1253
masculina 1252
da vagina 1284, 1284(f)
da vesícula biliar 1179-80
da vulva 1280
das articulações 101
ver também as articulações individuais
das bochechas 499
das costas, cutânea 708, 708(f)
das glândulas bulbouretrais 1273
das glândulas paratireoides 464
das glândulas seminais 1270
das pálpebras 671
das vias biliares 1180
do abdome 1047, 1047(f)
do antebraço 852-3
cutânea 839, 839(f)
do apêndice vermiforme 1144-5
do arco da aorta 600, 601(f)
do assoalho da boca 501
do baço 1193
do braço 827-8
cutânea 823
do canal anal 1159-60
do ceco 1144-5
do cerebelo 253
do cérebro 247-56, 247(f), 248(f)
desenvolvimento 390
do colo
ascendente 1146
descendente 1147, 1147(f)
sigmoide 1148-9, 1148(f), 1149(f)
transverso 1146
do coração 978-81, 979(f)
músculo cardíaco 141
do cotovelo, cutânea 831
do couro cabeludo 470-1
do diafragma 1009-10, 1056
do ducto colédoco 1180
do ducto deferente 1269
do duodeno 1127-8, 1186
do embrião 206-7, 207(f)
do escroto 1273
do esôfago 950, 1111
cervical 465
do esterno 918
do estômago 1116-18, 1116(f), 1117(f)
do fêmur 1364-5, 1364(f)
do fígado 1169-70, 1169(f), 1174
do glândula tireoide 462
do íleo 1129-30, 1131(f)
do ílio 1087, 1356
do intestino, grosso 1140, 1140(f), 1144-5
do ísquio 1357
do jejuno 1129-30, 1131(f)
do ligamento periodontal 518
do membro superior 778, 779, 814-17
do músculo
esquelético 109-10
liso 128
ver também os músculos individuais
do músculo oblíquo externo do abdome1064
do músculo oblíquo interno do abdome 1063
do nariz, externa 549
do osso 90(f), 91
ver também os ossos individuais
do ovário 1295, 1295(f)
do palato duro 502
do pâncreas 1186, 1187(f)
do pé 1344, 1455-7, 1455(f), 1456(f)
cutânea 1429
do pênis 1098, 1273, 1275(f)
do pericárdio 959
do períneo 1097-8
do períneo feminino 1283(f)
do pescoço 444-51
cutânea 435
do plexo corióideo 242
do punho, cutânea 857, *858*
do quiasma óptico 253
do recém-nascido 1032
do reto 1154, 1154(f)
do rim 1225(f), 1231-3, 1232(f), 1233(f)
do testículo 1262-4, 1265(f)
do timo 946
do tórax 910
do tórax, cutânea 915, 915(f)
do tornozelo 1442
do trato gastrointestinal 1047-8
do trato uveal 682(f)
do ureter 1241, 1241(f)
do útero 1284(f), 1289, 1290(f)
dos brônquios 985, 991, 999(f), 1003
dos dentes 518
dos genitais externos, masculinos 1098, 1262-4, 1273, 1275(f)
dos lábios 500
dos pulmões 996-7, 997(f), 1035
direito 996-7
esquerdo 996
dos seios paranasais 557
dos tendões 112
nutrícia, do osso 91
artérias(específicas)
artérias(geral) 130
cerebral 134, 138-9
desenvolvimento 390, 391(f)
classificação 131
de condução 131
de distribuição 130-1
desenvolvimento
cerebral 390, 391(f)
nos membros 903
elásticas 131-2, 132(f), 137
embrionárias 205-6, 206(f)
arco da aorta *ver* aorta, arcos
estrutura 130-1
inervação 138
muscular 131, 132, 132(f)
nervos 131-2, 133, 138
resistência 131
suprimento sanguíneo 138
troca de calor 131
arteriografia, pulmonar 997
arteríolas 130, 131, 132, 133(f), 134, 135(f), 136, 137, 138, 139
aferente, glomerular 1232-3, 1236(f)
eferente, glomerular 1232-3, 1236(f)
helicoidal, do útero 1289
penicilada 1194, 1195
articulação do quadril *ver* articulações(específicas), quadril
articulação sacroilíaca 1365-6
articulações(de regiões)
da coluna vertebral 730-6
da laringe 580
da mão 868-78, 869(f)
da orelha, média 628
da parede torácica 800-1, 922-4
do cíngulo do membro inferior 1365-7
do cíngulo do membro superior 800-3
do esterno 917-18, 922
do membro inferior 1331
do membro superior 778
do pé 1331
do polegar 875-7
do punho 868-70
dos dedos da mão 875-8
dos ossículos da audição 628
articulações(específicas)
acromioclavicular 801-3
anatomia de superfície 785
cápsula fibrosa 801
estabilidade 803
face articular 801, 802(f)
inervação 803
movimentos 803, 806
suprimento vascular 803
aritenocorniculada 580
atlantoaxial 409, 425, 734-5, 734(f)
cápsulas fibrosas 734

estabilidade 730, 735
faces articulares 734
inervação 735
ligamentos 734-5
membranas sinoviais 735
movimentos 735, 743
músculos que agem sobre 735
relações 735
suprimento vascular 735
atlanto-occipital 409, 416, 733-4, 734(f)
cápsulas fibrosas 733
estabilidade 734
faces articulares 733
inervação 734
ligamentos 733-4
membrana sinovial 734
movimentos 734, 743
músculos que agem sobre 734
relações 734
suprimento vascular 734
calcaneocubóidea 1446-7
anatomia de superfície 1341
cápsula fibrosa 1446
estabilidade 1446
faces articulares 1446
inervação 1446
ligamentos 1446
membrana sinovial 1446
músculos que produzem movimento 1447
relações 1446
carpometacarpal 875-6
movimentos 875
músculos que agem sobre 875
condroesternal(junções) 924
condroesternal 924, 924(f)
costocondrais(junções) 98(f)
costocorporal 922
costotransversária 769(f), 770, 923-4, 923(f)
movimentos 923-4
costovertebrais 922(f), 923(f)
capitular 770
desenvolvimento 768, 770
movimento durante a respiração 1011
craniovertebral 733-5
cricoaritenóidea 580
movimento 580
nervos 580
cricotireóidea 577(f), 580
nervos 580
cubital *ver* articulações(específicas), do cotovelo
cuboideonavicular 1448
cuneocubóidea 1448
cuneonavicular 1447-8
cápsula fibrosa 1447
faces articulares1447
inervação 1447
ligamentos 1447
membrana sinovial 1447
músculos que produzem movimento 1447
relações 1447
de Luschka 730
do carpo 857, 870-1
artérias 870
inervação 870
membrana sinovial 870
do cotovelo 831-7, 832(f), 833(f)
anatomia de superfície 786
artérias 835
cápsula fibrosa 832, 832(f)
do recém-nascido 905
faces articulares 831
inervação 830, 836-7
lesões 835
luxação 835
membrana sinovial 832-3, 832(f), 833(f)
movimentos 778, 833-4
acessórios 833
pele 831
nervos 831
suprimento sanguíneo 831
veias 836
do joelho 1331, 1393-410, 1393(f), 1394(f), 1402
anatomia de superfície 1340, 1341(f), 1342-3, 1342(f)
artérias 1408-9
biomecânica 1403-7
articular 1405-6, 1406(f)
tecidos moles 1407, 1407(f)
bolsas 1402
cápsula 1400
carga 1403
cinemática 1403-5, 1404(f)
articular 1404-5, 1405(f)
compressão 1405-6, 1405(f), 1406(f)
coxins adiposos 1401-2
de faxineira 1402
de padre 1402
estabilidade 1403
estalo 1398
faces articulares *ver as articulações individuais*
fricção 1406
ligamentos 1398-9, 1401
linfáticos 1409
mecanismo de engate do joelho(*screw-home*) 1404
membrana sinovial 1396, 1401-2
meniscos 1340, 1397-8, 1398(f)
movimentos 1339(t), 1402-3
acessórios 1403
músculos 1339(t), 1407-8, 1407(f)
músculos que produzem movimento 1403
nervos 1409-10
ossos 1394-5
pele 1393
inervação 1393
linfáticos 1393
nervos 1393
suprimento vascular 1393
pregas 1401-2
procedimento médico 1346-7
reflexo 1346
relações 1403
restritores(primário e secundário) 1407, 1407(f)
tecido mole 1393-4, 1393(f)
veias 1409
do ombro 803-7, 804(f)
cápsula fibrosa 804(f), 805
estabilidade 806
faces articulares 803, 804(f), 805
inervação 806
luxação 786, 807
membrana sinovial 805
movimentos 778, 806-7
músculos do 807
suprimento vascular 806
do ombro *ver* articulações(específicas), glenoumeral
do punho 857, 869(f), 870
ações 874
anatomia de superfície 786
artérias 857, 858(f), 870
cápsula fibrosa 870
carga 872-3
faces articulares 868, 870, 872
imagem por ressonância magnética 869(f)
inervação 870
instabilidade 874-5
ligamentos 870-1
movimentos 778, 871-2, 873(f), 874
músculos 778, 887
nos movimentos da mão 887
punho caído 829
transmissão de força 872-3
do quadril 1331, 1387-92, 1387(f), 1388(f)
amplitude do movimento 1391
anastomoses arteriais 1380-1
anatomia de superfície 1341-2
artérias 1390
biomecânica 1390-2
bolsas 1389
cápsula fibrosa 1387-8
desenvolvimento 1463
displasia do desenvolvimento 1463
dor 1366, 1390
drenagem linfática 1381
estabilidade 1390
faces articulares 1352, 1365, 1366, 1387, 1387(f)
forças que agem sobre 1391-2
inervação 1382-4, 1382(f), 1390
ligamentos 1388-9
linfáticos 1390
luxação 1342
membrana sinovial 1388(f), 1389
movimentos 1339(t), 1390-1
músculos 1339(t)
músculos que agem sobre 1391-2, 1392(f)
procedimento médico 1346
relações 1387-8
veias 1381-2
do tornozelo 1331, 1442-4, 1443(f), 1444(f), 1447(f)
anatomia de superfície 1340, 1342(f)
artérias 1457
bainhas sinoviais 1430, 1430(f)
cápsula fibrosa 1442
drenagem linfática 1442
estabilidade 1443
faces articulares 1442
fraturas 1443-4
inervação 1442
ligamentos 1442
membrana sinovial 1442
movimentos 103, 1339(t)
músculos 1339(t)
músculos que produzem movimento 1443
procedimento médico 1347
reflexo 1346
relações 1442
suprimento vascular 1442
dos processos articulares 732-3, 768
cápsula fibrosa 732
faces articulares732
inervação 733
ligamentos 732
relações 733
suprimento vascular 732-3
tropismo lombar 733
dos processos articulares *ver* articulações(específicas)
escafotrapeziotrapezóidea, transmissão de força 874
esternoclavicular 800-1, 801(f), 986
cápsula fibrosa 801
disco articular 801
estabilidade 801
faces articulares800-1, 801(f)
inervação 801
movimentos 778, 803
suprimento vascular 801
esternocondrais *ver* articulações(específicas), esternocostais
esternocostais 924, 984
variações 104
hamatopiramidal, transmissão de força 874
incudomalear 628
intercarpais, movimentos 871-2
intercoccígea 736
intercondrais 924
intercuneiformes 1448
interfalangeanas
da mão 857, 877-8, 878(f)
anatomia de superfície 786
estabilidade 878
movimentos 878
acessórios 878
músculos que agem sobre 878

do pé 1449-50
inervação 1450
músculos que produzem movimento 1450
intermetacarpais 876
movimentos 876
músculos que agem sobre 876
intermetatarsais 1448-9
intervertebrais 99, 730-3
inervação 731-2
suprimento vascular 731
mandibular *ver* articulações(específicas), temporomandibular
manguito rotador 778, 806, 807, 812
manubrioesternal 99, 909, 910, 917, 922
anatomia de superfície 913, 917, 917(f)
movimentos 922
mediocarpal 870
movimentos 871-2, 873(f)
transmissão de força 874
metacarpal, primeira, movimentos 778
metacarpofalangeanas 857, 876-7, 876(f)
anatomia de superfície 786
movimentos 778, 877
acessórios 877
músculos 877
metatarsofalangeanas 1449
anatomia de superfície 1341
cápsulas fibrosas 1449
estabilidade 1449
faces articulares1449
inervação 1449
ligamentos 1449
membrana sinovial 1449
músculos que produzem movimento 1449
relações 1449
patelofemoral 1396-7, 1403
faces articulares1396
ver também articulações(específicas), do joelho
radiocarpal *ver* articulações(específicas), do punho
radioulnar
distal 835, 868
artérias 868
disco articular 868
estabilidade 871
inervação 868
movimentos 868
transmissão de força 874
movimentos 778
proximal(superior) 834-5
estabilidade 835
membrana sinovial 834
sacrococcígea 736
sacroilíaca 97, 1331, 1366-7
anatomia de superfície 1340
artérias 1366
desenvolvimento 1366
estabilidade 1366
faces articulares1366
inervação 1366
linfáticos 1366
movimentos 1366
relações 1366
variantes 1366
sínfise da mandíbula 99
talocalcânea 1444-6, 1445(f)
cápsula fibrosa 1444
estabilidade 1446
faces articulares1444
inervação 1445
ligamentos 1444-5
membrana sinovial 1445
músculos que produzem movimento 1446
relações 1445-6
talocalcaneonavicular 1437, 1445(f), 1446
cápsula fibrosa 1446
estabilidade 1446
faces articulares1446
inervação 1446
ligamentos 1446
membrana sinovial 1446
músculos que produzem movimento 1446
relações 1446
talocrural *ver* articulações(específicas), do tornozelo
talonavicular, anatomia de superfície 1341
tarsal 1443(f), 1447(f)
tarsometatarsais 1448
anatomia de superfície 1341
cápsula fibrosa 1448
estabilidade 1448
faces articulares1448
inervação 1448
ligamentos 1448
membrana sinovial 1448
músculos que produzem movimento 1448
temporomandibular 533-40, 534(f), 535(f)
desenvolvimento 534, 534(f)
drenagem linfática 536
faces articulares534
imagem 537
inervação 535-6
ligamentos 533-4
membrana sinovial 534
movimentos 536
relações 535
síndrome da disfunção da 539
suprimento vascular 535-6
tibiofibular 1403
anatomia de superfície 1340
inferior 97, 1331, 1444
cápsula fibrosa 1444
drenagem linfática 1444
estabilidade 1444
faces articulares1444
inervação 1444
ligamentos 1444
membrana sinovial 1444
músculos que produzem movimento 1444
relações 1444
suprimento vascular 1444
superior 1331, 1395-6
cápsula fibrosa 1395
drenagem linfática 1396
estabilidade 1396
faces articulares1395
inervação 1396
ligamentos 1395
membrana sinovial 1396
movimentos 1396
relações 1396
suprimento vascular 1396
uncovertebrais 730
xifoesternal 922
anatomia de superfície 912
articulações(geral) 97-103
"seca" 100
cápsula *ver* cápsula(s)
classificação
biaxial 101, 102
bicondilar 101
bola e soquete(esferóidea) 102(f), 102
cartilagínea 98-9, 99(f)
primária 98
secundária 98-9
complexa 99(f), 102
composta 102
elipsóidea 101
em pivô(trocóidea)101
esferóidea 101
esquindilese 97, 97(f)
fibrosa 97, 98(f)
desenvolvimento 902
gínglimo(em dobradiça) 101
gonfose 98
membrana 100-1, 100(f)
multiaxial 101, 102, 103(f), 114
plana 101
selar 102
sinartroses 97, 98(f)
sincondroses 95, 98, 98(f), 99
sindesmose 98
sinovial 99-103
cápsula fibrosa 100
classificação 102-3
desenvolvimento 902
erosão 100
faces articulares 99-100, 99(f), 121-2, 121(f)
graus de liberdade 102
lubrificação 100, 101, 120-1, 120(f)
membrana 82, 83, 99, 99(f), 100, 100(f)
movimentos 102-3
propriedades mecânicas da 121
tecido adiposo 100
suturas 97
uniaxial 101, 102, 114
ver também suturas
congruência 99, 101
desenvolvimento 103, 902
estabilidade 114, 120, 120(f)
dinâmica 114
estática 114
linfáticos 101
movimentos 102-3
limitação 101
sistemas de alavancas 121, 122(f)
posição
de bloqueio(*close-packed*) 114, 121, 123, 123(t)
de repouso(*loose-packed*) 123, 123(t)
travada 123
reação na 115
sínfise 98, 98(f), 99
púbis 98
suprimento sanguíneo 101
suprimento vascular 101
suturas 97, 409, 410(f), 411
ver também sutura(s)
artrite reumatoide 69, 78, 744
artroscopia *ver* abordagens e procedimentos cirúrgicos
artroses *ver* articulações(geral)
árvore
biliar *ver* árvore biliar
respiratória *ver* trato(s), respiratório
árvore biliar 1177-81, 1177(f)
extra-hepática 1178-9
intra-hepática 1173, 1175, 1177-8
ver também ducto(s), bile(biliar)
árvore da vida
do cerebelo 298, 299(f)
do útero 1285
asa(s)
do esfenoide
maior 424, 431, 527, 529, 599, 611
menor 423, 431, 529, 611
do nariz 548
do sacro 724
do vômer 415, 475, 529, 530
pré-sacral, da bainha hipogástrica 1151
ascite
drenagem 1109
quilosa(linfática) recorrente 1077
ver também líquido, peritoneal
aspartato 46, 47
formação hipocampal 351
aspiração, agulha fina, linfonodos mediastinais 953
asplenia 1218
assimetria, cerebral 358
assinergia 309
assoalho
da boca *ver* boca, assoalho
da cavidade nasal 550
da faringe, desenvolvimento 605(f)
do canal inguinal 1064

pélvico *ver* pelve, assoalho
placa do, tubo neural 363(f), 364(f), 372(f)
associação VACTERL 1014
astério 404, 414, 417, 470
astigmatismo 688
astrogliose 48
ataxia
da marcha 309
do tronco 309
atelia 934
aterosclerose 981, 985
da aorta 986
ático(recesso epitimpânico) 623
atlas(vértebra C1) 397, 719-20
ao nascimento 720
arco 719
defeitos 770
desenvolvimento 770
fixações dos músculos 720
ossificação 720
atletas, hipertrofia cardíaca 970
atresia
biliar 1208
da pupila 702
da tricúspide 1030
da valva mitral 1030
das vias biliares extra-hepáticas 1208
do duodeno 1206
do esôfago 953, 1015, 1037(f), 1203
do útero 1317(f)
dos brônquios 1037
pulmonar 1031
atresia de esôfago 181
atresia dos brônquios 1037
átrio(s)
do coração
defeitos septais 974-5, 1030-1
desenvolvimento 1018, 1019
direito 960, 962, 963, 964
características externas 964
desenvolvimento 1019
isomerismo 974
superfície interior 964
esquerdo 960, 961(f), 962, 963, 967-8
desenvolvimento 1019-20
isomerismo 974
septação 1023, *1024*
do meato nasal médio 551
do ventrículo lateral(trígono colateral) 237
atrofia
da artéria hialóidea 702
diafragma torácico 1012
ducto paramesonéfrico 1317
epidérmica 161
mesonefro 1307
veias vitelinas 1220
atrofia muscular espinal 1013
audição
anatomia 646-8, 647(f), 648(f)
perda da 648-9
aumento
do baço 1192, 1198
dos canais pericardicoperitoneais 1213, 1214
dos coxins anais 1157
aurícula
do coração
direita 964, 977
esquerda 968, 980
autofagia 12
automaticidade, do coração 1017-18
axila 791, 814
limites 814, 815(f)
conteúdo 814
infecção 791
linfonodos 818
áxis(vértebra C2) 397, 720-1
arco, posterior 770
defeitos 770
fixações musculares 721
ossificação 721
suprimento arterial 721
axolema 43
axonema 17
dos espermatozoides 1265-6
axônio(s) 41, 43-6, 225, 225(f), 228, 234
condução 63-4, 64(f)
cone de crescimento 369-70
sinais de orientação 370
cone de implantação 42, 42(f), 43, 44, 46, 64(f), 338
corticospinal 269
eferente α 110
lesão 44, 53
mecanismos de transporte 42,44
microtúbulos 44
mielinizado 54, 54(f)
motor α 110, 111
não mielinizado 53, 54(f)
pós-ganglionar 234
pré-ganglionar 234
terminação do(terminações) 44, 225, 226(f)
varicosidades 328
ver também neurônio
azoospermia 1268

B

baço 1191-5
acessório 1191, 1218
anatomia de superfície 1054
arcabouço fibroso 1193-4
artérias 1193
aumento de tamanho 1192
ausência de(asplenia) 974
circulação 1195
aberta 1195
fechada 1195
intermediária 1195
conexão peritoneal 1191-2, 1192(f)
desenvolvimento 1215(f), 1218
anomalias 1218
dimensões 1191
dor referida 1199
histiogênese 1218
linfáticos 1241
microestrutura 1193-4, 1194(f)
nervos 1241
peso 1218
polisplenia 974
relações 1191
trauma 1192-3
veias 1193
bainha(s)
axilar 439, 465, 815
carótica 407, 439
infecção 568
de Glisson 1166, 1167, 1168-9
de mielina 43, 49, 49(f), 50, 51, 53, 54, 54(f), 55, 59, 64
de Waldeyer 1240
do bulbo do olho 657-8, 657(f), 658(f)
do músculo psoas 1367
do nervo olfatório 555
do pelo 151-2
do processo estilóide (processo vaginal) 617
do reto (do abdome) 1061, 1062(f)
do tendão do músculo flexor, do pé 1452
dos nervos espinais(raiz) 755
endomisial 108, 110
epimisial 108, 110
femoral 1060, 1350, 1351(f)
ao nascimento 1350
compartimentos 1350
fibrosa, dos tendões dos músculos flexores, dos dedos da mão 879
perimisial 108, 110
perinotocordal 198, 767
prostática, parede posterior 1218
sinovial
do tornozelo 1430, 1430(f)
dos tendões dos músculos extensores, dos dedos da mão 879-80, 882(f)
dos tendões dos músculos flexores, dos dedos da mão 878(f), 879
tecido conjuntivo, nervos periféricos 53
bainha linfática periarteriolar 1194
bainha, digital lateral 859
balismo 332
"balsas" lipídicas 4
banda(s)
de Giacomini 350
de Ladd 1209
do músculo esquelético
A(anisotrópica) 104, 105, 106, 108(f), 115
I(isotrópica) 104, 105, 106, 115
espiral, de Gosset 859
iliotibial(trato iliotibial) 1400
intertendínea 849
moderadora 966
patelotibial 1400
sagitais 880
septal 966
vestibular 605
bandeleta(lateral ou central), da mão 881, 888
barorreceptores 58
barotrauma, ruptura do esôfago 953
barreira(s)
hematoencefálica 48-9, 226
hematoliquórica 242
hematotesticular 1263, 1265, 1266
hematotímica 947
barrete frígio 1177
base
do crânio 415-16
ver também calvária
do crânio *ver* crânio, base
do modíolo 489
do sacro 724
dos pulmões 993
basioccipital 770
bastonetes, da retina, *ver* células(específicas), bastonete(da retina)
batimento do ápice, do coração 913
bebês
cartilagem da laringe 584
coarctação da aorta 984
corrida 1461
epiglote 584
hérnia umbilical 1063
laringe 584
pelve óssea 1359
pregas vocais 584
prematuro 213, 216
descida dos testículos 1321
função intestinal 1203
mielinização 389
rim 1309
pulmões 992
punção lombar 760
subglote 584
supraglote 584
ver também recém-nascido
beta endorfina 48
bexiga
dor referida 235
drenagem linfática 1145(f)
neurogênica 271
punção suprapúbica 1106
urinária 1245-59, 1245(f)
ao nascimento 1246
ápice 1245, 1312

artérias 1249
colo 1248-9
feminino 1245, 1248
masculino 1245, 1248
desenvolvimento 1308(f), 1310, 1312, 1313(f), 1314(f)
diferenças sexuais 1245, 1245(f), 1246(f), 1247(f), 1248
distendida 1245, 1246, 1312
do feto 1312
do recém-nascido 1246, 1312, 1313(f), 1314(f)
dor referida 1254
drenagem linfática 1249
estruturas internas 1247-8
extrofia 1312, 1314(f), 1323
feminina, relações 1286(f)
ligamentos 1246-7
microestrutura 1250, 1250(f), 1251(f)
mucosa 1245, 1247
músculos 1247-8
nervos 1249-50
aferentes 1250
eferentes 1249-50
obstrução ao fluxo de saída 1248-9
orifícios 1248
trabeculada 1248
trígono 1312, 1322(f)
vazia 1245
veias 1249
bicamada lipídica 4, 9
biglicana 86, 87
bigorna 621(f), 627
desenvolvimento 598
movimentos 628
ossificação 627
ver também ossículos, audição
bile 68
secreção 1173
biomecânica 117-24
da caminhada 1458-9
da corrida 1459-62, 1460(f), 1461(f)
ver também as diversas articulações
bivalentes 22
blastema
metanéfrico 1307, 1309(f)
falha 1226
blastocisto 171-2, 171(f), 175, 176, 180
blastóporo 184
bloqueio de nervo
membro inferior 1346
nervo alveolar
inferior 520
superior 539
nervo digital 790
nervo pudendo, no períneo 1098
nervo radial 790
nervo ulnar 790
plexo do nervo braquial 790
vias de administração 790
boca 505(f)
assoalho 499, 501-2
céu 499
funções 499
músculos 501
paredes laterais 499
primitiva *ver* estomodeu
regiões 499
trauma 521
ver também cavidade(s), oral
bochecha(s) 467, 499-500
artérias 499
inervação 499
mucosa 499
músculos 486-8
ossos 409, 412, 420
bócio 463
bola, do pé 1341
bolha etmoidal 473, 551, 551(f)
bolsa
da adeno-hipófise 602, 611
da hipófise 611
de Hartmann(infundíbulo da vesícula biliar) 1177
de Morison(recesso hepatorrenal) 1101, 1108
de Rathke(recesso da hipófise) 198, 321, 367, 368(f)
de Seesel 367
faríngea 596, 608, 1205(f)
desenvolvimento 598(f), 602
espessamento do placódio 367
inguinal, superficial 1060
perineal
subcutânea 1095-6
superficial 1096
peritoneal, retovesical 1257
bolsa(s)
calcânea 1461
de Luschka 563
do músculo obturador externo 1372
do músculo psoas 1389
do músculo tensor do véu palatino 569
do olécrano 833
faríngea 563
infracardíaca 950, 1215(f), 1218
omental 1104, 1107-8, 1113, 1214, 1215(f), 1216, 1228
ádito para a(forame omental) 1101(f), 1102, 1107-8, 1217
conexão peritoneal 1104
desenvolvimento inicial 1216
estágios mais avançados do desenvolvimento 1214
ligamentos do fígado 1214
limites 1107
maturação 260-1
parede dorsal secundária 1216
paredes anterior/posterior 1107
recesso inferior 1107, 1204
região do omento maior 1104, 1216
região perigástrica 1216
região retrogástrica 1216
vestíbulo 1108
ovariana 1294
sinovial 100
anserina 1402
da articulação do joelho 1402
da articulação do quadril 1389
do músculo gastrocnêmio 1420
do músculo glúteo máximo 1357
do músculo obturador
externo 1371
interno 1371
do músculo quadrado femoral 1372
do músculo semimembranáceo 1402
dos tendões extensores, da mão 880
gluteofemoral 1369
ilíaca subtendínea(músculo psoas) 1389
infrapatelar 1401(f), 1402, 1412
subcutânea 1402
isquiofemoral 1369
pré-patelar 1394, 1402
subacromial 804(f), 806, 810, 812
subescapular 794, 812
suprapatelar 1401, 1401(f), 1402
trocantérica 1369
subacromial 795
suprapatelar 1401(f), 1402
bomba(s), de cálcio-ATPase 108, 111
botão 45-6, 45(f)
pré-sináptico 44, 45(f), 46, 62
terminal 45, 45(f)
botão aórtico 914, 954
braço 823-30
artérias 827-8
do recém-nascido 905-6
hipoplasia 808
inervação 828-30
linfáticos 828
movimentos 122(f)
músculos 778, 824-7, 824(f), 825(f)
compartimento anterior 824-6
compartimento posterior 826-7
nervos 828-30
pele 823-4
inervação 823
nervos 823
suprimento sanguíneo 823
tecido mole 823-4
veias 828
ver também antebraço; membro, superior
braço, do colículo
inferior 288, 289
superior 291, 292, 311
inferior 311, 314
bradicinina 1028
braquicefalia 418, 613
braquidactilia 906
bregma 412, 470
broncocele 1037
broncodilatação 1004
broncoespasmo 1004
broncograma 1002(f)
broncomalácia 1036-7
broncoscopia 1001, 1006
virtual 1005(f)
bronquiectasia 1035
brônquio(s) 994(f), 996(f), 1000-6
anatomia de superfície 914
artérias 1003
broncograma 1002(f)
cardíaco acessório 1002
cartilagem 996(f), 1005
desenvolvimento 1000
drenagem linfática 1003
extrapulmonar 1003, 1004
cartilagem 1004, 1005(f)
glândulas do 1035
intrapulmonar 995, 1005
cartilagem 1004, 1005(f)
lingular 1003
lobar 994
inferior 1002
direito 1003
esquerdo 1003
médio, direito 1003
superior 994, 1002
direito 1002-3
esquerdo 1003
malformações congênitas 1002, 1036-7, 1037(f)
músculos 1004
principal 994, 995
principal direito 992(f), 1002-3
ramos 1002-3
principal esquerdo 992(f), 1003, 1030(f)
radiografia 954(f)
ramos 1003
segmentar 994-5, 995(f)
anterior 1002
apical(superior) 1002
direito 1003
esquerdo 1003
apicoposterior(esquerdo) 1003
basal
anterior 996(f), 1003
medial 996(f), 1003
posterior 1003
posterior 996(f), 1002
subsuperior(subapical) 1003
tecido conjuntivo 1004
traqueal 1001
variações anatômicas 1002
veias 1003
bronquíolos
microestrutura 1004
respiratórios 995, 998, 1001(f), 1004
terminais 995, 999(f)

bronzeamento 149
broto(s)
cecal 1205(f), 1209
da mama 934, 1325
dos membros 95, 115
eixo(s) 899-902, 900(f)
superior 905
gustativos *ver* papilas gustativas
mamário 934, 1325
osteogênico 93, 94(f)
pancreático
dorsal 1206, 1207
ventral 1206, 1207
pulmonar 601, 1013-14, 1033, 1034
tubular, desenvolvimento do aparelho lacrimal 703
uretérico 1240, 1307, 1308, 1309(f)
rim ausente e 1226
brotos sinciciais 179
bulbo 1020
da aorta 984
da veia jugular interna
inferior 451
superior 451, 452, 461
do pelo 151, 152(f)
do pênis 1271, 1271(f)
do vestíbulo 1280, 1281(f)
olfatório 44, 45(f), 55, 349, 351, 353, 356, 553
desenvolvimento 383
inputs centrífugos 349
organização do 349(f)
sinovaginal 1316
bursite, trocantérica 1390

C

cabeça
anatomia de superfície 402-5
dermátomos 405
nervos 405
pontos de referência esqueléticos 402-4, 403(f), 404(f)
pulsos 405
tecidos moles e vísceras 404-5
cânceres 454
crista neural 201
desenvolvimento 595-614
nervos cranianos 373
do(s) espermatozoide(s) 167
drenagem venosa 399(f), 400, 540(f)
inervação 401-2, 539(f), 540(f), 541-3, 542(f)
linfáticos 400(f), 401, 453-5
mesênquima 699
movimentos 638
músculos 397
prega, formação 187(f), 189
reflexos 401
suprimento arterial 397-400, 398(f), 444-51, 539(f), 540(f)
embrionário 600(f)
trauma 397
veias, desenvolvimento 392-3, 393(f)
velocidade de crescimento 217, 217(f)
virar a, nos recém-nascidos 389
cabeça(de ossos ou órgãos) 85(f), 86, 93, 97, 102, 103, 104, 111
da costela 919
da fíbula 1340, 1415
da ulna 786, 844
das falanges 866
do estribo 627
do fêmur 1360, 1361(f)
do martelo 627
do pâncreas 1183-4, 1207
do rádio 786, 840, 841(f)
do tálus 1340
do úmero 786, 796
dos espermatozoides 1266
dos metacarpais 864
cabeça-de-medusa 1059
cabo, do martelo 624, 627
cadeia leve da miosina, mutações genéticas 970
cadeia pesada da miosina cardíaca 1016
caderina E 170, 1308
caderina M 116
caderinas 5, 7
embrionárias 194
calázio 671
calcâneo 1433, 1436-7
acessório 1437
anatomia de superfície 1340-1, 1437
fixação de músculos/ligamentos 1437
inervação 1437
ossificação 1437
pé torto 1463
suprimento vascular 1437
calcanhar
bolsas sinoviais1451
choque do 1459
coxim 1432, 1432(f)
calcar avis 238, 336
desenvolvimento 385
calcar femoral 1363, 1364(f)
calcificação
da aorta 986
do osso 94(f), 95
do plexo corióideo 51
cálcio 8
contração muscular
do músculo cardíaco 141, 142
do músculo esquelético 111
do músculo liso 130
deficiência 95
nas unhas 154
calcosferitos 514
cálculos
renais 1242
uretéricos 1242
cálculos biliares 1179
pancreatite 1187-8
caldesmona 128
cálice(s)
glicocálix 4
renal 1230-1, 1230(f)
desenvolvimento 1308, 1309(f)
drenagem 1231
maiores 1230, 1237, 1242
menores 1230, 1234, 1237, 1242
microestrutura 1236(f)
calicreína 1310
calmodulina 18
calos(dos pés) 148
calos 148
calota craniana *ver* calvária
calponina 128
calsequestrina 142
calvária 416, 417, 418
calvície com padrão masculino 153
camada(s)
aponeurótica 467
coriocapilar 679(f), 680
córtex entorrinal 351
da bexiga urinária 1250
da formação hipocampal 350-1
da pele 145
da retina 688, 689(f)
modificação na área da mácula 688-9
de Bowman 677(f), 678
de Haller 680
de Henle 151, 152, 152(f)
de Huxley 151, 152, 152(f)
de Nitabuch 177
de Purkinje, do córtex cerebelar 303
desenvolvimento 379
ver também células(específicas), de Purkinje
de revestimento, da fáscia cervical profunda 439
de Sattler 680
dérmica
hipoderme 146(f), 150-1
papilar 150
reticular 150
do córtex cerebral *ver* lâmina, do córtex cerebral
do couro cabeludo 467
do esôfago 951-2, 952(f)
do mesoblasto
esplancnoplêurico 183
somatoplêurico 183
epicárdica 1026
granular, do córtex cerebelar, desenvolvimento 379
intermediária, da medula espinal 752
longitudinal, do canal anal 1159
margem anterior, da íris 682
molecular, do córtex cerebelar 300, 302, 303
desenvolvimento 379
plexiforme, do complexo subicular 350-1
supracoracoide 679
vitelina 167
ver também lâmina(s); estrato(s)
câmara(s)
anterior 675
ângulo iridocorneal *ver* ângulo, iridocorneal
desenvolvimento 702
aquosas, desenvolvimento 702
posterior 675
desenvolvimento 702
sinoatrial, formação 1019
utriculossacular 122
vítrea 675
campo(s)
"H", de Forel 331
da unha 159
de Forel(subtalâmicos) 323, 327(f), 329, 331, 331(f)
frontal do olho(FEF) 343, 343(f), 664
suplementar do olho(SEF) 664
visual 315
campo visual 314
defeitos 697
camptodactilia 906
canal(canais)
alimentar
microestrutura 1048-52, 1050(f)
ver também tubo(s), digestivo/intestinal; *as regiões específicas*
alveolares 476, 558
inferior 517(f), 519
anal 1155-60, 1156(f), 1308(f), 1322, 1323, 1324
artérias 1159-60
continência 1160
desenvolvimento 1212-13
dissecação 1094, 1098
dor referida 1160
estruturas fibromusculares 1159
fissura 1157
fístula 1158
linfáticos 1160
músculos 1158-9, 1158(f)
nervos 1160
ressecções 1094
revestimento 1155-6
veias 1160
atrioventricular 1022
formação 1016-17, 1018-19, 1021, 1022-4, 1025(f)
septação 1023-4
auditivo *ver* meato, acústico
carótico 415, 416
abertura 617
cartilagem 81
celômico 189
central, da medula espinal 41, 226, 227(f), 257, 258, 259(f), 260, 275, 277, 278(f), 749
cervicoaxilar 814
coclear 634, 639-40
condilar 415

anterior *ver* canal(canais), do hipoglosso
posterior 415, 425, 432
craniofaríngeo 367, 530
da mandíbula 518, 532
da raiz(radicular) 717, 749, 754
de Alcock(do pudendo) 1092, 1097
de cálcio, músculo cardíaco 142
de Dorello 429, 667
de Havers 85(f), 88, 89, 89(f), 90(f), 91, 93
de Hunter (dos adutores) 1373, 1376
de Nuck 1321
de Rosenthal 634
de Schlemm(seio venoso da esclera) 675, 676, 686, 702
de união *ver* ducto(s), de união
de Volkmann 89, 89(f), 90(f), 517
dentários *ver* canal(canais), alveolares
do epidídimo 1317
do etmoide 471, 472
anterior 472
posterior 423, 472
do músculo tensor do tímpano 617, 626
do nervo facial(de Falópio) 624, 625, 628, 629, 630
deiscências 630
do nervo facial 625
do nervo hipoglosso 415, 420, 424, 446, 460
do osso 85, 85(f), 86
do pudendo(de Alcock) 1092, 1097
do tarso 1436, 1437
dos adutores (de Hunter) 1373, 1376
esfenoparietal (de Trolard) 431
espiral, do modíolo 634
faríngeo(palatovaginal) 479, 550
femoral 1350, 1351(f), 1381, 1382
diferenças sexuais 1350
frontonasal 472
hepatocardíaco 205
hialóideo 702
incisivo 414, 472(f), 473(f), 475, 476, 477
lateral 477
infraorbital 474(f), 476, 656
inguinal 1064, 1320, 1321
"assoalho" 1064
estruturas profundas 1065-6
limites 1066
posição e relações 1065-6
lacrimonasal 475, 476, 550
linfáticos *ver* drenagem linfática(de órgãos ou regiões)
nasopalatino 550
do feto 502
neuroentérico 184
notocordal 184
obturatório 1058(f), 1352, 1372
óptico 529, 655, 656, 660, 667
osteoligamentar 206
palatino
maior 502, 543
menor 502
palatovaginal 479, 529, 550
pericardioperitoneal 189, 197, 198, 199(f), 201, 205, 1013, 1013(f), 1014, 1034, 1213, 1214, 1215
aumento 1213, 1214
conexões entre 1215
desenvolvimento do intestino anterior 1206
desenvolvimento do pâncreas 1207
piloso
dérmico 151-2
intraepidérmico 151-2
pleuropericárdicos 207, 1213
desenvolvimento 1014
pleuroperitoneal 1214
desenvolvimento 1014
fechamento 1216
rotação do estômago e 1214
portal 1168, 1173, 1174, 1175
pterigóideo 247, 402, 415, 528, 529, 543, 557
radicular(da raiz) 717, 749, 754
sacral 725, 727(f)
semicircular 633-4, 633(f), 637-8, 663
equilíbrio e postura 643-4, 643(f)
lateral(horizontal) 634
movimentos da cabeça 638
posterior 634
superior(anterior) 633-4
sinuoso 476, 518
supra-hepático 1220
uretral 1250
uterovaginal 1316(f)
vertebral 712-15, 715(f), 717
vesicouretral 1307, 1310, 1312
vomerovaginal 475, 550
canal sinuoso 476, 518
canalículo(s) 88, 88(f), 89, 90(f), 93, 124
biliar 1173, 1174(f), 1175
da cóclea 424, 431, 617, 635, 642
da corda do tímpano
anterior 623
posterior 623
dentários 516
inferior 703
lacrimal 672, 674, 703
mastóideo 415, 617, 624
timpânico 617
câncer
da cabeça 454
de mama 933-4
de próstata 1258
de pulmão, estagiamento 957
do colo do útero 1292
do pescoço 454
pancreático 1184, 1185, 1186, 1187
retal 1154
vertebral 744
ver também tumores
caninos *ver* dentes
canto
lateral 669
medial 669
capacidade craniana 388
capacidade vital 1012
capacidade vital forçada 1036
capacitação 167
capilar(es) 132-3
cerebral 238-9
contínuo 133
dimensões 132
do mesonefro 1307
do pulmão 998
fenestrado 133
linfático 139
medular(do rim) 1233
peritubular 1233
permeabilidade 133
pulmonar 998
capitato 862, 863(f)
ossificação 864
capítulo 796, 799, 799(f)
cápsula(s)
da glândula parótida 397, 469, 496
da glândula suprarrenal 1200, 1218
da glândula tireoide 463
da lente 686, 702
das tonsilas 566
de Bowman 1234-5, 1235(f), 1236(f)
de Tenon(bainha do bulbo do olho) 657, 671-2
do fígado 1163
do linfonodo 72, 73, 73(f), 74, 74(f)
do rim 1230, 1233
esplênica 1193-4
lesões 1104
ruptura 1192
externa, hemisfério cerebral 326
extrema 326
fibrosa(das articulações)
da articulação acromioclavicular 801
da articulação do cotovelo 832, 832(f)
da articulação do joelho 1395, 1396, 1402
da articulação do ombro 804(f), 805
da articulação do quadril 1366, 1387-8
da articulação esternoclavicular 801
da articulação temporomandibular 533
das articulações sinoviais 100
desenvolvimento 902
do punho 870
prostática 1258
fibrosa perivascular(do fígado) 1060, 1061
glomerular, mesonefro 1307
interna(do cérebro) 326, 357-8
acidente vascular encefálico 253, 254(f)
desenvolvimento 380, 383, 385
do córtex cerebral 227, 228, 229(f), 230(f)
do ramo posterior 357
estrutura e relações 357
fibras da 357
joelho 357
parte retrolentiforme(retrolenticular) 357
parte sublentiforme(sublenticular) 357
ramo anterior 357
suprimento arterial 253
nasal 611
ótica 611
renal 1230, 1233
vascular, da lente em desenvolvimento 702
capuz acrossômico 1266
capuz acrossômico 1266, 1266(f)
carboidratos, membrana plasmática 4
cárdia, acalasia 953
cardiomiopatia, hipertrófica 969
carga axial 872
cariótipo 19-20, 20(f)
carpo *ver* ossos carpais
cartilagem(específica)
aritenóidea 578(f), 579, 599, 610
basiesfenoide 611
brônquica 996(f), 1005
condilar 533
corniculada 578(f), 579, 610
costal 82, 96, 919(f), 922, 963
anatomia de superfície 909, 1052
direita 987
envelhecimento 81, 322
esquerda 983, 984
fixações 922
cricóidea 405, 577(f), 579, 599
malformação 579
cuneiforme, da laringe 579
da laringe 577-80, 577(f), 578(f), 996(f)
bebê 584
calcificação 579-80
níveis 577
da tuba auditiva 564
da tuba auditiva 564
de Meckel 532, 598, 599, 604, 607, 627, 652
de Reichert 599
do arco faríngeo 598-9, 598(f)
derivados do 598(f)
do esterno 917, 918
do meato acústico 619
do processo xifoide 918
epiglótica *ver* epiglote
exo-occipital 611
interorbitonasal 611
intratireóidea 579
laríngea 397
nasal 82, 409
alar 547-8
do septo 547
lateral(superior) 547
orbital 611
palatopterigoquadrada 598
paracordal 611

pré-cartilagem, da clavícula 793
semilunar *ver* menisco(s), do joelho
tireóidea 405, 577(f), 578-9, 610
diferenças sexuais 579
traqueal 405, 406, 996(f), 1005, 1034
anéis completos 1037
anéis incompletos 1005
tritícea 579
unciforme 530
cartilagem(geral) 81-5
articular 82-3, 99, 100(f), 124
calcificação 95(f)
canais 81
células da 81
condilar 532
remodelagem 534
crescimento 84-5
cricóidea 610
cuneiforme, do áxis 721
desenvolvimento 84-5
elástica 86, 86(f)
propriedades materiais da 120
embrionária 81, 84, 84(f)
fibras de colágeno 81
fibrocartilagem 83-4, 84(f), 533
intra-articular 101
propriedades materiais da 120
hialina 81, 82-4, 82(f), 93(f), 533
propriedades materiais da 120
matriz 81-2
microestrutura 81-4
nutrição 81, 99
zonas 83
cartilagem tritícea 504, 577
carúncula(s)
himenais 1284
lacrimal 669, 703
mirtiforme 1284
cascata do complemento 69
caspa 148
caspases 25
catalase 13
catarata 686
catecolaminas 47, 56
produção 1199(f), 1200
ver também adrenalina(epinefrina); dopamina; noradrenalina(norepinefrina)
catecol-O-metiltransferase 244
cateterização
artéria umbilical 1222-3, 1223(t)
veia umbilical 1222
venosa central 1032
cauda
axilar 929
da hélice 619
do embrião, dobramento 187(f), 189
do epidídimo 1262, 1264(f), 1265(f)
do giro dentado 350
do pâncreas *ver* pâncreas
dos espermatozoides 1266
cauda equina 750(f), 754
lesões 759-60, 1074
caudado 325, 326
cavéolas 12, 128, 129(f), 130
cavidade(s)
abdominal 1101(f)
amniótica 172-3
bucal *ver* cavidade(s), oral
cardíaca, primitiva 1016
cefálica
caudal 702
pré-mandibular 702
coriônica *ver* celoma, extraembrionário
da laringe 582-4
de implantação 175
do crânio 397, 414, 423, 425(f), 426, 431
volume cerebral 388
geral, do peritônio 1106-7, 1108, 1214, 1228
glenoidal 794, 795(f), 796, 805
média 623-30
nasal 547, 549-56
desenvolvimento 603-4
ver também nariz, cavidade
oral 499-525, 499(f), 604-7
após o nascimento 606-7
desenvolvimento 604
mucosa 500-1
primitiva *ver* estomodeu
ver também boca
orbital *ver* órbita
pélvica 1358
pericárdica 181(f), 959-60, 960(f)
desenvolvimento 189, 1013, 1013(f), 1018
peritoneal 1099-110, 1214
abaixo do umbigo 1214
compartimento inframesocólico 1108-9
compartimento supramesocólico 1107-8
compartimentos 1107-8
desenvolvimento 1013, 1013(f), 1213-18, 1305(f)
do feto(10 semanas) 1208(f), 1209
disposição geral 1107-10
do embrião 1013, 1013(f)
do recém-nascido 1218
líquido 1099, 1109-10
recessos, *ver também* recesso(s)
supraumbilical 1208(f), 1214
pleural 189, 989
pulpar, dos dentes 513, 514-15
sinovial 99(f), 101
timpânica 617, 623-6
ao nascimento 623
artérias 628-9
assoalho 623
desenvolvimento 652
do feto 623
função 623
limites 623-7
linfáticos 628-9
movimento 628
músculos 628
nervos 629-30
parede lateral 623-4
parede medial 624-5
parede posterior 625-6
teto 623
veias 628-9
torácica 910
ceco 1141-2, 1212
ao nascimento 1142
artérias 1144-5
comprimento 1142
desenvolvimento 1142, 1209, 1217
do feto 1142
epitélio 1137
linfáticos 1141
malformações 1209
nervos 1141
peritônio 1142
recessos 1109, 1142
relações 1141-2
saculações 1138
veias 1145
vólvulo 1142
ver também intestino, grosso
celoma 189
disposição do 185(f)
esplancnoplêurico 1016
extraembrionário 175(f), 180, 181(f), 1209
intraembrionário 205, 1203, 1209, 1213, 1305(f), 1308(f)
compartimentos 189
desenvolvimento do coração 1016
desenvolvimento do peritônio 1213
desenvolvimento dos pulmões 1015(f)
epitélio 198, 198(f), 199
formação 185(f), 189, 1016
saco vitelino dentro do 180
umbilical 1209
células (de órgãos ou regiões) *ver* microestrutura *em órgãos/regiões específicos*
células(específicas)
acinares 1188(f), 1189-90, 1189(f)
poliédricas 603
acinares mucosas 523(f)
acinares serosas 523(f)
adipócitos 14, 34-5, 38
adiposas(adipócitos) 14, 34-5, 38
aéreas
etmoidais 471, 472, 473
anteriores 558
médias 473, 558
ossificação 474
posteriores 472, 473, 558
mastóideas 623, 626
artérias 629
desenvolvimento 626
inervação 626
nervos 626
alfa(A), do pâncreas 1189(f), 1190, 1207
alveolares escamosas, tempo de vida 1005
amácrinas 688, 691
desenvolvimento 700
amnióticas 181
pluripotência das 181
amplificadoras transitórias 20, 193
angioblastos(angioblásticas)
desenvolvimento 772
desenvolvimento cardíaco 1016
angiogênicas 1020
apicais, do epidídimo 1268
apresentadoras de antígenos(APC) 78-80, 79(f), 80(f)
APUD 463
desenvolvimento 374
argentafins 374
assassinas naturais(NK) 72, 176
astrócitos 48-9, 367, 370
da retina 692
ependimários 51
fibrosos 48
protoplasmáticos 48
basais
arredondadas 603
do ducto coclear 640
do epidídimo 1268
do trato respiratório 1004
globosas 552(f), 553
horizontais 553
basófilos 69-70, 69(f), 71, 77
desenvolvimento 76(f)
bastonetes(de retina) 685, 689-91, 690(f), 691(f)
bipolares 691
tipos 691(f)
bastonetes 69
bastonetes 69
beta(B), do pâncreas 1189(f), 1190, 1207
bipenachadas 339
bipolares(córtex cerebral) 339
bipolares(da retina) 688, 691-2
bastonete 691
cone anão 691
cone difuso 691
cone para o azul 691
cone S 691
C(claras; parafoliculares), da glândula tireoide 463
caliciformes 28, 29(f), 31, 39
conjuntiva 672
intestino delgado 1133-4, 1134(f), 1210
traqueia e brônquios 1004
ver também células(específicas), mucosas
captação e descarboxilação de precursores amínicos *ver* células(específicas), APUD

cardíacas 975
celômicas esplancnoplêuricas 1203, 1203(f)
células brancas 69-72
células dendríticas foliculares(CDF) 80, 80(f)
cementoblastos 516
cementócitos 516
centro, germinativo, do baço 1194
ceratinócitos 14(f), 29, 30(f), 145-7
ceratócitos 678(f)
ciliadas 1294
ciliadas 636, 637(f), 638, 647, 648(f)
  da cóclea 635(f), 640-1
  desenvolvimento 652
  do órgão espiral 640
  lesão 648
  vestibulares 639(f)
claras 145, 149, 150, 154
  do epidídimo 1268
claras 639
colunares 28, 29(f), 30
  absortivas 1161
  ciliadas, do sistema respiratório 1004
com vesículas de centro denso *ver* células(específicas), neuroendócrinas
complexas(do córtex estriado) 347
condroblastos 36, 81
  formação 764(f)
condrócitos 81-2, 82(f), 83, 84(f), 87, 93, 94, 94(f), 95, 99, 100
cone(da retina) 685, 689-91, 690(f), 691(f), 692(f)
  bipolares 691
  tipos 691(f)
cromafins(feocromócitos) 235(f), 236, 911, 986
  da medula suprarrenal 1200
  desenvolvimento 374
cromófilas 322, 322(f)
cromófobas 322, 322(f)
cuboides 28, 1034
da crista do nariz 557, 558
da crista neural *ver* crista neural
da granulosa 1296, 1319
"da insuficiência cardíaca" 78
da placa alar 377
da retina
  radiais(de Müller) 367, 690, 692, 700
  ver também células(específicas), bipolares
de Betz 268, 268(f), 342
de Cajal(intersticial) 1051, 1160
de Clara 1000, 1004, 1034
de Claudius 635(f), 641
de Deiter 635(f), 640, 641, 641(f)
de Golgi, do córtex cerebelar 302, 303
de Haller 551, 558
de Hensen 635(f), 642
de Hofbauer 178(f), 179, 180
de Kulchitsky 1004
  ver também células(específicas), neuroendócrinas
de Kupffer 1175
de Langerhans 79, 80(f), 145, 149-50, 150(f), 157-8, 158(f), 163
de Langerhans, no epitélio do esôfago 952
de Langhans 179
de Leydig 1265, 1266(f), 1267
  desenvolvimento 1319, 1320
  nos testículos 1266(f), 1267
  produção de testosterona 1325
de memória 70, 74, 80
de Merkel 57, 58(f), 59, 145, 146, 147(f), 150, 158(f)
de Paneth 1135
  desenvolvimento 1210
de poeira 78
de Purkinje 225
  ativação 303
    controle 7
  axônios 297, 300, 301(f)
  dendritos 302
  dimensões 302
  do córtex cerebelar 300, 302, 303, 306-7
    desenvolvimento 379
  tumores das 978
de Renshaw 375
de Schwann 43, 44, 50, 50(f), 51, 53
  desenvolvimento 367, 369, 372, 375
de Sertoli 1266-7
  desenvolvimento 1317, 1319, 1320
deciduais 175-6
definitivamente diferenciadas 193
delta(D), do pâncreas 1189(f), 1190, 1207
dendríticas 79, 79-80
  de Langerhans 79, 80(f)
  foliculares 80, 80(f)
  interdigitantes 79, 947
  mieloides 79
  tímicas 79
do carcinoma *in situ*(CIS), testículos 1319
do epêndima 41, 51, 51(f), 239(f), 240, 240(f)
do epiblasto 186, 361
do epitélio alveolar(pneumócitos) 998
do miótomo 772
do músculo atrial 140, 142, 975
do sangue *ver* sangue; *os tipos celulares específicos(nesta seção)*
do SNC, desenvolvimento 367
do tubo neural, desenvolvimento do coração 1017(f)
dos esclerótomos 764, 765(f), 767
dos sinusoides hepáticos 1175
ducto estriado, das glândulas salivares 522, 523(f)
ducto intercalado, das glândulas salivares 522, 522(f)
em candelabro 339
em cesto 27, 339
  do córtex cerebelar 206
  ver também células(específicas), mioepiteliais
em escova, das vias aéreas de condução 1004
em teia de aranha 339
endócrinas, do pâncreas 1207
endoteliais 136
enterócitos 1133, 1135
  desenvolvimento 1210
  nas criptas intestinais 1135
eosinófilos 34, 36, 69
  das glândulas paratireoides 464
  desenvolvimento 76(f)
epiblastos 763
  migração 763
epiteliais
  dos somitos 832
  restos de células epiteliais 517
  transporte de eletrólitos 522, 522(f)
  ver também epitélio
eritroblastos 75, 76(f), 77
eritrócitos *ver* eritrócitos
escamas 27, 145, 147(f), 148, 151, 154, 155, 157, 158(f), 160
escuras 154, 634, 639, 640
  ducto endolinfático 639
  glândulas sudoríferas 153-4
  intercaladas 1237
espermátides 1265-6
espermatócitos 24
  primários 1265
  secundários 1265
espermatogônias 1265
  tipos 1265
espermatozoides *ver* espermatozoides
estreladas
  do córtex cerebelar 300, 302, 303
  do córtex cerebral 338-9
    espinhosas 338-9
    não espinhosas 339
  do fígado 1175
  do pâncreas 1190
F, do pâncreas 1190
fagócitos 682
falangianas(de Deiter) 6345(f), 640, 641, 641(f)
feocromócitos *ver* células(específicas), cromafins
fibroblastos 15, 34, 34(f), 91(f), 675
  coronários 1026
  timo 947
  transformação das células mesoteliais em 1099
fibrocistos 34, 38
foliculares, da glândula tireoide 463
fotorreceptoras *ver* fotorreceptores
ganglionares(da retina) 692
  axônios 693(f)
  células grandes 692
  células pequenas 692
ganglionares 688
  do coração 982
germinativas, primordiais 184, 186, 1317, 1318(f)
  desenvolvimento 1317
  determinação do sexo 1319
glia de Bergmann 367, 386
gliais(neuróglia) 225, 367, 692
  da retina 692-3
  desenvolvimento 367
  do sistema nervoso central 48-52, 49(f)
  entéricas 55
  radiais 364(f), 367
gliais epiteliais(Bergmann) 302
glioblastos 367, 369
glomerular, parietal 1308
glomo 448
granulares 300, 302, 303
  do córtex cerebelar 300
    desenvolvimento 378(f), 379
  do córtex cerebral 338
  do giro dentado 350
  extroversão 379
  ver também células(específicas), estreladas
granulócitos 36, 69-70, 77
  entrada no SNC 52
  eosinófilos *ver* células(específicas), eosinófilos
  formação 77
  neutrófilos *ver* células(específicas), neutrófilos
granulosas pequenas *ver* células(específicas), neuroendócrinas
hepatócitos 24, 1163, 1173, 1174, 1175
  arranjo por zonas 1175
  desenvolvimento 1208
  supostos, desenvolvimento 59
hialócitos 688
hilares 1298
hipercomplexas 347
horizontais 688, 690-1
intercaladas(escuras), ductos coletores renais 1237
interneurônios 225, 229, 236
interplexiformes 692
intersticiais(de Cajal) 1051
intersticiais(de Leydig) 1297
intersticiais da medula, do rim 1237
justaglomerulares 1238
lacis 1235, 1236(f), 1238
leucócitos 69-72
  intraepiteliais 1213
  mononucleares 70-2
  polimorfonucleares(polimorfos) *ver* células(específicas), leucócitos
  tempo de vida 70
linfoblastos 75
linfócitos 19, 35-6, 70-1, 71(f), 603
  desenvolvimento 947, 947(f)
  entrada no cérebro 52
  formação 75-7, 76(f)
  linfócitos B *ver* células(específicas), linfócitos B
  linfócitos T *ver* células(específicas), linfócitos T
  no baço 1194
  no intestino delgado 1134
  tecido linfoide associado ao intestino 1213
  timo 946, 947, 947(f), 948(f)
linfócitos B 7, 19, 24, 35, 36, 72, 673
  desenvolvimento 75, 77

linfócitos T(derivados do timo) 35, 36, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 78, 79
  auxiliares 71, 74, 77, 78, 80
  citotóxicos 71
  desenvolvimento 72, 77, 946, 947, 947(f)
  hipersensibilidade do tipo retardado 71
  nas vias aéreas de condução 1004
  nomenclatura CD 71
  reguladores 71, 72, 77
  timo 946
linfoides 605
lipócitos 35-6
luteínicas da teca 1297
M *ver* células (específicas), micropregas (M)
macrófagos *ver* macrófagos
macróglia 41, 48
mácula densa 1238
marca-passo 975, 977
marca-passo, renal 1237
mastócitos 36, 1004
  liberação de grânulos 36
megacarioblastos 77
megacariócitos 67, 72, 75, 76(f), 77
melanócitos(células pigmentadas) 30(f), 38, 145, 146, 147(f), 148-9, 149(f), 150(f), 152, 155, 157, 158, 158(f), 159, 162, 365, 675, 679
  fetais 158
  na mama 930
melanossomos 689
mesangiais 1235
  extraglomerulares(*lacis*) 1235, 1236(f), 1238
mesenquimais *ver* mesênquima
mesoblastos 190(f), 191, 199(f), 201
mesoteliais, da pleura 991
metamielócitos 69, 77
micróglia 48, 52-3, 52(f), 78
  da retina 692
  papel fagocitário 52
micropregas (M) 1161
  intestino delgado 1134, 1210
  tecido linfoide associado ao intestino 1213
microvilares 553
mieloblastos 77
mioblastos 104, 115-16, 116(f), 117, 130, 142, 143, 607, 903
  desenvolvimento 772
  embrionários pós-mitóticos 772
  migração 115, 116(f)
  músculo esquelético 115, 116(f)
miócitos 103, 974, 976
  cardíacos 142, 1017-18, 1018(t), 1022
  cardíacos primitivos 1016
  ver também fibra(s), músculo
mioepiteliais 27, 28, 29(f), 153, 154, 157, 158
  glândulas lacrimais 673
  glândulas salivares 522, 522(f), 523
miofibroblastos 162(f)
miogênicas 903
  desenvolvimento 373
mioides 1265, 1266(f), 1267
  do timo 947
monócitos 70, 367
  fagocitose 70
  produção 77
  timo 947
mucosas 1161, 1161(f)
  glândulas salivares 522, 522(f)
  intestino delgado 1135
  ver também células(específicas), caliciformes
mucosas do colo, do estômago 1121, 1204
músculo liso, desenvolvimento 772
músculo vascular 137
músculo ventricular 975
não piramidais(do córtex cerebral) 338, 339
neuroblastos 369, 372
  apolares 374
  bipolares 374, 376(f)
  desenvolvimento da medula espinal 374
  desenvolvimento do córtex cerebral 379, 382, 387(f)
  desenvolvimento dos nervos cranianos 373
  migração durante o desenvolvimento 372
    dinâmica 387(f)
  sistema nervoso periférico 372
  unipolares 374
neuroendócrinas 1122
  intestino delgado 1135
  intestino grosso 1161
  trato respiratório 1004
neurogliaformes(em teia de aranha) 339
neurogliais *ver* células(específicas), glia
neurônio *ver* neurônio
neutrófilos 36, 69, 69(f)
  desenvolvimento 77
  fagocitose 69
odontoblastos
  corpos celulares 515, 517(f)
  processo citoplasmático 514
odontoclastos 517
oligodendrócitos 49, 49(f), 50, 367, 375
  desenvolvimento 375
  interfasciculares 49
osteoblastos 36, 91(f), 92, 93, 93(f), 95
  osso alveolar 517
osteócitos 88, 88(f)
osteoclastos 36, 76(f), 77, 88
ovócitos *ver* ovócito(s)
oxifílicas, das glândulas paratireoides 464, 465(f)
parafoliculares(C) 463, 608, 609
parietais(oxínticas) 1121
  desenvolvimento 1204
pequenas intensamente fluorescentes(SIF) 374
pericárdicas 1026
pericitos 132, 133, 136, 137, 138, 138(f), 139, 179, 680, 1299
perilinfáticas 634
pigmentadas *ver* células(específicas), melanócito(célula pigmentada)
pilares 635(f), 640-1, 645
pinealócitos 324
piramidais 338
  hipocampo 351, 352(f)
pituícitos 48, 321
plaquetas 72
  produção 77
plasmócitos 35, 36, 70, 71(f), 74, 76(f), 80, 673
pneumócitos(epiteliais alveolares) 998, 1034
podócitos 1234
  cápsula glomerular 1234, 1235, 1235(f), 1236(f)
  mesonéfricos 1307
pré-condroblastos 85
pré-mioblastos 115
pré-Sertoli 1319
principais
  das glândulas paratireoides 464
  desenvolvimento 1204
principais(pépticas) 1121
principais 1268
produtoras de gastrina 1204
pró-eritroblastos 77
progenitoras 193
pró-linfócitos 75
pró-megacariócitos 77
pró-mielócitos 77
pró-monócitos 77
pró-plaquetas 77
radiais(de Müller), da retina 367, 690, 692, 700
  desenvolvimento 700
relé, vestíbulo-oculares 308
reticulares 34, 75
  do baço 1195
reticulócitos 77
satélites 55, 55(f)
  desenvolvimento 372
  músculo esquelético 116(f), 117
  sebócitos 153
  secretoras 1293
  seromucosas, glândulas salivares 522, 522(f)
  serosas 39
  serosas, glândulas salivares 522, 522(f)
  simpatocromafins 372
  sinciciais(gigantes) 78
  sinoviais
    tipo A 100
    tipo B 100
  somitoceles 764, 768, 770
  sustentaculares 447, 448(f), 552, 553, 603
  tanicitos 48(f), 51, 240, 367, 380, 386
  timócitos 946, 947-8, 948(f)
    desenvolvimento 947
  transicionais 975
  trilaminares, do giro dentado 350
  trombócitos *ver* células(específicas), plaquetas
  tronco 24, 193, 1121
    criptas intestinais 1135
    do intestino grosso 1161
    embrionárias humanas 193
    hematopoéticas 75, 75(f), 76(f)
    mesenquimais 35
    mieloides 77
    na pele 146, 147, 153, 158
    no timo 947
    osteoprogenitoras 87, 91, 92, 93, 96
  veladas 74, 79, 79(f)
  vermelhas do sangue *ver* eritrócitos
células(geral)
  morte 27
    programada *ver* apoptose
  determinadas 193
  domínios 4
    apical 4
    basal 4
  fusão 24
  do coração, desenvolvimento 1016-18
  hiperplasia 217(f)
  migração, nuclear intercinética 369
  motilidade 3
  organelas 5(f)
  polaridade 4
  forma 3
  sinalização *ver* sinais(sinalização), celular
  tamanho 3
  renovação(*turnover*), intestino delgado 1210
  divisão 20-3, 193-4
  ciclo 20-3
    zonas ventriculares 367, 369(f)
  estrutura 3-23
  função 3-26
  diferenciação 23-4
  de revestimento 4, 5(f)
  superfície
    contatos 4-5
    invaginação 3(f)
    lateral 4
    pregas 3(f)
    projeções 3(f), 17-18, 18(f)
  núcleo 3, 3(f), 18-20
  membrana 3(f), 4-9
  organização 3(f), 4, 10
células apresentadoras de antígenos(APC) 78-80, 79(f), 80(f)
células de Hensen 635(f), 642
células germinativas *ver* células(específicas), germinativas
celulite, no pescoço 439-40
cemento 515-16, 516(f)
  formação 515
cementoblastos 517
centríolos 4, 16(f), 42
centro
  de ossificação *ver* ossificação
  do olhar 303, 308

germinativo, do apêndice 1143
optocinético 305, 308
salivatório 523
subcoracóideo 796
centro(s), das vértebras
áxis 770
cartilagíneo 769(f), 770
desenvolvimento 768, 769(f), 770
medula espinal presa e 772
ossificação 768
região occipitocervical 770
relação com os arcos neurais 770
relação com os nervos espinais/gânglios sensitivos dos nervos espinais 768
centrossomos 16
ceratinas 7, 14(f), 15, 145, 147, 147(f), 148, 149(f), 150, 152, 153, 154, 157, 159
ceratinização 145, 148, 153, 158(f)
ceratocono 688
cerebelo 226, 228(f), 230, 232, 297-309
características externas e relações 298
comissura 298, 308
conexões 303-5
aferentes 303-5
eferentes 306-8
córtex 300-3
camadas 300
histiogênese 379
inputs excitatórios(fibras trepadeiras e musgosas) 303
organização 378(f), 379
desenvolvimento 377-9, 377(f), 378(f)
celular 379
extroversão 379
disfunção 309
distúrbios 309
divisões funcionais 298
drenagem venosa 255
estrutura interna 298-308
fissuras 298
desenvolvimento 378
fissura primária 379
fissura secundária 379
pós-piramidal 379
posterolateral 378
pré-piramidal 379
folha 298, 301, 305, 308
funções 308-9
antecipatória 308-9
controle dos movimentos dos olhos 664
glomérulo sináptico 301(f), 302
hemisférios 298, 301(f)
desenvolvimento 379
hilo 298
imagens por ressonância magnética 299(f)
lesões 309
linha mediana 309
língula 298, 300(f)
lobos
anterior 298, 303, 304, 305, 307
distúrbios/lesão 309
floculonodular 298, 304(f), 306(f), 379
posterior 298, 303, 304, 307
localização anterior/posterior 303
localização estrutural/funcional 303
nódulo 298, 305
núcleos 298, 300, 301, 303, 305, 306, 308
desenvolvimento 378(f), 379
parte extraventricular 379
parte intraventricular 379
pedúnculos 275, 277, 278, 298-9
pedúnculos *ver* pedúnculo(s)
pirâmide 298, 300(f), 304, 305(f)
protuberâncias bilaterais 380
suprimento arterial 253
tonsila 298, 303
túber 298, 303, 306
úvula 298, 300(f), 305, 307
valécula 379
verme *ver* verme, do cerebelo
cérebro 226, 227, 233
artérias, desenvolvimento 390-2
córtex *ver* córtex, cerebral
desenvolvimento 381-8, 382(f)
desenvolvimento celular 385(f), 386-7
isquemia e reperfusão 392
cérebro 226-7, 227(f), 228(f)
"areia" 324
artérias 247-8, 247(f), 248(f)
assimetria *ver em* hemisfério cerebral
desenvolvimento 376, 376(t)
alongamento 362, 362(f)
indução 370-1
padronização 370-1
ver também mesencéfalo(cérebro intermediário); prosencéfalo(cérebro anterior); rombencéfalo(cérebro posterior)
dimensões 388
do recém-nascido 388-9
drenagem venosa, desenvolvimento 392-3, 393(f)
entrada de linfócitos 52
estrutura 226-7, 228(f)
lesões isquêmicas/hipóxicas 392
regulação do fluxo sanguíneo 254
vascularização 391
veias 254-6, 255(f)
ver também hemisfério cerebral; cérebro; córtex, cerebral
cérebro anterior *ver* prosencéfalo
cérebro intermediário *ver* diencéfalo
cérebro intermediário *ver* mesencéfalo
cérebro posterior *ver* rombencéfalo
cerume(cera da orelha) 619
cerume 619
choque anafilático 36
cicatriz
cutânea 161, 162-3
epifisial 95
glial 48
cicatrização de feridas
ausência de cicatriz 163
embrionárias, fibronectina 38
fibroblastos 34
lesão dérmica 161-3
ciclo
cardíaco 975
de crescimento do pelo 152-3
dos ácidos/sais biliares 1212
espermatogênico 1267
menstrual 1297-9, 1298(f)
alterações endometriais 1291
alterações mamárias 935-6
alterações vaginais 1284
alterações vasculares 1299
fase menstrual 1298-9
fase proliferativa 1297
fase secretora 1297-8, 1297(f)
nasal 555-6
uterino *ver* ciclo, menstrual
ciclo da marcha 1460(f)
ciclo das pontes cruzadas 111, 112, 113
ciclo do ácido cítrico(de Krebs, dos ácidos tricarboxílicos) 13
cifose 714, 744, 745
na espinha bífida 772
cílios 3(f), 4, 16, 17-18, 17(f), 669
da árvore brônquica 1034
desenvolvimento 1034
disfunção 989
funções 1004
da tuba uterina 1294
desenvolvimento
dos neurônios olfatórios 553
nodais 1034
cimba da concha 618, 626
cinesinas 15, 16
cinetócoro 16, 19
cíngulo(s)
do membro inferior 1331, 1349-85
articulações 1365-7, 1387-92
ossos do 1352-65, 1353(f)
do membro superior
articulações 800-7
desenvolvimento 905
movimentos 803
músculos
anterior 778, 807
posterior 778
cíngulo 354
"cinto de segurança cardíaco" 959
cintura(s) *ver* cíngulo dos membros
cintura, do escafoide 862
circuito, de Papez 347, 358
circulação
colateral
artérias epigástricas superior/inferior 1056
das artérias da medula espinal 1074
na oclusão da veia cava inferior 1076
ver também artérias(específicas), colateral
embrionária 205-9, 205(f), 206(f)
fetal 176, 178, 181, 205, 1027-8, 1028(f), 1301(f)
alterações após o nascimento 205, 1028
ver também ductos, arterial
persistente 1036
primitiva 176
materna 1301(f)
portal 131, 950, 1220
pulmonar 127, 130, 131, 1030
sistêmica 130
círculo
arterial(círculo de Willis) 242, 249(f), 251-2
desenvolvimento 390
de Willis *ver* círculo, arterial
de Zinn/Haller 695
vascular, das articulações sinoviais 99
círculo arterioso maior 685
círculo tonsilar 567
circundução 103
cirrose 950
cisterna(s)
da lâmina terminal 239
do quilo 209, 940, 941(f), 942, 1077
interpeduncular 242
magna 242, 760
pontina 242, 243(f), 284
pós-quiasmática 242
pré-quiasmática 242
subaracnóideas 242, 243(f)
terminal 107(f), 108, 110(f), 111
cistite cística 1250
cisto(s)
auricular 619
branquial 441
broncogênico 1037
carinal 1037
cervical, lateral 602
de Gartner 1284
de retenção, glândula sublingual 521
dentário 517
epididimário 1267
hilar 1037
paraesofágico 1037
paratraqueal, direito 1037
paravertebral 1037
pericárdico 1037
protoepitelial, primitivo 170
pseudocistos pancreáticos 1187-8
renal 1312
retroesternal 1037
sebáceo 467
timo 949

citocinas 35, 36, 71, 75, 77, 78, 79
citocinese 21(f)
citoesqueleto 4, 10, 14(f)
citoplasma 3-4, 10-18
citosol 3(f), 4
  organelas 14-17
citotactina(tenascina) 36, 38
citotoxicidade mediada por células e dependente de anticorpos(ADCC) 72, 78
citotrofoblasto 172, 173(f), 175, 176, 177, 177(f), 179
classificação
  da pele 145
  da pelve óssea 1358
  das artérias 131
  das articulações *ver* articulações(geral)
  das fibras nervosas 53
  das glândulas exócrinas, 31, 32(f)
  das lesões da medula espinal 271-3
  das sinapses 44-6
  das sinapses químicas 44-5
  de Lauge-Hansen, das fraturas do tornozelo 1443-4
  do epitélio 27-31, 28(f)
  dos cromossomos 19-20
  dos músculos 103-4, 105(f)
  dos nervos espinais 753-4
  dos neurônios 41
  dos receptores 57-8
  dos tecidos 27, 38-9
  dos tipos de crânio 418
clatrina 12
claustro 325, 326, 346
  conexões 353
clavícula 405, 792(f), 800-2
  anatomia de superfície 785, 912
  desenvolvimento 905
  diferenças sexuais 791-2
  estrutura 791
  fratura 792
  ossificação 793
clinodactilia 906
clitóris 1280, 1281(f)
  artérias 1280
  desenvolvimento 1325
  linfáticos 1280
  músculos 1281(f)
  nervos 1280, 1280(t)
  prepúcio do 1325
  veias 1280
clivagem(ovo) 168-71, 169(f)
clivo 424, 431, 527
cloaca 1205(f), 1305(f), 1307, 1308(f), 1311(f), 1322-3
  endodérmica 1212, 1311(f), 1323(f)
  masculina *vs* feminina 1324(f)
  subdivisão 1322
    anomalias 1322-3
cóanos 415, 547, 549
  desenvolvimento 604
cocaína 331
cóccix 728
  anatomia de superfície 728
  fixações dos ligamentos 728
  fixações dos músculos 728
  ossificação 728, 728(f)
cóclea 634-6, 635(f), 636(f)
  ducto *ver* ducto(s), coclear
  inervação, autônoma 646
    nervos, autônomos 646
colágeno 5, 33(f), 34(f), 36, 37, 51, 53, 55, 59, 60, 60(f), 62
  da cartilagem 81
  da esclera 675
  da lente 686
  dérmico 150, 161
  do osso 86
  lâmina basal 34
  mutações 33
  no embrião 194, 195
  padrão das estriações 37
  tipo I 37, 178, 606
    ligamento periodontal 517
    polpa dentária 515
    pulmões do recém-nascido 1036
  tipo II 37, 178
    bainha perinotocordal 767, 768
  tipo III 34, 37
    ligamento periodontal 517
    polpa dentária 515
    pulmões do recém-nascido 1036
  tipo IV 33, 1298
    pulmões do recém-nascido 1036
  tipo V 37, 178
  tipo VI 178
  tipo VII 34
  tipo VIII 33
  tipo XI 37
  vasos sanguíneos 137-8
  vilos da placenta 178
colar
  periosteal 93, 94(f)
  renal 208, 1219, 1233
"colar renal" 208, 1219, 1233
colateral(colaterais)
  de Schaffer 351, 352
  projeções corticais via formação de 388
  ver também artérias(específicas), colaterais
colchicina 22
colecistocinina(CCK) 1181
colesteatoma 630
colesterol, membrana plasmática 4
cólica
  renal 1242
  uretérica 1242
cólica biliar 1179
colículo(s)
  do tronco encefálico, suprimento arterial 253
  facial 240, 241(f)
  inferior 291, 647
  seminal 1259, 1317
  superior 291-2, 305, 308, 331, 332
    aferentes 291, 308
    eferentes 305
    estrutura 291
    relação com o tálamo 311
    respostas visuais 291
  superior profundo 331
colículo seminal 1251
colina 47
colina acetiltransferase(CAT), estriado 328
colinesterase 982
colo
  aganglionar 1213
    ver também doença de Hirschsprung
  ao nascimento/no recém-nascido 1212
  artérias 1144-5, 1146-7, 1148(f), 1149(f)
  ascendente 1138, 1138(f), 1144-6, 1212
    desenvolvimento 1217
    mesentério 1217
  aspecto radiográfico 1138-9, 1139(f)
  descendente 1147, 1212
    desenvolvimento 1209
    peritônio 1218
  desenvolvimento 1212
  dilatação crônica 1213
  divertículos 1148
  epitélio 1161
  estrutura 1138, 1139(f)
  flexura, direita(hepática) *ver* flexura, hepática
  flexura, esquerda(esplênica) *ver* flexura, esplênica
  funções, pré-termo/recém-nascido 1212
  linfáticos 1145, 1147, 1150
  nervos 1146, 1147, 1150
  peritônio 1144, 1146, 1147, 1218
  saculações 1138, 1139(f)
  sigmoide 1147-50, 1148(f), 1212
    mesocolo do 1147, 1218
    vólvulo 1148
  transverso 1146-7, 1147(f), 1212
    desenvolvimento 1137, 1209
    deslocamento na gravidez 1300
    mesentério 1102, 1104, 1107, 1217-18
    mesocolo do 1104-5, 1218
    mobilização cirúrgica 1104
  veias 1145, 1146-7, 1148-9, 1148(f), 1149(f)
  ver também intestino, grosso
colo(de ossos ou órgãos)
  da bexiga urinária 1245, 1248
  da costela 919
  da escápula 794
  da vesícula biliar 1177
  do estribo 627
  do fêmur 1360, 1361(f)
  do martelo 627
  do rádio 840, 841(f)
colo(do útero) 1283(f), 1285
  alterações na puberdade 1292
  câncer 1292
  comprimento 1285
  erosão 1292
  glândulas 1292, 1292(f)
  imagens por ressonância magnética 1292, 1292(f)
  microestrutura 1291-2, 1291(f), 1292(f)
  na gravidez e no parto 1285, 1299
  porção supravaginal 1285
  porção vaginal 1285
  zona de transformação 1291(f), 1292
coloboma, congênito 699
columela 547
coluna(s)
  anais 1156
  das rugas 1284
  de dominância ocular 341
  de orientação 341, 347
  do córtex cerebral 8, 341-57
  espinal *ver* coluna(s), vertebral
  motora somática 286
  nervosa 225-6
    branca, da medula espinal 226, 262-71
      dorsal 262-3
    cinzentas, da medula espinal 258, 259(f), 260, 265, 266, 270(f)
      anterior(ventral) 372, 375, 376
        desenvolvimento 375
      lateral, desenvolvimento 375
      posterior(dorsal), desenvolvimento 375
    de Clarke 258, 259(f), 260, 262, 263, 264(f)
    intermédia 376
    motora branquial 225, 226(f)
    motora somática 225, 227(f), 286
    motora visceral 225, 227(f)
    sensitiva somática
      especial 225, 227(f)
      geral 225, 227(f)
    sensitiva visceral
      especial 15.1, 15.3(f)20.
      geral 225, 227(f)
    vertebral
      desenvolvimento 763-73
      padrão dorsoventral 764
  parassimpática(eferente visceral) 275
  renais 1229, 1230(f)
  vertebral 711-16, 712(f)
    artérias 714, 715(f)
    articulações 728-34
    comprimento 772
    curvaturas 712(f), 713-14
    defeitos estruturais 713
    estabilidade 744-5
    função 712
    lesão 759-60
    ligamentos 728-30
      estabilidade 744-5

instabilidade 730
linfáticos 715
movimentos 743-4
músculos envolvidos 744
nervos 715-16
no idoso 714
ossos 710-28
relação com a medula espinal 375
relação com o cone medular 375
segmentos 712
veias 714-15, 715(f)
ver também costas; espinha; vértebra(s)
comedão 153
comissura(s) 227
anteroinferior 966, 967
anterosseptal 966
cerebral 383
desenvolvimento 383
ver também corpo(s), caloso
cinzenta, da medula espinal
dorsal 257
ventral 257, 258
da laringe 582, 583
da valva mitral 970
do cérebro 227
anterior 239, 240(f), 241, 326, 356-7
branca 749
desenvolvimento 385
do cerebelo 298, 308
do fórnice 385
do hipocampo 385
posterior 239, 380, 385(f)
do epitálamo 324
supraóptica 385
do músculo esfíncter externo do ânus 1159
dos bulbos 1280
dos lábios 467
habenular 380, 385(f)
inferosseptal 966, 967
posterior 380
compactação, embrião 170
compartimento(s)
da bainha femoral 1350, 1351(f)
da coxa 1330
da perna 1330-1, 1411-12
do citoplasma 10
do pescoço 439
osteofascial, do membro inferior 1329
complexo(s)
amigdaloide centromedial 353
da fibrocartilagem triangular(CFCT) 869(f), 871, 872, 873, 874
de Eisenmenger 1030
do ligamento lacunar 1064, 1066
do núcleo talâmico anterior 352
faríngeo caudal 602
faríngeo, caudal 609
fascial
digital 859(f), 860
palmar 859, 859(f)
habenular 331
lentiforme(núcleo) 325, 326, 356, 357
desenvolvimento 380, 383
suprimento arterial 253
mamilar, projeções do subículo para o 352
nasoetmoidal, fratura 479-80
neuroinsular 1190
nuclear amigdaloide 325, 353
área basolateral(grupo nuclear) 353
desenvolvimento 383
núcleo basal 353, 354
núcleo central 353
núcleo lateral 353
ver também amígdala
olivar
fibras/conexões cerebelares 305
inferior 279, 283, 293, 305, 308
superior 285
ostiomeatal 559
peri-hipoglossal 283, 663
primordial hepático 1220
septal
medial 352
projeções hipocampais 352
subicular 347, 349, 351, 352
venoso cardinal 1220(f), 1221, 1221(f)
venoso, somático 1220
XYZ 770
zigomaticomaxilar, fratura 480
complexo principal de histocompatibilidade(MHC) 68, 77, 78
mutações de genes 970
restrição 79-80
complexo sinaptonemal 22
complexos XYZ 770
comportamento "vinculado a estímulos" 332
comportamento emocional
papel da amígdala 454
distúrbios 347
compressão aortocaval 1300
comunicantes, ramos cinzento/branco *ver* ramos comunicantes
concepto 175(f), 176, 177, 177(f), 181(f)
desenvolvimento 177(f)
concha(s)
bolhosa 550
da orelha 618
esfenoidal 472, 475, 528, 529-30
nasal
inferior 475, 550
ossificação 475
média 473, 477, 478, 550-1
mucosa 602
obstrução 551
superior 473, 478, 551
suprema 551
condensinas 19
condições intersexuais 1319
côndilo(s) 84, 86, 101
da tíbia 1412
anatomia de superfície 1340, 1341(f), 1412
do fêmur
anatomia de superfície 1341(f), 1342
lateral 1361(f), 1362-3
medial 1362, 1363
do úmero(epicôndilos) 798
occipital 415, 425, 770
defeitos 770
dissociado 770
condrocrânio 598(f), 610-11, 611(f)
recém-nascido 611
condrogênese
arcos faríngeos 598
crânio 611
desenvolvimento dos membros 902
osso esfenoide 530
condução
axonal 63-4, 64(f)
saltatória 64
condução do impulso nervoso 63-4, 64(s)
cone(s)
crescimento, do axônio 369-70
da retina *ver* células(específicas), cone(da retina)
cone 1020
cone arterial 964, 966, 983, 1020
cone de implantação, axônio 42, 42(f), 43, 44, 46, 64
cone elástico 581
cone medular 257, 749
desenvolvimento 375
lesões 759-60
conexinas 7, 977, 1020, 1022
conexão de Martin-Gruber 854
conexões(neurais)
calosas, áreas visuais 347
cerebelovestibulares 308
corticocorticais contralaterais(comissurais) 402-3, 402(f), 403(f)
córtex somatossensitivo 345
fibras 354-6, 355(f)
ver também corpo(s), caloso
corticocorticais ipsilaterais(de associação) 340
campo visual frontal 343
fibras 354, 355(f)
ínsula 346
lobo occipital 347
dendrodendríticas 42, 45
dendrossomáticas 41, 42
padrão somatotópico 329
talâmicas
da ínsula 346
do campo visual frontal 343
do córtex auditivo 346
do córtex extralímbico 348
do córtex motor 342, 342(f)
do córtex motor suplementar
do córtex pré-frontal 343-4
do córtex pré-motor 343
do córtex visual 347
ver também fibra(s), nervo
conexões apicais(*tip links*) 640, 641
conjuntiva 671-2, 672(f)
do bulbo 671-2
drenagem linfática 672
estrutura 672
inervação 672
limbal 672
marginal 671
orbital 671
suprimento vascular 672
tarsal 671
connexons 7
conotronco 1023
constrição(constrições), do meato acústico externo 620
continência
anorretal 1085, 1160
fecal 1160
urinária 1085, 1095, 1251, 1253-4
feminina 1254
masculina 1254
ver também incontinência
contração, cardíaca *ver* coração
contração, muscular
concêntrica 114
excêntrica 114
isométrica 114
músculo cardíaco 141-2
músculo esquelético 111-12
extensão 114
músculo liso 127-8
contratura
congênita, múltipla 903
de Dupuytren 860
isquêmica de Volkmann 840
contratura isquêmica de Volkmann 840
convoluções *ver* giro(s)
cópula(eminência hipobranquial) 604
coração 959-87
anatomia de superfície 913
ápice 913, 962-3, 980
artérias 978-81, 979(f)
desenvolvimento 1026
átrios *ver* átrio(s)
base 962-3
batimento apical 913
câmaras 960
características externas 961(f), 962
compressão(tamponamento cardíaco) 960
contrações 975-6, 1017-18, 1030
cruz 962, 963, 964, 968
defeitos congênitos 974-5, 1030-1
desenvolvimento 186, 205-6, 1016-32

células que dão origem a 1016-18
esqueleto fibroso e valvas 1017
estágio 11 1013(f)
estágio 12 1032, 1033
estágio 13 1020(f), 1022(f), 1032, 1032(f), 1034
estágio 15 1026, 1027(f), 1034
estágio 16 1028, 1034
formação e torção do tubo cardíaco 1018
músculo cardíaco 142
posição 1030
septação 1023-5, 1024(f)
sistema de condução 1017-18, 1021-3, 1022(f)
tecido condutor de impulsos 143
via de entrada e via de saída 1018-21, 1019(f), 1020(f)
direito 960, 962
do recém-nascido 982-3, 983(f)
dor referida 236
drenagem linfática 982
ecocardiografia 969, 973, 973(f)
embrionário 205, 964, 1013, *1013*, *1021*
esqueleto fibroso 973-4
esquerdo 960, 962
estudos sobre condução 978
fetal 1029
forma 962
frequência
do embrião 206
do recém-nascido 1030
influência hormonal 142
imagens 969, 973(f)
limites 913, 961(f), 962-3
locais de ausculta 913
marca-passo 978, 1017
margem 963, 981
margens 963, 981
músculo 139-43
hipertrofia 969-70
ver também músculos(geral), cardíaco; músculos(específicos), papilar
nervos 982-3, 983(f)
organização 960-2, 961(f)
orifícios *ver os orifícios específicos em "orifício(s)"*
pericárdio 959-60
ver também pericárdio
peso 962, 1030
posição 1025-6
posição 962, 1030
anormalidades de 974
relações 966(f)
ritmo 1020
rotação para a esquerda
septos *ver* septo(s)
sistema de condução 975-8, 975(f), 976(f), 977(f)
anormalidades 978
automaticidade 1017-18
desenvolvimento 1017-18, 1021-3, 1022(f)
rápido e lento 1018
ventricular 1018
sulcos 962
superfícies 962-3
tamanho 962, 1030
tecido conjuntivo 973-4
acianóticos 974-5
cianóticos 975
embrião 1030
septal
atrial 1028, 1030-1
ventricular 1030
veias 981-2, 982(f)
desenvolvimento 1026
ventrículo *ver* ventrículo(s), do coração
corcunda de viúva 714
corda(s)
oblíqua, do antebraço 839
tendíneas 966
da valva mitral 971, 972
da valva tricúspide 966-7
vocal(prega) 583, 584(f)
do bebê 584
ligamentos 583
microestrutura 582
na fala 590
nódulos 583
posição no cadáver 589
corda mesodérmica *ver* notocorda
cordão(cordões)
do testículo 1319
epiteliais(cordões sexuais primários) 1313, 1317, 1319
espermático(funículo)1064, 1065(f), 1261, 1261(f), 1321
fáscia 1060, 1065
fascículos musculares(cremaster) ao longo da 1064
esplênicos 1195
genital 1307, 1307(f)
formação nas mulheres 1321
formação nos homens 1320
gubernacular 1316(t)
hematopoético 75
hepáticos 1174-5
lacrimal 602
medulares, linfonodo 74
nefrogênico 1305
sexuais, primários 1313, 1317, 1319
sinoutricular 1317
umbilical 181-2, 1028
anatomia 182
comprimento e diâmetro 182
degeneração 181
desenvolvimento 181, 1209
inserção velamentosa 1303, 1303(f)
utricular 1317
cordina 370
cório 176, 177, 180
frondoso 177(f), 180
liso 177(f), 180
no final da gravidez a termo 180
cório-âmnio(âmnio) *ver* âmnio(cório-âmnio)
corioide(olho) 675, 679-80, 679(f), 690(f)
desenvolvimento 702
córnea 668, 675, 676, 678, 678(f)
ação reflexa 286, 287(f)
curvatura 678
desenvolvimento 702
dimensões 676, 678
espessura 678
estrutura microscópica (camadas) 678, 678(f)
funções 678
inervação 7
cornificação 145, 146, 147, 147(f), 148, 148(f), 149, 151, 152, 154, 155, 157
corno(s) 85
coccígeo 22(f), 42, 725, 736
da cartilagem tireóidea 579
da margem falciforme 1350
de Ammon 386
do modíolo
inferior 489
superior 489
do osso hioide
maior 436
menor 436, 436(f)
dos ventrículos laterais 383
sacral 725, 747
ver também hâmulo; cornos
cornos
anterior
da medula espinal 226, 257, 260
do septo primário(*septum primum*) 1023
do septo ventricular 1024
da medula espinal
anterior 226, 257, 260
lateral 226, 227(f), 228, 257, 258, 260
posterior 226, 227(f), 228, 257, 258-60
de Ammon 347
do fígado 1207
do menisco lateral 1398
do menisco medial 1398
do ventrículo lateral
anterior(frontal) 237, 238(f)
inferior(temporal) 237-8
posterior(occipital) 238
posterior
da medula espinal 226, 227(f), 228, 257, 258-60
da prega caval 1216
do septo primário(*septum primum*) 1023
do septo ventricular 1024
seio(do coração) 265, 1018
direito 101, 1018, 1021(f), 1023, 1220(f)
esquerdo 1018, 1019, 1020, 1021(f)
ver também corno(s)
coroa
ciliar 680-1
da glande do pênis 1271, 1271(f), 1273
dos dentes 513, 513(f), 514, 517
conoides 509, 513
dentina 514
radiada
do cérebro 355, 357
do ovócito 1296
corpo(s)
albicante 1297
amiláceos 42
rostro, desenvolvimento 386
amiloide, da próstata 1259
aorticopulmonar 984
aórticos 986
basal 16, 17(f)
bigêmeos 379
caloso 227, 229(f), 237, 326, 335, 354-6, 355(f), 648
desenvolvimento 383, 385-6
destruição do 359
dimensões 354
divisão cirúrgica 358
joelho
tronco 355
carótico 447-8, 448(f)
nervos 458
cavernoso(s)
artérias 1098
desenvolvimento 1325
do clitóris 1280
do pênis 1272, 1272(f), 1273(f), 1274(f)
suprimento vascular 1273
ciliar 668, 675, 677(f), 680-9, 680(f), 689(f)
desenvolvimento 699, 700
estrutura 680-1
funções 680
cromafim 986
da bigorna 627
da mandíbula 409, 480, 481, 505, 530
fratura 480
da maxila 476-7
da vesícula biliar 1177
de Nissl 41, 43(f)
de Odland 148, 158(f)
de Pacchioni 243
de Weibel-Palade 136, 137
de Wolff 1306(f), 1307, 1322(f)
ver também mesonefro
do esfenoide 415, 424, 429
do esterno 917-18, 917(f)
do ísquio 1356
do pâncreas 1184-5, 1184(f)
do pênis 1271-3, 1271(f), 1272(f), 1273(f)
do períneo 250, 252, 1096, 1098, 1151, 1155, 1159, 1284
desenvolvimento 1212, 1322
lacerações 1096
do púbis 1354
do ventrículo lateral 237, 237(f)

esponjoso 1272(f), 1273, 1273(f), 1274(f)
suprimento vascular 1273
estranho, inalado 1001
estriado 325
desenvolvimento 380, 383
funções 332
ver também globo pálido; núcleo, caudado; putame; estriado
fibroso central, do coração 974
geniculado
lateral 311, 357
medial 277(f), 289(f), 291, 313(f), 314, 357
glômicos, tumores dos 894
justarrestiforme 298, 305, 308
lamelar 1035
lúteo 175, 1296-7, 1297(f)
mamilar 239, 317(f), 318(f), 319, 320
desenvolvimento 380
para-aórticos 1046-7, 1081
desenvolvimento 374
pontobulbar 377
quadrigêmeos 288
ver também colículo(s), superior
restiforme 298, 300
timpânico 452
trapezoide 281(f), 282(f), 285
ultimobranquial 602, 609
vertebral 716, 718, 744
cervical 718
desenvolvimento 768, 770
do áxis 720
ossificação 769(f)
torácico 721, 984
vítreo, desenvolvimento 702
corpos adiposos
articular, das articulações sinoviais 99(f), 100, 101
bucais 467, 538
da articulação do cotovelo 832
da bochecha 467
de Kager 1437
do calcanhar 1432, 1432(f)
do pé 1432, 1432(f)
esofágicos 1111
infrapatelar 1402, 1402(f)
malares 468
metatarsal 1432, 1432(f)
retropúbico 1365
temporal, superficial 469
temporoparietal 469
corpos residuais 12
corpúsculo(s)
Barr 19, 69
de Hassall 609, 947, 947(f)
de mecônio 1210, 1212
de Meissner 58(f), 59, 59(f), 150, 155, 157, 159
de Nissl 41, 43(f)
de Odland 148, 158(f)
de Pacchioni 243
de Pacini 57, 58(f), 59, 61, 146(f), 157, 159
de Ruffini(terminações nervosas de Ruffini) 59, 101
de Vater-Pacini(de Pacini) 57, 58(f), 59, 61, 146(f), 157, 159, 1293
lamelado 101
renal 1234, 1234(f), 1235(f)
aparelho de filtração 1234(f), 1236(f)
cortical 1234(f)
justamedular 1234(f)
corrida 1459-62, 1460(f), 1461(f)
córtex
auditivo 345-6, 345(f)
projeções provenientes da amígdala 354
cerebelar *ver* cerebelo, córtex
cerebral 226, 227, 228, 229(f), 338-54
agranular 340
áreas *ver* área, cortical(cerebral)
camadas *ver* lâmina, do córtex cerebral
colunas e módulos 341
conectividade 341, 340(f), 341(f)
com regiões subcorticais 341
corticocortical contralateral(comissural) 341, 340(f), 341(f)
corticocortical ipsilateral(de associação) 341, 340(f), 341(f)
laminação e 341
padrões 341
desenvolvimento 379
modelos de organização 386
do cérebro *ver* córtex, cerebral
giros *ver* giro(s)
granular 340
isquemia e reperfusão 392
microestrutura 338-40, 338(f), 339(f)
organização
celulares, mecanismos 386-387, 387(f)
malformações 388
papel da morte celular 388
teorias(modelos) propostas 386
organização laminar 339-40
sulcos *ver* sulco(s)
suprimento arterial 253-4, 254(f), 390
tipos 340
agranular 340, 342
frontal 340
granular 340, 346
parietal 340
polar 340
trilaminar 350
ver também lobo(s); *as regiões específicas do córtex cerebral(abaixo)*
veias 392-3, 393(f)
ver também lobo(s); *as regiões específicas do córtex cerebral(abaixo)*
da glândula suprarrenal 1197, 1199(f), 1200, 1201(f)
de associação auditivo 345
de associação frontal, dorsolateral 329
de associação orbitofrontal 329
do linfonodo 72, 73, 73(f), 74
do ovário 1295-7, 1296(f)
do pelo 151, 152(f)
do polo frontal 343
do polo temporal 346
do timo 947-8, 948(f)
entorrinal 348, 349, 351-2
camadas 352
conexões 351, 352
encefalina 352
limites 351
estriado 346
conectividade 347
subcamadas 346
frontal 340, 341-4
ver também em lobo
infralímbico 348
insular 314, 354
límbico 347-8
motor 335
projeções para o putame 329
motor pré-suplementar 343
motor primário 342
conectividade 342
motor suplementar(AMS) 343
occipital 346-7
ver também em lobo(s)
orbital, projeções para a amígdala 354
orbitofrontal 344
projeções para o estriado ventral 329
parietal 340, 345
ver também em lobo(s)
perirrinal 354
pré-frontal 343-4
conexões do córtex auditivo 345
dorsolateral 343
medial 343
ventrolateral 343
pré-motor 343
áreas dorsal e ventral 343
conectividade 343
pré-piriforme 356
primário(SI) 228
renal 1228-9, 1230(f), 1232, 1235(f)
sensitivo 341
somatossensitivo 342, 344
conectividade 341, 345
conexões comissurais 345
primário(SI) 314, 341, 342, 345
projeções ipsilaterais 342, 345
projeções para o putame 329
secundário(SII) 314, 342, 345
temporal 345-6
inferior 345-6
médio 345
ver também lobo(s), temporal
visual 315, 346, 388
colunas 341
conexões 346
projeções provenientes da amígdala 354
V1 346, 347
V2, V3 e V4 346, 347
volume 335
ver também área, cortical(cerebral); hemisfério cerebral
Corti, órgão de *ver* órgão espiral
cortina, subaórtica 969, 971(f), 972
costal, envelhecimento 81
costelas 918-22, 919(f)
anatomia de superfície 909, 1054
anormalidades 1014
associadas às vértebras lombares 770
atípicas 920-2
cervicais 465, 770, 822, 920
contagem 913
décima 909, 921-2, 1054
décima primeira 909, 921-2, 1054
décima segunda 909, 921-2
desenvolvimento 768(f), 770
elevação durante a respiração 1012
estrutura 919
falsas 918
fixações 919-20
flutuantes(11, 12) 770, 918
fraturas 922
inervação 920, 921
lombares 724
movimentos durante a respiração 1011
em "alça de balde" 1011
em "braço de bomba" 1011, 1011(f)
nona 1054
ossificação 921, 922
palpação 912
pré-cartilagínea 770
primeira 920-1, 920(f)
intratorácica 993
relações 918-19
segunda 921
sétima 909
suprimento vascular 921
tamanho 919
típica 918-19, 919(f)
torácicas 717
última costela palpável 991
verdadeiras 919
vertebrocondrais(8-10) 770
vertebroesternais(1-7) 770
cotovelo de babá 835
couro cabeludo 467
artérias 489-91
camadas 467
fáscia 397, 468
lacerações 467
linfáticos 492
nervos 492
retalhos 467, 468

coxa
anatomia de superfície 1340, 1342, 1342(f)
artérias 1378-81, 1378(f)
compartimentos 1330
dor 1383
inervação 1382-4, 1382(f), 1390
linfáticos 1336, 1382
músculos 1332, 1372-8, 1373(f)
ossos 1360-5, 1360(f), 1361(f)
veias 1381-2
coxa valga 1391
coxa vara 1371
coxim(coxins)
anais 1156, 1157
aumento 1157
atrioventricular 1023
inferior 1019, 1023
endocárdico 1016-17, 1022
atrioventricular 1030
conotroncal 1023
coxim metatarsiano 1432, 1432(f)
coxim, móvel 840
coxins, adiposos *ver* coxins adiposos
crânio 397, 409-21, 414
abóbada *ver* abóbada, do crânio
acesso cirúrgico 481
anatomia de superfície 402-3
anomalias congênitas 418-19
ao nascimento 416, 417(f)
aspecto externo 409-21
norma basilar(inferior) 412-16
norma frontal(anterior) 409-10
norma lateral 412-13
norma occipital(posterior) 410-11
norma vertical 411
base, altura diminuída 770
classificação dos tipos 419-20
crescimento pós-natal 416-19, 613-14, 613(f)
desenvolvimento 390, 409, 610-14
diâmetro fronto-occipital 613
diferenças etárias 420
diferenças sexuais 419-20
do bebê prematuro 903
do recém-nascido 416-18, 611(f)
enfaixe 418, 419(f)
forma/medida do tamanho 419-21
fratura 409
identificação a partir do 419-20
infantil 416-18
moldagem 416
ossificação 611
ossos do 397, 409
ossificação 95, 97
superfície interna 423
suturas *ver* sutura(s)
variação geográfica 420
crânio bífido 613
craniorraquisquise 772
craniorraquisquise total 364, 365(f)
craniosquise 364, 365(f)
craniossinostose 418, 612, 613
crescente, cardíaco 1016, 1016(f), 1018
crescimento 211-21
alométrico 217, 217(f)
compensatório 214
crianças 218-19
da cartilagem 84-5
da face 417-18
de tecidos/órgãos, gordura subcutânea 217
do crânio 416-17
do osso 92-7
do pelo 152-3
estirão da adolescência 219-20, 219(f), 220(f)
estirões 1325
ganho de peso 220
in utero 217-18
isométrico 217
multiplicativo 217, 217(f)
padrões 217, 219
por aposição 220
pós-natal 218-20
pré-natal 211-12
sinfisial 99
tipos de 217
velocidade *ver* velocidade do crescimento
crianças
timo 948, 948(f), 949
traqueia 1000, 1005(f)
ver também recém-nascido
cripta(s)
anal 1156
da tonsila palatina 566, 567
de Lieberkühn 1131, 1134, 1134(f)
desenvolvimento do intestino delgado 1210
intestinal 1131, 1134, 1134(f), 1161, 1161(f)
tonsilares 605
criptorquidismo 1319
criptotia 618
crista(s) 13, 85, 85(f)
alveolar 500, 517(f), 543
ampular 638, 638(f)
basilar 640
conchal da maxila 474, 476, 477(f), 478, 478(f)
crescentiforme, septação ventricular 1024
da costela 919
da espinha, da escápula 795, 809
de Passavant(palatofaríngea) 571, 573
do músculo supinador 844
do rádio 840
do trapézio 862
do vestíbulo 633, 633(f)
ectodérmica apical 198, 201, 900, 901(f)
remoção 900
epidérmicas 159
esfenoidal 528, 529
esfenoidal(jugal) 476
etmoidal 473(f), 477, 477(f), 478
frontal 423, 471
galli(crista etmoidal) 410(f), 423, 426, 428, 472, 472(f), 473(f), 668
genital 1317, 1318(f)
gonadal 1312, 1313
ilíaca 1340, 1355
limites 1355
infratemporal 415, 529
interóssea, da ulna 843
intersesamoidal 1441
intertrocantérica 1361
interuretérica(prega)1247
lacrimal 409, 474(f), 475, 476
anterior 404
posterior 655
lacrimal 703
mamária 934
mesonéfrica 1014, 1307, 1312, 1313
nasal 475, 477, 478
da maxila 475
do osso palatino 478
neglecta 643
neural *ver* crista neural
obturatória 1354, 1355
occipital
interna, mediana 425, 426
mediana externa 416, 713, 739
palatina 415, 478
papilares 160, 160(f)
pontículo 619
púbica 1354, 1355
pulmonares 1014
sacral 725
sinotubular 967
supraepicondilar
lateral 786, 797, 798
medial 786, 797, 798
supramastóidea 412, 420, 615, 626
supraventricular 964, 965(f), 966, 983, 1025
temporal 532
terminal 964, 1019
trabecular 1026
uretral 1250, 1251, 1252(f), 1253, 1254
vomerovaginal 475
zigomaticoalveolar 476
crista do nariz 477, 555, 557, 558
crista neural 186, 187(f), 188, 188(f), 189, 201, 361, 365-6, 595, 596(f), 613, 1324
cardíaca 374
craniana 373
da cabeça 201
derivados da, no tronco 373
desenvolvimento 595, 596(f)
desenvolvimento do coração 1016
desenvolvimento do intestino grosso 1212
desenvolvimento do sistema nervoso entérico 374, 1213
desenvolvimento dos gânglios sensitivos cranianos 373
desenvolvimento dos nervos autônomos 374
desenvolvimento dos nervos espinais 372
diencefálica 699
do tronco 201, 373
lombossacral 373
malformações 607
padrões de migração 365, 371, 373, 374
populações de células provenientes da 365, 369
pré-ótica mielencefálica 374
segmentação 371
no cérebro posterior 371
vagal 374
ver também mesênquima, crista neural
crista, do trapézio 862
cristais otoconiais 644
cristais, de Reinke 1267
cristas interpapilares(*rete pegs*) 146, 147, 150, 154, 161
cromatina 19
cromograninas 1200
cromossomos 3, 19-20
classificação 19-20
formação da baqueta de tambor 19, 69
não disjunção 23
X 1319
Y 1319
região determinadora do sexo 1319
região determinadora do sexo masculino 1319
cruz, do coração 962, 963, 964, 968
cúlmen 298, 305(f)
cúneo 336, 336(f), 346
cúpula(s)
da cóclea 633(f), 634
do acetábulo 1352
do canal semicircular 638
do diafragma 1007
do fígado 1163, 1164, 1164(f)
cardíaca 1163
glial 63
nasal 548
óptica 681, 699
desenvolvimento 699, 701
pleura cervical 406
curvas de crescimento 219(f)
curvas de velocidade 220(f)
curvatura(s)
da coluna vertebral 713-14
cervical 714
do adulto 714
do embrião 713-14
do feto 713-14
do recém-nascido 714
lateral 745, 768
lombar 714
movimento 744
pélvica 714

sacral 714
sagital 714
torácica 714
ver também cifose; lordose
do estômago, desenvolvimento 1216
do reto 1150, 1154
cúspide(s)
da valva aórtica 972
da valva do tronco pulmonar 967
da valva mitral 970-2
da valva tricúspide 966
dos dentes 509, 513, 513(f)
bicúspides 510
de Carabelli 510, 513
molares 510
decíduos 510
cutícula
da unha 155, 159
do pelo 151, 152(f)
dos dentes(esmalte) *ver* esmalte(dentes)

D

D-aminoácido oxidase 13
débito cardíaco, embrionário 206
decídua
basal 176, 177, 178
capsular 176, 177
materna 176, 179, 181
parietal 176, 177, 180
ver também endométrio
decidualização 175-6, 1297
decorina 86, 87
decussação
das pirâmides 268, 268(f), 270(f), 276(f), 277, 278(f), 280
do lemnisco medial 279, 292
dos pedúnculos cerebelares superiores 289
dedo(s) da mão
articulações 875-8
caído 829
mínimo, falanges do 866
músculos 885-6
ossos 866, 867(f)
palmados 906
dedo em gatilho 879
dedo em martelo 878
dedos
da mão
anomalias relacionadas ao número de 902, 906
desenvolvimento 905
do pé *ver* hálux; dedos do pé
supranumerários, desenvolvimento 902
ver também dedo(s) da mão; polegar
dedos do pé
maior *ver* polegar
movimentos 1339(t)
músculos 1339(t)
defecação 1160
defeitos cardíacos
acianótico 974-5
cianótico 975
congênito 974-5
deformação 119, 119(f)
deformidade
de Satiro 618-19
de Sprengel 608
de Stahl 618-19
do nariz 547
em botoeira 878
em pescoço de cisne 878
degeneração
da parte compacta da substância negra 331-2
do cordão umbilical 181
do neurônio dopaminérgico 332
dos folículos dentários 510
transneuronal 370
deglutição 283, 561-75
controle neural 574
divertículo de pulsão 572
fase preparatória oral 572
fase esofágica 573
fase faríngea 573
fase oral 573
no recém-nascido 389, 573(f), 574
dificuldades 389
pós-natal 1206
deiscência, de Killian 572
demência, semântica 358
dendrito(s) 41, 42-3, 43(f), 225, 226(f), 370
crescimento/desenvolvimento 370
das células de Purkinje 302
das células piramidais 338
formação 386
dos neurônios do tipo Golgi 302
espinhosos 328
estrutura arbórea 43(f)
denervação, simpática, do membro inferior 1093
dente, do áxis 718(f), 719, 770
anormalidades 721
anormalidades na fusão 770
ossificação 721
redução do tamanho 770
dentes 509-20, 509(f), 515(f), 516(f)
abscesso 506(s), 524(f), 525
acústicos(do ducto coclear) 640
alinhamento e oclusão 513
cêntrica 500(f), 511
desarmonia 513
ideal 513
alvéolos 476, 477
anatomia de superfície 509
anatomia forense 516-17, 517(f)
ao nascimento 512(f)
artérias 518
bicúspide 509
caninos 404, 510
alvéolo 476, 477
morfologia 510, 510(f)
coroa *ver* coroa, dos dentes
cronologia 512(f), 512(t)
cúspide *ver* cúspide(s)
decíduos(primários) 217(f), 510-11, 510(f)
erupção 218(f), 218(t), 510-1
desenvolvimento 605-6
disposição do tecido 513-16
cemento 515-16, 516(f)
polpa dentária 514-15
ver também dentina; esmalte
drenagem linfática 519
erupção 218(f), 510-1, 606, 608(t)
dente do siso 510
extra/supernumerário 513
extração 510, 517
formação 606
formação do esmalte 606
incisivos 509
alvéolo 477
conoide 509, 513
maxilares, retroinclinados 500
morfologia 509, 510(f)
protrusão 500
raízes 509
inervação 519, 519(t)
infecção 439
má oclusão 217, 219
mineralização 514
molariformes 510
molares 513
alvéolo 477, 530
decíduos 217
impactação 510, 519, 530
mandibular 510
maxilar 510
morfologia 510, 510(f)
raízes 510, 530
terceiro inferior, risco de remoção 506, 510, 519[("remoção")]
pré-molares 510
alvéolo 477, 530
falha do desenvolvimento 510
morfologia 510, 510(f)
raízes 510, 530
mongoloide *vs* africano 513
morfologia 509-18
ortopantomograma ao nascimento 512(f)
permanentes(secundários) 509-10, 511(f), 606
erupção 510-1, 512(f), 512(t), 513
odontologia forense 517
pós-caninos 509, 511
protrusão 500
sensação de dor 519
analgesia 519-20
siso 510
perda 510
remoção 510
superfícies 509
terminologia 509
variações no número, no tamanho e na forma 513
veias 518
ver também dentina; esmalte
dentina 514, 517
componentes 514
do manto 514
formação 514
fusos 514, 515(f)
intertubular 514
peritubular 514
primária 514
secundária 514
terciária 514, 515(f)
dependência, droga 331
depressão(depressões)
glandular, do estômago 1204
mamária 934, 934(f)
óticas 651
depressão retro-hioide 602
depressões revestidas de clatrina 9, 12
dermátomos 157, 231, 231(f)
da face 405
do dorso 707-8, 708(f)
do membro inferior 1346, 1346(f)
do membro superior 789, 789(f)
do períneo 1346(f)
derme 147(f), 150-1, 154(f)
camadas da 150-1
células da 150-1
desenvolvimento 157-8
do leito ungueal 155
embrionária 158(f), 159
dermomiótomos 766(f), 772, 832(f)
desenvolvimento 772
derrame pleural 989, 990(f), 991, 993
derrame, pleural 989, 990(f), 993
descamação 148
descendente hipoglóssica 456, 460
descida
do ovário 1321-2, 1321(f)
do testículo *ver* testículo(s)
desenvolvimento *ver* embrião; crista neural; *os órgãos/as regiões específicos*
desequilíbrio da relação ventilação/perfusão, embolia pulmonar 997
deslocamentos
da articulação do cotovelo 835
da articulação do ombro 786, 807
do cotovelo 786
desmina 7, 106, 115, 127, 137, 138, 1051
desmocolina 7
desmocrânio 612(f)
desmogleína 7

desmoplaquina 7
desmossomos 3(f), 6(f), 7
  na pele 146, 147, 149(f), 150, 153, 154, 157, 163
desvio
  radial e ulnar 871
  septo nasal 551
desvios(*shunts*)
  da direita para a esquerda, fetal 974
  da esquerda para a direita 974
  portossistêmico intraparenquimatoso por via transjugular 1172
  vasculares 134-5
    portossistêmicos 1171
      locais comuns 1171, 1171(f)
  ventriculoperitoneais 1110
determinação do sexo 1320-1
detumescência 1274
dextrocardia 974
diabetes melito
  lesão do nervo femoral 1383
  paralisia do terceiro nervo 252
diacilglicerol 8
diacinese 22
díades 140(f), 141
diáfise
  da costela 919
  da fíbula 1343, 1415-16
  da tíbia 1412-13
  da ulna 840(f), 841(f), 844
  das falanges 866
  do fêmur 1361(f), 1362
  do rádio 778, 786, 840-1, 840(f)
  do úmero 786, 797-8
  dos metacarpais 864
    primeiro 84
    segundo 865
diafragma 910, 963
  da pelve, fáscia 1086
  interface toracoabdominal 1041
  papel na fala 590
  torácico 1007-12
    aberturas 910, 1007-9, 1008(f)
      aórtica 1007, 1008(f)
      defeitos 1009
      esofágica 1007-8
      para a veia cava 1008
    anatomia de superfície 910
    anterior, defeito 1009
    artérias 1009-10, 1056
    atrofia 1212
    centro tendíneo 1007, 1008(f)
      folhas 1007
      na respiração 1012
      relação com o nervo frênico 1010
    comprimento/posição dos pulmões 993
    cúpulas 1007, 1012
    depressão 1007
    desenvolvimento 1014-15, 1015(f), 1217
    do recém-nascido 1015-16, 1218
    estimulação elétrica 1011
    eventração 1015
    face inferior 1008, 1008(f)
    fixações e componentes 1007, 1008(f)
    forma e relações 910
    hérnia 181, 1015, 1034
    incisões, radiais 1010
    linfáticos 928
    movimentos 926, 1012
      paradoxais 1011, 1012
    na respiração 1012
    nervos 1010-11
    nível afetado pela postura 1012
    paralisia 1012
      unilateral 1007
    parte costal 1007
    parte esternal 1007
    parte lombar 1007
    pilar *ver* pilar(es), do diafragma
    posterior, defeito 1009
    ruptura/laceração 1009
    trauma 1009
    veias 1010
  urogenital, fáscia inferior 1094
diafragma da sela 424, 426, 527
diagnóstico genético pré-implantação 168
diagnóstico pré-natal, atresia de esôfago 953
diálise, peritoneal 1110
diartroses *ver* articulações(geral), classificação, sinovial
diastema 500
diastematomielia 772
diástole, movimento do LCS 243
diencéfalo 226, 227, 228(f), 311-24, 368(f), 372(f)
  caudal 602, 611
  conexões 330(f)
  desenvolvimento 362(f), 380, 595
    fusão das paredes do telencéfalo 383
  partes dorsal e ventral 380
  suprimento arterial 253
diferenças sexuais
  acetábulo 1359
  arco subpúbico 1359
  bexiga urinária 1245, 1245(f), 1246(f), 1247(f), 1248
  canais femorais 1350
  cartilagem tireóidea 579
  clavícula 791-2
  crânio 419-20
  esfíncter externo do ânus 1159
  ílio 1356
  pelve óssea 1359-60
  púbis 1355
  sacro 1359
  tíbia 1414
5α-di-hidrotestosterona 1325
dilatação
  dos ventrículos encefálicos 244
  fusiforme, do ureter 1310
dinamina 16
dineínas 16, 17, 17(f)
dinorfina 48
  estriado 328
  giro dentado 352
  globo pálido 331
díploe 95
diplopia 656
diplossomos 16
diplóteno 22
disartria, "cerebelar" 309
discinesia 230, 326
  fisiopatologia 332
  induzida pela levodopa 332, 333
disco(s)
  articular
    da articulação acromioclavicular 803
    da articulação do punho 868-70
    da articulação esternoclavicular 801
    da articulação radioulnar distal 868, 868(f)
    da articulação temporomandibular 534-5, 535(f)
      alterações na posição durante o movimento 536
      funções do 534-5
    das articulações sinoviais 101
  embrionário 197
    bilaminar 173, 183
    trilaminar 186
  epifisial 96
  intercalado 139, 140(f), 141, 141(f)
  interpúbico 1365
  intervertebral 81, 83, 84(f), 118, 119, 121, 124, 730-3
    capacidade de suportar carga 744
    desenvolvimento 766(f), 768, 769(f)
    estrutura 730
    lombar 771
    movimento 743
    perda de água 744
    prolapso 731-2, 732(f)
    propriedades mecânicas do 121, 122(f)
    relações 731
  óptico 695
    desenvolvimento 700
    edema 695
  pericordal 768
  temporário, junção occipitocervical 770
  Z(*Zwischenscheiben*) 106
discos Z, músculo cardíaco 140(f), 141
discriminação visuoespacial 347, 358
disdiadococinesia 309
disfagia 953
  lusória 1032
disfunção, interna, das articulações temporomandibulares 537
disostose mandibulofacial 419, 607
displasia cleidocraniana 608, 613
displasia condroectodérmica 1014
displasia, ectodérmica 159
dispneia, postura que afeta a 1012
dissomia, uniparental 167
distância, interoclusal 219
distonia 332
  estimulação palidal para a 333-4, 334(f)
distrofia miotônica 1013
distrofia muscular de Becker 107
distrofia muscular de Duchenne 107, 114
distrofia torácica asfixiante 1014
distrofina 107
distúrbios da migração neuronal 388
distúrbios do comportamento, disfunção dos núcleos da base 332-3
divertículo(s)
  alantoentérico 180
  da parte laríngea da faringe 572
  de Meckel(ileal) 1129, 1209
  duodenal 1126
  hepático 1206, 1207, 1208
    desenvolvimento do ducto colédoco 1208
  lateral, do prosencéfalo 380
  mediano 608
  respiratório 1032, 1033, 1205, 1212
  ventral
    do intestino anterior 1212
    do intestino médio 1212
    ver também alantoide
divisão
  clivagem 168-71, 169(f)
  embrião, populações celulares 193-4
DNA 19
  síntese 20
dobradiça
  articulações em(gínglimo)101
  caudoneural 184, 361, 1324
  ponto de, da placa neural 361
doença(s)
  arterial coronariana 978
  de Alzheimer 358
  de Charcot-Marie-Tooth 1450, 1453
  de Dupuytren 860
  de Graves 658
  de Hirschsprung 374, 1213
    segmento ultracurto 1213
  de Huntington 332
  de Köhler 1438
  de Ménière 649
  de Muller-Weiss 1438
  de Osgood-Schlatter 1415
  de Parkinson 193, 253, 289, 290, 313, 314, 326, 332
    fisiopatologia 332, 333(f)
    neurocirurgia 333
    tratamento clínico 332-4
  de Peyronie 1276
  de Wartenberg 855
  distrofia muscular de Becker 107
  distrofia muscular de Duchenne 107, 114
  diverticular 1148

falciforme 68
fenômeno de *wearing-off*(deterioração do fim da dose) e *wearing-on* 333
hemolítica, do recém-nascido 68
inflamatória, das vértebras 744
renal cística infantil 1312
rim policístico autossômico dominante 1312
venosa, da perna 1426
vestibular 663
doença autossômica dominante do rim policístico 1312
doença de Alzheimer, fisiopatologia 358
doença de Osgood-Schlatter 1415
doença de Parkinson *ver* doença(s), de Parkinson
doença de Peyronie 1276
doença de Tay-Sachs 13
doença de Wartenberg 855-6
doença diverticular 1148
doença falciforme 68
doença renal cística infantil 1312
doenças por armazenamento nos lisossomos 13
dominância(do suprimento sanguíneo do coração)
direita 980
equilibrada 980
esquerda 980
dopamina 47
ações 332, 333(f)
células que secretam, desenvolvimento 374
grupos de células 329, 329(f), 331, 332
inervação do *nucleus accumbens* e 331
receptores D2 303
estriado 328
receptores D3 303
deficiência, doença de Parkinson 332
renal 1310
vias
mesoestriatal 329, 332
mesolímbica 331, 332
ver também neurônio, dopaminérgico
dor
apêndice vermiforme 1143-4, 1146
cardíaca *vs* 951
controle
local, dentário 519-20
opiáceos de ocorrência natural 48
costas 732, 745
coxa 1383
de dente 519
espinal
radicular 759
referida 759
mecanismos 266-7, 266(f)
medula espinal 759
nádega 1371
neuropática 348
percepção 267, 270, 348
pericárdica 959
quadril 1390
referida *ver* dor referida
região glútea 1390
sensação, dentes 519
uterina 235
virilha 1390
visceral 53, 58, 235-6
dor de cabeça, cervicogênica 435
dor referida
no ânus 1160
proveniente da bexiga urinária 235, 1254
proveniente da coluna vertebral 759
proveniente da pleura 991
proveniente da tonsila palatina 567
proveniente da vesícula biliar 1181
proveniente do apêndice vermiforme 1146
proveniente do baço 1193
proveniente do coração 236
proveniente do diafragma 1011
proveniente do divertículo de Meckel 1129
proveniente do ducto colédoco 1181
proveniente do duodeno 1128
proveniente do estômago 1120
proveniente do fígado 1173
proveniente do íleo 1131
proveniente do jejuno 1131
proveniente do pâncreas 1187
proveniente do ureter 1242
dorsiflexão 103
dorso 707-48
da língua 503, 503(f), 507-9
da sela 420, 424, 426, 527, 530
dermátomos 707-8, 708(f)
do nariz 547, 549
dor 732, 745
exame clínico 747
fáscia 707-9
músculos 736-43, 737(f)
ações dos 742
estabilidade 744-5
extrínsecos 736, 925-6, 926(f)
intrínsecos 736
suprimento vascular 742
ossos 710-28
pele 707-9, 1069
drenagem linfática 708, 709(f)
inervação 707-8
linhas de tensão 707(f)
nervos 707-8
suprimento vascular 708, 708(f)
tratos pilosos 707(f)
ver também coluna(s), vertebral; vértebra(s)
dorso, do pé 1341
drenagem linfática(de órgãos ou regiões)
da articulação do joelho 1393
da articulação temporomandibular 536
da bexiga, urinária 1090, 1249
da cabeça 400(f), 401, 453-5
da cavidade nasal 554
da cavidade timpânica 628-9
da coluna vertebral 715
da conjuntiva 672
da coxa 1336
da face 492
da faringe 567
da glândula parótida 497
da glândula salivar sublingual 521
da glândula salivar submandibular 521
da glândula suprarrenal 1198
da glândula tireoide 462
da laringe 588
da língua 505-6, 506(f)
vasos centrais 506
vasos dorsais 506
vasos marginais 505
da mama 932, 932(f)
cutânea 932
da mucosa oral 500
da órbita 666
da orelha
externa 620
média 628-9
da orelha 620
da parede do abdome
anterior 1059
posterior 1077-8, 1077(f)
da parede do tórax 928
da pele 156-7
da mama 932
da perna 1411
da região glútea 1349
das costas 708, 709(f)
do joelho 1393
do pescoço 453-4
da pelve 1090-1, 1091(f)
da perna, cutânea 1411
da pleura 991
da próstata 1258
da região glútea 1336
cutânea 1349
da região ilíaca 1336
da tonsila faríngea 563
da tonsila palatina 567
da traqueia, parte cervical 466
da tuba uterina 1292-3
da uretra
feminina 1253
masculina 1252
da vagina 1284, 1284(f)
da vesícula biliar 1180
da vulva 1280, 1282(f)
das articulações 101
das costas, cutânea 708, 709(f)
das glândulas paratireoides 464
das glândulas seminais 1270
das pálpebras 671
das vias biliares 1180
do apêndice vermiforme1145
do baço 1193
do braço 828
do canal anal 1160
do ceco 1141
do colo
ascendente 1146
descendente 1147
sigmoide 1150
transverso 1147
do coração 982
do cotovelo 836
do couro cabeludo 492
do diafragma 928
do ducto deferente 1269
do duodeno 1128
do escroto 1262
do esôfago 951
cervical 465
do estômago *658*, 1119-20
do fígado 1172
do íleo 1130-1
do intestino, grosso 1141, 1141(f), 1145, 1147
do jejuno 1130-1
do meato acústico externo 657
do mediastino 941, *941*, 941(f)
do membro inferior 1336, 1336(f)
do membro superior 779, 818
do músculo cardíaco 141
do músculo esquelético 110
do nariz, externa 549
do osso 91
do ovário 1295
do palato duro 502
do pâncreas 1186
do pé 1336, 1429
do pênis 1273
do pericárdio 959
do períneo 1098
do pescoço 400(f), 401, 453-4
cutânea 454
do quadril 1390
do quadril e da coxa 1381
do reto 1155, 1155(f)
do rim 1233
do testículo 1264
do timo 946
do tórax 911
do tornozelo 1442
do ureter 1241
do útero 1290
dos brônquios 1003
dos dentes 519
dos ductos hepáticos 1180
dos pulmões 998, 999(f), 1035
dos seios paranasais 557, 558
embrionária 205, 209

drenagem pleural 989
drogas, de abuso 331
drusas 680
ducto(s)
alantoico 180, 181, 182, 1316(t)
arterial 601, 984, 1023, 1028-30, 1030(f)
circulação fetal 1028-9
desenvolvimento 1028
dimensões 1028
do recém-nascido 1028
fechamento 602, 1029-30
estágios 1029-30
patente 974
persistente 1028, 1032
reabertura 1036
relação com o nervo laríngeo recorrente 1028
túnica média 1028
biliar 1177(f), 1185
artérias 1180
atresia 1208
colédoco(comum) 1178, 1178(f)
comum(colédoco) 1178, 1178(f)
desenvolvimento 1206, 1207
dor referida 1181
esfíncter 1178
extra-hepáticos
atresia 1208
desenvolvimento 1208-9
hepáticos 1178
inervação 1180-1
linfáticos 1180
microestrutura 1181
variações 1178(f)
veias 1180
cístico 1177, 1178
desenvolvimento 1207
linfáticos 1180
variações 1178, 1178(f)
coclear 634, 639-40
desenvolvimento 652
coletor
das glândulas salivares 522
do rim 1235, 1236(f), 1237
desenvolvimento 1308
microestrutura 1238
da glândula apócrina 153
da glândula bulbouretral 1270
de Bartholin 521
de Cuvier *ver* veias(específicas), cardinal, comum
de Müller *ver* ducto(s), paramesonéfricos(de Müller)
de união 636, 637, 640
desenvolvimento 652
de Wolff 1316(t)
ver também ducto(s), mesonéfricos
deferente 1268-9, 1269(f), 1317
ampola 1314(f), 1317
artérias 1269
ausência 1269
linfáticos 1269
microestrutura 1269
do epidídimo 1268
ejaculatório 1269, 1317
microestrutura 1269
endolinfático 617, 633, 636, 639
desenvolvimento 652
estriado, glândula salivar 522, 523
excretor, primário 1305, 1306(f), 1307
extralobar, glândula salivar 522
faringobranquial 609
frontonasal 473, 479
fusão 1316(f)
genital 1312, 1313
glândula sudorífera 153-4, 154(f)
glândulas salivares 522-3
estriado 522, 523
menores 502
sublingual 502(f), 521
submandibular 501, 521, 598(f), 605
glândulas submucosas 1135
hepático
acessório 1178
artérias 1180
comum 1178
desenvolvimento 1208
esquerdo 1166
linfáticos 1180
veias 1180
intercalado, glândula salivar 522, 523(f)
intestino-vitelino 1129
intra-hepático, desenvolvimento 1208
lacrimal 671, 672, 674
lacrimonasal 476, 547(f), 672, 674, 703
lactíferos 933
desenvolvimento 933, 934
obstrução 933
linfático 139
direito 449, 451, 454, 455, 455(f), 941, 941(f), 942
longitudinal do epoóforo 1284, 1313, 1315(f), 1316(t), 1322(f)
mesonéfricos 1307, 1309(f), 1310, 1313, 1316(f)
destino nos homens/nas mulheres 1318(f)
ductos reprodutores masculinos 1317
estágio indiferenciado do desenvolvimento 1315(f), 1318(f)
involução 1313, 1315(f)
masculino *vs* feminino 1316(t)
ver também ureter
pancreático 1185-6, 1189
acessório 1185, 1248, 1249(f)
desenvolvimento 1205(f), 1206, 1207, 1207(f)
dorsal 1207
variações 1185-6
paramesonéfricos(Müller) 1267, 1285, 1312, 1313, 1315(f), 1318(f)
atrofia no homem 1317
desenvolvimento 1313
falha na fusão 1316, 1317, 1319
fusão 1316, 1317(f)
masculino *vs* feminino 1316(f)
parauretrais 1253
parotídeo 405, 496, 497, 499, 523(f), 605
acessório 496, 497
sialograma 497
perilinfáticos 617
prostático 1259
reprodutor, desenvolvimento 1313-17, 1318(f)
feminino 1313-17, 1318(f)
masculino 1315(f), 1317, 1318(f)
reprodutor, masculino 1317
sacular 652
sebáceo 151, 152
semicirculares 638
desenvolvimento 651(f)
sublingual 501, 502(f), 521
submandibular 501, 502(f), 605
sudoríferos
intradérmicos 154
intraepidérmicos 154
tireoglosso 462, 608
torácico 139, 941(f), 942-4, 985
anomalias 943
arco 942
bifurcação 942
comprimento 942
confluência abdominal dos troncos linfáticos 1077
dimensões 942
lesão 978
durante cirurgia esofágica 943-4
ligadura 943
microestrutura 942
origem abdominal 1077
relações 942
ruptura 943
término e padrões 942
tributárias 943
tubular, formação 195
uretérico 1308
utriculossacular 636, 637, 652
venoso 1220, 1222
profundidade do sulco do 1216
vitelino 182
vitelointestinal 1209
obliteração 1209
falha 1209
dúctulo(s)
aberrantes 1269, 1307
eferentes, do testículo 1268
interlobular, do pâncreas 1207
prostáticos 1259
túbulos mesonéfricos que persistem como 1307
duodeno 1125-8, 1125(f)
alça 1217
posição/configuração 1210
anatomia de superfície 1053
artérias 1127-8, 1186
atresia 1206
desenvolvimento 1203, 1206, 1210, 1216
anastomoses intervitelinas 1220
divertículos 1126
dor referida 1128
estenose 1209
ligamentos 1127
linfáticos 1128
músculo suspensor 1127
nervos 1128, 1173
papilas 1126, 1127(f), 1185
peritônio sobre o 1099
relações 1125-7
retroperitoneal(séssil) 1206, 1217
veias 1128
Dupuytren, doença de 860
dura-máter
desenvolvimento 390
parte encefálica 425-33
bainhas dos nervos cranianos 426
divisões da 426-7
inervação 433
lesão da cabeça 426
plexo venoso 392-3
seios venosos 427-31
suprimento arterial 431-3
parte espinal 751-2

E

ecocardiografia 969, 973, 973(f), 978
ectocérvix 1284, 1292
ectoderme
displasia 159
embrionária 186
epitélio derivado da 1324
faríngea 602
neural 198, 361
superfície 157, 186, 198
desenvolvimento dos olhos 699
ectomeninge 612
ectomesênquima 534, 534(f)
ver também crista neural
ectopia (órgãos ectópicos)
da cloaca 1322
das glândulas sebáceas 499
do coração 974
do rim 1226, 1226(f)
do timo 946
do ureter 1240
ectrópio 669
edema, de Reinke 583
efeito de Bernoulli 591
eixo(s)
anatômico 1458
arterial, toracoacromial 915

celíaco *ver* tronco(arterial), celíaco
da diáfise do fêmur 1362
da pelve 1358-9
da pronação 868
da supinação 868
das articulações 103, 104
de rotação 102
dos brotos dos membros 899-902, 900(f)
craniocaudal 900
dorsoventral 900
proximodistal 900
dos tendões 113(f), 114
embrionário
cefalocaudal 197
de divisão 171
dorsoventral 197
laterolateral 197
mecânico 1458-9
do osso 121, 122(f)
neuroendócrino, timo 946
ocular 661
visual 661
ejaculação 1274-5
elastina 1035, 1111
na derme 151, 154, 159
na matriz extracelular 36(f), 37
nos vasos sanguíneos 137-8
elastose senil 162
elementos
costais 717, 718, 723, 724, 725, 727
esqueléticos, desenvolvimento dos membros 902-3
eletrocardiografia 977(f), 978, 1022
eletrodos, implantação cerebral profunda de 333, 333(f), 334(f)
eletromiografia(EMG) 114
elevação, tubal 563, 564
eliptocitose 67
emaranhados neurofibrilares 15
embolia
pulmonar 997
prevenção por meio de filtros na veia cava inferior 1076
embolização, pulmonar 997
embrião
arcos faríngeos 596-602, 597(f)
cabeça 595(f)
suprimento arterial 600(f)
cavidade peritoneal 1013, 1013(f)
circulação 205-9, 205(f), 206(f)
congelado 168
coração 205, 964, 1013, *1013*
débito cardíaco 206
curvaturas da coluna vertebral 713-14
definição 170
desenvolvimento dos olhos 699, 700(f), 701(f)
desenvolvimento facial 603(f)
determinação do sexo 1319-20
ductos paramesonéfricos(de Müller) 1313
esôfago 1203
estagiamento 167, 168(f), 169(f), 170, 764
estágio 10, 197, 198, 199
estágio de faríngula 597
estágios do desenvolvimento 168(f), 169(f), 211, 212(f)
cabeça 595(f)
interno 211
estômago 1204, 1206
extremidade caudal 1311(f)
faringe 596-602, 597(f)
formação 175(f), 176
formação dos somitos 764, 764(f)
ver também somitos
"horizontes" 211
implantação 172, 175-6
junção occipitocervical 769
linfonodos 209
mandíbula 532(f)
mesoêntero 197
metêntero 197
movimentos 903
nervos cranianos 373
ovário 1294
populações de células 197-203
determinação 193
diferenciação 193
divisão 193-4
epiteliais 1203(f), 1306(f)
indução 193
na organogênese 197-203
transições entre epitélio e mesênquima 194
pregas 186-9, 187(f), 188(f)
caudal 187(f), 189
cefálica 187(f), 189
pré-implantação 168-72, 175
proêntero 197
pró-núcleos 167
pulmões 1013
quimérico 195
recesso pneumoentérico 1214, 1215(f)
sinalização célula-tecido 194
sistema urinário 1305, 1306(f)
soluços 604
tecido mucoide 38-9
tenascina 38
teste 168
tórax 1013, 1013(f)
tubo digestivo 1203, 1203(f), 1204(f), 1205(f), 1209
ver também intestino anterior; intestino posterior; intestino médio
vasos linfáticos 205, 209
embriogênese
abordagens experimentais 195
desenvolvimento pré-implantação 168-72, 175
determinação dos eixos 197
estágio do plano corporal 197
dobramento do embrião 186-9, 187(f), 188(f)
formação de padrões 194-5
formação do celoma intraembrionário 189
formação dos tecidos extraembrionários 173-4, 175, 176
formação dos tecidos intraembrionários 183-6
morfogênese 194-5
síntese proteica 170
ver também embrião
emetropia 681, 687
eminência
arqueada 424, 617, 633, 649
articular(tubérculo) 412, 416, 533, 615
canina 404, 476, 510
caudal 184
colateral 238
da concha 619, 620
da escafa 619, 620
hipobranquial(hipofaríngea) 604, 610
hipotenar 787, 857
medial 240
parietal(túber) 412, 469
piramidal 625, 628, 629
tenar 787
ver também túber; tubérculo
emissão de líquido seminal 1274-5
empiema 991
empilhamento(*rouleaux*) 67
enamelinas 514
encefalinas 48, 1200
córtex entorrinal 352
estriado 328
encéfalo *ver* cérebro
endocárdio 966, 974
desenvolvimento 1016, 1017
endocitose 3, 4, 9
endoderme 199
derivada da ectoderme 1324
do intestino 1205(f)
embrionária 184-5
hepática 1207, 1208(f)
intestino delgado 1210
próstata, desenvolvimento 1323-4
faríngea 602-3, 603(f), 609(f)
uretra, desenvolvimento 1323
endolinfa 634-6, 640, 643, 646
endométrio 175, 1291
ciclo menstrual 1291, 1297, 1299
imagens por ressonância magnética 1292, 1292(f)
ultrassom 1298, *1298*
ver também decídua
endomísio 86, 107(f), 108, 109, 121, 974
endoneuro 52(f), 53
β-endorfina 48
endorreduplicação 24
endossomos 12
tardios 12
endósteo 86, 91
endotelina 1036
endotélio 4, 135-7, 136(f)
da córnea 69
desenvolvimento 1207
dos vasos linfáticos 139, 139(f)
dos vasos sanguíneos 135-7, 136(f)
fenestrado 133
glomerular 1235
interações com os leucócitos 136-7
marcadores 1017
secreções 137
energia 119
enfisema 1007
lobar congênito 1037
enoftalmia 656
entactina 33, 38
entrada(s)
da laringe 567, 582
da pelve 1083, 1358
do tórax 909
entrenó 43, 50, 53, 54
entrópio 669
entubação endotraqueal, recém-nascido 1033
entubação, endotraqueal, do recém-nascido 1033
envelope
de movimentos 537
sinciciotrofoblástico 176
enxerto
de pele 164
ósseo pediculado 842
enzimas
dos túbulos renais distais 1237
lisossômicas 12
ver também as enzimas específicas
eosinofilia 69
epêndima
células 41, 51, 51(f), 239(f), 240, 240(f)
da medula espinal 257, 374
epiblasto 172-3, 175, 180, 181, 183-4, 183(f), 1317
epicanto 670
epicárdio 959, 1026
desenvolvimento 1016, 1026
epicondilite
lateral 848
medial 845
epicôndilo 85
do fêmur 1360(f), 1361(f), 1363
do úmero 778, 786, 796, 799-800
epiderme 145-8, 146(f), 147(f)
anormalidades 159
camadas da 145
células da 145-8
desenvolvimento 157-8
do leito ungueal 155
dos lábios 467
interfolicular 145, 146(f), 151, 152, 153, 157-8
regeneração 145-8
ver também pele
epidermólise bolhosa simples 15

epidídimo 1263(f), 1268
canal 1317
desenvolvimento 1317
epitélio 1268
microestrutura 1268
epífise do cérebro *ver* glândula(s), pineal
epífises
anulares, das vértebras 768
"em anel" 768
odontoide, apical dissociada 770
ver também os ossos específicos
epífora 669
epigástrio 1053
epiglote 503(f), 577-8, 605
do bebê 584
do feto, papilas gustativas 508
funções 578
no recém-nascido 574(f), 606(f), 607
epilepsia, síndrome do cérebro dividido 358-9
epimiocárdio 1016
epimísio 86, 108, 121
epinefrina *ver* adrenalina
epineuro 53
episiotomia 1096
epispádia 1323
epitálamo 226, 311, 323-4
desenvolvimento 380, 385(f)
epitélio 4, 27-31
alveolar 998, 1000(f), 1005
âmnio 180-1
associado ao folículo 74
características 27
celômico 199
desenvolvimento da glândula suprarrenal 1218
desenvolvimento das gônadas 1312, 1318(f)
desenvolvimento do baço 1218
esplancnoplêurico 189, 1016, 1018, 1034, 1203, 1206, 1212
intraembrionário 1203
somatoplêurico 189, 1014, 1213
celômico esplancnoplêurico 189, 1016, 1203, 1206, 1212, 1213
ceratinizado 29-30
ciliado 28
ciliar 681
classificação 27-31, 28(f)
colunar
células *ver* células(específicas), colunar
estratificado(multilaminar) 29-31
simples(unilaminar) 28, 29(f)
corneano 678
da íris 682
da lente 686, 686(f)
da tuba uterina 1294
de Barrett 1114
de transição *ver* urotélio
desenvolvimento 27
do colo 5(f)
do endométrio 1291
do epidídimo 1268
do esôfago 951-2, 952(f), 1113
funções 951-2
do estômago 1120, 1121(f)
do intestino delgado 1210
do timo 947, 947(f)
dos lábios 467
dos túbulos renais 1234, 1236(f)
embrionário 189-90, 1203(f), 1306(f)
estágio do plano corporal 197
endodérmico, do intestino do embrião 1205(f)
estratificado(multilaminar) 29-31
colunar 30, 30(f)
cuboide 30, 30(f)
estratificado, escamoso 29-31
da língua 507
da mucosa oral 500
função 27
germinativo 190, 191, 1295
hepático 1207
interações mesenquimais *ver em* mesênquima
lamela de, desenvolvimento do pênis 1324
mucoso 28
multilaminar *ver* epitélio, estratificado
não ceratinizado 30
olfatório 551, 552, 552(f)
ortoceratinizado 30
paraceratinizado 30
pigmentar da retina 688, 689, 689(f)
desenvolvimento 700
pseudoestratificado 28, 29(f)
da parede do hemisfério cerebral 386
regeneração, no esôfago 952
respiratório 28, 551, 1005
reticulado 567
seminífero 27, 28(f), 31
sensorial 28
simples(unilaminar) 27-9
colunar 28, 29(f)
cuboide 28, 29(f)
escamoso 27-8, 29(f)
somatoplêurico 189, 1213
unilaminar *ver* epitélio, simples
urinário *ver* urotélio
vaginal 1281, 1316
ver também células(específicas), epiteliais
eponíquio 155, 155(f), 159
epoóforo 1285, 1315(f), 1316(t), 1318(f)
túbulos 1307
equilíbrio, anatomia 643-4, 643(f)
ereção 1274-5
disfunção 1276
ergonomia 745
eritrócitos 67-9, 68(f), 70(f), 77
antígenos 68
deformação 67
fantasmas de glóbulos vermelhos 67
fetais 67
membrana plasmática 67
produção 77
remoção, no baço 1195
tempo de vida 68
eritropoese 77
eritropoetina 77
secreção pelo rim 1225
erupção, dos dentes *ver* dentes, erupção
escada rolante mucociliar(corrente de expulsão) 989
escafocefalia 418
escafoide 862
anatomia de superfície 786
fraturas 862
ossificação 864
escama(s) 86
escápula 793-6, 793(f), 794(f)
"alada" 786, 812, 820
anatomia de superfície 785
desenvolvimento 905
estrutura 793-4
face costal 794
face posterior 794
ossificação 796, 796(f)
pontos de referência 746-7
escápula alada 786, 812, 820
escavação
retouterina (fundo de saco de Douglas) 1106, 1151, 1285, 1287(f)
retovaginouterina 1218
retovesical 1105, 1151, 1218
vesicouterina 1245, 1285, 1299
esclera 675-6, 676(f)
desenvolvimento 702
espessura 675
esclerose múltipla 52, 64
esclerótomos 763(f), 764, 770
central 767
cervical, falha na fusão/defeitos 770
desenvolvimento 765(f), 767-8, 768(f), 770
desenvolvimento das costelas 768-9, 770
desenvolvimento das vértebras 767, 770
dorsal 767
junção occipitocervical 769-70
lateral 767
occipital 73-770
falha na fusão/defeitos 770
rostral 371
escoliose 745, 768, 770, 1014
escroto 1060, 1261(f), 1262
artérias 1262
descida dos testículos 1320
dividido 1323
formação 1320, 1325
linfáticos 1262
nervos 1262
pele 1262
veias 1262
esferocitose 67
esfíncter(es)
cardioesofágico 953
falha no relaxamento 953
de Oddi(da ampola hepatopancreática) 1178
do ânus
desenvolvimento 1324
externo 1094, 1159
diferenças sexuais 1159, 1159(f)
interno 1156, 1156(f), 1157(f), 1158(f), 1159
lesão 1160
durante a gravidez 1160
do ducto pancreático 1178
ducto colédoco 1178
esofágico 952, 953, 954(f)
controle 953
faríngeo 953
inferior 953, 954, 954(f), 1111, 1114
ao nascimento 1204
mecanismos 953
no vômito 953
superior 572, 573
palatofaríngeo 563, 565(f), 571
pilórico 1115
pré-capilar 142-3
uretral 1094-5, 1323
uretrovaginal 1095, 1095(f)
esfingomielina 4
esmalte(dentes) 513-14
aprismático 514
componentes 513-14
espessura 514
estriação 514, 515(f)
estrias 513(f), 514, 515(f)
fusos 514
linhas incrementais 513(f), 514
prismas 514, 515(f)
esmegma 1273
esôfago 949-54, 950(f)
artérias 950, 951(f), 1111
atresia 953, 1015, 1037(f), 1203
cervicotorácico, desenvolvimento 1203(f), 1214
comprimento 949
coxins adiposos 1111
de Barrett 952, 1114, 1115
deglutição 573-4
desenvolvimento 610, 1014, 1015-16, 1032, 1203-4, 1215(f)
anormal 953
mucosa 1203
normal 1203-4
dimensões 949
disfunção motora 953-4
dismotilidade 953-4
drenagem linfática 951, 1111
epitélio 1050
esfíncteres 953

esofagoscopia e ultrassom 953
espasmo(difuso) 954
estudos com bário 953
fala 590
glândulas 952
inervação 951
microestrutura 951-2, 952(f), 1050(f)
músculos 1114(f)
no nascimento/recém-nascido 1203-4
parede 951, 952
parte abdominal 950, 1111, 1111(f)
peritônio do 1099
parte cervical 465, 949
artérias 465
linfáticos 465
nervos 465
perfuração 953
relações 465
veias 465
parte torácica 949-50, 1111(f)
perfuração 953
relações 949
ruptura 953
varizes 950-1, 1118-19, 1177(t)
veias 950, 951(f), 1111
esofagoscopia 952-3
espaço(s)
ao redor das maxilas 524, 524(f)
mandíbula 524, 524(f)
maxila 524, 524(f)
apical, na extremidade do dedo da mão 861
bucal 469, 524
canino (infraorbital) 525
carotídeo 439
cavernoso, do pênis 1274
de Bowman 1234, 1235(f)
de Disse 1174
de Nuel 640
de Poirier 871
de Prussak 630
de Reinke 583
de Virchow-Robin 244
digital 861
do períneo
profundo 1094-5
superficial 1095-6
do retroperitônio 1069
extradural 751-2, 751(f)
acesso ao 760-1
funcional livre 513
infracólico (direito e esquerdo) 1108
infraorbital 469
infratemporal 524, 535
intercostal 918, 962, 963, 1030
interesfinctérico 1159
interseptovalvular 1023
interviloso 176, 177, 178, 1303
intrafaríngeo 524, 568
intrarretiniano 699
intratonsilar 568
lacunar, concepto 176, 177(f)
mediastinal, TC e RM 955(f), 956(f), 957
palatino 524
palmar 861
profundo 861
parafaríngeo 568
disseminação de infecção 568
tumores 568
paraglótico 584-5
paraluminal, da laringe 584-5
pararrenal
anterior 1069
posterior 1069
paratraqueal 957
parotídeo 524, 524(f)
perianal 1159
perifaríngeo 568
peri-hepático, esquerdo 1108
perilinfático 634, 652
perirrenal 1069
peritonsilar 524
perivascular 244
perivitelino 167
pleural 989
líquido no 991
pós-anal 1155
pré-epiglótico 584
pré-traqueal 439, 957
pré-vertebral 439, 713
infecção 568
pterigomandibular 524
pulpar, digital 861
quadrangular 813(f), 814, 823, 826
retrocardíaco 957
retrocrural 957
retrofaríngeo 439, 524, 568
infecção 568
retropúbico 1245, 1365
retrovisceral 439
subacromial 807
subaracnóideo 749, 751(f), 752
desenvolvimento 389
subcarinal 957
subdural 752
subepicárdico 1026
subfrênico
direito 1107
esquerdo 1108
extraperitoneal 1108
subglótico 585
sub-hepático, direito(recesso hepatorrenal) 1107
sublingual 524
submamário 930
submandibular 524
submassetérico 524
infecções do 538
submentual 524
subperitoneal 1138, 1149
subpial 244, 752
supraciliar 676, 686
supracoroidal 676, 686
supraesternal 435, 438, 454
tecidos extraperitoneais/subperitoneais 1099
traqueal, posterior 957
triangular 813(f), 814, 826
urinário(de Bowman) 1234, 1235(f)
espasmo, difuso, esofágico 954
espasticidade 230
espectrina 15, 18, 67, 77
espermatocele 1267
espermatogênese 133, 1320-1
alterações relacionadas com a idade 1267
espermatozoides 167, 1266, 1266(f)
capacitação 167, 1276
contagens 1319
injeção intracitoplasmática 168
maturação 1269
motilidade 3, 1275
espermiogênese 1265, 1266(f)
espinha 85
curvatura *ver* curvatura, da coluna vertebral
da escápula 746-7, 785, 795
da hélice 619
dendríticas 42
do esfenoide 414(f), 415
geniana(tubérculo mental) 503
ilíaca
inferior
anterior 1353(f), 1354, 1356
posterior 1353(f), 1355
superior
anterior 1340
posterior 1340
isquiática 1357, 1357(f)
nasal 409, 420, 471, 471(f), 472, 473(f), 475
anterior 473(f), 476, 477(f)
posterior, mediana 415, 478
troclear 471
vertebral 405, 745-6, 746(f)
cervical, deformações 770
como pontos de referência para a localização das vísceras 747(t)
fusão 770
lesão, respiração afetada pela 1012
sacral 724
ver também coluna(s), vertebral; vértebra(s)
vestibular 1023
espinha bífida 364, 772
cística 772
oculta 713, 772
esplancnopleura 1213, 1216, 1220
pós-clivagem 1216
esplênio 335, 355
esplenomegalia 1192
espondilite anquilosante 744, 745
espondilolistese 713, 718
espondilose 713, 718, 744
espongiosa, primária 92
esporão(esporões)
da esclera 675, 676, 677(f), 680
do martelo 627
esqueleto
da laringe 577-80, 577(f), 578(f)
do recém-nascido 215, 215(f)
facial 409, 416, 417, 418
fratura 479-81
fascial, do membro inferior 1329-30, 1330(f)
nasal 547-8
ver também os ossos específicos
estagiamento obstétrico 213
estágio de faríngula 597
estágio de oito células 171, 171(f)
estatólitos 636
esteatose 1163
estenose
duodenal 1209
espinal 717
pulmonar 1030
subglótica 579
estereocílios 18, 637(f), 638, 643, 646, 648(f), 1268
das células ciliadas da cóclea 640-1
estérnebras 917, 918
esterno 917-18, 917(f), 963
anatomia de superfície 909
artérias 918
articulações 917-18, 922
estrutura 917
fixações musculares 918
inervação 918
manúbrio 917, 917(f), 918, 984, 986
ossificação 918, 918(f)
veias 918
estômago 1112-20
anatomia de superfície 1053
antro 1204
antro pilórico 1112
ao nascimento/no recém-nascido 1206
artérias 1116-18, 1116(f), 1117(f)
aspectos internos 1114-15, 1114(f), 1115(f)
capacidade 1112, 1114, 1206
corpo 1112
curvaturas 1112
desenvolvimento 1214
desenvolvimento 1204, 1205(f), 1206
flexura angular 1216
rotações 1204, 1206
consequências 1214
dor referida 1120
drenagem linfática 1119-20, 1119(f)
enchimento 1114
endoscopia 1114, 1115(f)

forma 1114
fundo 1112
curvatura maior 1112
desenvolvimento 1204
glândulas 1121-2, 1122(f)
inervação 1120, 1120(f)
lesões de Dieu la Foy 1268
microestrutura 1120-2
mucosa 1113-14, 1115, 1116(f), 1120, 1121(f)
mucosa e submucosa 1206
desenvolvimento 1204
muscular
da mucosa 1122
desenvolvimento 1204, 1206
músculos 1114(f)
orifícios 1113-14
partes do 1112, 1112(f)
peritônio do 1099, 1112
piloro 1112
relações 1112-13, 1112(f), 1113(f)
roseta da mucosa 1115
rugas 1115, 1120
serosa 1122
serosa, desenvolvimento 1206
submucosa 1122
superfícies 1113, 1113(f)
veias 1268-9
vólvulo 1113
estomodeu 367
desenvolvimento 367, 380
estrato(s)
basal
da pele 145, 147(f)
do endométrio 1299
cinzentos 291
compacto 1299
córneo 145, 147(f), 148
da pele 29, 145, 146(f), 147
da membrana do tímpano 624
de orientação 351
do lemnisco 291
espinhoso, da pele 145, 147(f)
esponjoso 1302
funcional, do endométrio 1299
granuloso 1319
da pele 145, 147(f), 155
lacunoso 351, 351(f), 352
lúcido 857
da pele 145, 147(f)
molecular 351, 352
piramidal 350
profundo, da fáscia lata 1349
radiado 351
superficial, da fáscia lata 1349
zonal 311
ver também camada(s); zona(s)
estria(s)
alba 161
da gravidez 161, 1300
de Gennari(occipital) 346
de Nitabuch 177
do trato olfatório 384
longitudinal 386
medulares 239, 277(f), 279(f), 281(f), 323-4
rubra 161
terminal 237, 238, 238(f), 239, 311, 320, 326
núcleo do leito 356
vascular, do ducto coclear 640
estriado 325, 326-31, 326(f), 327(f)
aferentes e terminações nervosas do 328, 329
conexões 329, 329(f), 330(f)
desenvolvimento 328, 383
dorsal 326, 328-9
aferentes para o 328
conexões 329, 329(f), 330(f)
eferentes 329
eferentes 329, 329(f), 331
inputs aminérgicos 331
neurônios 328
projeções amigdaloides para o 354
ventral 326, 329, 354
aferentes para o 329-30
conexões 329, 330(f)
continuidade com o estriado dorsal 330
eferentes 331
ver também núcleo(s), *accumbens*; tubérculo(s), olfatório
ver também núcleo, caudado; putame
estrias, transversais, dos dentes 514, 515(f)
estribo 599, 621(f), 627
desenvolvimento 652
movimentos 628
ossificação 627
otosclerose 628
ver também ossículos, auditivos
estridor, ventilatório 949
estríola
do sáculo 638
do utrículo 636, 637
estroma
ciliar 681, 682(f)
da corioide 79-80
da córnea (substância própria) 72, 678-9
da íris 682, 701
da mama 931, 933
da medula óssea 75
do endométrio 1291
do ovário 1319
estruturas retroperitoneais 1069, 1099
estudos com bário, esôfago 953
eventração 1009
do diafragma 1015
exame
da laringe 584, 584(f)
do membro inferior 1340(t), 1346
exocitose 3, 4, 9
exoftalmia 658
expansão, extensora 880, 882(f)
expansões extensoras, da mão 880
expiração *ver* respiração
extensão, articulações 103, 103(f)
exterocepção, fibras nervosas 263, 264
extroversão, do cerebelo 378

F

fabela 1420
face 86, 467-97
anatomia de superfície 403-4
dermátomos 405
anomalias do desenvolvimento 607
aproximação(reconstrução) 420-1
artérias 469-71
articulações *ver* articulações(específicas), dos processos articulares
articular, vertebral
cervical 719
do áxis 719
costocapitular 721
costotubercular 721
crescimento da 417-18
crescimento pós-natal 417-18
da clavícula 795
das glândulas suprarrenais 1197
desenvolvimento 602-3, 603(f)
do adulto 603(f)
do embrião 603(f)
do tálus 1437
do terceiro metacarpo 865
esqueleto *ver* esqueleto, facial
fáscia 397, 468-9
fendas da 607, 607(f)
fratura 479-81
ímpar, da patela 1394, 1395(f)
linfáticos 492
modíolo 489
movimentos 488-9
músculos 481-9
nervos 492-7
ossos membranáceos 613
pele 397, 467-8
plano dos tecidos 397, 468-9
retalhos cutâneos 468
superposição 421
sustentacular 1437
veias 491-2
faceta(s)
"de agachamento" 1434
fagocitose 3, 9, 69, 70, 78, 78(f)
fagossomos 12
faixa
de Hensen 642
dorsal, dos metacarpais 865, 866
palmar, dos metacarpais 865, 866
paratraqueal 954
faixa(s)
de Baillarger(estria da lâmina granular externa) 339, 339(f)
de Broca(estria diagonal) 356
onicodérmica 155
faixa de Hensen 642
fala 589-93
altura do som 592
articulação 592-3
controle muscular 590
esofágica 590
fonação 590-2
harmônicos do tom fundamental 592
produção 590
produção de consoantes 593
produção de vogais 593
falange(s)
da mão 866
locais de fixação dos músculos 866
ossificação 864(f), 865(f), 866-7, 866(f)
ver também dedo(s) da mão
do pé 1441
ver também dedos do pé
falo
desenvolvimento 1323(f)
ver também pênis
faringe 561-75
artérias 561
assoalho 597
deglutição 572-4
desenvolvimento 610, 1204(f)
relação com o rombencéfalo 376
do recém-nascido 610
ectoderma 48
embrião 202, 596-602, 597(f)
endoderma 602-3, 603(f), 609(f)
espaços teciduais 568
fáscia 567-8
infecção 568
linfáticos 563-4
músculos 561, 568-72, 569(f), 570(f)
nervos 563, 572
relações 561
tumores 568
veias 561
faringe, parte laríngea 561(f), 567-8
limites 567
faringe, parte nasal 544, 561(f), 563-4, 610
limites 563
microestrutura 563-4
nervos 563
faringe, parte oral 561(f), 564-7, 605, 610
arcos do istmo das fauces 565
limites 561(f), 562(f), 564
parede anterior(parte pós-sulcal da língua) 503

fáscia(s) 39-40
acetabular 1389
adherens 7
anterior, de Gerota 1226
braquial 823-4
bucofaríngea 469, 568
bulbar 657, 658, 672
cervical 438-40
profunda 438-40, 533, 708, 709-10, 791
superficial 438
clavipeitoral 791, 793, 917
conal, lateral 1226-7
cremastérica 1064
cribriforme 1280, 1349
da articulação do joelho 1399-400
da axila 791
da face 397, 468-9
da faringe 568
da glândula tireoide 462, 589
da mão 860
da parede do abdome, anterior
camada(membranácea) profunda 1060
superficial 1060
transversal 1060
da parede do abdome, posterior 1069, 1069(f), 1070(f)
da parede do tórax 916-17
da pelve 1085-6, 1085(f)
parietal 1085-6
da perna 1411
da próstata 1254
da região do ombro 791
da região glútea 1349-50
das costas 708-10
de Buck 1273
de Colles 1095, 1252
de revestimento 39
de Scarpa(estrato membranáceo) 1095
deltóidea (sobre) 791
denteada 350
do antebraço 840
do antebraço 840, 845
do braço 823-4
do couro cabeludo 397, 468
do diafragma da pelve 1086
do diafragma urogenital, inferior 1094
do membro superior 778
profunda 778
superficial 778
do músculo piriforme(sobre) 1086
do músculo psoas 1070
do músculo sartório 1400
do pé 1344, 1431-2, 1431(f)
do pênis 1273
do períneo 1093-7, 1093(f), 1095(f), 1097(f)
profunda 1095
superficial 1095
do pescoço 438-40
do pulso 778
do reto 1151-3, 1152(f), 1153(f)
do trígono anal 1094
dorsal do pé 1431
dos dedos, da mão 860
endotorácica 989, 999(f)
subpleural 1111
espermática 1064, 1065, 1066
cremastérica 1261, 1261(f)
externa 1261, 1261(f)
interna 1060, 1261, 1261(f)
faringobasilar 529, 568
ilíaca 1070, 1070(f), 1351-2
infraespinal 791
lacrimal 655, 674
lata 1349-50
da articulação do joelho 1394, 1400, 1409
lateroconal 1070
massetérica 397, 469
mesorretal 1151, 1151(f), 1152(f), 1154
musculares 657
obturatória 1085
ocular 658
orbital 658, 658(f)
palmar 859(f), 860
parietal da pelve 1256(f)
parietal, do reto 1153
parotídea 397, 469
parotidomassetérica 397, 469
peitoral 791
perirrenal 1070, 1226-8, 1227(f)
anterior 1227
fusão 1227-8
posterior 1227
plantar 1430-1, 1432(f)
anatomia de superfície 1344
poplítea 1394, 1411
posterior, de Zuckerkandl 1226
pré-sacral 1086, 1151, 1152(f), 1154
pré-traqueal 439, 589
pré-vertebral 439
profunda 40
cervical 438-40, 709-10, 791
da perna 1411
da região glútea 1349-50
do antebraço 778, 840
do membro inferior 1329-30
do períneo 1095
do tórax 917
transversa, da perna 1411
própria 1067
do reto 1151
própria dos órgãos pélvicos(de Denonvillier) 1151, 1245, 1269, 1270, 1272(f), 1284
propriedades materiais da 120
retovesical 1218
subescapular 791
superficial 39-40
da coxa 1349
da parede do abdome, anterior 1060
da região glútea 1349
do membro superior 778
do pênis 1273
do períneo 1095
do pescoço 397, 438
do tórax 916
temporal 397, 469
supraespinal 791
temporal 397, 469, 538, 622
profunda 397, 469
superficial 397, 469
temporoparietal 397, 469
toracolombar (lombodorsal) 708-9, 744, 1069-70, 1069(f), 1070(f)
transversal 1060, 1111
fáscia *adherens* 7
fascículo(s)
atrioventricular(de His) 974, 975, 976, 977-8, 1022
circum-olivar 285
cuneiforme 228, 262, 262(f), 263, 264, 275, 277, 278, 278(f), 280, 305, 749
de associação longa, do hemisfério cerebral 354
de Lissauer, desenvolvimento 375
do nervo coclear 634
do plexo braquial 815, 819(f)
dos neurônios olfatórios 553
grácil 228, 262, 262(f), 263, 263(f), 275, 277, 278(f), 749
intrafusal 53, 59, 60, 61(f), 62
lenticular 323, 331
longitudinal
inferior 354
medial(FLM) 278, 279, 281(f), 285-6, 285(f), 288(f), 289(f), 291, 306, 308, 645(f), 663
superior 354
longitudinal medial 664
nervos periféricos 53
occipitofrontal 354
papilomacular 692
próprio 271
proveniente do lado medial do pilar esquerdo 1007
retroflexo(trato habenulointerpeduncular) 293, 323, 353
subcaloso 326
subendocárdico 977
subtalâmico 323
sulcomarginal 262, 268, 270
talâmico 331
tegmental, central 281(f), 283, 288(f), 290, 294, 308
uncinado 298, 308, 354
vestibulococlear 633
ver também feixe(s); trato(s)
fascina 18
fator ativador de plaquetas(PAF) 388
fator de crescimento da epiderme 8
fator de crescimento de fibroblastos(FGF) 8, 370, 612, 763, 1026, 1034
fator de crescimento derivado das plaquetas(PDGF) 8, 72, 1308-9, 1332-3
subunidade β do receptor 1309
fator de crescimento neural 8, 370
fator de crescimento transformador beta 8, 1033
fator de manutenção da crista ectodérmica apical 900, 901, 902
fator de necrose tumoral(TNF-α) 8, 71, 78, 1135
fator de transcrição da tireoide 1032
fator de von Willebrand 135, 136, 137
fator determinante dos testículos 1319
fator inibidor de leucemia 8
fator intrínseco 1121
fator natriurético atrial 140, 142, 1020, 1021, 1022
fator neurotrófico ciliar(CNTF) 370
fator neurotrófico derivado do cérebro(BDNF) 370
fator neurotrófico, no líquido amniótico 181
fator nuclear 3β do hepatócito 1032
fatores
de crescimento *ver* fatores de crescimento
intrínsecos 1204
transcrição *ver* fatores de transcrição
ver também os fatores individuais
fatores de crescimento
da epiderme 8
derivado das plaquetas(PDGF) 8, 72, 1308
do endotélio vascular *ver* fator de crescimento do endotélio vascular
do fibroblasto(FGF) 8, 370
FGF8 763
do nervo(NGF) 370
receptor 1309
no embrião 194
produção renal 1310
semelhantes à insulina *ver* fatores de crescimento semelhantes à insulina(IGF)
transformador(TGF-β) 86
fatores de crescimento semelhantes à insulina(IGF) 8, 1299
fetal 218
produção pelas células da decídua 176
fatores de determinação miogênica 115
fatores de transcrição
desenvolvimento do tubo neural 371
Emx2 e Lhx2 387
Shh 1207
fatores de transcrição T-box, desenvolvimento do coração 1016, 1019, 1022, 1023(f)
fauces *ver* arco(s), palatofaríngeo; arco(s), palatoglosso
feedback, tubuloglomerular 1237, 1238
feixe(s)
ascendente dorsal
colinérgico 290
noradrenérgico 290
ascendente ventral
colinérgico 290
noradrenérgico 290
serotoninérgico 290

cérebro anterior, medial 320
ciliar 482
circum-olivar 377
de His *ver* fascículo(s), atrioventricular
de reticulina, linfonodo 72, 73, 74, 75
espiral, do nervo coclear 645
filamento de ceratina 147
neurovascular 131
milo-hióideo 530
noradrenérgico, dorsal 290
unciforme(fascículo unciforme) 298, 308
fêmur 1360-5, 1360(f), 1361(f), 1390
anatomia de superfície 1340, 1341(f)
artérias 1364-5, 1364(f)
cabeça do 1360, 1361(f)
colo 1360-1, 1361(f)
anteversão 1414
do recém-nascido 1365
epífise distal 1362-3, 1362(f), 1363(f)
estrutura 1363-4
face patelar 1362
fixação musculares 1363-4
fratura 1342, 1364
infecção 1265
na articulação do quadril 1365, 1387
nervos 1365
ossificação 1360(f), 1361(f), 1365, 1365(f)
peso suportado 1362
placa de crescimento 1365
trauma 1365
trocanter
maior 1361, 1361(f)
menor 1361
veias 1365
fenda
faríngea 596, 602
primeira 652
hipofisial 321
intratonsilar 566, 605
mesênquima paraesofágico 1214
natal 747, 1341
primária 61
secundária 62
sináptica 44, 46, 47, 62, 63
fendas de filtração, da cápsula de Bowman 1234, 1235(f)
fenômeno, do engate do joelho(*screw-home*) 1391
feocromocitoma 1047, 1081
ferimentos, causados por suicidas, na laringe 584
ferormônios 153
fertilização 167-8, 170(f), 175, 1293, 1294
in vitro 168
fertilização *in vitro* 168
feto
altura sínfise-fundo 1299
artéria ilíaca interna 1087
artéria pulmonar 983
bexiga 1312
ceco 1142
centros de ossificação 92(f)
circulação 176, 178, 181, 205, 1027-8, 1028(f), 1301(f)
alterações após o nascimento 205, 1028
persistente 1036
primitiva 176
comprimento 211, 213, 216, 216(f)
comprimento craniocaudal 211, 1299, 1300(f)
coração 1030
curvaturas da coluna vertebral 713-14
definição 211
deglutição de líquido amniótico 181
derme 158(f), 159
determinação do sexo 1319-20
eritrócitos 67, 68
estágios do desenvolvimento 211, 213, 213(f)
extremidade caudal 1311(f)
fatores de crescimento semelhantes à insulina 218
feminino, masculinização 1219
fígado 1173
glomos para-aórticos 985-6
hemoglobina(HbF) 68
idade gestacional 211, 216, 216(f), 1299
intestino grosso 1212
medula marrom 75
melanócitos 158
membranas 180-2
movimentos 213, 903
movimentos respiratórios 1013, 1035
necessidades nutricionais 218
no âmnio 180-1
ovário 1294
peso 213, 216(f)
próstata 1257, 1259
pulmões 206(f), 992
rim 1225
sofrimento fetal, defecação prematura de mecônio 1213
tamanho, masculino *vs* feminino
umbigo 1062
valva de Eustáquio 964
vasos sanguíneos 179
α-fetoproteína 180
fibra(s)
cruzadas, da mão 879
da aponeurose palmar, transversais 859
da cadeia nuclear 60, 60(f), 61
da lente 686, 686(f), 687(f)
desenvolvimento 701(f)
microestrutura 687
de colágeno
vasos sanguíneos 137-8
ver também colágeno
de elastina, vasos sanguíneos 137-8
de Henle 693
de Sharpey 91, 515, 516, 517, 518(f)
de Skoog 859
do saco nuclear 60, 60(f), 61
musculares 122(t)
capacidade adaptativa 111-12
crescimento 116-17
de contração lenta(vermelhas) 111
de contração rápida(brancas) 111
desenvolvimento dos tipos 115, 116(f)
esqueléticas 103-17
formação 115-16, 116(f)
lisas 127, 128(f)
regulação do comprimento 116-17
tipo I 111, 112(t)
tipo II 111, 112(t)
tônicas 110, 111, 112(t)
transformação dos tipos 111-12
ver também músculos(geral)
nervosas
A 53
adrenérgicas 138, 141
do coração 982
aferentes
grupos I, II, III, IV 53, 60, 60(f)
gustativas 283
primárias, término 257, 258
arqueadas
anteriores 278(f), 279(f)
externas 279(f), 281
internas 278(f)
B 53
C 53, 110
cerebelorreticulares 307-8
cerebelorrubrais 290, 308
cerebelotalâmicas 308
cerebelovestibulares 307-8
classificação A B C 53
colinérgicas 138, 141
controle da secreção salivar 522(f), 523
do coração 982
comissurais 354-6, 355(f)
corticobulbares(corticonucleares) 228, 230(f), 284, 286, 287, 307, 357
corticocorticais 341
corticospinais 229, 284, 286, 289, 343, 357
desenvolvimento
corticofugais 228, 357
desenvolvimento 380, 385
corticonigrais 290
corticonucleares *ver* fibra(s), nervosas, corticobulbar es(corticonucleares)
corticopetais 380, 385
desenvolvimento 380
corticopontinas 230, 284, 289, 306, 357
desenvolvimento 377, 388
corticorrubrais 290
corticotalâmicas 341
corticovestibulares 307
cuneocerebelares 304, 305
da substância branca 355
de associação 354, 355(f)
curtas(arqueadas; "U") 354
longas 354, 355(f)
de projeção 357, 357(f)
de Purkinje 975, 976
ver também células(específicas), de Purkinje; camada(s), de Purkinje
dos nervos espinais
somáticas 755
viscerais 755
eferentes
beta 60, 60(f)
do nervo vago torácico 945
fusomotoras(gama) 60, 110
eferentes beta 60, 60(f)
eferentes gama 60, 110
espinocerebelares 304-5
espinorreticulares 267, 306
estriatopalidais(via direta) 331, 332
estriatopalidais(via indireta) 331, 331(f), 332
fastigiais 308
fastigiobulbares 298
frontopontinas 284, 288(f), 289, 357
funções 309
fusomotoras 60, 110, 258
hipotalamospinais 270
intrafusais 53, 59, 60, 61(f), 62
intramusculares 130
motoras, dos nervos cranianos 372
musgosas 264, 300, 302, 303, 305, 306, 308, 350, 351
input para o cerebelo 303-5, 379
origem 302
vestibulocerebelo 305
nigroestriatais 290
noradrenérgicas, do córtex cerebelar 303
occipitopontinas 289, 357
occipitotetais 357
paralelas, do córtex cerebelar 300, 302, 303
parassimpáticas, do vago torácico 945
parietopontinas 289, 357
periféricas 53
pontocerebelares 284, 285, 306
pós-ganglionares
para o esôfago 951
para o plexo sacral 1093
reticulares 37
reticulocerebelares 306
secretomotoras 32
serotoninérgicas, do córtex cerebelar 303
simpáticas vasomotoras, do esôfago 951
temporopontinas 289, 357
tetopontinas 292
trepadeiras 283, 300, 302, 303, 305, 306, 308
ver também fibra(s), nervosas, cerebelo-olivares
trepadeiras olivocerebelares 300, 305, 309
input para o cerebelo 305
trigeminocerebelares 304-5

vestibulocerebelares 282(f), 286, 305-6
ver também conexões(neurais); de projeção
olivocerebelares 305
pré-ganglionares, para o membro inferior 1093
trepadeiras olivocerebelares 305
ver também conexões(neurais)
fibras de estresse 7
fibras/células de Purkinje *ver* células(específicas), Purkinje; fibra(s), nervosa
fibrilação atrial 1020
fibrilas
de colágeno 37, 1298
elásticas 37
musculares *ver* miofibrilas
fibrina, formação do coágulo 67, 68(f), 72
fibrinoide, estrias de, de Nitabuch 177
fibrocartilagem triangular 871, 872
fibronectina 5, 38, 606, 1016, 1033
desenvolvimento do embrião 194
vilos da placenta 178
fibronectina plasmática 38
fíbula 1389(f), 1414(f), 1415-17
anatomia de superfície 1340, 1343
cabeça 1340, 1415
diáfise 1343, 1415-16
distal 1432
fixações musculares 1416-17
ossificação 1417
suprimento vascular 1417
fígado 1163-75
"leito" do 1165
anatomia de superfície 1053-4, 1163-5, 1163(f), 1164(f)
área nua 1163, 1164(f), 1165, 1168
artérias 1169-70, 1169(f), 1174
cápsula 1163
células do 1175
conexões peritoneais 1100-2, 1103(f)
cornos(seio venoso) 1207
desenvolvimento 1206, 1207-9, 1208(f)
ductos biliares extra-hepáticos 1208-9
ductos biliares intra-hepáticos 1208
inicial 1207-8
maturação 1208, 1216-17
dor referida 1173
esteatose 1163
fetal 1173
funções 1163, 1207
gorduroso 1163
inervação 1172-3
ligamentos 1167-8, 1214-15
linfáticos 1172
lobos 1173, 1174(f)
lóbulos 1173, 1174(f)
mesentério ventral 1214
microestrutura 1173-5, 1174(f)
peritônio 1163, 1164, 1167-8
reflexões do 1100, 1214
porta do fígado 1165, 1168-9
regeneração 1175
ressecção 1166, 1169, 1170
segmentos 1166-7
sinusoides *ver* sinusoide, hepático
superfícies 1163-5, 1163(f), 1164(f)
suportes do 1167
tamanho(do feto, do recém-nascido e do adulto) 1163, 1208
transplante 1170, 1172
veias 1171, 1171(f), 1174
filamento(s)
de actina 3(f), 14, 18, 127, 128
de fibronectina 38
de miosina 128, 129(f)
deslizamento 111
finos 106
grossos 106
intermediários 3(f), 6(f), 15
de ceratina 28
gliais 48
longo do sarcômero 106
terminal 375, 725, 749
externo 750(f), 751(f)
interno 750(f), 751(f)
filme, lacrimal 671, 672, 673-4
filopódios 3, 14, 18
filtração glomerular 1237-8
taxa 1238, 1312
filtro 467, 602
filtros, veia cava inferior 1076
fímbria(s) 238(f), 239(f)
da tuba uterina 1285, 1293, 1294, 1313
do fórnice 348(f), 352, 352(f)
ovárica 1293
fimbrina 15, 18
fissura(s)
anal 1157
antitrago-helicina 619
ázigo 993
corióidea (do olho) 237, 239(f)
desenvolvimento 702
corióidea 239(f), 311
desenvolvimento 384, 385(f)
de Gans 1166
de Santorini 620
de von Ebner 763(f), 765(f), 767
do cerebelo *ver* cerebelo
do hemisfério cerebral 335
lateral (sulco) 335,412
ramos 335
longitudinal 335
rinal (sulco) 338
ver também sulco(s)
do ligamento redondo 1164(f), 1165
do ligamento venoso 1164(f), 1165
dos pulmões 914, 990(f), 993-4
acessória inferior 993
acessória superior 993
horizontal 992(f), 993
incompleta 993
interlobar 989
oblíqua 992(f), 993-4
hepáticas 1165
horizontal, do cerebelo 298
interlobar (do pulmão) 989
intervertebral 772
mediana
da medula espinal, mediana anterior 749
do bulbo, ventral 277(f), 278
óptica, falha no fechamento 699
oral 467
orbital
inferior 404, 415, 475, 476, 478, 479, 480, 518, 520, 544, 656
superior 410(f), 424, 429, 430, 431, 529, 656, 666
palpebral
petroescamosa 416, 615, 618
petro-occipital 424
petrotimpânica 416, 527, 541, 615, 616(f), 617, 624, 627, 629
portal 1165, 1166
posterolateral, do cerebelo 298
pré-central, do cerebelo 298
pré-culminal, do cerebelo 298
primária, do cerebelo 298
pterigóidea, angular 529
pterigomaxilar 412, 415, 527, 529, 540, 543
secundária (pós-piramidal) 379
timpanoescamosa 416, 533, 534, 615, 617
transversa 242
umbilical 1166
venosa 1166
fissura(s) de von Ebner 763(f), 765(f), 767
fístula
aortocaval 1073, 1076
branquial 441
no ânus 1158
traqueoesofágica 1015, 1032, 1037, 1037(f)
fita sináptica 45, 46(f)
fita, sináptica 45, 46(f)
fixação (do olhar) 661, 663
fixadores 114, 115
flagelos 3, 4, 16, 17-18
flexão (movimento) 104
flexão plantar 103
flexura(s)
cervical 362, 363(f)
do colo
direita (hepática) 1137, 1144, 1144(f), 1209, 1217
esquerda (esplênica) 1137, 1146, 1209, 1217
do duodeno
inferior 1126
superior 1125-6
duodenojejunal 1073, 1126, 1126(f), 1209, 1217
esplênica 1137, 1146, 1209, 1217
hepática 1137, 1144, 1144(f), 1209, 1217
mesencefálica 362, 363(f)
perineal, do reto 1150
pontina 362, 363(f), 376, 377, 381(f)
desenvolvimento 381(f)
sacral, do reto 1150, 1154
flexura pontina *ver* flexura(s), pontina
flóculo, do cerebelo 305, 306, 308, 664
fluxo axoplasmático 44
fluxo sanguíneo
cerebral
alterações desencadeadas pela dor 348
regulação 254
polpa dental 514
renal 1237, 1310
viteloumbilical 1019
foco
aórtico 913
mitral 913
pulmonar 913
focomelia 906
foice
do cerebelo 426
do cérebro 335, 355, 397, 423, 426
desenvolvimento 393
inguinal (tendão conjunto) 1064, 1065(f), 1066
folha, do cerebelo 298, 301, 305, 308
folículo(s)
anágeno 151
antral 1296
da tireoide 463, 608
das glândulas endócrinas 31
de De Graaf 1296
de Naboth 1292
dentário 510
degeneração cística 510
esplênicos 1194, 1194(f)
linfoide 74
da língua 505
da tonsila palatina 567, 605
do intestino grosso 1143, 1161, 1161(f)
dos brônquios 1005
ovárico 1295-6
atrésico 1295-6
primário 1296
primordial 1295-6, 1295(f)
secundário (antral) 1296
terciário (de De Graaf) 1296
piloso 146(f), 151, 151(f), 152(f), 602
prostático 1259
folículos linfoides *ver* folículo(s), linfoide
folistatina 370
fonação 590-2
fonemas 592, 593
fonocardiograma 975
fontes, de micróglia 368
fontículo(s) 613
anterior 402, 412, 416, 417, 420, 469

anterolateral 613
da maxila 550
esfenoidal (anterolateral) 412
fechamento 418, 613
mastóideo (posterolateral) 404, 417
posterior 412, 416, 418, 470, 613
tamanho da 613
forame(s) 86, 93, 409
acessório, da mandíbula 532
basivertebral 718
bulboventricular 1024
caroticoclinóideo 424, 529
cego 423, 428, 432, 471, 472, 605, 608
da língua 503
da medula oblonga (bulbo) 183, 276(f)
costovertebral 923(f)
da língua 505, 530
da mandíbula 530, 539
de Huschke 420, 615, 618
de Luschka (abertura lateral) 237, 240, 242, 276, 295
de Magendie (abertura mediana) 237, 242
de Vesálio (emissário do esfenoide) 415, 424
de Winslow (omental) 1101(f), 1102, 1107-8, 1214
do nervo supraescapular 795
emissário 415
do esfenoide 415, 430, 432, 529, 541
emissário do esfenoide 415, 424
escamoso 615
esfenopalatino 473(f), 474(f), 543, 551
espinhoso 415, 424, 431, 433, 527, 529, 541
esternal 917, 918
estilomastóideo 416, 617, 618, 620, 624, 626, 629, 630
etmoidal (anterior e posterior) 655, 656, 668
frontal (incisura frontal) 470, 471(f), 491
geniano (lingual) 505
incisivo
anterior 477
lateral 414
mediano 414
posterior 477
inconstante 423
infraorbital 404, 409, 475, 476, 477(f), 480, 656
interventricular 237, 237(f), 239, 242, 1024
crescimento lento 383
desenvolvimento 383, 1021
intervertebral 713, 716, 717, 718(f), 927
cervical 717
limites 716, 717, 718(f)
lombar 719
torácico 719
isquiático
maior 1041, 1366
menor 1041, 1366
jugular 415, 416, 424, 425, 431
lacerado 415, 424, 430, 432, 529, 541, 611
lombossacral 717
magno 414, 415, 424, 425, 426, 427, 433, 532, 611, 613, 710, 770
diâmetro do canal sagital 770
malformação de Arnold-Chiari 770
nas anomalias do occipício 770
mastóideo 412, 416, 425, 431, 615, 629
mentual 402, 409, 481, 486, 491, 494, 530, 533(f)
nutrício
da clavícula 793
da fíbula 1417
da tíbia 1412, 1413(f)
da ulna 844
do fêmur 1362, 1364
do rádio 840, 841
do úmero 798
obturado 1041, 1352
omental (de Winslow) 1049, 1101(f), 1102, 1107-8, 1214
oval
do coração 964, 968, 1023, 1030
fechamento do 1028
patente 964
reabertura 1036
do osso esfenoide 415, 424, 430, 432, 527, 529, 541, 611
palatino(s)
maior 414, 415
menores 415, 478, 544, 546
parietal 412, 432, 469, 470(f), 491
pós-glenoide 615
primário 1023
redondo 424, 529, 543, 544, 557(f)
sacrais 724
secundário 1023
singular 636, 637(f), 643
supraorbital 493
transversário 397, 400, 718, 719(f), 720, 721
de C3 a C7 770
de C7 721
do áxis (vértebra C2) 720
vertebral 716, 718
zigomaticofacial 409, 665
zigomático-orbital 475, 476(f)
zigomaticotemporal 475, 476(f)
ver também abertura(s); orifício
força, preensão de 874
forças 117-18, 118(f)
internas, dos músculos 121, 122(f)
que agem sobre, o quadril 1391-2
fórceps
frontal (menor) 355
occipital (maior) 238
formação
hipocampal 347, 349-52
anatomia química 352
conexões 352
provenientes da amígdala 354
desenvolvimento 384
neurônios que contêm peptídios 352
neurotransmissores 352
projeções subcorticais da 351
ver também complexo(s), subicular; córtex, entorrinal; giro(s), denteado; hipocampo
reticular 275, 278(f), 286, 292, 303, 307, 308
conexões cerebelares 307-8
da medula 303, 308
do tronco encefálico 292-5
paramediana da ponte (FRPP) 308
reticular paramediana da ponte 663
formação de padrões 194-5
dorsoventral, da coluna vertebral 764
medula espinal 370-1
formantes 593
reticulares 303
fórnice(s) 237, 320
da conjuntiva 658
superior 671, 703
da vagina 1281, 1283(f), 1313(f), 1316
do cérebro
comissura do 385
desenvolvimento 383, 385
fímbrias do 348(f), 352, 352(f)
número de fibras 354
vestibular 500, 524(f)
fosfatidilinositol 9
fosfolipídios, membrana plasmática 4
fosforilação oxidativa 13
fossa(s) 85, 100(f), 101
articular 412, 533, 615, 617, 618
canina 476, 477(f)
cavidade nasal 415
cerebral, lateral 383, 384(f)
condilar 415, 745
coronóidea 796, 800
cubital 831, 831(f)
conteúdo 831
da glândula lacrimal 471(f), 477, 655, 674
da vesícula biliar 1177
de Rosenmüller (recesso faríngeo) 563
digástrica 415, 530
do acetábulo 1352, 1353(f), 1387
do crânio 397, 414, 415, 423-5, 425(f)
anterior 414, 423-4
fratura 623
média 424, 429(f), 529, 535, 541
posterior 414, 415, 424-5
do olécrano 796, 800
do saco lacrimal 655
do verme 711, 713
escafóidea 529
da orelha 618, 619
do punho 872
femoral 1105
hialóidea, do corpo vítreo 686, 688
hipofisial 2, 424, 426, 427
hipofisial 424, 527, 530, 611
ilíaca 1356
incisiva 404, 414, 476, 477, 486, 488
infraclavicular 785, 786
infraespinal 794, 795
infratemporal 412, 415, 424, 529, 538, 541, 656
bloqueios dos nervos 520
infecção 439, 543
limites 412
inguinal, lateral 1105
intercondilar 1362
interpeduncular 288, 288(f), 289(f), 316
intratemporal 412, 415, 416, 527-43
isquioanal 1094, 1154, 1155, 1158
ossos 527-33
relações 527
sepse 1158
jugular 415, 416, 459, 617, 624, 793
mandibular 412, 533, 615, 617, 618
mandibular 412, 533, 615, 617, 618
navicular 1252
oval 964
ovárica 1106, 1321
para a bigorna 625, 626, 627, 628, 630
pararretal 1105
paravesical 1105
piriforme 567
poplítea 1393-4, 1393(f)
anatomia de superfície 1343, 1343(f)
conteúdo 1394
inchaço 1402
posterior, volume diminuído 770
pterigóidea 415, 529
pterigopalatina 412, 415, 474(f), 476, 478, 479, 480, 527, 527(f), 529, 540, 543-6, 544(f), 551, 553, 656
radial 799, 800
retromandibular 403
retromolar 519, 532
romboide 284, 1058
semilunar, do punho 872
subarqueada 425, 617, 618, 629
sublingual 530
submandibular 520, 530
supraclavicular 406
maior 438
menor 407, 440
supraespinal 794, 795
supraesternal 986
supratonsilar 566
supravesical 1105
temporal 412, 527
tonsilar 565, 566, 605
trocantérica 1361
troclear 660
fotoenvelhecimento 162
fotorreceptores 675, 685, 688
desenvolvimento 700
ver também células (específicas), cone (da retina); células (específicas), bastonete (da retina)

fóvea
da cabeça do fêmur 1360
da retina 661, 688, 693, 693(f)
do osso 86
ver também fossa(s)
do quarto ventrículo (superior/inferior) 240, 241(f)
oblonga 579
palatina 564
pterigóidea 532, 538
triangular 579
troclear 471, 471(f), 655
fovéola(s)
da retina 688, 693
gástrica 1122(f)
granulares 423, 469, 471
franjas, vasculares corióideas 242
fratura(s)
da articulação do tornozelo 1443-4
da base do segundo metatarsal 1448
da clavícula 792
da diáfise do úmero 798
da mandíbula 480, 532
da órbita 480, 656
da porção média da face 529
da tíbia 1411-12
das costelas 922
de Guérin 480
de Le Fort 480
do arco zigomático 538
do crânio 409
do escafoide 862
do fêmur 1342, 1364
do osso zigomático 538
do tálus 1336-7
do úmero 798, 835
dos ossos do nariz 547
dos ossos metatarsais 1440
facial 479-81
fossa do crânio 623
piramidal 480
por avulsão, dos acidentes ósseos do osso do quadril 1354
por explosão 480, 656
reparo/consolidação 91
supracondilar 798, 835
frênulo(s)
da língua 505
do clitóris 1280
do lábio 500
do óstio ileal 1142
do pênis 1271, 1271(f)
do prepúcio 1325
do véu 379
dos lábios menores do pudendo 1280
maior 500
menor 500
frênulo da língua 501
fronte (testa), ossos da 470
fronte, ossos da 404, 470
funções executivas 358
funções neuropsicológicas 358-9
fundo
da bexiga urinária 1245
da vesícula biliar 1177, 1181
do olho 688
gástrico, desenvolvimento 1204
funículo
da medula espinal
anterior 749
desenvolvimento 372(f), 375
anterolateral 749
dorsal 258(f), 259(f), 262, 266(f)
lateral 749
posterior 749
desenvolvimento 375
ventral 275, 280
da medula oblonga (bulbo), ventral 275
separativo 240, 241(f)
ver também colunas, nervosa; medula, espinal; fascículo(s)
fusão, espermatozoide e oolema 167
fuso
dentina 514
esmalte 514
neuromuscular 60-1, 69(f)
fusos neuromusculares 60-1, 60(f)

G

GABA *ver* ácido gama-aminobutírico (GABA)
galactocerebrosídio 51
galactosilglicerídios 51
gálea aponeurótica 467, 469
GALT *ver* tecido linfoide associado ao intestino (GALT)
gameta(s)
fusão 167
ver também ovócitos; espermatozoides
gancho de Hjortso 1177
gânglio(s) 55-6, 57(f)
acústico, desenvolvimento 367
aorticorrenais 1045
autônomos 56
cranianos, desenvolvimento 373
basais *ver* núcleos da base
cardíacos 982
celíacos 911, 1045
cervical 461, 754
inferior *ver* gânglio(s), cervicotorácico
médio 407, 449, 457(f), 460, 461, 944(f)
simpáticos 142, 234, 235(f)
superior 407, 456(f), 458, 460, 461, 515, 521, 646
ramos 461
cervicotorácico 407, 449, 455, 461, 779, 944, 944(f), 993
ciliar 401, 669, 668(f), 669(f), 684
ramo comunicante 668
raízes 669
coclear 425(f), 634, 642, 646(f0
conários (nervo) 324
craniano
desenvolvimento 373
sensitivo do nervo espinal, desenvolvimento 372,373,375
de Scarpa *ver* gânglio(s), vestibular
do colo do útero 1291
do nervo facial *ver* gânglio(s), geniculado
do nervo glossofaríngeo 235
inferior 458
superior 458
do nervo hipoglosso, desenvolvimento 373
do nervo vago
aferente 235
inferior (nodoso) 458-9
superior (jugular) 433, 458
entérico 56, 57(f)
espinal 750(f), 752, 754, 768, 769, 771(f)
desenvolvimento 372
lesões 759
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
remoção experimental 768
espinal acessório, desenvolvimento 373
espinal primordial 372
espiral da cóclea 425(f), 634, 642, 646(f)
esplâncnico 945
estatoacústico *ver* gânglio(s), vestibulococlear
estrelado *ver* gânglio(s), cervicotorácico
facial 546
geniculado, do nervo facial 626, 629, 630
desenvolvimento 367, 373
inferior
do nervo glossofaríngeo 458
do nervo vago 458-9
lombares 1078, 1081
mesentérico, superior 1045, 1131
na glândula pineal 324
nervo acessório, desenvolvimento 373
ótico 402, 527, 542, 543, 564, 565
desenvolvimento 374
ramos 543
paracervical 1291
parassimpático
desenvolvimento 373-4
primórdio neural, do coração 374
submandibular 521
proximal, facial, desenvolvimento 373
pterigopalatino 402, 503, 529, 544-6, 558, 559, 656
fibras parassimpáticas pré-ganglionares 559
fibras simpáticas pós-ganglionares 213, 559
ramos faríngeos 563, 564, 565
ramos nasais 519
ramos orbitais 559, 669
sacrais 712, 1044
sensitivo 55-6
simpático
cervical 142, 234, 235(f)
desenvolvimento 374
lombar 1078, 1081
submandibular 232(t), 234, 401-2, 506, 521
desenvolvimento 374
remoção 506
superior
do nervo glossofaríngeo 458
do nervo vago 458
glossofaríngeo, desenvolvimento 373
terminal 234
torácicos 461, 944, 945
primeiro 944
segundo 942(f), 944, 944(f), 945
simpático 710
trigeminal 541, 595, 602, 610, 617, 667
desenvolvimento 367, 373
vertebral 461
vestibular (de Scarpa) 642, 642(f)
desenvolvimento 367, 373
vestibulococlear 602, 652
desenvolvimento 373
gangliosídeos 51
garganta *ver* esôfago
gastrina 1204
gastrosquise 181, 182, 1209
gastrulação 197
populações de células embrionárias 183-91, 197-203
geladura 156
gelatinorretículo 1016, 1017(f)
geleia
cardíaca 1016
de Wharton 177, 182, 1209
geleia cardíaca 142
geleia de Wharton 38
gêmeos 172, 173(f), 1302(f)
dizigóticos 172, 173(f)
monozigóticos 172, 173(f)
placenta 172, 173(f), 1303, 1303(f)
unidos 173(f)
gene(s)
da bHLH (hélice-alça-hélice básica) 115
EFNB1 607
homeobox *ver* gene(s), *HOX*
HOX 195, 596, 1032
desenvolvimento dos membros 902
desenvolvimento dos olhos 699
desenvolvimento neural 371, 371(f)
expressão 371
impressos (*imprinted*) 167
Pax, desenvolvimento neural 371
PAX2 699
PAX6 699
PKD1 e *PKD2* 1312
RUNX2 613
Sonic hedgehog 901, 906
Sox9 902

TCOF1 607
tenascina 38
Wnt7a 902
genes homeobox *ver* gene(s), *HOX*
homeorrese 219
gengiva(s) 500, 501, 513
desenvolvimento 605-6
erupção de um dente 606
inserida 500
labial 500
livre 500
palatina 500
vestibular 500
genitais externos
desenvolvimento 1323(f), 1324-5
papel da 5-α-di-hidrotestosterona 1325
estágio indiferenciado 1323(f), 1324, 1324(f)
femininos 1060 1323(f), 1324(f), 1325
masculinos 1060, 1323(f), 1324-5, 1324(f), 1325
ver também pênis; testículo(s)
maturação na puberdade 1325, 1325(f)
gerador central de padrões 574
germe, do pelo 158
gestação
ectópica 172, 175
períodos da 211
gigantismo 96
ginecomastia 937
giro(s)
ambiens 346
denteado 347, 348(f), 349, 350, 351, 351(f), 352, 355
camada de células granulares 350
dinorfina 352
neurônios GABAérgicos 351
camada polimórfica (hilo) 350
cauda 350
conexões 351, 351(f)
córtex trilaminar 350, 351(f)
desenvolvimento 384
do cíngulo 335, 344, 345, 355
áreas 347-8
conexões 348
funções 347-8
dos hemisférios cerebrais 227, 335-8, 385, 423
angular 344, 358
frontal inferior 335, 341
frontal medial 335, 341
frontal superior 335
lingual 338
occipitotemporal lateral 338
occipitotemporal medial 338
orbitais 338
paraterminal 348(f), 355
pós-central 228, 344
pré-central(área 4) 340, 341
supramarginal 344
temporais transversos, (de Heschl) 345, 648
temporal inferior 345
temporal médio 345
temporal superior 345, 354
temporal transverso anterior 345
fasciolar 355
frontal *ver* giro(s), dos hemisférios cerebrais
para-hipocampal 288, 295(f), 335, 338, 348, 356
desenvolvimento 384
projeções 348
paraolfatórios 335
pós-central 228, 344
reto 338, 527
supramarginal 344
temporal 345
inferior 356, 617
médio 356
superior 357
transverso 357
glabela 404, 409, 416, 420, 470, 471(f), 479, 481
glande
do clitóris 1280
do pênis 1271, 1271(f)
glândula(s) 31-3
anal 1156, 1156(f), 1158
infecção 1158
apócrina 31, 153
desenvolvimento 158
aritenóideas 582
bulbouretral 1270, 1280
artérias 1273
desenvolvimento 1324
inervação 1270
microestrutura 1270
secreção 1270
cardíacas, esofágicas 952
cárdicas 1122
ceruminosas 153, 602, 619
ciliares 153
controle da secreção 31
da árvore brônquica 1004
da boca 522
de Bartholin (vestibular maior) 1280
de Bowman (olfatórias) 552, 552(f), 553, 603
de Brunner (duodenais; submucosa) 1134(f), 1135, 1210
de Krause (lacrimal acessória) 673
de Meibomio *ver* glândula(s), tarsais (de Meibomio)
de Moll (ciliares)153, 671
de Montgomery (areolares) 930
de Skene 1280
de Wolfring (lacrimais acessórias) 673
de Zeis (sebáceas da pálpebra) 671
do estômago *ver* glândula(s), gástricas
do pescoço 607-9, 609(f)
endocervicais 1292, 1292(f)
endócrinas 31
controle da secreção 31
epícrinas (merócrinas) 31
esofágicas 952
exócrinas 31
classificação 31
controle da secreção 31
mecanismo da secreção 31
tubuloacinares 520
gástricas 1121-2, 1122(f)
hipófise 320-3, 322(f), 424, 527, 611
ao nascimento 367
artérias 253, 323
desenvolvimento 367
fetal 322
microestrutura 321
posterior *ver* neuro-hipófise
veias 323
holócrinas 31
intestinais (criptas) 1131, 1134, 1134(f), 1161, 1161(f)
labiais 522
lacrimal 544, 545, 672-3, 672(f), 673(f)
acessória 673
inervação 673
microestrutura 673
parte orbital 672
parte palpebral 672
secreção 672, 673(f)
suprimento vascular 673
laríngeas 582
linguais 509, 659
mamária *ver* mama
merócrinas 31
mucosas 27, 28, 31
da laringe 582
da traqueia 1035
do palato 564
dos brônquios 1035
multicelulares 31
olfatórias 552, 552(f), 553
palatinas 415
paratireoide 464-5, 465(f), 608-9, 609(f)
adenoma 949
alterações relacionadas com a idade 464
linfáticos 464
microestrutura 464
nervos 463
suprimento vascular 463
tumores 463
variações 463
parauretral 1243, 1280
parótida 405, 495-7, 496, 520, 605
acessória 495
ácinos secretores 523(f)
conteúdo 496
estrutura 496
linfáticos 497
nervos 232(t), 233(f), 497
peças secretoras terminais 522, 522(f)
relações 496(f)
suprimento vascular 497
tumores 496
pilórica 1122
pineal 241, 324
calcificação 324, 324(f)
controle hipotalâmico 318
desenvolvimento 380
secreções 324
suprimento arterial 253
suprimento vascular 324
prepuciais 1273
prostática *ver* próstata
salivares 520-3, 520(f), 521(f), 522(f), 605
controle da atividade 523
da boca 522
labiais 522
maiores 520-2
menores 501, 522-3
microestrutura 522-3, 523(f)
palatoglossal 522
parótida *ver* glândula(s), parótida
peças secretoras terminais 522
sublingual *ver* glândula(s), sublingual
submandibular *ver* glândula(s), submandibular
sebáceas 146(f), 153, 153(f), 602
desenvolvimento 158
ectópicas, bochecha 499
seromucosas
da tonsila faríngea 563
do nariz 551
sublinguais 521
submandibulares 520-1
serosas 31
de von Ebner 508, 508(f), 522
do trato respiratório 1005
parótida *ver* glândula(s), parótida
sublinguais 500, 521, 522(f), 605
sublingual 500, 521, 522(f), 605
artérias 521
cistos de retenção 521
drenagem linfática 521
nervos 232(t), 233(f), 521
submandibular 406, 437, 438(f), 446, 451, 462, 520-1, 522(f), 530, 605
artérias 520, 521
drenagem linfática 521
nervos 232(t), 233(f), 521
parte profunda 521
parte superficial 520-1
unidades secretoras 523
submucosas 1134(f), 1135
sudoríferas 31, 153-4, 154(f)
desenvolvimento 158-9
suprarrenal 206, 1196-201, 1197(f), 1198(f), 1218-19, 1226, 1227(f)
acessórias 1197
artérias 1198, 1198(f)

córtex 1197, 1199(f), 1200, 1201(f), 1218
desenvolvimento 374, 375, 1218-19
desenvolvimento anormal 1219
dimensões 1197
direita 1197, 1197(f)
dos recém-nascidos 1197, 1219
esquerda 1197-8, 1197(f)
excisão 1200-1
linfáticos 1198
medula 1081, 1197, 1199(f), 1200, 1218
desenvolvimento 374, 375
microestrutura 1199(f), 1200, 1201(f)
nervos 234, 1200
no adulto 1197
no nascimento 1197, 1219
peso 1219
relações 1197
relações com os rins 1226, 1227(f)
secreções 1200
tomografia computadorizada 1229(f)
veias 1198, 1198(f)
tarsais (de Meibomio) 153, 158, 669, 671, 674(f)
desenvolvimento 703
tímica *ver* timo
tireoide 406, 462-4, 608, 609(f)
acessória 462
artérias 462
células C 463
crescimento 608
desenvolvimento 605
do recém-nascido 608
fáscia 462, 589
folículos 463
imagens 462-3, 463(f)
istmo 406
linfáticos 462
lingual 503, 605
lobos 406, 462
microestrutura 462
nervos 462
relações 462
remoção 463
superfícies 462
veias 462
torácica, origem abdominal 1077
tubulares 31
unicelulares 31
uretrais 1251, 1252, 1253
uterinas 1297
vestibular maior(de Bartholin) 1280
vestibular, maior *ver* glândula(s), de Bartholin
glândula suprarrenal ver glândula(s), suprarrenal
glândulas serosas de von Ebner 508, 508(f), 522
glaucoma 675, 686, 697, 702
glenoide, cavidade 794
glia *ver* células(específicas), da glia
glia limitans 48, 49(f), 55
glicina 46, 47
glicocálice(revestimento celular) 4, 18(f)
glicogênio 14, 1297
epitélio do intestino delgado 1210
músculo esquelético 107, 111
no epitélio vaginal 1284
trofoblasto 179
glicolipídios
membrana plasmática 4
mielina 51
glicoproteína 5-6, 8
adesiva 36, 38
associada à mielina 51
glicosaminoglicanas 37
na cartilagem 81, 82
glicose, absorção 1212
glicosilação 10
gliogênese 369
Glisson, cápsula de 1060, 1168-9
globo pálido 229(f), 230, 323, 325, 326, 326(f), 331
densidade celular 331
desenvolvimento 383
dorsal 326
eferentes estriatais para o 329, 331
estimulação, para a distonia 333
medial, subatividade, discinesia 332
segmentos 326, 331
suprimento arterial 253
ventral 326
globo pálido medial 331
glóbulo(s)
vermelhos do sangue *ver* eritrócitos
brancos 69-71
glomérulo(s)
celômico(externo) 1305, 1306(f)
do cerebelo 302
interno 1305, 1306(f)
renal 1234, 1236(f)
alças capilares 1234, 1235(f)
endotélio/lâmina basal 1235
estrutura 1234, 1236(f)
filtração 1237-8
mesonefro 1307
metanefro 1307
suprimento vascular 1232-3, 1234, 1234(f)
glomo(s) 134, 452
carótico 447-8, 448(f)
nervos 458
tumores 458, 460, 894
glomo jugular 452
glucagon 1207
glutamato 47
córtex cerebelar 302
formação hipocampal 351
núcleo subtalâmico 332
glutamina sintetase 244
glutationa 10
GMPc 8, 9
gônadas
descida 1320-2, 1320(f), 1321(f)
desenvolvimento 1316(f), 1317-20, 1318(f)
estágio indiferenciado 1312-13, 1315(f), 1318(f)
inicial 1312-13, 1318(f)
posição 1312, 1318(f)
"em fita" 1319
femininas *ver* ovário(s)
linhagens de células 1312
masculinas *ver* testículo(s)
gônadas em fita 1319
gonfose 97
gordura
células 34-5
marrom 35
mobilização 35
palmar 860
perirrenal 1226
subcutânea 40
distribuição 150
parede do abdome(anterior) 1055, 1060
subepicárdica 974, 977
ver também lipídios
gráfico ponderal 216(f)
gráficos de crescimento 220(f)
granulação(de tecido) 34, 163
granulação(granulações)
corpos de Pacchioni 243
granulações, aracnóideas 243-4, 244(f)
granulopoese 609
grânulos
azurofílicos 69
basofílicos 70, 77
cardíacos 142
cerato-hialinos 147(f), 148, 151, 154, 155, 158, 159
das plaquetas
alfa 71
delta 71
lambda 71
de Birbeck 149
de lipofuscina 140
de Nissl 43, 43(f)
de pigmento 42
de zimogênio 522, 1207
eosinofílicos 69
neutrofílicos 69
grânulos de Birbeck 149
granzimas 71, 72
gravidez 1299-304
abdominal 172, 175
abortamento espontâneo 213
alterações do anel femoral 1067
alterações mamárias 931, 932, 936, 936(f)
alterações na articulação pélvica 1366
alterações na pele 149
alterações nas glândulas suprarrenais 1200
alterações pélvicas 1300-1, 1301(f)
antígeno Rhesus 68
apendicite 1300
colo do útero na 1299
crescimento do pelo 153
decídua da 176, 179, 181
duração 211, 213
ectópica 172, 175
forma do assoalho pélvico 1085
gemelar *1302*
inanição 218
múltipla 172, 173(f)
ovariana 172, 175
pré-eclâmpsia 176
relações do útero 1299-300
subnutrição 218
tamanho do útero 1299, 1300(f)
gravidez ectópica 172, 175
Gremlin 902
grupo sanguíneo ABO 68
gubernáculo
do ovário 1289, 1294, 1321, 1321(f)
do testículo 1320, 1320(f)
descida dos testículos e 1320-1
extensões 1320

H

habenula perforata 634, 635(f), 640
habênula, projeções da 353
hálux valgo 1441,1449
hálux, *saltans* 1423, 1430
hâmulo 85, 861
da lâmina espiral 634
do osso hamato 786, 787, 863
lacrimal 475, 656
pterigóideo 415, 472(f), 473(f), 474(f), 475, 529, 563, 564
ver também corno
hâmulo, do hamato 863
anatomia de superfície 786
haste
da glândula pineal 324
infundibular 321
hélice 618, 619, 620, 653
helicotrema 634, 636(f), 652
hematoma
extradural 404, 426
retrobulbar 520
subdural 434
hematopoese 74-7
feto 1208, 1214
fígado 1214
hemianopia 697
hemicampo visual 347
hemicápsula, tonsilar 566, 567
hemidesmossomos 6(f), 7
na pele 159
hemidiafragma 1007
hemiplegia, contralateral 269

hemisfério
cerebelar *ver* cerebelo, hemisférios
cerebral *ver* hemisfério cerebral
hemisfério cerebral 226, 227, 228(f), 229(f), 335-59, 336(f), 356(f)
anatomia de superfície 335-8
assimetria 358
córtex *ver* córtex, cerebral
desenvolvimento 369, 382-8, 382(f)
dos recém-nascidos 388-9
fibras comissurais 354-6, 355(f)
ver também corpo(s), caloso
fibras de associação 354, 355(f)
fibras de projeção 357, 357(f)
funções neuropsicológicas 358-9, 358(f)
giros 335-8
desenvolvimento 383, 385, 388
ver também giro(s)
lesões 358
lobo límbico *ver* lobo(s), límbico
lobos 335-8
substância branca 354-8
sulcos 335-8
desenvolvimento 385
recém-nascido 388-9
ver também sulco(s)
superfícies
inferior(basal) 335, 338
orbital 335
tentorial 335
medial 335
anterior 335
posterior 335-6
superolateral 335
suprimento arterial 253-4, 254(f)
ver também córtex, cerebral
hemivértebra 768, 772, 1014
hemoglobina 67-8
do adulto(HbA) 67
fetal(HbF) 68
H(HbH) 68
S(HbS) 68
hemoptise 1035
hemorragia
cerebral 253
intraperitoneal 172
intraventricular 239
no arco plantar 1456
pancreática 1187
pós-parto 1302, 1305
pré-parto 172
purpúrica 162
retroperitoneal 1100
subaracnóidea 244, 252
subpial 244
ver também sangramento
hemorroidas 1157
hemostasia, plaquetas 72
hemotórax 991
heparina 67
herculina 115
herculina/MRF-4 772
hérnia
cirurgia, lesão da artéria epigástrica inferior 1056
congênita 1009
da parede anterior do abdome 1066-7
da parede posterior do abdome 1072
de Bochdalek 1015
de hiato 953, 1009, 1114
tipo I(por deslizamento) 1009
tipo II(paraesofágica) 1009
de Morgagni 1015
diafragmática 1015, 1034
congênita 181
esofágica 1009
femoral 1067
cirurgia, lesão de artéria obturatória aberrante 1059
estrangulamento, local 1067
inguinal 1066-7, 1279
características clínicas 1066-7
congênita completa 1066
congênita incompleta 1066
direta 1066, 1080
indireta 1066
indireta adquirida 1066
oblíqua 1321
paraumbilical 1063
posterolateral(de Bochdalek) 1009
subcostoesternal(Morgagni) 1009
umbilical 1063, 1209
adquirida 1063
congênita 1063
infantil 1063
hérnia de Bochdalek 1015
hérnia de Morgagni 1015
herniação transtentorial 427
herniação, lobo temporal medial(unco) 295
herpes zóster 44, 56
herpes-zóster 56
heterocromatina 18, 19
constitutiva 19
facultativa 19
heterofagia 12
hexabraquiona(tenascina) 36, 38
hialuronana 36, 37, 38, 82, 101, 604, 688
hialuronato 1296
hialuronidase 1016
hialuronidase, e morfogênese 195
hiato 85
do canal do nervo petroso maior 424, 431, 617
do canal do nervo petroso menor 424, 617
esofágico 1114
maxilar 12, 473(f), 476, 477(f), 558
poplíteo 1408
sacral 717, 725
safeno 1067, 1350, 1350(f)
semilunar 472, 551
ver também abertura(s)
hidátide, de Morgagni(apêndice do testículo) 1263(f), 1264(f), 1267, 1268, 1315(f), 1316(t), 1317
hidrâmnio 1312
hidrocefalia 244, 244(f), 295, 418
comunicante 244
hidrocele 1267
hidronefrose 1231, 1300
hidropisia, endolinfática 639, 649
hidrotórax 991
hidroxiapatita 86, 87, 120, 514
1,25-**hidroxicolecalciferol** 1225
21-**hidroxilase, deficiência** 1219
hilo(s) 72, 73, 73(f)
da glândula suprarrenal 1198
do cerebelo 298
do ovário 1285
do pulmão 985, 986 *ver* também hilo pulmonar
do rim 1228, 1231
esplênico 1184(f), 1185, 1191
neurovascular 109
do músculo esquelético 109
hímen da vagina 1284, 1316
desenvolvimento 1317
hiperacusia 630
hiperceratinização 153
hipercolunas 341
hiperdontia 513
hipergonadismo 95
hiperopia 688
hiperparatireoidismo, primário 95
hiperplasia
celular 217(f)
prostática benigna 1250, 1259
suprarrenal congênita 1219
hiperplasia congênita das suprarrenais 1219
hipertelorismo 530
traumático 418, 479
hipertensão
portal 950, 1118
"cabeça de medusa" 1059
desvio portossistêmico intraparenquimatoso por via transjugular 1172
pulmonar 1015
hipertensão pulmonar 1015
hipertonia 326
hipertrofia
do coração 970
do masseter 538
do rim 1226
hipoalgesia 315
hipoblasto 173, 175(f), 180, 181, 183, 197
parietal(extraembrionário) 173, 180
visceral(embrionário) 173, 180
hipocampo 347, 349-52
camadas de células piramidais 351
comissura do fórnice 385
conexões 348, 351
projeções para o estriado ventral 329
desenvolvimento 383-4
estratos 350-1
estrutura e posição 347, 350-1
receptor de GABA 351
regiões(CA1, CA2, CA3) 351
CA1, 351, 351(f), 352, 354
CA2 351, 352
CA3 351, 352
ver também formação, hipocampal
hipoderme 146(f), 150-1
hipodontia 513
hipófise do cérebro *ver* glândula(s), hipófise
hipofosfatasia, familiar 418
hipogástrio 1053
hipogonadismo 95
hiponíquio 154
hipoplasia
do braço 808
do timo 949
pulmonar 181
hipospadia 1252, 1319, 1323
hipotálamo 226, 228(f), 229(f), 232(t), 233, 316-23
conexões 320-3
aferentes 320, 354
eferentes 320
projeções amigdaloides para o 354
controle da hipófise 319, 320
controle do sistema autônomo 317
controle do sistema endócrino 316
desenvolvimento 367, 368(f), 380
lesões 316, 317
núcleos 317-20
parte anterior, desenvolvimento 380
relações 316
zonas 317
hipótese do "protomapa" 386
hipótese hidrodinâmica 519
hirsutismo 151
histamina 47, 1122
brônquios 1004
histaminase 69
histeroscopia 1287(f)
histologia *ver* células(geral); células(específicas), tecido
homocistinúria 985
homúnculo
mapa 342(f), 344
motor 342, 342(f)
hordéolo
externo 671
interno 671
hormônio do crescimento *ver* hormônios, crescimento

hormônios 322
acetilcolina(ACh) 47, 111, 233
efeito sobre o pâncreas 1190
adrenalina *ver* adrenalina
adrenocorticotrofina(ACTH) 149, 321
aldosterona *ver* aldosterona
antidiurético(ADH), funções 1238
antimülleriano(AMH) 1267, 1317, 1319
calcitonina(tireocalcitonina) 463
catecolaminas *ver* catecolaminas
colecistocinina(CCK) 1181
da tireoide 8, 463
do crescimento 321
regulação do crescimento ósseo 95
resistência ao 218
epinefrina *ver* adrenalina
esteroides 8
estrógeno 95, 153, 1297
crescimento do pelo 153
fator natriurético atrial 140, 142
foliculoestimulante(FSH) 319, 320, 1296
gastrina 1122
gonadotrofina coriônica humana(HCG) 168, 175, 1297
histamina 47
liberador de corticotrofina(CRH) 319
liberador de tireotrofina(TRH) 319
liberador do hormônio do crescimento(GHRH) 318
luteinizante 321
melatonina 318
noradrenalina *ver* noradrenalina
norepinefrina *ver* noradrenalina
oxitocina 319, 320, 321
pancreático, desenvolvimento 1207
paratireóideo(PTH) 464
excesso 95
polipeptídio pancreático 1190
progesterona 1297
prolactina 321
produção por células da decídua 176
relaxina 1297, 1301
renais 1310
sexuais 1200
somatostatina 319, 1122
testosterona 1267, 1319
produção 1325
tímicos 946
tireocalcitonina 463
vasopressina 319, 320, 321
hormônios sexuais 1200
humor
aquoso 675, 685-6
composição 685-6
drenagem 675, 686
vítreo 675, 688

I-CAM 6
icterícia
barreira hematoencefálica 49
obstrutiva 1179
ictiose 159
idade
baseada na data da fertilização 211
baseada na data do coito 211
cálculo baseado nos dentes 516
gestacional 211, 216, 216(f)
"menstrual" 211
idoso, aspecto dos pulmões 992
íleo 1129-31, 1129(f), 1130(f)
agregados linfoides 1129
artérias 1129-30
desenvolvimento 1210
deslocamento na gravidez 1300
dor referida 1131
linfáticos 1130-1
nervos 1131
terminal 1129
veias 1130
ilha(s)
hemopoética 75
paratireóideas 464
ilhota
sanguínea, do embrião 203, 1207
ilhota, de Langerhans 1190
desenvolvimento 1207
ílio 1041, 1353(f), 1355-6
anatomia de superfície 1340
artérias 1087, 1356
diferenças sexuais 1356
estrutura 1352
faces 1356
fixações musculares 1356
nervos 1356
no acetábulo 1352
ossificação 1354
topografia 1355
ver também osso do quadril
imagens
da próstata 1258(f)
glândula tireoide 462-3, 463(f)
intestino grosso 1138, 1139(f)
mediastino *ver* mediastino, imagem
mesorreto 1151, 1153
pleura 989, 990(f)
próstata 1215, 1257(f)
rim 1227(f), 1229(f)
seios paranasais 559
ver também tomografia computadorizada (TC); imagens por ressonância magnética (RM)
imagens por ressonância magnética (RM)
aorta 986
articulação temporomandibular 536(f), 538
canal anal 1157(f)
cerebelo 299(f)
coração 969
espaços mediastinais 956(f), 957
funcional, funcionamento do cerebelo 309(f)
órbita 655(f)
parede posterior do abdome 1073
punho 869(f)
reto 1150(f), 1151(f), 1152(f), 1153(f)
timo 945
trauma diafragmático 1009
útero 1292, 1292(f)
implantação 172, 175-6
ectópica 172, 175
intersticial 175
local 172, 180
importinas 19
impotência 1276
impressão
do baço
cólica 1191
gástrica 1191
pancreática 1191
renal 1191
do fígado
cardíaca 1163
esofágica 1164(f), 1165
no pulmão, cardíaca 992(f), 993
trigeminal 424, 617
impressão parental 167
impressões digitais 161, 161(f), 857, 857(f)
imunoglobulina A(IgA) 71, 74
nas lágrimas 672
secreção, glândulas salivares 522
imunoglobulina D(IgD) 71, 73(f), 77
imunoglobulina E(IgE) 71
imunoglobulina G(IgG) 68, 71, 75
imunoglobulina M(IgM) 68, 71
imunorreatividade à colecistocinina(CCK), formação hipocampal 352
incisivos *ver* dentes
incisura(s) 85
angular 1112
cardíaca 989, 992(f), 993, 994, 1112
clavicular 917
costais 917(f), 918
da mandíbula 412, 532, 538, 541, 542
de Schmidt-Lanterman 50, 55
do tentório 427
esfenopalatina 477(f), 478, 479
espinoglenoidal 794, 795
etmoidal 471, 472
fibular 1412, 1413, 1414
frontal 470, 471(f), 491, 493
interaritenóidea 582
intervertebral 721
isquiática
maior 1353(f), 1355-6
menor 1353(f), 1356, 1357
jugular (supraesternal) 617, 713, 912, 912(f), 914, 917, 917(f)
lacrimal 476, 477(f)
mastóidea 415, 416, 615
nasal 409, 471, 476, 477(f)
radial 843
supraescapular 795
supraesternal (jugular) 405, 617, 713, 912, 912(f), 914, 917, 917(f)
supraorbital 409, 470, 471(f), 491, 493, 668
tireóidea 405
trigeminal 424
troclear 799, 843
na articulação do cotovelo 831
ulnar 841
vertebral 708, 717
ver também fenda; fossa(s)
incompatibilidade relacionada ao fator Rhesus 68
incontinência 1160
por estresse 1248, 1254
ver também continência
índice(s)
quilótico 1360
sacral 1359
índice sacral 1359
índices quilóticos 1360
indúsio cinzento 355, 383
desenvolvimento 386
inervação *ver* nervos(de órgãos ou regiões); *as estruturas anatômicas específicas*
infarto do miocárdio 981
infecção
axila 791
bainha carótica 568
da mão 861
dentária 517, 518(f), 524
espaço parafaríngeo 568
espaço pré-vertebral 568
espaço retrofaríngeo 568
espaço submassetérico 538
faringe 568
fossa infratemporal 439, 543
pescoço 439-40
seio maxilar 525
seio paranasal 559
vértebras 744
ver também abscesso
infertilidade, masculina 1268
inflamação
líquido peritoneal 1107
mastócitos 36
neurogênica 236
reparo dérmico 163
infundíbulo
da hipófise 380
da tuba uterina 1285
do folículo piloso 151, 153
do hipotálamo 319, 321

do rim 1231, 1242
do ventrículo direito 964, 966, 984
etmoidal 473, 551
ínio 745
***input* colinérgico, complexo basolateral(amígdala)** 353
inserção, dos músculos 121, 122(f)
inspiração *ver* respiração
insulina 1207
integrinas 5, 7, 128, 129, 137
interações entre epitélio e mesênquima(transição) *ver em* mesênquima
interações teciduais 193-4
competência 193
entre epitélio e mesênquima *ver* mesênquima
indução 193
instrutiva 193
permissiva 193
restrição 193
interface toracoabdominal 1041
interface, toracoabdominal 1041
interferona(s) 8
interleucina(s) 8
interneurônios 225
da medula espinal, desenvolvimento 375
do córtex cerebral 339
do núcleo subtalâmico 332
interruptor, sensível ao cálcio 111
intervalo, rotador 805, 806
intestino
desenvolvimento 1220
maturidade funcional no nascimento 1213
parede, microestrutura 1048-52, 1050(f)
pós-anal 1212
desaparecimento 1218
pós-diafragmático 1203
ver também intestino anterior; intestino posterior; intestino médio
ver também tubo(s), digestivo/intestinal; *as regiões anatômicas específicas*
intestino anterior
mesentérios 1206
pós-faríngeo 1203-9, 1203(f), 1204(f), 1205(f), 1215(f)
glândulas 1206-9
grau de desenvolvimento 1203
mesentério ventral 1214
ver também duodeno; esôfago; estômago
primitivo 189
intestino médio
associado ao peritônio 1217
desenvolvimento 1203, 1205(f), 1209-12, 1210(f)
alça(intestinal primária) 1209
duodeno 1206
rotação 1209
anomalias 1209
mista 1209
intestino posterior 1308(f)
alantoico/urinário 1307, 1308(f)
associado ao peritônio 1217
desenvolvimento 1203, 1212-13
entérico 1212, 1307, 1308(f)
primitivo 1212-13, 1307
intestino, delgado 1052, 1125-35
anatomia de superfície 1053
camada muscular, desenvolvimento 1211
desenvolvimento 1137, 1209
epitélio 1133-4
maturação 1209-11
mesentério 1053, 1105, 1217, 1218
microestrutura 1125-35
microvilos 1210
mucosa 1133-5, 1134(f)
desenvolvimento 1209-11
no nascimento 1211-12
peritônio 1217
rotação incorreta 1209
serosa, desenvolvimento 1211
submucosa 1135
ver também duodeno; íleo; jejuno
intestino, grosso 1137-62, 1137(f), 1138(f)
artérias 1140-1, 1141(f), 1144-5
oclusão 1140-1
aspecto radiográfico 1138, 1139(f)
camada muscular 1212
comparação com o intestino delgado 1137
desenvolvimento 1137, 1209, 1212-13
do feto 1212
do recém-nascido 1212
estrutura
externa 1138, 1139(f)
interna 1138, 1139(f)
linfáticos 1141, 1141(f), 1145, 1147
maturação 1212
mesentério 1138, 1140
microestrutura 1160-2
mucosa 1212
músculo liso 8-1050
nervos 1141, 1146, 1147, 1150
rotação incorreta 1209
saculações 1137
serosa 1212
tamanho 1137
veias 1141, 1141(f), 1145, 1150
ver também ceco; colo; reto
íntima
sinovial 100
túnica *ver* túnica
introito
da laringe 582
vaginal 1284
intumescência 1274
da medula espinal 749
cervical 749
lombar 749
gangliforme 52, 59
pseudogânglio 52
invaginação basilar 770
íon hidrogênio, regulação dos níveis 1238
íons
reabsorção seletiva, rim 1238
transporte 9
rim 1237
íons amônio, regulação dos níveis 1238
íons cloreto, reabsorção pelos túbulos renais 1238
íons sódio
reabsorção pelos túbulos renais 1238
transporte, medula renal 1238
íris 668, 675, 681-5, 684(f)
artérias 682(f)
coloboma 699
cor 682, 684(f), 701
desenvolvimento 699, 701
fotossensibilidade 675
inervação 684-5
microestrutura 684(f), 685(f)
músculos da 682, 684-5
suprimento vascular 685
veias 682(f)
isomeria 974
isquemia
córtex cerebral 392
medula espinal 757
periumbilical 1209
ísquio 1041, 1353(f), 1356-7
anatomia de superfície 1340, 1356
artérias 1357
fixações dos músculos 1357
nervos 1357
no acetábulo 1352
ossificação 1354
ver também osso do quadril
istmo
da aorta 984, 1027
da glândula tireoide 463(f), 465
da tuba auditiva 564
da tuba uterina 1292-3
das fauces 500, 564, 604
do folículo piloso 151, 152
do meato acústico externo 620
do rim 1226, 1227(f)
do útero 1299
faríngeo 563, 564
istmo do rombencéfalo 376, 377, 379

J

Jacoby, tecido marginal de 694
janela
aórtica 984
aortopulmonar 957
oval 602, 624, 625(f), 633, 634, 649
redonda 624, 625(f), 634, 646
janela(s) 85
da cóclea(janela redonda) 624, 625(f), 634, 646
do vestíbulo(janela oval) 602, 624, 625(f), 634
dos capilares 133
jejuno 1128, 1128-9, 1129(f)
agregados linfoides 1128
alimentação 1129
artérias 1129-30, 1131(f)
desenvolvimento 1209, 1210
deslocamento na gravidez 1300
dor referida 1131
linfáticos 1130-1
nervos 1131
veias 1130
joelho
da cápsula interna 357
do corpo caloso 335
joelho de faxineira 1402
joelho de padre 1402
joelho *ver* articulações(específicas), do joelho
jugo esfenoidal 423, 424, 527, 530
junção
aderente(*zonula adherens*) 6(f), 7, 18
oclusiva(*zonula occludens*) 6-7, 6(f)
das células gliais da retina 690
junção(junções)
anorretal 1151, 1157(f)
anterior(pré-vascular), dos pulmões 957
atrioventricular 962, 966, 1030
bulboventricular 1025
comunicantes 7
músculo liso 127, 128(f)
no coração 976
no embrião 186, 194
corneoescleral 672, 675, 678, 679
corticomedular 77, 946, 947
costocondral 98(f), 924
craniovertebral *ver* junção(junções), occipitocervical
dermoepidérmica 146, 150, 157, 161
escamocolunar, do colo uterino 1292
esmalte-dentina 514
esofagogástrica(escamocolunar) 1008
espinomedular *ver* junção(junções), occipitocervical
faringoesofágica 561
fáscia *adherens* 7, 140(f), 141, 141(f)
gastroesofágica 1008, 1113-14
ileocecal 1294
intracelulares
adesivas 7
comunicantes 7
oclusivas 6-7, 6(f)
ver também junção(junções), comunicante; junção(junções), oclusiva
lombossacral 735-6
manubrioesternal 99, 909, 910, 917
mucogengival 500
neuromuscular(mioneural) 41, 61-3, 225
autônoma 62-3
desenvolvimento 115, 116(f)

esquelética 61-3, 111
músculo liso 128, 132
occipitocervical 771(f)
desenvolvimento 769-70
embriões(estágios 12-15) 769
oclusivas 6-7, 6(f)
pelviuretérica, obstrução 1226
pontomedular 240
posterior, mediastinal 957
primária 1025
sacrococcígea 736
ventriculoatrial 962
junção celular 3(f), 6(f)
junções tendíneas 849, 880
justamedular, definição 1232

L

lábio(s) 467-8, 499-500
artérias 500
do acetábulo 1387
do neuróporo rostral 361
fendido 607, 608(f)
glenoidal 805
inervação 500
inferior 467
maior(es) 1279, 1279(f)
alterações relacionadas com a idade 1279
desenvolvimento 1325
linfáticos 1280
nervos 1280
menor(es)
alterações relacionadas com a idade 1279
desenvolvimento 1279-80, 1279(f), 1325
linfáticos 1280
movimentos 488-9
mucosa 499
rômbico
desenvolvimento do cerebelo 377
inferior, mielencéfalo 377
superior, metencéfalo 377
superior 467
terceiro 1280
timpânico 640
vermelho do 467, 487, 488, 602
vestibular 640, 642
lábio leporino 607
labirinto(s)
etmoidal 472-3, 528
membranáceo 633, 633(f), 634, 636-42, 636(f)
desenvolvimento 651(f), 652
ósseo 633-42, 633(f)
desenvolvimento 652
microestrutura 634-6, 636(f)
lactação 936, 936(f)
lactoferrina 672
lactose 1212
lacuna(s)
da cartilagem 81
de Howship 88
do osso 87, 88, 88(f), 90(f), 93, 94(f), 95
magna 1252
uretrais 1252, 1253
lago, lacrimal 669
lágrimas 672
filme 671, 672, 673-4
funções 374
volume 672
lambda 412, 418, 470
lamela(s)
do estroma da córnea 678-9
do osso 86, 87, 88, 88(f), 89, 89(f), 90, 90(f), 91, 92(f), 95
elástica 131
epitelial, desenvolvimento do pênis 1325
lamelipódios 3, 50
lâmina(s) 83, 86
alar *ver* placa(s), alar
basal 27, 31, 33-4, 33(f)
da pele 146-7, 147(f)
de células epiteliais dos somitos 764
desenvolvimento da medula espinal 375
do corpúsculo renal 1235, 1236(f)
do esôfago 952
do osso 89, 101, 105, 107, 108, 111, 116, 117
funções 34
glomerular 1235
muscular 107, 108, 110(f), 111, 115, 116, 116(f), 117, 117(f)
cribriforme 423, 425(f), 471, 472, 472(f), 517, 611, 665
cribriforme da esclera 667, 675, 693, 694, 695
cricóidea 577(f), 579, 610, 952
da cartilagem tireóidea 579
da tuba uterina 1294
das vértebras 716, 770
cervicais 719
de Descemet 33
de Rexed 257
IX 258, 269, 271
VII 258, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 270, 271
densa 33, 33(f)
da pele 146, 147, 159
dentária 605, 606
dissecans 351
do colículo superior 291
do córtex cerebral 300, 339-41, 379
camada I(plexiforme) 339
camada II(granular externa) 326, 339
camada III(piramidal) 329, 339
camada IIIa(piramidal) 339
camada IIIb(piramidal) 339
camada IIIc(piramidal) 339
camada IV(granular interna) 339
córtex estriado 346
subcamadas 346-7
camada V(piramidal interna[ganglionar]) 329, 339
camada VI(multiforme[fusiforme/pleiomórfica]) 329, 339-40
conexões 341-2
geniculada 347
granular 340
tipo agranular 340
variantes heterotípicas 340
variantes homotípicas 340
do intestino delgado 1135
do ligamento costoclavicular 801, 801(f)
do músculo peitoral maior 807-40
do osso palatino 478
do retináculo dos músculos flexores 879
dura 517
elástica 137
das artérias 131, 132(f), 137
fenestrações 137
epifisial 94(s), 96
espiral da cóclea 634, 639, 640, 652
fibrorreticular 146
fibrosa 970
fosca 679
horizontal, do osso palatino 414, 415, 478
labiogengival 605, 606
lacrimal 602
limitante
anterior(camada de Bowman) 677(f), 678
posterior(membrana de Descemet) 33, 675, 678(f), 679, 702
limitante(de Descemet), da córnea 33
lúcida 33
da pele 146, 159
marginal 257, 259
medial
do globo pálido 383
do núcleo lentiforme 383
medular
do tálamo 311
externa 311
interna 311, 312, 313, 316
nuclear 18
orbital
do osso etmoide 472, 474, 655
do osso frontal 471
papirácea 655
perpendicular
do osso etmoide 471, 472
do osso palatino 478
ver também camada(s); placa(s)
pré-vertebral, pus atrás da 525
própria 38, 39, 127, 1122
da língua 507
da parede do intestino 1050-1
da pleura 991
da uretra 1250, 1253
desenvolvimento do GALT 1213
do esôfago 952
do intestino grosso 1161
pterigóidea 412, 415, 539
lateral 412, 415, 529
medial 415, 529, 530
reticular 34
da cóclea 640
splendens 199
subintimal 100
superciliar 675
terminal 356, 380, 381(f), 385
desenvolvimento 364-5
suprimento arterial 253
ventral, desenvolvimento da medula espinal 375
ventrolateral(basal) *ver* placa(s), basal
vítrea(membrana de Bruch) 679, 680
lâmina basal *ver* lâmina, basal
laminas 15, 18
laminina 5, 38, 194, 205
vilos da placenta 178
laringe 577-94
ádito 567, 582
artérias 587-8, 587(f)
articulações 580
bebê 584
cartilagem 577-80, 577(f), 578(f), 996(f)
cavidade 582-4
deglutição 573
recém-nascido 574
espaços paraluminais 584-5
esqueleto 577-80, 577(f), 578(f)
exame 584, 584(f)
fala 589-93
glândulas 582
inflamação 584
ligamentos 580-2
linfáticos 588
membranas 580-2
microestrutura 582
músculos 583, 585-7, 586(f)
extrínsecos 585
intrínsecos 585-7
nervos 588-9, 588(f)
anomalias 589
autônomos 589
obstrução 584
papilas gustativas 582
recém-nascido 574, 610
tamanho 577
tecido mole 580-2
trauma 584
tumores 585, 588
veias 588
laringocele 583
lateralidade manual 358
L-CAM 1308
lei(s)
de Hilton 101

de Semon 589
segunda lei de Newton 121
lei de Hilton 101
lei de Semon 589
leite de bruxa 934
leito
do fígado 1165
microvascular 131, 134
ungueal 154-5
lemnisco
lateral 281(f), 285
trigeminal 282, 285, 287
medial 228, 229(f), 263, 263(f), 264, 264(f), 265(f), 267, 267(f), 270, 277-8, 278(f), 279
trigeminal 282, 285, 287
ver também trato(s)
lente 687, 701
lente(do olho) 675, 676(f), 686-8, 686(f), 687(f)
adulto 686, 686(f)
alterações relacionadas com a idade 686
desenvolvimento 699, 701-2, 701(f)
dimensões 686
feto 686
forma 681, 686
luxação 688
microestrutura 686(f), 687
núcleo 687
nutrição 702
refração 687
distúrbios 687-8
leptomeninges *ver* aracnoide-máter; pia-máter
leptóteno 22
lesão(lesões) *ver as estruturas anatômicas ou os nervos específicos*
lesão de Stener 877
lesões de Dieu la Foy 1268
leucomalácia, periventricular(LPV) 391
leucotrienos, brônquios 1004
levodopa 332
ligamentos(de órgãos ou regiões)
da articulação do cotovelo 832-3
da articulação do joelho 1398-9, 1401
da articulação do ombro 805, 805(f)
da articulação do quadril 1388-9
da articulação esternoclavicular 801
da articulação sacroilíaca 1365-6
da articulação tibiofibular, proximal 1395
da bexiga, urinária 1246-7, 1248(f)
da bigorna 628
da coluna vertebral 728-30
da escápula 795, 796
da face 469
da glândula tireoide 589
da laringe 580-2, 583
da orelha 619
da orelha, média 628
da pelve 1288-9, 1289(f)
da sínfise púbica 1365
das articulações carpometacarpais 875, 876
das articulações costotransversárias 923-4, 924(f)
das articulações interfalangeanas 877
das articulações intermetacarpais 876
das articulações sinoviais 99
do canal anal 1155, 1158, 1158(f)
do duodeno 1099-100, 1103(f), 1127, 1167-8, 1206
do estribo 628
do fígado 1167-8, 1214-15
do martelo 628
do ovário 1294-5, 1294(f)
do pé 1447(f)
ver também os ligamentos e as articulações individuais
do pênis 1273
do pericárdio 959
do pescoço 436, 438
do punho 870-1
do reto 1153, 1154
dos ossículos da audição 628
ligamentos(específicos)
acessório 99, 100, 923
funções 100
acromioclavicular 801
alares, do dente 735
amarelo 729, 730(f)
anococcígeo 1094, 1154, 1155, 1158(f), 1159
anterior
cruzado 1397, 1397(f), 1398, 1398(f), 1401
da articulação tibiofibular, superior 1395
da orelha 619
do martelo 624, 627, 628
púbico 1365
anular 834
do estribo 627, 628
ariepiglótico 581
arqueado
do joelho 1400, 1401, 1408
do punho 870, 871
lateral, do diafragma 985, 1007, 1069
medial, do diafragma 1007, 1041, 1070
púbico 1365
arterial 982, 984, 1030
bifurcado 1446
calcaneocubóideo, plantar 1446
calcaneonavicular, plantar(mola) 1437, 1446
capitatopiramidal 871, 874(f)
cardinal 1289
caroticoclinóideo 530
cervical 1445
cistoduodenal 1102
coclear 639
colateral
colateral tibial(do joelho) 1398(f), 1399(f), 1400, 1402, 1407
das articulações interfalangeanas 877
das articulações metacarpofalangeanas 876(f), 877, 882(f)
das articulações metatarsofalangeanas 1449
lateral(do joelho) 1398(f), 1399(f), 1400, 1403, 1407
anatomia de superfície 1343
radial 832, 862, 870, 872
ulnar 832, 832(f), 870, 877
comissural
distal 859, 859(f)
proximal 859, 859(f)
conal, do coração 964, 974
coracoacromial 795
coracoclavicular 792, 792(f), 793, 801
coracoumeral 806
coronário
da articulação do joelho 1398, 1401
do fígado 1100, 1164(f), 1168, 1214
costoclavicular 801, 801(f)
costocoracóideo 791
costotransversário 923
lateral 923-4
superior 923
costoxifóideos 924
cricoaritenóideo 577(f), 578(f), 580
cricofaríngeo 581
cricotireóideo 581
mediano 405
cricotraqueal 577(f), 581
cruciforme 735
cruzado(do joelho) 1398(f)
anterior 1397, 1397(f), 1398, 1398(f), 1401
ausente 1401
posterior 1397(f), 1398, 1398(f), 1399(f), 1401
cuneometatarsais, interósseos *ver* ligamentos(específicos), de Lisfranc
da cabeça do fêmur 1100, 1164(f), 1165, 1167, 1389, 1463
da escápula 794(f)
inferior 796
transverso, superior 795, 796
da medula espinal
dorsal 752
dorsolateral 752
ventral 752
da patela 1340, 1394, 1396, 1401(f)
das articulações esternocostais 924
das articulações intermetacarpais 876
de Broyle 583, 584
de Cleland 859, 894
de Grayson 859(f), 860, 894
de Humphry(meniscofemoral anterior) 1398-9, 1399(f)
de Landsmeer 860, 881, 888
de Lisfranc(cuneometatarsais interósseos) 1448
de Mackenrodt(transverso do colo) 1289
de restrição 656, 657, 658(f), 661
de retenção, da face 469
de Struthers 936
de Testus 871
de Treitz(suspensor, do duodeno) 1099-100, 1103(f), 1127, 1167-8, 1184, 1206
de Wrisberg(meniscofemoral posterior) 1399
deltóideo 1436, 1442
ruptura 1444
denticulado 752
do acetábulo, transverso 1352(f), 1380, 1387
do ápice, do dente 735
do atlas, transverso 735
do pênis, superficial 1060
do períneo, transverso 1094
do reto, lateral 1153, 1154
do úmero, transverso 806
dorsal
das articulações carpometacarpais 875, 876
das articulações cuneonaviculares 1447
das articulações intercuneiformes e cuneocubóideas 1448
das articulações intermetacarpais 876
das articulações tarsometatarsais 1448
duodenocólico 1104
em rédea(*check-rein*) 877
escafocapitato 871
escafocapitatotrapezoidal, palmar 871
escafossemilunar 871
escafotrapeziotrapezoidal 871
"escrotal" 1262
esfenomandibular 519, 529, 530, 533, 534(f), 536, 539, 541, 542, 598, 627
espinoglenoidal 796
esplenorrenal 1104, 1112, 1191, 1206, 1207(f), 1217, 1218
esternoclavicular
anterior 801
posterior 801
esternocostais, radiados 923
esternopericárdicos 959
estilo-hióideo 397, 469, 504, 599
estilomandibular 469
estilomandibular 469, 533
fabelofibular 1401
falciforme 1028, 1099-100, 1103(f), 1167-8
desenvolvimento 1099, 1214-15, 1216
"falso", da bexiga 1247
frenicoesofágico 1008, 1009, 1111
frenocólico 1104, 1191, 1192
fundiforme 1273
gastrocólico 1104, 1146
gastroesplênico 1104, 1112, 1191, 1192, 1218
gastrofrênico 1111, 1112, 1113
glenoumerais 805-6
inferior 802(f), 806
médio 802(f), 806
superior 802(f), 805(f), 806
hamatopiramidal 871, 874(f)
hepatocólico 1104
hepatoduodenal 1100, 1107, 1214
hepatogástrico 1100, 1102
hepatogástrico 1214

hepatorrenal 1101
hioepiglótico 581
ilíaco, posterior 1366
iliofemoral 1388, 1391
iliolombar 735-6
infundibulopélvico 1285, 1288, 1294, 1319
inguinal 1064
  anatomia de superfície 1053, 1340, 1341(f), 1342
interclavicular 801
interclinóideo 530
intercondral 924
intercornual 736
interespinais 729-30
interfoveolar 1064, 1066(f)
intermeniscal 1397(f), 1398
intermetatarsais(dorsal e plantar) 1448
interósseos 97, 97(f)
  das articulações carpometacarpais 876
  das articulações intermetacarpais 876
  fileira distal 871
  fileira proximal 871
intertransversários 730
intra-articular
  da articulação costotransversária 923
  da articulação esternocostal 924
isquiofemoral 1388-9
lacunar 1066
largo, do útero 1106, 1285, 1286(f), 1288, 1288(f), 1289(f), 1321(f)
  desenvolvimento 1321
  vista laparoscópica 1287(f)
lateral
  arqueado 1007, 1069, 1070
  colateral(do joelho) 1343, 1398(f), 1399(f), 1400, 1403, 1407
  costotransversário 923
  da articulação do tornozelo 1442
  da bexiga 1247
  da glândula tireoide 589
  das articulações carpometacarpais 875, 876
  do martelo 628
  do reto 1153, 1154
  patelofemoral 1400
  sacrococcígeo 728, 736
lienorrenal *ver* ligamentos(específicos), esplenorrenal
lombocostal 921, 923
longitudinal
  anterior 713, 728-9
  posterior 728, 729(f)
maleolar, anterior 598, 627, 628
mamilo-acessório 723, 741
mandibular 469
meningovertebral 751
meniscofemoral(LMF) 1398-9, 1399(f)
meniscofibular 1398
meniscopatelar 1400
metacarpal, transverso 859
  profundo 859, 877, 882(f)
  superior 859
metatarsais
  transverso profundo 1449
  transverso superficial 1430
mucoso (prega infrapatelar) 1401, 1401(f)
natatório 859
nucal 737, 745
occipital, transverso 735
palmares
  das articulações carpometacarpais 875, 876
  das articulações metacarpofangeanas 877
palpebral 670, 671(f)
  lateral 656, 657
  medial 657
patelofemoral
  lateral 1400
  medial 1400, 1403
    anatomia de superfície 1343
patelotibial 1400
pectíneo, de Astley Cooper 1066
pélvico 1285, 1288
periodontal 513, 514(f), 517
  suprimento arterial 518
peritoneal *ver* mesentério
petroesfenoidal(de Gruber) 424
piso-hamato 862, 884
pisometacarpal 862, 869(f)
plantares
  das articulações intercuneiformes e cuneocubóideas 1448
  das articulações metatarsofalangeanas 1449
  das articulações naviculocuneiformes 1447
  das articulações tarsometatarsais 1448
  longo 1446
poplíteo oblíquo 1394, 1399, 1399(f), 1403
poplíteo, oblíquo 1394, 1399, 1399(f), 1403
popliteofibular 1400, 1403, 1407, 1408
posterior
  cruzado 1397(f), 1398, 1398(f), 1399(f), 1401
  da bexiga 1247
  da bigorna 628
  da orelha 619
  ilíaco 1366
  púbico 1365
  tibiofibular 1395
pterigospinal 530, 540
púbico
  anterior 1365
  arqueado 1365
  posterior 1365
  superior 1365
pubocervical 1289
pubofemoral 1388
pubouretral 1094
pubovesical 1247
pulmonar, inferior 991, 992(f)
quadrado 834
radiado 924
radioescafocapitato 870
radioescafossemilunar 871
radiossemilunar(longo, curto) 870-1
radiossemilunar-piramidal, dorsal 871
radioulnar, distal 871
redondo
  do fígado 1062
  do útero 1288-9, 1321(f)
    desenvolvimento 1320, 1321, 1322(f)
redondo 1049, 1100, 1164(f), 1165, 1167, 1222, 1389, 1463
retinacular, de Landsmeer
  oblíquo 860, 881, 888
  transverso 859(f), 881
retouterino 1285, 1289
sacrococcígeo
  anterior 736
  dorsal, profundo 736
  lateral 736
  posterior, superior 736
sacrospinal 1083(f), 1084, 1366
sacroilíaco
  anterior 1356, 1357(f), 1366
  interósseo 1356, 1366
  posterior 1366
sacrotuberal 1366
semilunar-piramidal 871
superior
  da bigorna 628
  do martelo 628
  púbico 1365
supraescapular 796
supraespinais 729(f), 729-30
suspensor(es)
  da axila 791
  da lente 681
  da mama 931
  do bulbo do olho 658
  do duodeno 1099-100, 1103(f), 1127, 1167-8, 1206
  do ovário 1285, 1294, 1319
  do pênis 1273
sutural 97(f)
talocalcâneo
  interósseo 1445
  lateral 1444
  medial 1444
talofibular
  medial 1436
  posterior 1436
talonavicular 1446
temporomandibular(lateral) 534, 536
tibiofibular
  anterior 1444
  posterior 1444
tireoepiglótico 581
tireo-hióideo 577(f), 579
transforaminal 718
transverso
  da coluna vertebral 730
  da escápula 795, 796
  do acetábulo 1352(f), 1380, 1387
  do atlas 735
  do joelho 1397(f), 1398(f)
  do metacarpo *ver* ligamentos(específicos), metacarpais
  do metatarso *ver* ligamentos(específicos), metatarsais
  do períneo 1094
  do úmero 806
  inferior, espinoglenoidal 796
  occipital 735
  retinacular 859(f), 860, 881
  superior, supraescapular 796
transverso do colo 1289, 1290(f)
triangular, do fígado 1100, 1168, 1214
ulnopiramidal 871
ulnossemilunar 871
umbilical
  medial 1062, 1087
  mediano 1062, 1247
utero-ovárico 1294, 1321(f)
  desenvolvimento 1321
venoso 1102, 1164, 1165, 1168, 1222
vestibular 578(f), 581(f), 582
vocal 583
zigomático 469
zonular 681
ligamentos(geral) 98, 98(f), 99(f), 119
  propriedades materiais dos 120
  limitação do movimento 103
ligantes 7-8
limbo 669, 672, 675, 678, 679
límen da ínsula 346
limiar do nariz 551
limite(s)
  pré-dentina-dentina 514
linfa 73, 131, 139
linfadenopatia, subcarinal 1006
linfangite 139
linfonodos(de órgãos ou regiões)
  da cabeça 401
  da cavidade oral e da faringe 605
  da coluna vertebral 715
  da face 492
    da pele, das costas 708, 709(f)
  da glândula parótida 497
  da laringe 588
  da língua 505-6, 506(f)
  da mama 932
  da parede do tórax 928
  da tonsila palatina 567
  da traqueia 1003
  da tuba uterina 1292-3
  da vagina 1284
  da vesícula biliar 1180

da vulva 1280
do canal anal 1160
do ceco 1141, 1141(f)
do coração 982
do cotovelo 836
do couro cabeludo 492
do diafragma 928
do ducto cístico 1180
do duodeno 1128
do embrião 209
do fígado 1172
do intestino, grosso 1141, 1141(f), 1145, 1147
do membro inferior 1336
do membro superior 779, 781(f), 818
do ovário 1295
do pâncreas 1186
do pé 1336
do pescoço 20, 28, 401, 454
agrupamento 454
do quadril e da coxa 1381
do reto 1155, 1155(f)
do útero 1291
dos brônquios 1003
dos ductos biliares 1180
dos pulmões 998, 999(f)
linfonodos(específicos)
aórticos 1077-8
aórticos laterais 1077-8
apicais 779, 818,932
axilares 911, 932
centrais 818
laterais 779, 818
posteriores 818
subescapulares 779
broncopulmonares 985
bucinatório 492
celíacos 1077, 1172
centrais 779, 932
cervicais 406, 454
anteriores 454
profundos 454, 951
inferiores 454, 492, 779
superiores 454, 492
superficiais 454(f), 492
superiores, profundos 492, 497
cístico 1077, 1180
cólicos 1141, 1141(f)
intermédios 1141
pré-terminais 1141
da pelve 1280, 1295
de Cloquet(inguinal profundo)1280
diafragmáticos
anteriores 928
laterais 928
posteriores 928
do ligamento pulmonar 941
epicólicos 1141
epigástricos, inferiores 1090
epirretais 1155
gástricos 1077, 1111
esquerdos 951
hepáticos 1077, 1172, 1180
comuns 1126
hepatoduodenais 1126
hilares 72, 73, 73(f)
ileocólicos 1145
ilíacos
circunflexos 1090
comuns 1090
externos 1090, 1290
internos 1090-1, 1091(f), 1280, 1284, 1290
infraclaviculares 779, 818, 819(f), 932
infra-hióideos 454
inguinais 1293, 1295
profundos 1280, 1336, 1382
superficiais 1059, 1280, 1284, 1336, 1382
intercostais 928
interpeitorais 932
jugulares
inferiores 454
médios 454
superiores 454
jugulodigástrico 454, 567
júgulo-omo-hióideos 492
linguais 454, 492
mediastinais 940-1, 941(f)
avaliação 952-3
coleta de amostra 952-3
posteriores 951
mesentéricos
inferiores 1077
superiores 1077, 1141
obturatórios 1290
occipitais 492
submandibulares 454
pancreaticoesplênicos 1077, 1186
pancreáticos 1128
para-aórticos 941, 1111, 1198, 1293, 1295
paracardíacos 1172
paracárdicos 1111
paracólicos 1141
paraesofágicos 941
paraesternais 928, 932, 1059
pararretais 1155, 1155(f)
paratraqueais 454, 941, 951
inferiores 941
superiores 941
parotídeos 497
profundos 671
superficiais 492, 671
peitorais 779, 928, 932
pericavais 1172
poplíteos 1336, 1393, 1409
pré-aórticos 1077, 1186
pré-auriculares 497, 672
pré-laríngeos(delfianos) 454, 588
pré-traqueais 372, 454
pulmonares 941
retroaórticos 1078
retroauriculares 492
retrofaríngeos 454
sigmóideos 1150
subaórticos 941
subcarinais 941
subescapulares 928, 932
submandibulares 492, 500, 520, 672
submentuais 454, 492
medianos 506
supraclaviculares 818
supratrocleares 779, 836
anatomia de superfície 789
torácicos, internos(paraesternais) 928, 932, 1059
traqueobronquiais 939, 941, 941(f), 963(f)
inferiores 982, 998
superiores 998
linfonodos(geral) 72-4
células/zonas celulares 73-4
distribuição 72
estagiamento do câncer de pulmão 957
linfáticos 73
microestrutura 72-3, 73(f)
traqueobronquiais, inferiores 983
vasculatura 73
língua 502-11, 604-5
anatomia de superfície
ápice 505, 506
artérias 505
dorso 503, 503(f), 506, 507-9
drenagem linfática 505-6, 506(f)
face inferior(ventral) 503
forma 505
inervação 506-7
autônoma 509
sensitiva 506-7
movimentos, na deglutição 573
mucosa 503
extrínseca 503
intrínseca 503-5
na fala 593
obstrução da respiração, prevenção 503
papilas 503(f), 507, 508(f)
papilas gustativas *ver* papilas gustativas
parte pós-sulcal
parte pré-sulcal 503
raiz 503
veias 505
linguagem, áreas cerebrais
assimetria 358
lesões 358
língula 992(f), 994
da mandíbula 530
do cerebelo 298, 300(f)
esfenoidal 424, 528
linha(s) 89, 91, 91(f)
alba 499, 1053, 1057(f), 1061-2, 1099
características 1061-2
tensão da, papel do piramidal 1063
arqueada
da bainha do reto 1061
do ílio 1083, 1352
articular 160
áspera 1362, 1364
axial, do membro inferior 1346
axilar, anterior 981
"avascular", de Brödel 1231
azigoesofágica 957
branca, de Gennari 340
cinzenta, da pálpebra 669
costomediastinal anterior, da reflexão pleural 991
da flexura 160
da mão 857, 857(f)
do punho 857, 857(f)
da flexura do quadril 1342, 1349
da pele 145, 160-2
da reflexão azigoesofágica posterior 989
da reflexão costodiafragmática da pleura 989
da reflexão mesentérica 1214
da reflexão pleural retroesternal 989
de Andresen 514
de Blaschko 161
de contorno 160
de crescimento 96, 525
de expressão 160
de Gennari 340
de Harris 96, 525
de Holden 1342
de incisão 161
de inversão 88, 89, 95
de inversão de superfície 95
de Kraissl 161, 468
de Langer 161
de tensão 160
de tensão da pele
das costas 707(f)
do membro superior 778
de tensão da pele relaxada(LTPR) 161, 468
de Voigt 161
de von Ebner 514
denteada 1155, 1156, 1157
do "monte de neve"(*snowdrift*) 636
do cemento 89, 90
do fêmur 1362, 1364
do músculo sóleo 1412, 1413, 1414(f), 1415
do padrão da superfície da pele 160
epifisial 95
espiral 1361(f), 1362, 1364
glútea 1353(f)
iliopectínea, posterior 736
incrementais
de von Ebner 514
do esmalte 513(f), 514

interisquiática 1093
intertrocantérica 1361-2
intraperiódica 50
lateral 1052
M(*Mittelscheibe*) 105, 106, 107(f)
mamária 1052
medioclavicular 1052
milo-hióidea 520, 530
mucogengival 500
nucal 420
  inferior 412, 416
  superior 406, 412, 414, 415, 416
  suprema 416, 481, 712, 712(f), 713
oblíqua
  da cartilagem tireóidea 579
  da mandíbula 486, 487
  da ulna 844
  do ísquio 1357
ocupacionais 160
palmar 857
paraespinal 957
parietovisceral, da reflexão serosa 959
pectinada 1156
pectínea 1066, 1353(f), 1354
pericraniocervical 402, 405
periódica 50
pré-costal/lombocostal 208
quilótica 1360
retroesternal 954(f)
ruga 160
semilunar 1053, 1061
supracondilar 1364, 1376
temporal
  do osso frontal 470, 471(f)
  inferior 412, 413(f), 469, 470
  superior 412, 469, 470
terminal 1357
  parte púbica 1354
trapezóidea 792
Z(*Zwischenscheiben*) 105, 1113
linha de von Ebner 514
linha mamária 934, 935(f)
linha pectínea do púbis 1355
linha, primitiva 172, 180
  entrada 184, 197
  formação 173, 183-4
  transição entre o epitélio e o mesênquima 194
lipídio(s)
  da epiderme 148, 150, 153
  da membrana plasmática 4
  ver também gordura
lipídio, anti-hipertensivo 1310
lipocalina, da lágrima 672
lipofuscina 12
líquido
  amniótico 181, 1035, 1312
    composição 181
    deglutição fetal 181
    fontes 181
    volume 181
    volume anormal 181
  aquoso 681
  celômico 189
  cerebrospinal (LCS) 41, 52(f), 242-4, 277
    acesso para o 760
    circulação 242-3, 377
    composição 242
    desenvolvimento do espaço subaracnóideo 390
    drenagem 242-3
    endoneural 53
    medula espinal 257, 752
    mistura 243
    obstrução do 244, 296
      hidrocefalia 244, 244(f), 295, 418
    otorreia 623
    secreção 242
      pelo plexo corióideo 242, 380
      volume 243
  da orelha interna 634-6
  exocelômico 189
  lacrimal *ver* lágrimas
  peritoneal 1099
    conduta 1109-10
    local de acúmulo 1107, 1109
    ver também ascite
  seminal 1259, 1270
  sinovial 81, 82, 99, 100-1, 100(f), 120, 120(f)
    das bainhas dos tendões dos flexores 861
líquido amniótico *ver* líquido, amniótico
líquido cerebrospinal *ver* líquido, cerebrospinal (LCS)
líquido folicular 1296
líquidos, biomecânica 119
lisossomos 3(f), 4, 10, 12-13, 682
  terciários 12
lisozima 522, 672, 952, 1135
  secreção, das glândulas submucosas das vias aéreas 1004
lissencefalia 388
litotripsia extracorpórea por ondas de choque 1242
lobectomia, do pulmão, inferior 1003
lobo(s)
  "da veia ázigo" 993
  da glândula mamária 931, 933
  da glândula tireoide 462
  da placenta 1302
    acessório(sucenturiada) 1303
  da próstata 1254
  do cerebelo
    anterior 298, 303, 304, 305, 307
    floculonodular 298, 304(f), 306(f), 379
    posterior 298, 303, 304, 307
  do fígado 1173, 1174(f)
  do timo 946(f), 947, 948
  dos hemisférios cerebrais 335-8
    ver também córtex, cerebral; *os lobos específicos(a seguir)*
  dos pulmões 992(f), 993-4
  frontal 342-4
    anatomia de superfície 342
    campo frontal do olho 343, 343(f)
    córtex motor primário 342
    córtex motor suplementar 343
    córtex pré-frontal 343-4
    córtex pré-motor 343
    síndrome 358
  hipocampal 382
  límbico 347-54
    desenvolvimento 383-4
    septo 352-3
    ver também formação, hipocampal
  occipital 346-7
    anatomia de superfície 346
    conexões 346-7
  olfatório, desenvolvimento 382
  parietal 345
    anatomia de superfície 345
    córtex somatossensitivo 345
    lóbulo inferior 345
    lóbulo superior 345
    sulcos 345
  piramidal, da tireoide 462
  piriforme 338, 386
  temporal 345-6
    anatomia de superfície 345
    áreas sensoriais polimodais 354
    assimetria 358
    córtex auditivo 345-6
    desenvolvimento 383
    input para a amígdala 354
    lesões 358
lobo insular 335, 346, 346(f)
  caudal 354
  desenvolvimento 383
  funções 346
  giros 346
  opérculos 335, 346, 383
  projeções para a amígdala 354
  rostral 354
  zonas 346
lóbulo(s)
  biventre posterior, do cerebelo 303
  central, do cerebelo 298
  da glândula mamária 930-1, 931(f), 933
  da orelha 618(f), 653
  das glândulas salivares 522
  do fígado 1173, 1174(f)
  do glomo carótico 447
  do lobo parietal 345
  do rim 1225, 1236(f)
  do testículo 1264(f), 1265
  dos pulmões 995
  paracentral, do hemisfério cerebral 335
locus ceruleus 240, 241, 291, 292, 294, 315, 316, 320
lordose 714, 743, 744, 745, 1041
  lombar, na gravidez 1300
lúnula, da unha 155
luteína 693, 1297
luz
  do apêndice vermiforme 1142-3
  ver também cavidade(s); espaço(s); tubo(s)

M

macrodontia 513
macrófagos 9, 35, 36(f), 73, 78-80, 79(f), 80(f), 609, 981
  alveolares 78, 78(f), 998, 1000, 1000(f)
  do omento maior 1104
  do timo 947
  fagocitose 78, 78(f)
  hepáticos 1175
  no baço 1195
  secreções 78, 80
mácula(s)
  crivosa 634
  da orelha interna 644
  densa, dos túbulos renais 1235, 1236(f), 1237, 1238
  do olho 688, 688(f), 689(f), 693
  do sáculo 637
  do utrículo 636, 636(f)
macula adherens(maculae adherents) *ver* desmossomos
magenstrasse 1115, 1116(f)
maldição de Ondina 1011
maléolo
  lateral 1416
    anatomia de superfície 1340
  medial 1412, 1413, 1413(f), 1415
    anatomia de superfície 1340
malformação
  adenomatoide cística congênita 1037
  da cartilagem cricóidea 579
  da face 607
  da placa ductal 1208
  das vértebras(lombossacrais) 772
  de Arnold-Chiari 770
  do ceco 1209
  do coração 974-5
malha trabecular 675, 677(f)
MALT *ver* tecido linfoide associado a mucosas(MALT)
mama 929-37
  alterações relacionadas com a idade 934-5, 935(f)
  anatomia de superfície 912
  anomalias 934
  ao nascimento 934
  artérias 931
  ausência 934
  broto 934, 1325
  câncer 933-4
    cirurgia 932
    cirurgia reconstrutora 933-4
    linfáticos 932
    sexo masculino 933

desenvolvimento 934
epitélio 27
estrutura 929-30, 930(f)
lactação 936, 936(f)
linfáticos 932
masculina 934, 936
microestrutura 932-3, 933(f)
na gravidez 931, 932, 936, 937
nervos 932
pele 930-1
pós-lactação 937
secreção proveniente da 32
supranumerária 934
tecido mole 930-1
veias 932
mamelões 509
"mancha cega" 694
manchas de Fordyce 499
mandíbula
abertura 537(f)
excêntrica 536-7
simétrica 538
espaço tecidual ao redor da 524, 524(f)
estalido 536
fechamento 536, 537
movimentos 513, 536-7, 537(f)
região dos dentes, quadrantes 509
travamento 536
ver também mandíbula; maxila
mandíbula 517(f), 527, 530-3, 531(f), 613
alterações relacionadas com a idade 532-3, 532(f)
anatomia de superfície 402-3
ângulo da 480, 532
corpo da 409, 480, 505, 530
fratura 480
parte alveolar 478, 480
desenvolvimento 604
edêntula 525, 533(f)
espaços teciduais ao redor da 524, 524(f)
forames acessórios 532
fratura 480
inervação 501
ossificação 533
ramos 402, 412, 418, 530-1, 538
manguito rotador 778, 806, 807, 812
doença do 807
manobra(s)
de Epley 639
de Pringle 1168
de Valsalva 407, 1118
manobra de Valsalva 407, 1118
manometria, esofágica 953
manúbrio
do esterno 407, 917, 917(f), 918, 984, 986
do martelo 627
mão(s) 857-98
anatomia de superfície 787
anomalias 906
artérias 620, 778, 890-3
articulações 868-78, 869(f)
como bomba venosa 860
desenvolvimento 905
direita, preferências 358
do recém-nascido 905
em garra 837, 888, 898
esquerda, preferência 358
fáscia 857-61
função 860
funções 887-90
infecção 861
intrinsic minus 888
ligamentos 869(f)
movimentos 871-2, 873(f)
coordenados 886-7
de abertura 888
de fechamento 887
mão fechada 888
músculos 878-86
extensores 778
intrínsecos(pequenos) 778, 881-6
nervos 895-8, 896(f)
ossos 861-8, 866(f)
palma 778
pele 857-61, 857(f), 858(f)
dorsal 857
inervação 858, 858(f)
linhas 857, 857(f)
nervos 858, 858(f)
palmar 857
pregas 857, 857(f)
suprimento vascular 857-8, 858(f)
tensão 860
posição anatômica 887
posição de repouso 889
preensões 889-90, 890(f)
símia 898
sistemas de polias 879, 880(f)
tecido mole 857-8, 857(f), 858(f)
veias 857, 858(f), 893(f), 894-5, 895(f)
mão em garra 888
mapa do destino, desenvolvimento do sistema nervoso 366(f)
mapas somatotópicos 386
marca-passo(s)
artificial 978
do coração *ver* nó(s), sinoatrial
marca-passo cardíaco 978
marcha 1391, 1392(f)
apoio unipodal 1391(f), 1392
atáxica 309
choque do calcanhar 1392, 1392(f)
de passos altos(equina) 1384
de Trendelenburg 1391
envolvimento muscular 118
marcha do glúteo médio 1391
na gravidez 1301
paralisia do glúteo médio/mínimo 1371
ver também andar
margem
afilada, do coração 963
da crista ilíaca 1355
do broto do membro
pós-axial 899
pré-axial 899
do coração 961(f)
anatomia de superfície 913
do membro inferior
pós-axial 1346
pré-axial 1346
do omento maior 1104
do omento menor 1102
do pulmão 993
falciforme 1350
inferior, do recesso costodiafragmático 991
infraorbital 409, 476, 476(f)
parietal 470, 471(f)
romba, do coração 963
supraorbital 409, 470, 471(f), 486
margem, anal 1155, 1156(f), 1158
margem, do acetábulo 1352, 1356
martelo 621(f), 623, 624, 627
desenvolvimento 598, 652
movimentos 628
ossificação 627
ver também ossículos da audição
masculinização, de feto feminino 1219
massa
lateral, das vértebras cervicais 718, 719, 720
pré-muscular 903
massa intermediária 239, 239(f), 244(f), 380
mastigação 499
dentes 513
músculos da 489, 538-40, 539(f)
mastite 934
mastoidite 626
máter
aracnoide *ver* aracnoide-máter
dura *ver* dura-máter
pia *ver* pia-máter
materiais, propriedades dos 119, 120(t)
cartilagem
elástica 120
fibrocartilagem 120
hialina 120
fáscia 120
ligamentos 120
osso 120, 120(f)
tendões 120
matriz
da cartilagem 81-3, 82(f)
da unha 155
estéril, da unha 155
extracelular 34, 36-8
desenvolvimento do coração 1016
embrionária 190-1
mutações 194
fibrilar 37
germinativa
da unha 155
do cérebro *ver* zona(s), ventricular
do pelo 151, 152, 152(f)
nervosa *ver* zona(s), ventricular
interfibrilar 37-8
mesangial 1234
miocárdica 974
óssea 86-7, 86(f)
subsarcolemal 108
maxila 409, 412, 476-8, 527, 613
alterações relacionadas com a idade 478
corpo da 476-7
face infratemporal 476
face nasal 476
face orbital 476
crescimento pós-natal 418
edêntula 525
face anterior 404,476
inervação 501
na cavidade nasal 549
no nascimento 478
ossificação 478, 613
processo alveolar 477
processo frontal 477, 547
processo zigomático 477
meato
acústico
externo 403, 412, 416, 469, 494(f), 615, 617, 620-2
artérias 621
desenvolvimento 602, 652-3
lesão 621
linfáticos 621
nervos 621-2
parte cartilagínea 620
parte óssea 620-1
relações 621
interno 425, 636
no nascimento 617
no recém-nascido 618
veias 621
externo, *ver também* orelha, externa
interno 633, 634, 636
acesso cirúrgico 649
ver também orelha, interna
nasal
inferior 550
médio 550-1
superior 551
supremo 551
uretral 1280
ver também orelha, externa
mecanismo de troca por contracorrente 1238

mecanismo multiplicador de contracorrente 1238
mecanismos de defesa pulmonar 989, 1005
mecanobiologia 124, 124(f)
mecanotransdução 124
mecônio 1210-11, 1213
  defecação prematura 1213
  passagem normal 1213
  passagem retardada 1213
mediastino 910, 939-57, 939(f), 942(f), 989
  definição 939
  imagens 954-7
    radiografia 954, 954(f)
    TC e RM 955(f), 956(f), 957
  inferior 939, 955(f)
    anterior 910, 939, 955(f), 956(f)
    média 910, 939, 955(f), 956(f)
    posterior 910, 939, 955(f), 956(f)
  linfonodos *ver* linfonodos(específicos), mediastinais
  tronco linfático direito 944
  desvio 1009
  superior 910, 939, 956(f), 984
  trajeto do ducto torácico *ver* ducto(s), torácico
  timo *ver* timo
  tumores 949
  trajeto do nervo vago 945
  suprimento vascular 939-41, 940(f), 941(f)
mediastinoscopia 941
mediastinostomia, anterior 941
medidas
  comprimento do recém-nascido 216
  diâmetros da pelve 1358, 1366
  distância entre as cristas ilíacas 1359
  do crânio 419-21
  sacral 1359
medula
  da glândula suprarrenal 1081, 1197, 1199(f), 1200
    desenvolvimento 375
  do ovário 1297
  do pelo 151
  do timo 947-8, 948(f)
  dos linfonodos 72, 73, 73(f), 74, 77
  espinal 226, 227(f), 257-73, 749-50, 750(f)
    alterações no embrião/feto 375
    aprisionamento da 772
    artérias 757, 758(f)
    camada intermédia 752
    canal 41, 226, 226(f), 230, 257, 275, 277, 278(f), 749
    características externas 257, 749
    colunas *ver* coluna(s), nervosa
    comprimento 749
    conexões com o cerebelo 303-5
    cornos
      anterior 226, 257, 258
      lateral 226, 227(f), 228
      posterior 226, 227(f), 228, 257, 258(f), 259, 260, 263, 267, 268, 269, 270
    da extremidade caudal(embrião) 1311(f)
    desenvolvimento 364(f), 369, 375-6
      indução 370-1
      padronização 370-1
    dividida(diastematomielia) 772
    dor 759
    fissura 749
    intumescências 749
    isquemia 757
    lâminas 375
    lesões 271-3, 272(f), 273(f), 757, 759
      classificação 271-3
      extradural 271, 758
      ganglionar 759
      intradural 271
      intramedular 271
    maturação 375
    meninges 751-2
    neurônios 257-8
    organização interna 257
    região lombar, desenvolvimento 375
    região torácica, desenvolvimento 375
    relação com a coluna vertebral 375
    relações 257
    sulcos *ver* sulco(s)
    término da 749
    tratos *ver* trato(s)
    veias 757, 759(f)
  oblonga(bulbo) 226, 228(f), 275-84
    características externas 275-7
    corte transversal 277(f), 279-80, 279(f)
    desenvolvimento 376(t), 377
    drenagem venosa 254
    estrutura interna 277-84
    formação piramidal 377
    herniação 296
    lesões 295
    núcleo reticular lateral 304, 306
    relações 275-7
    suprimento arterial 253
  óssea 74-5, 75(f), 85, 87, 88, 88(f), 91
    amarela 74-5
    gelatinosa 74
    terapia de reposição 75
    vasculatura 75
    vermelha 75
  renal 1228-9, 1230(f), 1232-3, 1234(f)
    suprimento vascular 1231-3
medula óssea *ver* medula, do osso
meduloblastoma, teto do quarto ventrículo 309
megacolo 1213
meiose 19, 22-3, 23(f)
meiose II 23
melanina 145, 148, 149
  corpo ciliar 681
melanismo 159
melanogênese 149
melanopsina 692
melanossomos 149, 152, 682
membrana
  anal 1212, 1307
  atlanto-occipital
    anterior 733
    posterior 733-4
  basal 33-4
    do miocárdio 1016
    glomerular 1235
  basilar, da cóclea 634, 635(f), 640
    vibração 646
  bucofaríngea 185(f), 186, 189, 367, 368(f)
  cloacal 186, 1212, 1307, 1308(f), 1311(f), 1322, 1323(f)
    ruptura 1312, 1323
  cricotireóidea 581
  cricovocal 581
  de Bruch (lâmina basilar da corioide) 679, 680
  de Descemet(lâmina limitante posterior) 33, 675, 678(f), 679, 702
  de Elschnig 694
  de Heuser 173
  de Jackson 1104
  de mielina 50
  de Reissner(vestibular) 634, 640 serosa 1213
    peritônio *ver* peritônio
    pleura *ver* pleura
    ver também serosa
  do períneo 1094
  do prosencéfalo 189
  dos estatocônios 636, 637
  exocelômica 173
  fetal 180-2
  frenoesofágica 1009
  hialina 151, 152(f)
  himenal não perfurada 1317
  intercostal
    externa 924, 926, 929
    interna 919, 925
  interóssea 871
    da perna 1411, 1412(f)
    do antebraço 839-40
  limitante glial *ver glia limitans*
  limitante interna, da retina 692-3
  mucosa *ver* mucosa
  nuclear 18-19, 18(f)
  obturadora 1352, 1352(f)
  orofaríngea 604
  otolítica 636, 637, 637(f), 639, 643
  plasmática, da célula *ver* membrana plasmática
  pleuropericárdica 1014, 1014(f)
  pleuroperitoneal 1014, 1014(f), 1015
  pupilar
    desenvolvimento 702
    persistência 702
  quadrangular 581
  resistente a "detergente" 4
  sináptica 46, 47
  sinovial 82, 83, 99, 99(f), 100, 100(f)
    de cada uma das articulação *ver as articulações individuais*
  suprapleural 989, 993
  sutural 97
  tectória 635(f), 640, 642, 720, 734, 735
  timpânica 404, 602, 617, 618, 622(f), 624
    desenvolvimento 602
    microestrutura 624
    na audição 646
    nervos 624
  tireo-hióidea 579
  urogenital 1307, 1312, 1318(f)
membrana basal *ver* membrana
membrana nuclear(envoltório) 3(f), 18-19, 18(f)
membrana plasmática 3(f), 4-9, 17(f)
  células uroteliais 28(f)
  do axônio 43
  face P 4
  mecanismos de transporte 9
  potencial da 63
membro(s)
  defeitos nos, tamanho reduzido 906
  desenvolvimento 899-902
    elementos esqueléticos 902-3
  inferiores 759, 1331-47
    anatomia de superfície 1340-6
      artérias 1344
      esqueleto 1340-1, 1341(f)
      ligamentos 1341-4
      músculos 786-7
      nervos 1344-6, 1345(f), 1346(f)
      veias 1334-5, 1335(f), 1344
    anomalias 1463-4
    artérias 1332(f), 1333, 1333(f)
      desenvolvimento 1463, 1464(f)
    articulações 1331
    bombas musculares 1334-5
    compartimentos 1330-1
    exame 1340(t), 1346
    fáscia 1329-30
    interface pélvica 1041
    linfáticos 1336, 1336(f)
    músculos 1331-3
    nervos 260, 1093, 1336-40, 1338(t)
      autônomos 1338
      lesões 1340(t)
      segmentação 1339(t), 1340(t)
    ossos 1331, 1331(f)
      suprimento arterial 1333
    pele e tecidos moles 1329-30
    perfurantes arteriais 1333-4, 1333(f), 1334(f)
    procedimentos médicos 1346-7
    pulsos 1344
    reflexos 1346
    vias de acesso para os 1329(f)
    ver também perna
  superiores 777

anatomia de superfície 785-8, 788(f)
artérias 787-9
articulações 785-6
linfonodos 789
músculos 778, 786-7
nervos 789
ossos 785-6
pele/fáscia/tecido mole 785
veias 789
anomalias 906
artérias 778, 778(f), 779, 779(f), 814-17
anomalias 906
articulações 778
desenvolvimento 905-6
fáscia 778
linfáticos 779, 781(f), 818
movimentos 784(t)
músculos 784(t), 785(t)
nervos 779-85, 784(t), 785(t), 818-22
autônomos 781-2
ossos 777-8
pele 778
procedimentos médicos 787-8, 788(f)
pulsos 787
recém-nascido 905-6
reflexos 789
tecido mole 778
veias 778, 781(f), 817-18
ver também braço
memória
lateralização 358
mnemônica, circuito de Papez 347
não verbal, hemisfério direito 358
perda de *ver* amnésia
semântica 358
verbal, hemisfério esquerdo 358
menarca 1325
meninge(s) 390
cranianas 425-34
desenvolvimento 390
espinais 751-2
primária 389
primitiva 389
meningite 52
meningocele 772
meningomielocele 772
menisco(s) 101, 102
da articulação do punho 868-70
de Kuhnt 694
do joelho 1340, 1397-8, 1398(f)
alterações relacionadas com a idade 1398
do tipo Wrisberg 1397
lateral 1398
discoide 1398
medial 1398, 1398(f)
nervos 1398
rupturas 1397
homólogo 871
menopausa
alterações mamárias 936
alterações ováricas 1297
meralgia parestética 1381
merosina 33, 107
mesângio 1235
mesaxônios 50, 50(f), 51
mesencéfalo(cérebro intermediário) 226, 228(f), 287-92
características externas 287-8
desenvolvimento 362, 362(f), 380
drenagem venosa 255
esplancnopleural 610
estrutura interna 288-92
lesões 295-6
percepção da dor 267
relações 288
suprimento arterial 253
mesênquima 186, 189-90, 534
angioblástico 203, 367
desenvolvimento do coração 1016
angiogênico
desenvolvimento da face 602
desenvolvimento do intestino anterior 1203
desenvolvimento do pâncreas 1207
desenvolvimento do timo 609
desenvolvimento dos ductos biliares 1208
desenvolvimento dos pulmões 1034
axial 198-9
cardíaco 1016, 1017, 1207
formação 1016, 1023
ver também mesênquima, pré-cardíaco; mesênquima, septo transverso
craniano 596
crista neural
desenvolvimento da hipófise 367
desenvolvimento das pálpebras 702-3
desenvolvimento dos genitais externos 1324
desenvolvimento dos olhos 699
não neuronal 365
ver também crista neural
da cabeça 699
desenvolvimento da pia-máter 389
dos esclerótomos 767, 768
esplâncnico, desenvolvimento do peritônio 1213
esplancnopleural 203, 207, 772, 1220
desenvolvimento do esôfago 1203-4
desenvolvimento do intestino 1203
desenvolvimento do sistema nervoso entérico 1213
desenvolvimento dos pulmões 1013-14, 1032, 1033, 1034
estágio dos planos corporais 197
extraembrionário, que reveste o saco vitelino 180
frontonasal 602, 613
hepático 1221
interações epiteliais 194, 194(f)
desenvolvimento do intestino 1203
metanefro 1308
intermediário 203, 1305
interzonal, das articulações em desenvolvimento 902
mediastinal 1016, 1023
metanéfrico 1308, 1309, 1309(f)
não neuronal, da crista neural 365
não segmentado 201, 763
pancreático 1207
para-axial 186, 201, 361, 361(f), 365
desenvolvimento 763-4, 763(f), 764(f)
desenvolvimento das meninges 389
formação dos somitos 763
segmentação 763-4
somítico 365
paraesofágico 1214
periótico 651, 652
placa lateral(somatopleural) 186, 187(f), 201, 899, 903
pré-cardíaco 201, 1207
pré-cordal 184, 186, 201, 373, 702
derivados musculares 599(f)
prega da veia cava 1216
pré-somítico 199, 201, 763
pré-somítico *ver* mesênquima, para-axial
primário 596
seio urogenital 1324
septo transverso 1013, 1203
desenvolvimento do fígado 1207, 1208(f)
somático 1209
somatopleural 201, 772, 1209
ver também mesênquima, placa lateral
transição epitelial 702, 764, 1324
bolsa omental peritoneal 1216
crista neural 365
formação dos esclerótomos 764
somitos 764-7, 767(f)
vascular, desenvolvimento do corpo vítreo 702
mesentério
bilaminar 1099, 1216, 1217
da crista gonadal 1313
desenvolvimento 1210(f), 1214
do apêndice vermiforme 1105, 1217
do colo transverso 1104-5, 1217-18
do esôfago(embrionário) *ver* mesoesôfago
do estômago *ver* mesogástrio; omento
do intestino anterior 1214
do intestino delgado 1099, 1105, 1217, 1218
dorsal(mesêntero) 1099, 1204, 1206, 1208
desenvolvimento 1214
desenvolvimento da bolsa omental 1216
fixação parietal mediana 1217
mesocolo 1217
raiz, origem 1209, 1211, 1217
fixação parietal mediana 1206
funções 1214
linhas de reflexão 1214
nomenclatura 1214
raiz 1099
raiz, origem 1208, 1217
ventral 1099, 1206, 1214, 1216
persistência 1099
ver também peritônio
mesêntero *ver* mesentério, dorsal(mesêntero)
mesiodente 513
mesoapêndice 1105, 1145, 1217
mesoblasto
cardiogênico 186
extraembrionário 173-4, 175, 180, 181(f), 183, 183(f)
intraembrionário 186
mesocárdio, dorsal 1016, 1018
mesocolo 1217
fusão do omento maior 1218
sigmoide 1105
transverso 1104-5, 1146
mesoderma 189, 190
mesoduodeno
dorsal 1206, 1208
ventral 1206, 1214, 1216
mesoesôfago 1203, 1214
ventral 1214
ver também septo(s), transverso
ver também mediastino
mesoesterno 917
subcostal(décima segunda torácica) 916, 921
mesogástrio 1099, 1216
dorsal 1204, 1206, 1208(f), 1215(f), 1216
desenvolvimento do baço 1218
fusão com o peritônio 1216
secundário 1215(f), 1216
ventral 1102, 1204, 1206, 1208(f), 1216
ligamentos do fígado em desenvolvimento 1214
mesogenital 1313, 1320
mesométrio 1285, 1288
mesonefro 206, 1263, 1267, 1269, 1305, 1305(f), 1306(f), 1307
atrofia 1307
masculino *vs* feminino 1316(t)
mesórquio 1320
mesorreto 1151-3, 1152(f), 1153(f), 1155, 1218
imagem por RM 1151, 1152(f), 1153
mesossalpinge 1285, 1293, 1294
mesossigmoide 1148, 1155
mesotélio
peritônio 1099, 1110
saco vitelino 180
mesotélios 4
mesovário 1285, 1294-5, 1321
meta-arteríolas 134
metaesterno *ver* processo, xifoide
metáfase
divisão celular 21
meiose 22-23
metaloproteinases da matriz 175, 1299
metameria 763

metanefro 206, 1305(f), 1306(f), 1307-12, 1309(f)
subida do rim 1310, 1316(f)
metaplasia 39
metatálamo, desenvolvimento 380
metencéfalo 226, 228(f)
desenvolvimento 362(f), 377
miastenia grave 948
micção 1253, 1254
centro de controle 1255(f)
microdontia 513
microespículas 14
microfilamentos 6(f), 7, 14
microftalmia 699
microgna tia 607
microssomia hemifacial 418-19, 607
microtia 618
microtúbulos 3(f), 14(f), 16(f)
desmontagem 16
estabilidade 16
microvilos 3, 14, 18(f)
do endométrio 1297
dos enterócitos 1133
revestimento celular 1133
midríase 685
mielencéfalo 605
desenvolvimento 362(f), 376(t), 377
ver também medula, oblonga
mielina 41, 42, 50-1, 50(f)
diferenças SNC/SNP 50
mutações 51
secreção 5
ultraestrutura 51, 51(f)
mielinização 50-1, 50(f)
medula espinal 375
nervos cranianos 389
nos recém-nascidos/bebês 389
mielocele 772
mielopatia 271
mineralização
dentes 514
osteoide 87, 89(f), 91, 93, 95(f), 96
miocárdio 139, 141, 142, 143
desenvolvimento 1016
primário 1022
miócitos *ver* células(específicas), miócitos
miofibrilas 110(f)
músculo cardíaco 140(f)
músculo esquelético 106, 106(f), 107(f), 108(f), 110(f)
miogênese 115-17
desenvolvimento 115-17
fatores de determinação 115
miogenina 115, 117(f), 772
mioglobina 111
miomesina 106
miométrio 1291
imagem por ressonância magnética 1292, 1292(f)
miopia 688
miose 685
miosinas 15
músculo cardíaco 143
músculo esquelético 106, 111, 112, 112(t)
músculo liso 127, 128, 129(f)
miótomos 231, 764, 764(f), 772
formação 766(f), 772
membro inferior 1338(t), 1339(t), 1340(t), 1346
miotubos 115-16, 116(f)
heterocariótico 772
primários 115, 116(f)
secundários 115, 116(f)
terciários 115, 116(f)
mitocôndrias 3(f), 4, 13-14, 13(f)
endométrio 1297
epitélio do túbulo renal 1237
músculo cardíaco 13(f), 140(f), 141, 142
músculo esquelético 107, 107(f), 110(f), 111
músculo liso 13
mitose 19, 21-2, 21(f), 22(f)
quântica 193
modelo da "unidade radial" 386
modelo do "protocórtex" 386
modíolo
da cóclea 634, 652
do ângulo da boca 487, 488, 489
molares *ver* dentes
molécula de adesão das células vasculares 1(VCAM-1) 137
moléculas
de adesão celular *ver* moléculas de adesão celular
matriz extracelular 36-8
moléculas de adesão celular 5-7, 137
amnióticas 175(f), 180, 181, 182
dependentes de cálcio 5
desenvolvimento do rim 1308
intracelulares 6
não dependentes de cálcio 5-6
no embrião 137
podócitos, epiteliais, no metanefro 1308
moléculas de adesão *ver* moléculas de adesão celular
momentos 117-18, 118(f)
monoaminas 47
monte do púbis 1279, 1279(f)
montículo, aórtico 964
morfogênese 194-5
segmentação do tubo neural 371
morte
celular 27
perinatal 1299
tronco encefálico 275, 295
mórula 171, 171(f)
motores principais 114-15
movimento(s)
andar *ver* marcha; andar
controle
córtex motor suplementar 343
papel dos núcleos da base 332
da articulação do tornozelo 1443
da caixa torácica 926
da coluna vertebral 743-4
da face 488-9
da mandíbula 513
da mão 871-2, 873(f)
das articulações
abdução/adução 103
angulação 103
biomecânica 117-20
circundução 103, 806
dorsiflexão 103
extensão 103, 103(f)
flexão 104
flexão plantar 103
oposição 864
ovoide das 102, 103
pronação 868-70
rotação 121, 122(f), 123, 123(f)
rotação axial 103
supinação 868, 872(f)
translação 103
ver também as articulações individuais
das pregas vocais 591
distúrbios, dos núcleos da base 326
do cíngulo do membro superior 803
do embrião 903
do feto 903
do olho *ver* olho e bulbo do olho, movimentos
do polegar 864, 888-9, 889(f)
dos cílios 17-18
dos espermatozoides 1275
dos flagelos 17-18
dos lábios 488-9
dos ossículos da audição 628, 646
dos ossos 122, 123(f)
dos pés *ver* pé, movimentos
execução dos 358
falta de coordenação, lesões do neocerebelo 309
fino, coordenação
falta de coordenação nas lesões do neocerebelo 309
papel do cerebelo 308-9
inclinação da cabeça 644(f)
modiolar 489
papel do córtex motor primário 342
preparação, papel do córtex pré-motor 343
respiração *ver* respiração
ver também os outros movimentos específicos
movimento de Bennet 536
movimentos sacádicos(do olho) 661, 663
MPTP, parkinsonismo provocado pela 333
mucinas 39, 1297
muco 39
mucosa 39
alveolar 499(f)
da bexiga urinária1245, 1247
da bochecha 499
da laringe 582
da língua 503
do dorso da língua 507
da tuba auditiva 564
da uretra 1252, 1253
da vesícula biliar 1181
de Barrett 952
do colo do útero 1292
do dorso da língua 500, 507
do estômago 1113-14, 1115, 1116(f), 1120, 1121(f), 1206
desenvolvimento 1204
do intestino 1050
delgado 1133-5
grosso 1160-1
do intestino delgado 1133-5, 1134(f)
desenvolvimento 1209-11
dos lábios 467, 499
dos seios paranasais 556
esofágica 951-2, 952(f), 1113-14
desenvolvimento 1203
recém-nascido 1204
nasal 551-2
oral 500-1
drenagem linfática 500-1
gengival 500
inervação 501
mastigatória 500-1
do dorso da língua 500
gengival 500
palatina 500
revestimento 500
suprimento arterial 500
ver também gengiva(s)
timpânica 629
vaginal 1281
vesical, da bexiga urinária 1245, 1247
muscular da mucosa 1050, 1051
do canal anal 1157
do estômago 1122
do intestino delgado 1135
do intestino grosso 1161
do reto 1051, 1157-8
muscular da submucosa do ânus 1157
muscular externa 1050, 1051
do esôfago 952
do estômago 1050, 1122, 1204, 1206
do intestino delgado 1135
do intestino grosso 1161-2
do martelo 628
músculo transverso da nuca 289
músculo transverso do mento 487
músculos(de órgãos ou regiões)
acessório, da ventilação 924-6
craniofaciais 397, 481-9
bucolabial 486-8
circum-orbital 482-6
epicrânico 481-2

nasal 486-8
palpebral 482-6
da bexiga 1247-8
da cavidade timpânica 628
da coxa 1332, 1372-8, 1373(f)
compartimento anterior 1372-4
compartimento medial 1374-6
compartimento posterior 1376-8
da expressão facial 40, 481-9
da face 481-9, 607
da faringe 561, 561(f), 568-72, 569(f), 570(f)
da íris 682, 684-5
da laringe 583, 585-7, 586(f)
extrínsecos 585
intrínsecos 585-7, 585(f)
da língua 503-5, 504(f)
extrínsecos 503
intrínsecos 503
da mão 878-86
extensores 778
pequenos(intrínsecos) 778
da mastigação 489, 538-40, 539(f)
da orelha, média 628
da pálpebra 482, 659, 660, 703
da parede do abdome
anterior 1060-5
posterior 1070-2, 1071(f)
da parede do tórax 909-10
da parede do tórax 924-6
da pelve 1083-5, 1083(f)
feminina 1084(f)
da perna 1332, 1417-24
da próstata 1259
da região do ombro 778, 807-12
da região glútea 1331, 1368-72, 1369(f), 1391-2
da região ilíaca 1331, 1367-8, 1391-2
da uretra 1250, 1252, 1311
das bochechas 482-6
do abdome
anterolateral 1060-6
desenvolvimento 772
do antebraço 845-52
compartimento anterior 845-8
compartimento posterior 848-52
do arco faríngeo 599-600, 599(f), 600(f)
do assoalho da boca 501
do braço 778, 823(f), 824-8, 824(f)
compartimento anterior 824-6
compartimento posterior 826-7
do canal anal 1158-9, 1158(f)
do cíngulo do membro superior
anterior 778, 807-8
posterior 778, 807-8
do clitóris 1281(f)
do dorso 736-43, 737(f)
do duodeno 1127
do escroto 145(f), 1262
do esôfago 1114(f)
do estômago 1114(f), 1204, 1206
do joelho 1332, 1407-8
do membro inferior 1331-3
do membro superior 778
do punho 778
do olho, extraocular 482-6, 655, 658-65, 659(f), 660, 661, 662(f), 663(f), 702
do palato mole 568-72
do pavilhão, da orelha 619-20
do pé 1331, 1332, 1450-5
do períneo 55(f), 1093-7, 1093(f), 1095(f)
do períneo feminino 1283(f)
do pescoço 440-4
cervical 440-1
infra-hióideo 442
trígono anterior 441-3
do tronco, dorsal, desenvolvimento 772
do tronco, ventrolateral, desenvolvimento 772
do vestíbulo 1281(f)
externos do nariz 548-9
hipotenar 884-6
tenar 881-4
músculos(específicos)
abaixador do ângulo da boca 485(f), 486, 487, 607
abaixador do lábio inferior 484(f), 485(f), 486-7
abaixador do septo 302(f), 476, 482, 483(f), 549
abdutor do dedo, mínimo
da mão 883-4, 883(f), 884
do pé 1452
abdutor do hálux 1451
anatomia de superfície 1344
abdutor do polegar
curto 883-4, 883(f)
longo 848(f), 850-1, 850(f), 879
adutor
do polegar 787, 883(f), 884
magno 1332, 1332(f), 1375(f), 1376,1391
adutor curto 1375-6, 1375(f), 1391
adutor do hálux 1454
adutor longo 1375, 1375(f), 1391
anatomia de superfície 1052, 1342
ancôneo 778, 850
antitrágico 620
arco axilar 811
ariepiglótico 585
aritenóideo
oblíquo 585
transverso 585
articular do cotovelo 827
articular do joelho 1374
ações 1374
auriculares 600, 619-20
anterior 538
oblíquo 620
superior 538
transverso 620
bíceps braquial 778, 786, 823(f), 825-6
anatomia de superfície 786
teste 826
bíceps femoral 1332, 1377
anatomia de superfície 1343
branquial 225
braquial 823(f), 826
teste 826
braquiorradial 786, 848-9, 848(f)
anatomia de superfície 786
bucinador 405, 484(f), 485(f), 487, 530, 538, 541, 573
bulboesponjoso 1095, 1095(f), 1096-7, 1098, 1280, 1284
ações 1096-7
ejaculação 1275
ceratocricóideo 585
ciliar 669, 681, 683(f)
cleido-hióideo 442
coccígeo(isquiococcígeo) 1046, 1083-4
condroglosso 503-4
constritor, da faringe
inferior 569(f), 570(f), 571
médio 569(f), 570(f), 571
superior 565, 566, 569(f), 570(f), 571
coracobraquial 778, 824-5, 827, 828, 829(f)
anatomia de superfície 786
teste 825
corrugador, do supercílio 486
cremaster 1064, 1261(f)
funções 1064
cricoaritenóideo 578(f), 579
lateral 578(f), 579, 585-7
posterior 585
cricofaríngeo 572, 951, 953
distúrbio de relaxamento 953
cricotireóideo 578(f), 579, 587
desenvolvimento 600
paralisia 592
cucular *ver* músculos(específicos), trapézio
da faringe
inferior 1204
papel na ventilação 1012
superior, constritor 530
da língua, intrínseco 767, 772
da mastigação 532, 600
da úvula 571
dartos 1060, 1262
de Müller(fibras circulares do músculo ciliar) 545, 660
de Passavant 563, 565(f), 571
deltoide 778, 786, 807(f), 809-10
anatomia de superfície 786
detrusor da bexiga 1247-8
diafragma 1007
digástrico 441, 539
desenvolvimento 600
digital palmar, comum 857
dilatador da pupila 668, 682-4, 685(f), 701
dilatador do nariz
anterior 549
posterior 549
do abdome, anterolateral 1060-6
do jarrete 1332, 1377
do piloro 1204
do trígono da bexiga
profundo 1248
superficial 1248
epicrânico 481-2, 600
eretor da espinha 738-40, 738(f), 1072
anatomia de superfície 738
eretor do pelo 146(f), 150, 151, 152, 153
escaleno
anterior 407, 443, 986
médio 443
posterior 443-4
esfíncter
da pupila 669, 682, 684
da uretra
distal 1254
externo 1251, 1252
do ânus
externo 1159
diferenças sexuais do 1159, 1159(f)
lesão do 1160
do esôfago, superior 572, 573
palatofaríngeo 571
espinal 738-9
da cabeça 738
do pescoço 738
do tórax 738
esplênio
da cabeça 737
do pescoço 737-8
estapédio 600, 628
desenvolvimento 652
esternal 808
esternocleidomastóideo 406, 407, 441, 607, 614
anatomia de superfície 440
inervação 460
nervos 460
esternocostal 918, 925, 963
esterno-hióideo 442, 985
esternotireóideo 442, 985
estilofaríngeo 539, 569(f), 571, 600
estiloglosso 504, 504(f), 539
estilo-hióideo 442, 504(f), 600
extensor do dedo mínimo 849-50, 879
bainha sinovial 879, 882(f)
extensor do hálux
curto 1455
longo 1332, 1343, 1417-18
anatomia de superfície 1344
extensor do indicador 778, 850(f), 851
bainha sinovial 879
curto, da mão 851
extensor do polegar
curto 778, 848(f), 850(f), 851
bainha sinovial 879

longo 778, 786, 787, 788(f), 789, 848(f), 850(f), 851
bainha sinovial 879
extensor dos dedos 787, 848(f), 849, 887, 888
bainha sinovial 879, 882(f)
curto 1343, 1455
anatomia de superfície 1344
longo 1418-19
anatomia de superfície 1344
extensor radial do carpo
bainha sinovial 879
curto 848(f), 849
longo 848(f), 849
extensor ulnar do carpo 787, 848(f), 850, 878(f), 879, 887
extrínsecos do bulbo do olho 482-6, 655, 658-65, 659(f), 660, 662(f), 663(f)
ações 661
desenvolvimento 702
facial 600
fibular
anatomia de superfície 1343
curto 1416, 1417(f), 1418(f), 1419, 1420
bainha sinovial 1420
longo 1416, 1419-20
bainha sinovial 1419-20
terceiro 1332, 1417(f), 1418(f), 1419
variantes 1420
flexor acessório 1423
longo 1423
flexor do dedo mínimo, curto 1454
flexor do hálux
curto 1453-4
longo 1423, 1451
anatomia de superfície 1344
flexor do polegar
curto 881, 883, 883(f)
longo 778, 783(f), 784(t), 785(t), 848
bainha sinovial 868(f), 879-80
teste 848
flexor dos dedos
acessório 1453
curto 1451-2
do polegar, bainha sinovial 678(f)
longo 1423
anatomia de superfície 1344
profundo 783(f), 784(t), 785(t), 847-8, 853(f), 886
teste 848
superficial 778, 783(f), 846-7, 846(f), 886
bainha sinovial 868(f), 878(f), 879-80
teste 847
flexor radial do carpo 783(f), 784(t), 845-6, 846(f)
teste 846
flexor ulnar do carpo 783(f), 784(t), 846(f), 847
teste 847
gastrocnêmio 1332, 1420-1
anatomia de superfície 1343
suprimento sanguíneo 109, 1420-1
gêmeo 1331, 1391
inferior 1372
superior 1372
genioglosso 503, 530
genio-hióideo 502, 530, 539
glúteo máximo 1331, 1369, 1369(f), 1389, 1391
ações 1369
fixações 1368
relações 1368-9
suprimento sanguíneo 109, 1369
suprimento vascular 1369
glúteo médio 1331, 1369-70, 1369(f), 1389, 1391
ações 1370
anatomia de superfície 1342
fixações 1369
glúteo mínimo 1331, 1370, 1388, 1389, 1391
ações 1370
fixações 1370
relações 1370
suprimento vascular 1370
grácil 1332, 1374-5, 1374(f), 1391
ações 1375
anatomia de superfície 1343
fixações 1374-5
relações 1375
suprimento sanguíneo 109
suprimento vascular 1375
hioglosso 503-4, 504(f)
hipotenar 884-6
ilíaco 1072, 1331, 1368, 1387, 1391
iliococcígeo 1083-4
iliocostal 739
do lombo 739
do pescoço 739
do tórax 739
iliopsoas 1367, 1368, 1391
incisivos do lábio
inferior 482(f), 483(f), 488
superior 482(f), 483(f), 488
infraespinal 778, 812, 813(f)
infra-hióideos 442
intercostais 924-5, 925(f)
externos 924, 1011
internos 925, 1011
íntimos 925
papel na fala 590
papel na respiração 1012
interespinais 741
interósseos
dorsais
da mão 877, 883(f), 885-6, 885(f)
do pé 1454-5, 1454(f)
palmares 883(f), 885, 885(f)
plantares 1454(f), 1455
intertransversários 741
laterais 741
mediais 741
isquiocavernoso 1096
isquiococcígeo 1083-4
latíssimo do dorso 747, 778, 786, 811
anatomia de superfície 786, 910, 912, 912(f)
suprimento sanguíneo 109, 811
levantador da escápula 810
levantador da pálpebra
superior 656, 657, 658-9, 661, 667, 671(f), 703
levantador do ângulo da boca 482(f), 483(f), 484(f), 485(f), 486
levantador do ânus 1046, 1078, 1083-4, 1092, 1092(f), 1289
levantador do cóccix 1289
levantador do lábio superior 482, 483(f), 484(f), 486, 486(f), 607
e da asa do nariz 486, 549, 607
levantador do véu palatino 541, 568-9, 569(f), 570(f)
levantador, da tireoide 462
levantadores, das costelas 925
curtos 925
longos 925
longitudinal
da língua 504
inferior 504
superior 504
transverso 504
vertical 504
do estômago 1204
do intestino delgado 1211
do intestino grosso 1212
longo
da cabeça 443
do pescoço 443
lumbricais
da mão 883(f), 886
variações 886
do pé 1453
maior e menor da hélice 620
manguito rotador 778, 806, 812
doença 807
massa posterior 1071
masseter 532, 538, 538(f)
ações 538
hipertrofia 538
inervação 538
relações 538
suprimento vascular 538
mentual 482(f), 483(f), 484(f), 485(f), 486
milo-hióideo 501
desenvolvimento 600
inervação 501
suprimento vascular 501
multífido 740(f)
muscular
intestino delgado 1211
intestino grosso 1212
muscular da mucosa 39
muscular externa(da mucosa) 39
nasal 482(f), 483(f), 484(f), 486, 549
transverso 607
oblíquo 660
da cabeça, inferior 742
da orelha 620
externo 1041, 1061, 1063
anatomia de superfície 910, 912(f), 913
aponeurose 1058(f), 1060, 1062(f), 1063
artérias e nervos 1063
fixações 1063
inferior 657, 658, 660
interno 1041, 1061, 1064
artérias e nervos 1064
fixações 1064
variações/defeitos 1064
superior 657, 660, 661
superior 742
obturador 1391
externo 1331, 1369(f), 1371-2, 1388
ações 1372
fixações 1371-2, 1371(f)
relações 1372
interno 1046, 1083, 1085, 1331, 1369(f), 1371
fixações 1371
relações 1371
suprimento vascular 1371
occipitofrontal 481, 659
oculogiro 307
omo-hióideo 442
oponente
do dedo, mínimo, da mão 884-5
do polegar 883(f), 884
orbicular da boca 484(f), 487-8, 573, 607
orbicular do olho 482, 486, 535, 655, 658, 659, 669, 670, 674, 703
desenvolvimento 703
orbital 545, 660
palatofaríngeo 570-1, 570(f)
palatoglosso 504, 506, 569-70
desenvolvimento 600
palmar curto 857, 883(f), 885, 885(f)
palmar longo 846(f), 847
anatomia de superfície 786
teste 847
panículo carnoso(vestígios) 607
papilar 966, 967, 972
pectíneo 1332, 1376, 1387, 1391
pectíneos, do átrio direito 964
peitoral
maior 778, 786, 807-8, 809(f)
anatomia de superfície 786
suprimento sanguíneo 109
menor 808
mínimo 808
peroneal *ver* músculos(específicos), fibular
peroneotibial 1408
piramidal 1056(f), 1057(f), 1063
piriforme 1331, 1369(f), 1371, 1391
fáscia sobre o 1086

fixações 1371
relações 1371
suprimento vascular 1371
plantar 1332, 1421
platisma 257, 436, 437, 438, 440, 483(f), 484(f), 488, 538, 607
poplíteo 1332, 1407-8
menor 1408
pré-prostático 1248, 1250, 1253
pré-vertebral 442, 453
principal, do polegar 857
prócero 486, 548-9
pronador quadrado 846(f), 848
teste 848
pronador redondo 778, 840(f), 845, 846(f)
teste 845
psoas
abscesso 1368
maior 259(f), 1041, 1070, 1071, 1331, 1367-8, 1367(f), 1387, 1391
menor 1072, 1331, 1367(f), 1368
pterigóideo 610
lateral 527, 532, 538-9, 539(f), 540
ações 539
inervação 539
relações 538-9
suprimento vascular 539
medial 527, 532, 539
puboanal 1083, 1084
pubococcígeo 1083-4
inervação 1085
puborretal 1083, 1085
desenvolvimento 1323
pubouretral 1083
pubovaginal 1083
quadrado do lombo 985, 1041, 1070-1, 1071(f)
ações 1071
inervação 1071
relações 1071
relações com a fáscia perirrenal 1227, 1228
suprimento vascular 1071
variações 1071
quadrado femoral 1331, 1369(f), 1372, 1391
fixações 1070-1, 1372
quadríceps femoral 1373
ações 1374
anatomia de superfície 1342
redondo
maior 778, 786, 812-13
anatomia de superfície 786
teste 813
menor 778, 813-14
relaxador do tímpano(externo do martelo) 628
retináculo dos músculos extensores 857
retináculo dos músculos flexores 857
reto da cabeça
anterior 442-3, 442(f)
lateral 442(f), 443
posterior(maior e menor) 742
reto do abdome 1041, 1056(f), 1057(f), 1058(f), 1061, 1062(f)
anatomia de superfície 912(f), 913, 1053
artérias 1061
bainha 1061
diástase 1063
fixações 1061
inervação 1061
separação do 1300
reto do bulbo do olho 659-60
inferior 657, 658, 660, 671
lateral 656, 658, 659(f), 660
medial 658, 660
relações 659
superior 660
reto esternal 808
reto femoral 1332, 1373, 1388
anatomia de superfície 1342
fixações 1373
relações 1373
suprimento vascular 1373
retococcígeo 1151
retouretral 1151
risório 488, 538
romboide
maior 722, 736(f), 810, 810(f)
menor 736, 736(f), 737, 810-11, 810(f)
occipital 810
teste 811
rotadores 740
da cabeça 740
do pescoço 740
do tórax 740
salpingofaríngeo 571
sartório 1332, 1372-3, 1374(f), 1391
ações 1373
anatomia de superfície 1342
suprimento vascular 1372-3
semiespinal 741
da cabeça 741
do pescoço 741
do tórax 741
semimembranáceo 1332, 1377
anatomia de superfície 1343
semitendíneo 1332, 1374(f), 1377
anatomia de superfície 1343
serrátil
anterior 808, 809(f), 811-12
anatomia de superfície 786, 913
teste 812
posterior
inferior 925-6, 926(f)
superior 925
sóleo 1332, 1421-2
anatomia de superfície 1343
subclávio 808, 809(f)
subcostais 925
subescapular 778, 807, 809(f), 812
suboccipitais 742-3
supinador 850(f), 851-2
fixações 841(f), 851
supraespinal 778, 812, 813(f)
paralisia 806
teste 812
supra-hióideos 263, 438(f), 440, 501
suspensor, do duodeno 1127
tarsal
inferior 658
superior 659, 661
temporal 404-5, 532, 538, 538(f), 610
ações 538
inervação 538
relações 538
suprimento vascular 538
temporoparietal 482
tenar 881-4
tensor da fáscia lata 1331, 1367(f), 1368, 1374, 1391
ações 1368
retalhos perfurantes 1381
suprimento sanguíneo 109, 1368
tensor do tímpano 617, 623, 626, 628
desenvolvimento 600, 652
tensor do véu palatino 50, 529, 539, 541, 543, 569-70, 569(f), 570(f)
desenvolvimento 600
tibial
anatomia de superfície 1343
anterior 1332, 1343, 1417-18
posterior 1423-4
segundo 1424
tireoaritenóideo 582(f), 585, 587
superior 587
tireoepiglótico 587
tireofaríngeo 572
tireo-hióideo 442
trágico 620
transverso do abdome 985, 1041, 1061, 1062(f), 1064, 1070
do tórax 925, 925(f)
fixações 1064
variações/defeitos 1064
transverso do períneo
profundo 1094
superficial 1096
transversospinais 744
trapézio 406, 607, 746, 747, 809
anatomia de superfície 912(f), 913
inervação 460
nervos 460
tríceps 778, 823(f), 825(f), 826-7
anatomia de superfície 786
braquial 113, 795
sural 1420, 1421, 1422
ações 1422
teste 827
vasto
intermédio 1332, 1374
lateral 1332, 1374, 1389
medial 1332, 1373-4
oblíquo 1373-1374, 1403
vocal 586(f), 587
zigomático
maior 486, 538
menor 486
zigomático 486
músculos(geral) 103-17
antagonistas 114, 115, 121
arquitetura 104, 121
colagenosa 121
cardíaco 104, 139-43
acoplamento excitação-contração 141-2
desenvolvimento 142
drenagem linfática 141
inervação 141
microestrutura 139-40
nervos 141
regeneração 143
vasculatura 141
ver também miocárdio
circumpeniforme 104
classificação 103-4, 105(f)
curto 104
desenvolvimento embrionário 772
epiaxial 260, 772
espiral 104, 113
esquelético 104-17
classificação, pelo suprimento vascular 109
contração
extensão 114
fisiologia 111-13
desenvolvimento 115-17
falta de conexão nervosa 370
nos membros 903
direção da ação 114, 114(f)
drenagem linfática 110
estriações 106, 116
fibras *ver* fibra(s), músculo
fixações 112-13
forma 113-15
função 113-15
inervação 110-11
junção neuromuscular 61-3
microestrutura 104-9
movimento 114
nervos 110-11
proteínas 106-7
ver também proteína(s)
regeneração 143
suprimento vascular 109-10, 110(f)
tecido conjuntivo 108
estriado 104

ver também músculos (geral), cardíaco; músculos (geral), esquelético
fixadores 114, 115
força 113-14, 114(f)
força 114, 118
força de contração 113-14
forças internas 121, 122(f)
fusiforme 104, 105(f), 113
fuso, inervação sensitiva 60-1
hipoaxial 260
inserção 121, 122(f)
involuntário *ver* músculos(geral), liso
liso 104, 127-43
acoplamento excitação-contração 130
contração 128
desenvolvimento 130
distribuição 127
dos cálices renais e da pelve renal 1237
esfíncter da uretra 1323
função 127
inervação 128
intestinal 1051
microestrutura 127-8, 128(f), 129(f)
multiunitário 128
suprimento sanguíneo 128
unitário 128, 130
vascular 137
motor principal 114-15
multipeniforme 104, 113, 114
nomenclatura 104, 105(t)
origem 115
peniforme 104, 105(f), 113, 114
quadrado 104, 105(f)
reparo 117
semelhante a uma tira 104, 105(f), 113, 114
semipeniforme 104, 105(f), 113
sinergistas 114
torcido 104, 123
triangular 104, 105(f), 105(t)
voluntário *ver* músculos (geral), esquelético
ver também fibra(s), músculo
músculos(que agem em)
articulação atlantoaxial 735
articulação atlanto-occipital 734
articulação do cotovelo 834
articulação do quadril 1391-2, 1392(f)
articulações carpometacarpais 875, 876
articulações interfalangeanas, da mão 878
articulações intermetacarpais 876
articulações metacarpofalangeanas 877
da orelha externa 619-20
do joelho 1403
do punho 778, 887
mutação Splotch 371
Myf 5 772
MyoD 772

N

nádegas, região(regiões), glútea
nanismo 96
tanatrófico 1014
não disjunção 23
narina(s)
externa 547, 549
posterior 561(f), 563
nariz 547, 59
cavidade 547, 549-56
artérias 553, 554(f)
assoalho 550
linfáticos 554
nervos 554-5, 555(f)
da sensação comum 554-5
olfatório 555
parede lateral 550-1
parede medial 550
tecido mole 551-2
teto 550, 550(f)
veias 553, 554(f)
deformidades congênitas 550
esqueleto 547-8
cartilagíneo 547-8
ósseo 547
externo
artérias 549
linfáticos 549
músculos 548-9, 548(f)
nervos 549
pele 547
tecido mole 547
veias 549
fluxo de ar 555-6
fratura 547
obstrução 551
sangramento 553
vestíbulo 551
násio 409
natimorto 213
N-CAM 6, 1308
nebulina 106, 115
necrose 24
nefrectomia
doador vivo 1233
parcial 1231
simples *vs* radical 1228
nefrocele 1306(f)
néfron(s) 1234-7, 1236(f)
estrutura 1234, 1236(f)
mesonefro 1307
metanéfrico 1309, 1309(f)
recém-nascidos 1310
ver também glomérulo; túbulo(s), renal
nefróstoma 1305, 1306(f)
nefrótomos 1305
negligência visual 358
neocórtex 335, 382
axônios para o estriado 329
comissuras 385
conectividade 341, 340(f), 341(f)
organização laminar 339-40
temporal anterior 358
ver também córtex, cerebral
neoestriado 325
ver também estriado
nervo(s)(de órgãos ou regiões)
da aréola, da mama 932
da articulação do joelho 1409-10
cutâneo 1393
da articulação temporomandibular 535-6
da bochecha 499
da cabeça 401-2, 539(f), 540(f), 541-3, 542(f)
da cavidade nasal 554-5, 555(f)
da cavidade timpânica 629-30
da conjuntiva 672
da córnea 679
da face 492-4
da faringe 563
da glândula lacrimal 673
da glândula paratireoide 464
da glândula parótida 497
da glândula suprarrenal 234
da glândula tireoide 462
da íris 684-5
da laringe 588-90, 588(f)
da língua 506-7
da mama 932
da mão 895-8, 896(f)
cutâneo 858, 858(f)
da membrana timpânica 624
da mucosa oral 501
da órbita 666-9, 667(f), 668(f)
da orelha
externa 620
interna 642-9
média 621-2, 629-30
da orelha externa 620
da papila mamária 932
da parede do abdome
anterior 1060
posterior 1078-81, 1078(f), 1079(f)
da parede do abdome, posterior 1071(f)
da parede do tórax 928-9
da parte nasal da faringe 563
da pele 157, 159
da mão 858, 858(f)
das costas 707-8
do braço 823
do cotovelo 831
do joelho 1393
do pé 1429
do pescoço 435-6
do punho 858, 858(f)
do tórax 916
da pelve 1091-3
da perna 1426-8
da pleura 991, 1010
da próstata 1258-9
da retina 694
da tonsila faringea 563
da tonsila palatina 567
da traqueia, parte cervical 466
da tuba uterina 1292-3
da uretra 1098
feminina 1253
masculina 1251
da vagina 1284
da vesícula biliar 1172, 1180-1
da vulva 1280, 1280(t), 1282(f)
das articulações *ver as articulações individuais*
das células aéreas mastóideas 626
das costas, cutâneo 707-8
das glândulas bulbouretrais 1270
das glândulas salivares
controle da secreção salivar 522(f), 523
sublingual 521
submandibular 521
das glândulas seminais 1270
das pálpebras 671
das papilas gustativas 508
do antebraço 853-6
do ânus 1212
do apêndice vermiforme1143-4, 1146
do assoalho da boca 501, 502
do baço 1193
do braço 818-22
cutâneo 823
do calcâneo 1437
do canal anal 1160
do ceco 1141
do colo
ascendente 1146
descendente 1147
sigmoide 1150
transverso 1147
do coração 141, 982-3, 983(f)
do cotovelo, cutâneo 831
do couro cabeludo 492
do diafragma 1010-11
do ducto colédoco 1180-1
do ducto deferente 1269
do duodeno 1128, 1173
do esôfago 951
cervical 465
do esterno 918
do estômago 1120, 1120(f)
do fígado 1172-3
do íleo 1131
do intestino, grosso 1141, 1146, 1147, 1150
do jejuno 1131
do meato acústico externo 621-2

do membro inferior 1093, 1336-40, 1337(f), 1338(t), 1339(t)
do membro superior 779-85, 818-22
do músculo
esquelético 110-11
liso 128
ver também os músculos individuais
do músculo oblíquo externo do abdome 1065
do músculo oblíquo interno do abdome1064
do músculo reto do abdome 1061
do nariz, externo 549
do osso 91-2
ver também os ossos individuais
do osso navicular 1438
do ovário 1295
do palato duro 502
do palato mole 565
do pâncreas 1173
endócrino 1190
exócrino 1187
do pé 1457-8, 1458(f)
cutâneo 1429
do pênis 1215-16
do pericárdio 959
do períneo 1098
do períneo feminino 1283(f)
do peritônio 1010, 1106-7
do pescoço 401-2, 407, 455-62
cutâneo 435-6
do piloro 1172
do pulmão 998
do quadril e da coxa 1382-4, 1382(f)
do reto 1141, 1155
do rim 1233
do sistema genital feminino 1283(f)
do tálus 1436
do testículo 1264
do timo 946
do tórax 911-12
cutâneo 916
do tornozelo 1442
do ureter 1241
do útero 1290-1
dos arcos faríngeos 600
dos brônquios 1003-4
dos dentes 519, 519(t)
da polpa dentária 515
dos lábios 500
dos ossos cuneiformes 1438, 1439
dos ossos sesamoides 1442
dos seios paranasais 557
nervo(s)(específicos)
abducente 275, 429, 655, 656, 660, 667, 667(f)
acessório 275
lesão 295
origem 275
acessório (raiz espinal) 752
desenvolvimento 376
acessório 459-60, 600
espinal 752
lesões 460
raiz craniana 459
raiz espinal 459-60
alça(s) *ver* alça
alveolar(dentário)
inferior 501, 519, 532, 540, 542, 543
anestesia 519
bloqueio do nervo 520
nervo milo-hióideo 519
organização fascicular 519
ramo incisivo 519
ramo mentual 519
superiores 519
anterior 519
bloqueio de nervo 539
inferior 554
médio 519
posterior 519, 559
ampular 643
auricular 458
magno 435-6, 496, 622
auriculotemporal 496, 497, 533, 535, 538, 540, 542-3
axilar 780, 781(f), 813(f), 814, 821
lesões 821
bucal 487, 493(f), 494, 539, 540, 542
calcâneo, medial 1457
cardíaco 236
carótico, interno 234, 460
caroticotimpânicos 626, 629
cavernosos
maior 1252, 1273
menor 1252, 1273
cervical 493, 495, 756
desenvolvimento 767(f)
inferior 709
lesões 759
primeiro(suboccipital) 450(f), 455, 755
raízes 754
ramos cutâneos 436, 915, 916
ramos *ver* ramo(s)
cervical descendente 456, 460
ciliares
curtos 668, 669, 681, 684
longos 668, 684
coccígeo 754
raízes 754
ramos, dorsais 756, 757
coclear 634, 641, 642, 644-6, 646(f)
fibras aferentes 645
fibras eferentes 645-6
colateral, ulnar 829
corda do tímpano 506, 508, 509, 521, 529, 533, 541, 542(f), 543, 600, 605, 629-30
craniano 225, 226, 227, 228(f), 230-1, 275, 401, 457-60
compressão 568
desenvolvimento 373
mielinização 389
paralisia 295
ver também os nervos individuais
cutâneo
cervical, transverso 436
da coxa 1080
intermédio 1383
lateral 1080, 1382
lesões do 1382
medial 1383
posterior 1384
do antebraço
lateral 856
medial 821, 830, 856
posterior 829, 856
do braço
lateral 829
medial 821, 830
posterior 829
do tórax
anterior 929
lateral 929
perfurante 1384
posterior 1280
sural
lateral 1427
medial 1427
da escápula, dorsal 820
da pele, região do ombro 791
da região do ombro, cutâneo 791
de Voit 643
dentário(alveolar) *ver* nervo(s)(específicos), alveolar
digitais
bloqueio de nervo 790
do polegar 898
dorsais
da mão 855, 858, 858(f), 895(f), 897, 898
do pé 1427, 1428
palmares 895
comuns 895
do canal pterigóideo 629
do clitóris, dorsal 1098
do pênis, dorsal 1098
do seio carótico 447
do tronco lombossacral 1078, 1091-2, 1093
dorsal
da escápula 820
do clitóris 1098
do pênis 1098, 1274
dorsolombar 929, 1060
dos tendões 113
eferente branquial
desenvolvimento 373
especial 600
escrotais, posteriores 1098
espinal 225, 226, 227(f), 230, 257, 258, 262, 401, 712, 715, 753(f), 757
acessório 407
anatomia de superfície 757
artérias 757, 758(f)
classificação 754
compressão 717, 759
desenvolvimento 372, 766(f)
fibras(somáticas/viscerais) 755
lesões 730, 731, 757, 759
ramos 713-15
relação com o centro das vértebras 771(f)
relações 752
revestimento 752, 752(f)
típico 754, 754(f)
variações 755
ventral, desenvolvimento de radículas 375
espinhoso 433, 542
esplâncnico 985
imo 945, 1042-3
lombares 1043, 1081, 1141, 1150, 1155
maior 945, 1042, 1045
abertura no pilar do diafragma 1008
menor 945, 1042, 1045
abertura no pilar do diafragma 1008
pélvicos 375, 1044-5, 1081, 1092, 1141, 1147, 1150, 1155, 1160
sacrais 1160
etmoidal
anterior 433, 668
posterior 433, 668
facial 275, 405, 433, 494-5, 543, 600, 610, 617, 620, 622, 625, 626, 629-30
cirurgia 495(f)
complicações 495
complicações 495
fibras parassimpáticas 234
lesões 295, 495
na cavidade timpânica 629-30
origens 286
padrões de ramificação 495, 495(f)
paralisia 495, 630
raízes 279
ramo corda do tímpano 506, 508, 509, 521, 527
faríngeo 544, 546, 553
ascendente 565
femoral 1080, 1336, 1382-3, 1382(f), 1390
anatomia de superfície 1344
divisão anterior 1383
divisão posterior 1383
lesões 1383
fibular
comum 1338, 1427
anatomia de superfície 1344
profundo 1411, 1427-8
anatomia de superfície 1344
lesões do 1428
superficial 1427
anatomia de superfície 1344
frênico 270, 456-7, 959, 1010, 1014, 1015

acessórios 457, 1010
direito 964, 1010, 1010(f)
esquerdo 963, 1010, 1010(f)
inervação pleural 991
lesões 1010-11
"marca-passo" 1011
relação com o diafragma 1010
frontal 668
furcal 1078
ganglionar 544
gástrico
anterior, maior 1120
posterior 1120
genitofemoral 1080, 1294, 1321
distribuição 1080
ramo genital 1064
glossofaríngeo 275, 457-8, 506, 543, 600, 605
gânglio 458
gânglio, fibras aferentes viscerais 236
lesões 458
ramo carotídeo 458
ramo timpânico 458, 629, 629(f)
ramos 458, 572
ramos faríngeos 458
glúteo
inferior 1338, 1384
superior 1338, 1384, 1390
gustativo 508
hepáticos 1120, 1172
hipogástrico 1046
inferior 1043, 1044, 1046, 1154
hipoglosso 275, 433, 460, 611
comunicações 460
lesões 405, 460
origem 275
radículas 275, 283, 770
ramos 433, 460
ílio-hipogástrico 1064, 1078
compressão 1080
distribuição 1080
lesões 1080
ramos e distribuição 1080
ilioinguinal 1064, 1078, 1080, 1280
incisivo 532
infraorbital 404, 494, 544, 559, 656, 668, 671
infratroclear 493, 657, 668, 671
intercostais 911, 928-9, 928(f), 1060
7º e 8º 1060
9º a 11º 1060
inervação da pleura 991
inferior 1060, 1172
lesões 929, 1067
ramos cutâneos 916, 929, 1060
ramos posteriores 1060
intercostobraquiais 791, 829, 830, 916, 929
intermédio 425, 546, 624, 629
interósseo
anterior 780, 781(f), 854-5
paralisia 854
posterior 780, 781(f), 856
anatomia de superfície 789
paralisia 854
isquiático 1079, 1079(f), 1091, 1337-8, 1384
anatomia de superfície 1344
artéria para o 1378
lesões 1384
jugular 461
labiais 1098
lacrimal 493, 657, 668, 671
laríngeo
inferior 589
lesões 589
não recorrente 589
ramo externo 445(f), 459, 588-9
risco de lesão cirúrgica 589
ramo interno 459, 588
recorrente 459, 589, 600, 949, 951, 984
esquerdo 984
paralisia 589
relação com o ducto arterial
superior 459, 588
lingual 506, 521, 541, 542, 543
anestesia 519, 539
risco na remoção dos molares 506, 510
lombares 754, 756(f), 1064
lesões 759
raízes 759, 1071
ramos, posteriores 756
mandibular 494, 501, 527, 538, 539, 541-2, 545(f), 600, 653
bloqueio do nervo 519
ramo pterigóideo medial 539
tronco anterior 542
tronco posterior 506, 542
massetérico 535, 538, 542
maxilar 493, 544, 545(f), 600, 656, 668, 668(f)
bloqueio do nervo 519
na fossa pterigopalatina 559
ramo nasopalatino 501, 544
ramo palatino maior 501
ramos faríngeos 563
mediano 780, 783(f), 787, 821, 822, 823(f), 827, 828, 895-7
anatomia de superfície 789
compressão 854, 895
divisão, no punho 897
na fossa cubital 828, 836-7
no antebraço 846(f), 847, 853-5, 854(f)
ramos
cutâneo palmar 895
digitais palmares 895
muscular 895
meníngeo 544
recorrente 754
meníngeo médio 433
mentual 494, 519, 525, 532
musculocutâneo 780, 782(f), 821, 828-9
lesões 821
na fossa cubital 837
nasal 554-5
externo 493, 554
superior, posterior 544, 545
nasociliar 554, 666, 667, 668, 684
nasopalatino 501, 502, 503, 544, 545, 546, 555, 555(f)
obturatório 1080, 1337, 1383
acessório 1080-1, 1383-4
lesões 1383
occipital
maior 435, 493(f), 495, 755
neuralgia 755
menor 435, 493(f), 495, 620
terceiro 755-6
oculomotor 81, 275, 427, 429, 655, 656, 659, 660, 666, 667(f)
desenvolvimento 702
inferior 666
paralisia 252, 295
raízes 288
superior 666
oftálmico 67, 492, 656, 667-8
olfatório 230, 232(t), 275, 401, 555
bainha 555
desenvolvimento 383-4
lesão 555
óptico 230, 232(t), 275, 401, 655, 667, 675, 694
cabeça do 694-6, 694(f), 695(f)
desenvolvimento 700
suprimento vascular 695
zona pós-laminar 695
zona pré-laminar 694, 695(f)
orbitais 544-5
palatino
maior(anterior) 502, 544, 545-6, 554
menores(posteriores) 544, 545-6, 565
para o braquial 833
para o músculo estapédio 629
para o músculo gêmeo inferior 1384
para o músculo gêmeo superior 1384
para o músculo genio-hióideo 456, 460
para o músculo obturador interno 1384
para o músculo pectíneo 1383
para o músculo piriforme 1385
para o músculo poplíteo 1338, 1427
para o músculo quadrado femoral 1384
para o músculo quadríceps femoral 1079(f)
para o músculo redondo maior 822
para o músculo subclávio 820
para o músculo tireo-hióideo 461
para o pterigóideo lateral 542
para o pterigóideo medial 542
para o sartório 1383
peitoral
lateral 821
medial 821
pélvicos 235
perineais 1098, 1280
peroneal *ver* nervo(s)(específicos), fibular
petroso
externo 461
maior 544, 600, 629, 630
menor 543, 629
profundo 544, 673
pilóricos 1120
plantar
lateral 1458
medial 1457-8
pterigóideo, lateral 542
pudendo
na pelve 1092
no períneo 1098
radial 780, 782(f), 814, 822, 824(f), 825(f), 826, 829
anatomia de superfície 789
bloqueio do nervo 790
compressão/aprisionamento 855-6
lesões 829
na mão 898
no antebraço 855-6, 855(f)
no cotovelo 835(f), 837
ramos
cutâneo 829
muscular 829
terminal superficial 855-6
renais 455, 1045
retal, inferior 1098
sacrais 754
lesões 759
quarto, ramo perineal 1092
raízes 754
ramos, posterior 756
safeno 1409-10
curto 1394
ramo infrapatelar 1393
sinovertebrais 25, 42, 715-16, 718, 731, 754, 755(f)
somático
desenvolvimento 372-3
ver também nervo(s) (específicos), cranianos; nervo(s) (específicos), espinal
subcostal(décimo segundo torácico) 911, 929, 1060, 1063
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
subescapulares
inferior 821
superior 821
suboccipital 455, 457, 755
supraclaviculares 436, 916
supraescapular 820-1
lesões 821
supraorbital 493, 657, 665, 668, 671
supratroclear 493, 657, 668, 671
sural 1394, 1427
anatomia de superfície 1427

temporais, profundos 542
tentorial 433
testicular 1264
tibial 1092, 1093, 1338, 1426-7, 1457
anatomia de superfície 1344
lesões 1427
ramos 1426-7
timpânico 458
torácicos 754, 779, 781(f)
12º(subcostal) *ver* nervo(s)(específicos), subcostal
espinal 911
lesões 759
longo 820
ramos
anterior 755, 928-9, 928(f), 1060
posterior 756, 929
ramos cutâneos 916, 929
ver também nervo(s)(específicos), intercostais
toracodorsal 821
trigêmeo 287, 404(f), 429, 433, 492-4, 527, 600, 602, 667, 671
lesão 295
origens 284
troclear 275, 288, 427, 429, 655, 656, 660, 667
ulnar 780-1, 822, 823(f), 829, 897-8
anatomia de superfície 789
bloqueio do nervo 790
compressão 837, 898
divisão, no punho 898
na mão 897-8
no antebraço 855, 855(f)
no cotovelo 837
divisão 837
palpação 787, 799
paralisia 888
ramos, na mão 896(f), 897-8
utricular 643
vago 275, 458-9, 600, 605, 1044, 1081, 1120, 1120(f)
anterior 1044, 1111
desenvolvimento 1204
direito 141, 945, 985, 1204
esquerdo 141, 945, 984, 1120, 1204
gânglio 458-9
fibras aferentes viscerais 236
inervação brônquica 1003
lesões do 589
posterior 1044, 1111, 1187
ramos 572, 1120
auricular 459, 617, 620, 621, 624
cardíacos 945, 982
intestinal 945
no pescoço 459
pulmonares(brônquicos) 945
ramos, gástricos 945
relações com o esôfago 951, 1120
torácicos 911-12, 945
trajeto no mediastino 945
vestibular 643
intratemporal 643, 644
vestibulococlear 285, 286, 291, 295, 610, 642, 642(f)
lesão 295, 642
vidiano(do canal pterigóideo) 543, 544, 629
zigomático 544, 549, 667, 668
zigomaticofacial 493, 656, 668
zigomaticotemporal 493, 538, 544, 656, 668
ver também plexo(nervoso); ramo(s); *as regiões/estruturas anatômicas específicas*

nervo(s)(geral)
adrenérgicos 138, 141
adrenérgicos, controle da secreção salivar 522(f), 523
colinérgicos 56, 138, 141
controle da secreção salivar 522(f), 523
dopaminérgicos *ver* neurônio
misto 236
nervo frênico 1010
motores 110-11
periféricos 53
secretomotor, controle da secreção salivar 522(f), 523
sensitivomotores 236
sensitivos
cutâneos 157, 159
da língua 506
desenvolvimento 157, 159
suprimento sanguíneo, nervos periféricos 55-6
ver também fibra(s), nervosa; neurônio; via(s); plexo(nervoso)

nervo furcal(quarto nervo lombar) 1078
nervos dos vasos 138
nestina 15
neuralgia
do nervo occipital maior 494, 755
do trigêmeo 281
neuralgia do trigêmeo 281
neurites 603
formação 367
neurobiotaxia 377
neurocrânio 409, 416, 610
componentes cartilagíneos, desenvolvimento 768, 769(f)
neuroectoderma, do cérebro anterior 699
neuroepitélio
desenvolvimento das fibras motoras cranianas 372
pluripotencial 368
neurofibromatose 1014
neurofilamentos 14(f), 15
neurogênese, teoria monofilética 369
neuróglia *ver* células(específicas), da glia(neuróglia)
neuro-hipófise 241, 321
desenvolvimento 367
secreções 321
ver também glândula(s), hipófise
neuro-hormônios 46-7
neuroma acústico 495
neuroma de Morton 1458
neuromediação 47
neuromediadores 47
neuromelanina 12, 42, 44, 44(f), 47, 149, 290
neurômeros 362, 362(f), 371
neuromoduladores 47
neurônio 41-8, 225-7
adrenérgico 138, 141, 523
aferente(sensitivo) 225-6
primário 226, 228(f), 236
secundário 228
terciário 228
axônio *ver* axônio(s)
bipolar 41, 43(f), 48, 339
células em duplo buquê (bipenachadas) 339
células em candelabro 339
células em cesto 339
centríolos 42
citoesqueleto 42
classificação 41
colinérgico 56, 138, 141, 522(f), 523
corno anterior, desenvolvimento 375
corpo celular(soma) 41-2, 42(f)
da medula espinal 257-8
corno anterior 260
de Golgi 302
de pausa 664
de projeção 340, 357, 357(f)
de segunda ordem 264
dendrito *ver* dendrito(s)
desenvolvimento 370
do estriado 328
do neocórtex 339-40
dopaminérgico 331, 353
córtex cerebelar 303
degeneração 332
grupos 329
nucleus accumbens
ver também dopamina
dos tratos espinotalâmicos 264-5
inibição 266
eferente α 110
eferente(motor) 110, 225, 226
encefalinérgico 328
envelhecimento 42
estrelado
espinhoso 338-9
não espinhoso 339
GABAérgico 290
giro dentado 351
globo pálido 331
hipocampo 351
núcleo subtalâmico 332
ganglionares
autônomos 56
entéricos 56
sensitivos 55-6
histaminérgico 47
interneurônios *ver* interneurônios
monoaminérgico 56
motor 372
alfa 110, 261, 261(f)
inferior, lesões 230
medula espinal 257-8
nervos cranianos 372
superior, lesões 230
motor gama, da medula espinal 261(f)
multipolar 41, 43(f), 56
neurites 225
neurogliaformes(em teia de aranha) 339
palidossubtalâmico, inibição 332
peptidérgico 53, 56
piramidal 340, 386
piramidal gigante 268
pontocerebelar 664
pós-ganglionar 234, 374, 375
simpático 234, 374, 375
sistema nervoso entérico 1213
potencial de repouso 63
pré-ganglionar 234
parassimpático 373
simpático 234
da medula espinal 260
desenvolvimento 374
purinérgico 62, 63
receptor olfatório 552-3
serotoninérgico, grupos 303, 329
síntese de proteínas 41, 42
soma(corpo celular) 41-2, 42(f)
tamanho 41
unipolar 41, 43(f), 55, 231
vestibuloabducente 664

neuropatia óptica 656
neuropeptídio Y 319, 353, 982
neuropeptídios 47-8
desenvolvimento dos gânglios simpáticos 374
neurópila 41
neuróporos
caudal 361
nível dos somitos 361
primário 361
rostral 361
secundário 361-2
neurotransmissores 41, 47-8, 63, 225, 233, 234
autônomos 234
das células não espinhosas 339
estriado 328
excitatórios 351-2
ver também aspartato; glutamato
ver também os neurotransmissores individuais
neurotrofinas 370
neurulação 187(f), 188, 188(f) 361-4
defeitos, espinha bífida 772
falha 184, 364, 365(f)
primária 186, 187, 361, 365
secundária 184, 361, 365, 1324
segmentação do mesênquima para-axial 763, 763(f)

nevo 159
pigmentado, distúrbios da medula espinal 772
nistagmo 309, 663
optocinético 663
Nkx2-5, fator de transcrição cardíaco 1016, 1022
nó(s)
atrioventricular 966, 975, 976, 977, 1022
suprimento sanguíneo 980
composto SNC-SNP 63
de clérigo 583
de Hensen 183-4, 183(f), 763
ver também linha, primitiva
de Ranvier
sistema nervoso central 43, 50, 50(f), 54, 55, 56
sistema nervoso periférico 54-5, 54(f)
primitivo 183-4, 183(f)
sinoatrial(sinusal) 964, 975, 976, 977, 982, 1017, 1022
suprimento sanguíneo 980
nó(s)
da mão 786, 864
de Henry 1458
nó de Hensen 184
nocicepção 261, 266, 267, 271, 348
controle 271
nódulo(s)
das pregas vocais 583
de Arantius 967
do cantor 583
do cerebelo 298, 305
linfoide *ver* folículo(s), linfoide
noggina 370
noradrenalina(norepinefrina) 47, 138, 142, 233, 234, 986, 1029
células que secretam, desenvolvimento 374
córtex cerebelar 303
efeitos sobre o pâncreas 1190
produção 1200
nós sinciciais 179
notalgia parestésica 929
notocorda 184, 198-9, 362, 371, 611
desenvolvimento da endoderma pancreática 1207
desenvolvimento do tubo neural 371
excisão, efeito 768
expansão entre as vértebras 766(f), 768
extremidade caudal 1311(f)
fechamento do centro 767
natureza segmentar das vértebras 768
remoção 184
segmentação 371
núcleo(s) 41
abducente 276(f), 282(f), 286, 376, 663
accumbens 316, 319(f), 320, 326, 331
inervação dopaminérgica 331
projeções para o estriado ventral 329
projeções provenientes da amígdala 353, 353(f)
acessório 291
aferente somático especial 376
aferente somático geral 376
aferente visceral especial(esplâncnico especial) 376
ambíguo 275, 276(f), 277(f), 281(f), 283-4, 376, 377, 945, 951, 982
arqueado 279, 281(f), 283, 285, 318, 319
acessório 283
basal paralaminar 353
basilar, magnocelular(de Meynert) 353
caudado 229(f), 230, 237
desenvolvimento 383
estrutura 326
hiperatividade associada ao 332
input aminérgico para o 329
relação com o *nucleus accumbens* 331
suprimento arterial 253
ventromedial 329
central, caudal 290
central, medial 352
centromediano 316, 342, 343
centromediano palidorreceptor 329
cervical, lateral 267, 270
coclear 276(f), 281(f), 285
dorsal 276(f), 281(f), 285
ventral 276(f), 281(f), 285
com aspecto de mostrador de relógio(*clock-face*) 19
complexo nuclear amigdaloide 312, 353
ver também amígdala
cuneiforme 228, 263, 264, 264(f), 279(f), 280
desenvolvimento 377
cuneiforme da ponte 334
da base 383
desenvolvimento 381(f), 383
suprimento arterial 391
ver também gânglios da base
da coluna posterior 280
ver também núcleo(s), cuneiforme
da comissura posterior 324
da linha mediana 316
da ponte 284, 306, 346, 347, 357, 377
da rafe 292, 316
dorsal 292
escuro 271
magno 271, 282, 292, 293(f)
pálido 271
pontino 293(f)
superior, central 293(f)
das células 3, 3(f), 18-20, 225, 227, 228
do músculo esquelético 110(f), 116(f), 121
de associação 312
de Cajal 270, 324, 664
de Darkschewitsch(núcleo da comissura posterior) 289, 324
de Deiter(núcleo vestibular lateral) 286, 305
de Edinger-Westphal(visceral N-III) 275, 290, 291, 669, 681, 685
de Kölliker-Fuse(núcleo subparabraquial) 294
de Onuf 260, 285, 1253, 1254
de reunião 352
denteado 298, 305, 306, 307
do cerebelo 298
do fastígio 298, 305, 306, 307-8, 664
do feixe circum-olivar 377
do leito, da estria terminal 356
do lemnisco lateral 286
do nervo frênico 260
do nervo hipoglosso 276(f), 279, 282-3, 376
do nervo oculomotor 275, 289, 290-1, 376, 663, 664
do nervo acessório(Edinger-Westphal) 275, 290, 291
do nervo trigêmeo
espinal 276(f), 278(f), 281, 282
mesencefálico 287(f), 288(f), 289
motor 287
sensitivo 228, 275, 280-1, 286, 287(f)
do nervo troclear 288(f), 289, 291, 376, 664
do nervo vago 235, 279(f), 282
do tálamo 311-16, 341, 349
anteriores 312
dorsomedial 312
laterais 313-15
mediais 312-13
do trato solitário 574
dorsal da rafe 292
dorsal do nervo vago 242
dos nervos cranianos 275
desenvolvimento 376
eferente(visceral especial) branquial 376
emboliforme 305, 306
espinal
do nervo acessório 277
do nervo trigêmeo 276(f), 278
facial 282(f), 286, 377
neurobiotaxia 377
geniculado
lateral 314-15, 685, 696
medial 314
geniculado lateral 388
gigantocelular 267, 270, 293, 293(f), 294, 312
globoso 298, 305, 306, 308
grácil 228, 263, 263(f), 265(f), 279(f)
desenvolvimento 377
gustativo 279, 546
habenular 324, 380
lesões 324
interpeduncular 316, 323
interpósito da rafe 663
intersticial 290
de Cajal 291
de Darkschewitsch(núcleo da comissura posterior) 289, 308
intralaminares 315-6
projeções do trato espinotalâmico 264
lateral dorsal 315
lateral posterior 315
lentiforme *ver* complexo, lentiforme
magnocelular(gigantocelular) 267, 270, 293, 293(f), 294, 312
ver também núcleo(s), basilar
mamilar
lateral 312, 320
medial 312, 320
mesencefálico 287
núcleo central lateral cerebelorreceptivo 329
olfatório, anterior 356
olivar
acessório 278(f), 279(f), 281, 283, 292, 305
inferior 275, 279(f), 281(f), 283
superior 285
olivar inferior 300, 303, 308
parabigeminal 291
parabraquial 353
parafascicular 316, 343
paragigantocelular 294
paranigral 332
parassolitário 283
paratenial 352
paraventricular 241, 319-20
pedunculopontino 331, 332, 334
peripeduncular 353
periventricular 319
pigmentoso parabraquial 290
pré-cerebelar 280, 283, 295
prepósito do hipoglosso 663
pré-tetal 292, 685
propósito do hipoglosso 664
próprio, do corno posterior da medula espinal 257, 259(f), 260
pulposo 731
ao nascimento 731
desenvolvimento 768, 771
envelhecimento 731
pulvinar 315
relé 312
pré-cerebelar 308
vestíbulo-ocular 308
reticular 316, 320
coluna lateral 293-4
coluna medial 293-4
coluna mediana 292-3
da medula inferior 377
desenvolvimento 380
lateral, conexões cerebelares 306
reticular da ponte 267(f), 270
reticular do tegmento 306, 308
reticular do tegmento da ponte 308
reticular lateral 304, 306
reticular paramediano 306
retroambíguo 294
retrorrubral 329, 332
rubro 290
desenvolvimento 379, 380
parvocelular 305, 308, 309
salivatório(salivar) 287, 521
inferior 543
solitário 283

subcuneiforme 334
subtalâmico 323, 332
eferentes estriatais para o 331
estimulação 332
funções 332
hiperatividade 332
inibição 332
lesões, efeitos 332
projeções, provenientes do córtex motor 343
supraespinal 277
supraóptico 241, 319-20
supraquiasmático 317-19, 692
tegmental pedunculopontino 334
torácico posterior 305(f)
trapezoide 281(f), 285, 286
trato espinal, do nervo trigêmeo 280-1
trigeminais do tronco encefálico 305
ventral
anterior 313
lateral 313-14
posterior 314
vestibular 269, 270(f), 279, 280(f), 286, 663
inferior 279(f), 280, 286
lateral 281(f), 286, 306(f), 397, 308
medial 279(f), 286
superior 286, 305
vestibulococleares 279
visceral geral(esplâncnico geral)
aferente 376, 376(f)
eferente 376
Z 280
núcleo caudado *ver* núcleo, caudado
nucléolo 3, 3(f), 20
nucleoporinas 19
núcleos da base 227, 229, 230, 325-34, 325(f), 326(f)
conexões *output* 331(f)
distúrbios 230, 326, 332-4, 333(f), 334(f)
estrutura *input*(estriado) 325
estrutura *output* (globo pálido) 325, 326(f)
funções 332
suprimento arterial 253
ver também claustro; núcleo lentiforme; corpo(s), estriado

O

obesidade
diástase dos retos 1063
e esteatose 1163
identificação da glândula suprarrenal 1201
respiração durante o sono 1012
óbex 240, 241(f)
occipício
anomalias 770
desenvolvimento 770
odinofagia 952
odontoblastos *ver* células(específicas), odontoblastos
oftalmoplegia 656
internuclear 663
oftalmoscopia 688(f), 693, 697
olécrano 786, 790, 843, 844
ossificação 844
olfato
epitélio 551, 552(f), 553
perda 555
olhar, controle neural 308, 332, 663-5, 664(f)
ver também olho e bulbo do olho, movimentos
olho e bulbo do olho 675-97
ausência de(anoftalmia) 699
camada de tecido fibroso
córnea *ver* córnea
esclera 675-6, 702
camada neural *ver* retina
componentes embrionários 699
desenvolvimento 699-703
componentes funcionais 699-703
disco óptico *ver* disco, óptico
estruturas ao redor 702-3
meios refrativos
corpo vítreo 702
ver também humor, aquoso; lente(do olho)
movimentos 661-5, 661(f), 662(f)
controle dos 664(f)
deslocamento/estabilização do olhar 661, 663
movimentos sacádicos 661, 663, 664
perseguição 663, 664
músculos do, extrínsecos 482-6, 655, 658-65, 659(f), 662(f), 663(f)
pequeno (microftalmia) 699
retina *ver* retina
ver também corpo(s), ciliar; corioide; íris
oligodactilia 902
oligo-hidrâmnio 181, 1013, 1035, 1313
oligossacarídeos 4
oligozoospermia 1268
oliva 275, 276(f), 277, 285, 286, 293(f)
ombro *ver* articulações(específicas), glenoumeral
omento 1099, 1214, 1215(f)
maior 1099, 1102, 1104, 1216, 1218
desenvolvimento 1206, 1210(f), 1216, 1218
estrutura 1102, 1104
margem direita 1104
menor 1099, 1102, 1168, 1215(f), 1216
desenvolvimento 1206, 1215(f)
margem esquerda 1102
parte superior(esofagofrênica) 1217
oncogene celular 8
oncogene transformador 8
oncogenes 8
onfalocele 1013, 1209
onfalocele 181, 182, 1209
gigante 1014
oolema 167
opérculo(s)
da ínsula 335, 346, 383
frontal 346
parietal 346
temporal 345
opiáceos, de ocorrência natural 48
oposição(movimento) 875-6
opsina 690
opsonização 69
ora serrata 675, 680, 681(f), 688-9
orbículo ciliar 681
órbita 404, 529, 655-74, 655(f)
artérias 665-6
assoalho 656, 656(f)
conteúdo 655, 657(f)
drenagem linfática 666
drenagem venosa 666, 666(f)
fratura 480
gordura 658, 658(f)
inervação 666-9, 667(f), 668(f)
margem lateral 404
ossos 655-6
parede lateral 656
parede medial 655-6, 655(f), 656(f)
tecido conjuntivo 656-8
teto 655, 655(f)
orelha 615-31
cirurgia *ver* abordagens e procedimentos cirúrgicos, cirurgia da orelha
desenvolvimento 615-17
ver também pavilhão; meato, acústico
externa 618-20
anormalidades 618-19
artérias 620
cartilagem 619
desenvolvimento 580-1, 652-3
ligamentos 619
linfáticos 621
músculos 619-20
nervos 621
pele 619
veias 620
externa 618-20
desenvolvimento 652-3
interna 633-50
artérias 642
desenvolvimento 634
função 633
líquidos 634-6
nervos 642-9
osso 633-6
veias 642
ver também meato, acústico, interno
média 623-30
desenvolvimento 652
ver também cavidade(s), timpânica
orelha de Stahl 618-19
orelha em couve-flor 84
orelha média *ver* cavidade(s), timpânica; orelha, média
orelhas de Sátiro 618-19
organela(s), citosólicas 14-17
organogênese, populações de células 197-203
órgão(s)
circunventricular 49, 51, 240-2, 241(f), 367, 380
da lâmina terminal 319
de Corti(espiral da cóclea) 634, 635(f), 640-1, 641(f), 652
inervação 644
nervos 644
espiral, inervação 285, 286
linfoide 72-4
parapineal 380
subcomissural 241
subfornicial 241, 241(f)
tendinosos de Golgi 53, 57, 60, 60(f), 101, 110, 113
vascular 241
vomeronasal 550, 604
ver também os órgãos individuais
órgão vascular 241
órgãos tendinosos de Golgi 53, 57, 60, 60(f)
ortopantomogramas, ao nascimento 512(f)
osmolalidade, formação da urina 1238
osmorreceptores, células da mácula densa 1238
ossículo(s)
da audição 627-8
articulações 628
desenvolvimento 652
ligamentos 628
ossificação 88, 96
de Goethe 418, 711, 713
mentual 532
ptério 418
supraesternal 918
suturais 418
ver também os ossos individuais
ossículo terminal 770
ossificação 92-5
centros 93(f), 96, 98(f)
vértebras 768, 769(f)
cervicais 768
lombares 768
secundário 768, 770
torácicas 768, 770
crânio 611
da epífise 96
da mandíbula 533
da metáfise 95
de cada um dos ossos *ver em ossos(específicos)*
endocondral 83, 93-5, 93(f), 94(f)
intramembranácea 92-3
osso esfenoide 530
velocidade da 96
vértebras 768, 770
centros *ver acima*
osso(geral) 85-97
anatomia, macroscópica 85-6, 85(f)
calcificação 94(f), 95
canalículos 88, 88(f), 89, 90(f), 93, 124
células do 87-9

compacto 85, 87, 90, 91, 92, 93, 95
cortical 85, 86, 88, 91, 92, 96, 113(f), 120(t)
crescimento 92-7
pós-natal 95-7
cristais 86, 87, 93
degeneração 124
deposição 87
desenvolvimento 92-7
nos membros 902-3
desmineralização 88
díploe 409, 416, 417
eixos mecânicos 121, 122(f)
endósteo 86, 91
esponjoso(reticulado) 85, 89, 95
feixe(osso não lamelar) 86, 87, 88, 88(f), 89, 93, 95
fixação dos tendões 86
fixação muscular 86
lacuna 87, 88, 88(f), 90(f), 93, 94(f), 95
lamelar 86, 87, 88, 88(f), 89(f), 90(f), 92(f), 95
lesão 124
linfáticos 91
longo, propriedades mecânicas do 120-1, 121(f)
manutenção 95-7
marcas 85-6
matriz 86-7, 86(f)
medula do *ver* medula, do osso
membrana 92
metaplásico 95
microestrutura 86-91
minerais 87
modelagem 86, 93, 95
movimentos 121-3
não lamelar 86, 87, 88, 88(f), 89, 93, 95
nervos 91-2
ossificação 92
ver também ossificação
osso cartilagíneo 93, 96
periósteo 86, 89(f), 91, 91(f), 93, 97, 98(f), 112, 467
pneumático 85
propriedades materiais do 120, 120(f)
reabsorção 87, 88, 88(f), 89(f), 90, 93, 95, 96
remodelagem 90, 91, 91(f), 93(f), 94(f), 95
adaptativa 123, 124(f)
reparo de fratura 91
reparo, frustrado 124
reticulado(trabecular) 85, 85(f), 89, 89(f), 91, 95
trabecular(reticulado) 85(f), 86(f), 88, 88(f), 90, 89(f), 90(f), 91, 92, 95, 96
vasculatura 91-2, 92(f)

osso(s)
calcâneo secundário 1437
central 864
cúneo 1 metatarsal I plantar 1438
cúneo 2 metatarsal II dorsal 1439
da aponeurose plantar 1437
de Vesálio 1440, 1441(f)
fibular 1420
incisivo 416
intermetatársico 1439
odontoide 770
subcalcâneo 1437
sustentacular 1437
talonavicular dorsal 1438
ver também os ossos individuais

osso alveolar 500, 513, 517-18, 532-3
osso cuboide 1438
osso do quadril 1352-7, 1353(f)
acetábulo 1352
alterações relacionadas com a idade 1354(f)
artérias nutrícias 1352
estrutura 1352, 1353(f)
nervos 1354
no nascimento 1354(f)
ossificação 1354, 1354(f)
ver também ílio; ísquio; púbis

osso esfenoide 423, 424, 426, 431, 527, 527-30, 527(f), 528(f)
ao nascimento 530
asas
maior 424, 431, 527, 529, 599, 611
na órbita 529
menor 423, 431, 529, 611
na órbita 529
centros condrogênicos 530
conchas 417, 472, 475, 528, 529-30
corpo 415, 424, 429, 527-9
na cavidade nasal 556, 558
ossificação 530

osso etmoide 411, 415, 417, 420, 423, 472-4, 528
labirintos etmoidais 472-3
lâmina cribriforme 423, 471, 472, 527, 611
lâmina orbital 471, 472, 474, 558
na cavidade nasal 550
ossificação 474

osso frontal 409, 410(f), 470-2, 529, 613
desenvolvimento 612
durante o nascimento 613
ossificação 472
parte escamosa 412, 470-1
parte nasal 471
parte orbital 471-2, 655
superfície do crânio 423
suprimento sanguíneo 491

osso hamato 863-4, 863(f)
anatomia de superfície 786
ossificação 864

osso hioide 397, 405, 436
anatomia de superfície 436
cornos 436
menor 599
do recém-nascido 610
elevação 502
movimentos
na deglutição 573
na fala 592
ossificação 436

osso Inca 411, 418, 711
osso inominado *ver* osso do quadril
osso interparietal 411, 613, 713
osso lacrimal 475, 655
menor 475
ossificação 475
superfície orbital 475

osso membranáceo 92
osso nasal 409, 410(f), 475, 547, 613
fraturas 547
ossificação 475

osso navicular 1433, 1437-8
acessório 1438
anatomia de superfície 1341
bipartido 1438
fixação de músculos/ligamentos 1437-8
inervação 1438
ossificação 1438
pé torto 1463
suprimento vascular 1438

osso occipital 409, 411, 412, 414, 415, 431
escama occipital 412, 415, 416, 423, 424, 425
parte basilar 409, 414, 415, 416, 424
parte lateral(condilar) 424
recém-nascido 711(f)

osso palatino 478-9, 529
lâmina
horizontal 478
perpendicular 478
na cavidade nasal 550
processo
esfenoidal 479
orbital 478-9
piramidal 415, 478, 529

osso parietal 412, 416, 469-70, 470(f), 615, 617
desenvolvimento 612
durante o nascimento 613
ossificação 470

osso piramidal 862, 863(f)
ossificação 864

osso semilunar 862, 863(f)
ossificação 864

osso temporal 411, 412, 415, 527, 614, 615-18
ao nascimento 618(f)
fossa mandibular 615
meato acústico externo 617
ossificação 617-18
parte escamosa 529, 611, 615, 626
parte mastóidea 424, 425, 615, 617
parte petromastóidea 615
parte petrosa 415, 424, 425, 426, 428, 429, 430, 529, 613, 617, 626
parte timpânica 617
processo zigomático 615

osso zigomático 404, 409, 410(f), 412, 419, 475-6, 529, 538, 656
face orbital 475
ossificação 476

ossos(das regiões)
da coluna vertebral 710-28
da coxa 1360-5
da mão 861-8
da orelha 627-8
interna 633
da parede do tórax 909, 917-22, 917(f)
da região do ombro 791-800
das bochechas 409, 412, 420
do antebraço 840-3
do arco faríngeo 598-9, 598(f)
do cíngulo do membro inferior 1352-65, 1353(f)
do crânio 409-21
do joelho 1394-5
do membro inferior 1331, 1412-17
do membro superior 777-8, 777(f)
do nariz 547
do pé 1432-42, 1435(f)

ossos carpais 861-4, 861(f), 862(f), 874(f)
cinemática 872
fileira distal 872
fileira proximal 872
instabilidade 872
movimentos 872, 873(f)
no nascimento 864
ossificação 93(f), 864, 864(f)
ver também os ossos específicos

ossos cuneiformes 1349(f), 1438-9
fixações musculares 1438, 1439
inervação 1438, 1439
intermédio 1438, 1439
lateral 1439
medial 1438, 1439(f)
anatomia de superfície 1341
ossificação 1438, 1439
suprimento vascular 1438, 1439

ossos da órbita 613
ossos dérmicos 611
ossos epiptéricos 418

ossos metacarpais 864-6
anatomia de superfície 786
ossificação 864(f), 865(f), 866, 866(f)
primeiro 864-5, 867(f)
quarto 865-6, 867(f)
quinto 866, 867(f)
segundo 865, 867(f)
terceiro 865, 867(f)

ossos metatarsais 1433, 1439-40
anatomia de superfície 1341
fixação muscular 1440
fratura 1440
inervação 1440
ossificação 1440
primeiro 1439-40, 1439(f)
quarto 1439(f), 1440
quinto 1439(f), 1440
segundo 1439(f), 1440

suprimento vascular 1440
terceiro 1439(f), 1440
ossos sesamoides
acessórios 1442
bipartidos 1441-2
da mão 862, 865, 865(f), 884
do pé 1441-2
do tibial posterior 1442
fibular 1441
fixações musculares 1442
inervação 1442
ossificação 1442
patela *ver* patela
suprimento vascular 1442
tibial 1441
ossos suturais 411, 412, 416, 417, 418
ossos tarsais 1433-4, 1433(f), 1434(f)
coalizões 1439
ossificação 96, 1434(f)
ver também os ossos(específicos) individuais
ossos wormianos 411, 412, 416, 417, 418
osteíte fibrosa cística 95
osteocalcina 86, 87
osteodiferenciação, abóbada do crânio 390
osteófitos, vertebrais 714
osteogênese *imperfecta* 194
osteoide, mineralização 87, 89(f), 91, 93, 95(f), 96
osteomalacia 95
osteonectina 86, 87
ósteons 88-9
primários 88, 93
osteopontina 86, 87
osteoporose 95, 96, 714
óstio(s)
arterial 969
arterial *ver* valva(s), aórtica
atrioventricular 1025, 1026
direito 960
esquerdo 960, 969
cardíaco 1113-14
circulação embrionária 205-6
da aorta 913
ver também diafragma, torácico, aberturas
da glândula bulbouretral 1270
da papila ileal 1142
da tuba auditiva 564
da uretra
externo, masculino 1252
interno 1248, 1250, 1252(f)
da vagina 1284
da valva aórtica 971(s)
da valva mitral 913, 970
da valva tricúspide 913, 966
da veia basivertebral 715
do apêndice vermiforme 1142, 1143(f)
do ducto lacrimonasal 550
do ducto lactífero 933
do meato acústico externo 618
do seio coronário 964
do seio maxilar 472
do tronco pulmonar 913, 962, 966
do ureter 1226, 1240, 1245(f), 1248
do útero 1292
do utrículo prostático 1251
dos ductos ejaculatórios 1251, 1269
dos troncos linfáticos 455
lacrimal 674
pilórico 1114
primário(*primum*) 1023
defeito 1030
secundário(*secundum*) 1023
sinoatrial 1019
urogenital 1323(f)
venoso 969
venoso *ver* valva(s), mitral
venoso, do átrio direito 964
ventricular, esquerdo 962
ver também ádito; abertura(s); hiato
otite média 624, 627
otocisto 610, 651, 652, 1204(f)
ver também vesícula(s), óptica
otocônios *ver* otólitos
otólitos 636, 663
otosclerose 628
ovário(s) 1289(f), 1291(f), 1294-7, 1294(f), 1295(f)
acessório 1294
alterações relacionadas com a idade 1294
anatomia de superfície 1294
artérias 1295, 1295(f)
descida 1294, 1321-2, 1321(f)
desenvolvimento 213, 1315(f), 1319, 1321(f), 1322(f)
semelhanças com os testículos 1316(t)
determinação do sexo 1319
embrião 1294
estroma 1319
fixações peritoneais 1294-5
inervação 1295
ligamentos 1294-5, 1294(f)
linfáticos 1295
menopausa 1294, 1297
microestrutura 1295-7, 1296(f), 1297(f)
na gravidez 1294
peso 1322
recém-nascido 1294, 1321
relações 1294
tamanho 1294
veias 1295
ovócito(s)
coleta 168
conclusão da meiose II 167
desenvolvimento 1322
números 1322
primário 1319
ovogônias, nuas 1319
ovótides 167
oxicefalia 418
óxido nítrico 8, 47, 136, 138, 1114, 1160
óxido nítrico sintase 1036

P

padrão somatotópico 329
paladar
discriminação 508-9
e a sucção nutritiva no recém-nascido 389
impulsos/nervos 503, 508, 509
tipos de sensação 508
palato 502
desenvolvimento 603-4, 604(f)
duro 414, 500, 502, 604
artérias 502
drenagem linfática 502
inervação 502
fenda 571, 573, 607, 607(f), 608(f)
mole 502, 565, 604
artérias 565
músculos 568-72
nervos 565
papilas gustativas 508-9, 565
veias 565
primitivo 603, 604
paleocórtex(paleopálio) 335, 382
paliçadas 94, 94(f)
pálido *ver* globo pálido
palidotomia 253, 333
pálio 382
desenvolvimento 383
ver também córtex, cerebral
palma, da mão 778
pálpebras 669-71, 669(f), 670(f)
artérias 671
desenvolvimento 701, 701(f), 702-3
drenagem linfática 671
estrutura 670-1, 670(f)
inervação 671
músculos 482, 659, 660, 703
parte ciliar 669
parte lacrimal 669
pele 669-70
piscamento 669
veias 671
pâncreas 1170, 1183-90, 1183(f)
alterações relacionadas com a idade 1183
anatomia de superfície 1054
anular 1206
artérias 1186, 1187(f)
cabeça do 1183-4, 1207
cauda do 1184-5, 1192
desenvolvimento 1207, 1216
células alfa do feto 1207
células beta do feto 218, 1207
células delta do feto 1207
colo 1184
corpo 1183-4
desenvolvimento 1203-17, 1249(f)
celular 1206-7
divisum 1185-6, 1207
ductos 1185-6
desenvolvimento 1207
endócrino 1183, 1190
desenvolvimento 1207
exócrino 1183, 1185, 1188(f)
hemorragia 1187
inflamação 1187
linfáticos 1186
mecanismos da secreção 1188(f)
microestrutura 1188-90, 1188(f), 1189(f)
nervos 1173, 1187
endócrino 1190
exócrino 1187-8
posição retroperitoneal 1207
pseudocisto 1187-8
relações 1183, 1183(f), 1184(f)
ressecção 1183, 1188
rudimentar 1216
veias 1186, 1187(f)
ventral, desenvolvimento 1207
pancreatite 1187-8
hemorragia aguda 1100
panexinas 48
panículo carnoso 457
papila(s)
da língua 502-3, 507, 508(f)
circunvaladas 503, 507, 508, 508(f)
filiformes 503, 507
folhadas 503, 507
fungiformes 503, 507
da vagina 1284
dérmica 146(f), 152, 157, 158(f), 160
do dente 606
do duodeno 1126, 1127(f), 1185
do esôfago 952
incisiva 502
interdentária(gengival) 500
lacrimal 669
linguais 503(f), 507
valadas 605
papila mamária 930, 930(f), 931
anatomia de superfície 912
aórtico 954
ausência 934
desenvolvimento 934
inervação 932
inversão 934
masculino 937
microestrutura 930, 931(f)
supranumerário 934
papilas da derme(*rete ridges*) 146, 147(f), 150, 162
papilas gustativas 508-9, 582
da epiglote fetal 508
da laringe 582
da língua 508
microestrutura 508

distribuição e número 508
do palato mole 508, 565
inervação 508
papiledema 695
paquimeninge *ver* dura-máter
paquioníquia 156
paquíteno 22
paradídimo 1269, 1307
parafóvea, da retina 693
paragânglios 236, 374
desenvolvimento 374
paralisia
de Bell 286, 495, 520, 630
do nervo interósseo 854
do sábado à noite 829, 854
dos nervos cranianos 295
do nervo oculomotor 252, 295
por muleta 829
supranuclear progressiva 332
paralisia de Erb-Duchenne 822
paralisia de Klumpke 822
paralisia dos músculos interósseos 849
paranó 43, 50, 51, 54, 54(f)
paraoóforo 1285, 1307
paraplegia 759
parassubículo 351, 351(f), 352
parede
do abdome *ver* parede do abdome
intestino, microestrutura 1048-52, 1050(f)
somatopleural 1013, 1014, 1017(f)
torácica *ver* tórax, parede
parede do abdome
anterior 1041, 1055-67
anatomia de superfície 1052-4, 1053(f)
esqueleto 1052
tecido mole 1052-3
artérias 1056-9, 1057(f), 1059(f)
canal inguinal 1064
drenagem linfática 1059
hérnias 1066-7
inferior, peritônio 1104-5, 1105(f)
limites 1052
músculos 1055(f), 1056(f), 1060-6, 1062(f)
fixação posterior 1065(f)
funções 1041, 1060-1
nervos segmentares 1057(f), 1060
pele e tecidos moles 1055-9
TC 1062(f)
tecido conjuntivo 1060, 1099
tônus 1060, 1064
veias 1056-9
defeitos 1209
do recém-nascido 1313(f)
posterior 1069-81, 1219(f), 1225(f)
artérias 1072-4
ver também aorta, parte abdominal
drenagem linfática 1077-8, 1077(f)
fixação dos músculos da parede anterolateral do abdome 1065(f)
hérnias 1072
inferior, fáscia 1070
inflamação 1080
músculos 1070-2, 1071(f), 1078(f)
nervos 1070(f), 1078-81, 1078(f), 1079(f)
ossos 1070
pele e tecidos moles 1069-70, 1069(f)
RM 1071(f)
tecido conjuntivo 1070, 1099
veias 1074-6, 1075(f)
parede do tórax *ver* tórax, parede
paredes(bolsa omental) 1216, 1217
parênquima, hepático 1172
parkinsonismo, toxinas que causam 333
paroníquia 861
pars
plana, do corpo ciliar 681, 686
plicata 680-1
parte
caudal 313
compacta 290
dorsal do diencéfalo 380
externa
da cóclea 636
do meato acústico externo 620
do sáculo 637
flácida, da membrana timpânica 624, 630
intermédia 305, 367, 1280
da hipófise 322
interna
da cóclea 636
do meato acústico externo 620
do sáculo 637
média, do meato acústico externo 620
oral 313
palatina 566
reticular 290
tensa, da membrana timpânica 624, 630
triangular 280
tuberal, da hipófise 321, 322
ventral do diencéfalo 380
parte laríngea da faringe *ver* laringofaringe
parte superior do duodeno(ampola) 1125
parto, alterações da bexiga 1248
patela 1394-5, 1395(f)
anatomia de superfície 1340, 1394
bipartida 1394
estrutura 1394
fixações musculares 1394
ossificação 1395
suprimento vascular 1394
patinhação 1052
paxilina 15
pé 1429-62
anatomia de superfície 1340-1, 1342(f), 1343-4
andar 1459
anserino 494, 1343
arcos 1450
artérias 1455-7, 1455(f), 1456(f)
articulações 1331, 1442-50
bolsa 1402
caído 1384
cavo 1450
corrida 1459-62, 1460(f), 1461(f)
do hipocampo 349
do recém-nascido 1463
dorso do 1341
fáscia 1344, 1431-2, 1431(f)
linfáticos 1336
movimentos propulsivos 1459
músculos 1331, 1450-5
plantares 1451-5, 1452(f), 1453(f)
nervos 1453(f), 1457-8, 1458(f)
ossos 1432-42, 1435(f)
acessórios 1441(f), 1442
sesamoides 1441-2
pé em mata-borrão 1464
pele 1429
linfáticos 1429
nervos 1429
suprimento vascular 1429
plano 1450, 1463, 1464
plano 1450, 1463, 1464
planos de movimento 1458
posição ereta 1458-9
síndrome compartimental 1431-2
síndromes de aprisionamento de nervos 1458
tecido adiposo 1432, 1432(f)
tecido mole 1429-32
veias 1457
como bombas venosas 1457
pé equinovaro 1463
pé torto 1463
pecíolo da cartilagem epiglótica 577
pectina 1156
pedicelo, terminal, cápsula de Bowman 1234, 1235(f)
pedículo
das vértebras 716, 718, 721
cervicais 718
desenvolvimento 768
pulmonar(raíz) 992(f), 994
vitelino 181, 1209
ver também pedúnculo(s)
pedúnculo(s)
cerebelar 275, 277, 278, 298-9
inferior 277, 278(f), 279(f), 281, 285, 298
aferentes 285, 286
desenvolvimento 377
médio 298, 306
superior 281, 285, 288, 290, 298-9
de conexão, do embrião 174, 180, 181, 181(f), 182, 185(f), 186, 1305(f), 1308(f), 1322
desenvolvimento do 181
ópticos 699
superior, lesões 309
peito
de pombo 918
escavado 918
peito de pombo 918
peito *ver* tórax
pele 145-64
alterações na gravidez 149
alterações relacionadas com a idade 162
anexos 145-77
células 146-8
renovação(tempo) 147
classificação 145
cor 145
crescimento neonatal 159-60
da face 467-8
da mama 930-1
da orelha 619
da parede do abdome
anterior 1055-9
posterior 1069-70, 1069(f)
da perna *ver* perna
das costas *ver* costas, pele
desenvolvimento 157-8, 767
interações entre o epitélio e o mesênquima 159
do antebraço *ver* antebraço
do braço *ver* artérias(de órgãos ou regiões), da pele
do couro cabeludo 467
do escroto 1262
do pé *ver* pé
do pênis 1271
do pescoço *ver* pescoço, pele
dorsal, da mão 857
drenagem venosa *ver* veias(de órgãos ou regiões)
embrionária 157, 159
enxertos 164
função 145
glabra 145, 146(f)
hirsuta 145, 146(f)
inervação 157, 159
linfáticos 156-7, 159
linhas 145, 160-2
nervos da *ver* nervos(de órgãos ou regiões)
palmar 778
da mão 857
pigmentação 149
regeneração 162
remodelagem 163
reparo 161-3
retalhos *ver* retalho(s) cutâneo(s), formação
rugas, *ver* rugas, da pele
sobre as articulações *ver as articulações específicas em* articulações(específicas)
suprimento vascular 156-7, 159
tipos 145
ver também epiderme
pele com aspecto de casca de laranja 933
pele de galinha 154

pelo(s) 151-4
bainhas 151-2
bulbo 151, 152(f)
ciclo 152-3
cor 152
córtex 151, 152(f)
crescimento 152-3
cutícula 151, 152(f)
desenvolvimento 158-9
estrutura 151-2
folículo 146(f), 151, 151(f), 152(f), 602
lanugem 158, 213
medula 151
placódio 158
púbicos, desenvolvimento 1325, 1325(f)
rudimentar 152
terminal 151, 153
velo 151, 153, 158
pelve
anatomia de superfície 1052-4, 1053(f)
ângulo da 1041
arcabouço musculoesquelético 1041, 1042(f)
artérias 1041, 1047, 1047(f), 1086-9, 1087(f), 1088(f)
assoalho("saída") 1083
desenvolvimento 1323
ver também saída, da pelve
desenvolvimento 903
diafragma, fáscia do 1086
drenagem linfática 1041, 1090-1, 1091(f)
entrada 1083, 1358
estrutura e função 1041
extrarrenal 1231
falsa 1041, 1083
fáscias 1085-6, 1085(f)
parietal 1085-6
inervação 1041, 1091-3
interface com os membros inferiores 1041
intrarrenal 1231
ligamentos da 1289-90, 1290(f)
masculina 1256(f)
músculos 1083-5, 1083(f), 1084(f)
na gravidez 1300-1
óssea 1041, 1083-93, 1357-9
anatomia de superfície 1340, 1341(f)
androide 1358, 1359
antropoide 1358
classificação 1358
diferenças sexuais 1359-60
eixos 1083, 1358-9
ginecoide 1358
inclinação 1358-9
maior(verdadeira) 1358
medidas 1358, 1366
menor(falsa) 1358
cavidade 1358
nos bebês 1359
peso suportado 1359
platipeloide 1358
ossificação 902, 1463
ossos 1352-65
peritônio da *ver* peritônio, pélvico
renal 1230-1, 1230(f)
microestrutura 1231
suprimento autonômico 1041-7, 1043(f)
gânglios 1045-6
parassimpático 1044-5
plexos 1044(f), 1045-6, 1045(f)
simpático 1042-4
veias 1041, 1089-90, 1090(f)
verdadeira 1041, 1083
penfigoide, bolhoso 33
penicílios 1194, 1195
pênis 1271-4
artérias 1098, 1273
bulbo 1271, 1271(f)
corpo 1271-3, 1271(f), 1272(f), 1273(f)
desenvolvimento 1323(f)
ejaculação 1274-5
ereção 8, 1096, 1274-5
fáscia 1060, 1273
glande 1271, 1271(f)
ligamentos 1273
linfáticos 1275
maturação na puberdade 1325(f)
microestrutura 1274
nervos 1273-4
pele 1271
raiz 1271, 1271(f)
ramo 1097, 1271
veias 1273
pensamento
analítico 358
gestáltico 358
pepsinogênio 1204
peptídio(s)
associado à latência 194
atrial natriurético 142
ver também neuropeptídios
peptídio relacionado com o gene da calcitonina(CGRP) 508
descida dos testículos e 1320-1
percepção
área visual V4 347
da dor 267, 270, 348
perforina 71, 72
pericárdio 959-60, 960(f), 963, 993
camada visceral *ver* epicárdio
desenvolvimento 186
dor com origem no 959
drenagem linfática 959
fibroso 959, 1014
inervação 959
relações 959
com o diafragma 1007
seroso 959, 1014
reflexões 959, 960(f)
suprimento vascular 959
pericôndrio 81, 82, 85, 91, 93, 98(f)
pericoronite 510
pericrânio 426, 428
periderma 157, 158(f), 198
"peri-hipoglosso"(complexo) 283
perilinfa 633(f), 634-6, 635
movimento 628
perimísio 86, 108, 121, 657
períneo 1093-8
anatomia de superfície 1093
artérias 1097-8
drenagem linfática 1098
fáscias 55(f), 1093-7, 1093(f), 1095(f), 1109(f)
profunda 1095
superficial 1095
feminino 1094, 1095(f), 1097(f)
músculos 1283(f)
nervos 1283(f)
vasculatura 1283(f)
"ginecológico" 1279
inervação 1098
masculino 1093(f), 1094
músculos 55(f), 1093-7, 1095(f), 1109(f)
veias 1098
período
embrionário 167, 211, 212(f)
fetal 167, 211, 213, 213(f)
gestacional 211
neonatal 214-16
perinatal 214
refratário 64
periósteo 86, 89(f), 91, 91(f), 93, 97, 98(f), 112, 467
orbital 658
periquimacias 514, 515(f)
peristalse
do epidídimo 1268
do esôfago 954
ao nascimento 1204
feto 1203
estômago, ao nascimento 1206
intestino grosso 1213
ureter 1241, 1242
peritônio 1106-14, 1213-14, 1286(f), 1288(f)
aderências 1099
bolsa omental *ver* bolsa(s), omental
cavidade geral *ver* cavidade(s), geral, do peritônio
inervação 1106-7
cavidade *ver* cavidade(s), peritoneal
conexões hepáticas 1070-2, 1073(f)
da pelve 1105-6
feminina 1106
masculina 1105-6, 1106(f)
derivações ventriculoperitoneais 1110
desenvolvimento 1099, 1213-18
do abdome inferior 1104-5
do abdome superior 1099-104, 1103(f)
ver também ligamentos(específicos), falciforme
escavações
retouterina 1218
retovesical 1105, 1218
estrutura 1099
mesentérios *ver* mesentério
microestrutura 1099
nervos 1010
omento *ver* omento
parietal 1099, 1104, 1213, 1214, 1215(f), 1217
inervação 1106
posterior 1217
pregas(ligamentos) 1214, 1216, 1319
conexões esplênicas 1104
conexões hepáticas 1101-2
falciforme 1099-100, 1319
mesórquio 1319
pré-esplênica 1104
ver também prega(s); omento
que cobre a parte posterior da bexiga 1105-6, 1312
que cobre o baço 1104, 1191, 1192(f)
que cobre o colo 1099, 1104-5, 1217
que cobre o duodeno 1099
que cobre o estômago 1099
que cobre o intestino delgado 1105, 1217
que cobre o pâncreas 1217
que cobre o reto 1099, 1218
que cobre o rim 1228, 1229(f)
reflexões 1106-14
ao redor do fígado(ligamentos) 1070(f), 1071(f), 1099-100, 1214
ver também peritônio, pregas
relação com o diafragma 1007
visceral 1099, 1217
inervação 1106
ver também serosa
perlecana 33, 38
perna 1411-28
anatomia de superfície 1340-1, 1341(f), 1342(f), 1343, 1343(f)
artérias 1424-6
cutâneas 1411
compartimentos 1330-1, 1411-12
anterior(extensor) 1411
lateral(fibular) 1411
posterior(flexor) 1411
drenagem venosa 1090
músculos 1331-3, 1417-24
compartimento anterior(extensor) 1417-19, 1418(f), 1419(f)
compartimento lateral(fibular) 1418(f), 1419-20
compartimento posterior(flexor) 1418(f), 1420-4
inervação 1411
nervos 1411
suprimento arterial 1411
nervos 1426-8
ossos 1412-18
pele 1411

linfáticos 1411
suprimento vascular 1411
tecido mole 1411
trauma 1411-12
veias 1426
peroxissomos 3(f), 4, 10, 12, 13
perseguição(movimento ocular) 663, 664
pés, "juncionais"(pilares) 108
pescoço 435-66
anatomia de superfície 397, 405-7
artérias 406-7
nervos 407
pontos de referência esqueléticos 405
tecidos moles e vísceras 406
veias 407
cânceres 454
celulite 439-40
compartimentos 439
desenvolvimento 595-614
disseminação de infecção 439-40
drenagem venosa 399(f), 400
espaços teciduais 439-40
fáscia 438-40
formação do 607-10
inervação 401-2
ligamentos 436, 438
linfáticos 400(f), 401, 454
músculos 397, 440-4
cervicais 440-1
infra-hióideo 442
trígono anterior 441-3
vertebral, anterior 442-3
vertebral, lateral 443
nervos 455-62
pele 435-6
inervação 435-6
linfáticos 454
nervos 435-6
suprimento vascular 435
raiz do 406, 438, 439, 443, 465-6
reflexos 401
suprimento arterial 397-400, 398(f), 444-51
triângulos 436-8
ver também triângulo(s)
vasos sanguíneos 610
veias 451-2
desenvolvimento 393(f)
vísceras 462-5
pés-de-galinha 486
pia-máter 244, 427, 433-4
craniana 244
desenvolvimento 244, 383, 389
espinal 751
vascular(tela corióidea) *ver* tela corióidea
pielograma
ascendente 1231
retrógrado 1231
pigmentação
constitutiva 149
da substância negra 290
facultativa 149
nevos 772
pele 149
pigmento
biliar 49
células *ver* células(específicas), pigmentadas; substância, negra
macular 693
senilidade 42
pigmento da senilidade 12
pilar(es)
comum 634, 637
das fauces 565
do anel inguinal superficial 1065
do cérebro 288(f), 288-9, 332, 357
suprimento arterial 253
do diafragma 1007, 1008(f), 1010
aberturas no 1007-9
direito 1007, 1012
esquerdo 1007
função do esfíncter esofágico externo 953
no vômito 953
do fórnice 355
juncionais 108
ósseos ampulares 637
piloro, inervação 1172
pinocitose 9
pirâmide(s) 265(f), 268, 275-7, 276(f)
do bulbo 377
do cerebelo 298, 300(f), 304, 305(f)
do rim 1232, 1234(f)
vestibular 633
pisiforme 861, 861(f), 862
anatomia de superfície 786
ossificação 864
placa(s)
alar 377
células 377
colunas de células 377
desenvolvimento 375, 377
desenvolvimento do cerebelo 377
alveolar 517
basal 177-8
células 376
da placenta 1303
desenvolvimento da medula espinal 375
desenvolvimento do cérebro posterior 376
desenvolvimento dos nervos cranianos 372
do cérebro intermediário(mesencéfalo) 380
do metencéfalo 377
do tubo neural 363, 364
bucal 530
cartilagíneas, brônquios intrapulmonares 995, 1005
coriônica 177
cortical 369
cribriforme 423, 425(f), 471, 472, 472(f), 517, 611, 665
da mão 905
da unha 155
de crescimento 81, 83, 91, 94, 95, 96, 98, 98(f)
de Peyer 1051, 1133(f), 1135, 1213
digital 902
do assoalho, do tubo neural 363(f), 364(f)
ductal 1208
malformação 1208
epitelial, dos somitos *ver* somitos
hepática 1174-5
hilar 1168-9
lingual 480
neural 186, 186(f), 187, 188, 361
notocordal 184, 185
pós-anal 1094
pré-cordal 184, 389, 390
primitiva 184
tarsal 657, 671(f)
inferior 670-1
superior 670-1
terminal motora 110, 111
timpânica 412, 414, 416
vaginal 1316
ventrolateral *ver* placa(s), basal
volar 877
ver também lâmina(s)
placa terminal motora 110, 111
placa, ateromatosa 137, 981
placas de adesão, focal 7
placas leitosas(*milky spots*) 1104
placenta 1027
acreta 1301
circunvalada 1303, 1304(f)
corioalantoica 176
crescimento 176-7
desenvolvimento 176-8
em raquete 1303, 1304(f)
espaços intervilosos 178-9
face fetal 1302, 1303(f)
função respiratória 1035
funções endócrinas 180
gravidez gemelar 172, 173(f), 1303, 1303(f)
hemocorial 176, 178
formação 176
increta 1301
lobos 1302
acessório(sucenturiada) 1303
localização 1301
membranácea 1303
percreta 1301, 1302(f)
peso 1302
placas
basal 177-8
coriônica 177
pós-parto 1302-3
prévia 172, 182, 1301
sincício 179
tamanho 1302
transporte através da 180
variações 1303-4, 1303(f), 1304(f)
placenta em raquete 1303, 1304(f)
placódio(s)
da lente 699
ectodérmicos 186, 188, 366-7, 595-6
epibranquiais 367, 602
epifaríngeos 596
hipofisial 366, 367
não neurogênico 366, 367
nasais 602
neurogênico 366
ventrolaterais(epibranquiais) 367
neuronais 198
nodoso 374
olfatórios 366(f), 382, 604
ópticos 366(f), 595(f)
óticos 367, 651, 652
piloso 158
profundo 367
trigeminal 366(f), 367
placoglobina 7
plagiocefalia 418, 613
plano(s)
anatômico, torácico, transverso 913
da face 468-9
do abdome 1052, 1052(f)
da crista púbica 1052
interespinal 1052
paramedianos 1052
subcostal 1052
supracristal 1052
transpilórico 1052
transtubercular 1052
xifoesternal 1052
pré-vertebral 708
plano semilunar 637
plano temporal, assimetria 358
plaquetas *ver* células(específicas), plaquetas
plasma 67
plasmina 72
platô, cardíaco 1007
plectrina 106
pleura 963, 989-92, 990(f)
anatomia de superfície 914
artérias 991
cúpula da 465, 989
desenvolvimento 991
drenagem linfática 991
mediastinal
esquerda 984
parietal 1014
microestrutura 991
nervos 991, 1010
parietal 989, 991
anatomia de superfície 914
artérias 991

cervical(apical) 465, 989, 990(f)
costovertebral 989, 990(f)
diafragmática 989, 991
mediastinal 989, 991
radiografia do tórax 989, 990(f)
reflexões 914
relação com o diafragma 1007
relação com o rim 1009
sombreamento 989
tomografia computadorizada 989, 990(f)
veias 991
visceral(pulmonar) 991, 996
artérias 991
plexo
basilar 431
corióideo 41, 52, 52(f), 227, 228(f), 242
calcificação 51
desenvolvimento 377, 380, 383
do quarto ventrículo 242
do terceiro ventrículo 242
do ventrículo lateral 242
microestrutura 51
vasculatura 242
endocárdico 1016
epicárdico 982
miocárdico 982
ramos infraclaviculares 821-2
subendocárdico 982
plexo(arterial)
capsular, do rim 1232
da pele
dérmico 156
desenvolvimento 159
subcutâneo 156
subpapilar 156
de Kiesselbach 553, 554
manto 323
mediastinal, subpleural 926
palmar, desenvolvimento 905
periosteal, do osso 91
pial 757
desenvolvimento 391
profundo, da hipófise 323
subsinovial 101
plexo(capilar)
das artérias brônquicas 1003
das artérias renais 1233
desenvolvimento da carótida interna 390
desenvolvimento das veias vitelinas 1220
do mesênquima esplancnopleural 1220
do pulmão 1003
hepático 205, 1207
peritubular(renal) 1233
primário da cabeça 392
terminal, do membro do embrião 903
plexo(linfático)
abdominal 928
da subíntima sinovial 101
das pálpebras 671
digital 779
dorsal 779
intrarrenal 1233
palmar 779
perianal 1160
perirrenal 1233
subareolar 932
submucoso 1180
subpleural, superficial 998
subseroso 1180
torácico 928
plexo(nervoso) 58, 1180
abdominal 1081
aórtico
abdominal 1043, 1045-6, 1150
torácico 943(f), 944, 944(f)
aórtico torácico 943(f), 944, 944(f)
atrial 983
autônomo 951
autônomo carótico 247
braquial 401(f), 407, 457, 779-81, 781(f), 818-22, 819(f)
anatomia de superfície 790
arranjo 779
bloqueio do nervo 790
lesões 978
inferior 822
superior 822, 1010
ramos supraclaviculares 820-1
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
cardíaco 461, 912, 939, 945, 982-3, 983(f)
profundo 982-3, 984
superficial 982, 983
celíaco 1043, 1044, 1045, 1111, 1120, 1187
cervical 401(f), 407, 435, 437, 439, 455-7
ramos 456-7
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
cístico 1172
coccígeo 1092-3
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
coronário
direito 982, 983
esquerdo 983
de Auerbach(mioentérico) 953, 1044, 1122
desenvolvimento 1051, 1203, 1212
de Meissner(submucoso) 1044, 1051, 1122, 1212
de Raschkow 515
dental, superior 519
esofágico 912, 951, 1044, 1111
esplênico 1193
faríngeo 452(f), 458, 459, 460, 572
frênico 1045
gonadal 1046, 1233
hepático 1044, 1120, 1172-3
hipogástrico
inferior(pélvico) 1044, 1046, 1141, 1153, 1159, 1160, 1249, 1291
desenvolvimento 374
superior 986, 1043, 1044, 1046, 1150, 1155
ilíaco 1046
incisivo 519
infraorbital 493
intercostal, relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
intermesentérico 986, 1043, 1045-6
intragemal 508
lombar 1078-80, 1079(f), 1336
irritação 1080
lesões 1336
ramos 1079, 1079(f), 1080
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
lombossacral 1081, 1091-2
mesentérico
inferior 1043, 1046, 1141, 1147, 1150, 1151, 1155
superior 1045, 1131, 1141, 1143, 1144, 1146, 1147
mioentérico 953, 1051, 1213
desenvolvimento 1203
mucoso 1051
ovárico 1295
papilar, superficial 157
parotídeo(pé anserino) 494, 1343
pélvico 1044, 1046
pélvico *ver* plexo(nervoso), hipogástrico, inferior(pélvico)
periesofágico 951, 1111
perigemal 508
peripatelar 1393
pós-fixado 1078
pré-fixado 1078
pré-prostático 1258
pré-vertebral 98
prostático 1252
pulmonar 912, 945, 991, 994, 998
anterior 982, 998
posterior 944, 998
renal 1233
retal 1155
reticular, profundo 157
retro-orbital 545
sacral 1091-2, 1336, 1384-5
lesões 1336
ramos 1092, 1384-5
ramos musculares 1092
ramos viscerais 1092
relação entre os centros e os arcos neurais 771(f)
sobre a artéria tireóidea inferior 462
solar(celíaco) 1187
subclávio 461
subsartorial 1383
subseroso 1051
suprarrenal 1200
timpânico 629
uretérico 1233
vertebral 461
externo 715
interno 714, 715
vesical 1249, 1253, 1257
plexo(venoso)
coronal 757
da dura-máter, desenvolvimento 392-3
das conchas 553
dorsal, da mão 894
faríngeo 452, 561, 563-4
pampiniforme 131, 1264, 1293, 1295
prostático 1252
pterigóideo 431, 500, 502, 527, 540(f), 541, 656, 666
sagital 393
subpapilar 157
uterino 1284, 1293
vaginal 1284
vertebral 452, 987, 1075
externo 453
interno 452
vesical 1252
plexo corióideo *ver* plexo, corióideo
pneumoperitônio 1216
pneumotórax 406, 914, 978, 991
hipertensivo 991
polegar
articulações 875-6
falanges do 866
movimentos 864, 875-7, 888-9, 889(f)
músculos
oposição 889
preensão com as pontas do polegar e de um ou mais dedos 889-90
retroposição 888, 889
ossificação 866
ossos 866
sistema de polia 879, 881(f)
polegar de guarda-caça 877
polidactilia 902
poli-hidrâmnio 181, 953, 1015, 1203, 1206
polimastia 934
polimicrogiria 388
poliotia 618
polipeptídio intestinal vasoativo(VIP) 48, 317
formação hipocampal 352
polipeptídio pancreático 1190
polisplenia 1218
polissacarídeos 4
polissomos 10
politelia 934
polo
do baço 1191
frontal 343, 344
desenvolvimento 383
temporal 338, 345-6
córtex 346
desenvolvimento 383
uso do termo 383

polpa
branca 1194, 1194(f)
dentária 514-15
infecções 517, 518(f)
do baço, vermelha 1194-5, 1194(f)
ponte 226, 228(f), 229(f), 284-7
basilar 306
características externas 284
controle da micção 1254
desenvolvimento 377
fibras de projeção cortical 357(f)
lesões 295
núcleo reticular do tegmento 306, 308
conexões cerebelares 306
relações 284
suprimento arterial 253
ventral 284
ponte, do nariz 471, 475, 479
pontículo 619, 625
pontículos(atlas) 720
ponto(s)
de dobradiça, da placa neural 361
de Erb 406(f), 407
de referência 509
medioinguinal 1053
motor 110
pivô 118, 122(f)
ponto lacrimal 669
pontos de referência
escapular 746-7
musculotendinosos 747
pélvico posterior 747
sacrococcígeo 747
porinas 13
poro(s)
da pele 146(f), 154, 161(f)
gustativo 508
interalveolares(de Köhn) 998, 1000(f)
nuclear 19
porta do fígado 1049, 1165, 1168-9
portais, linfovenosos 455-6
posição de impacto 807
posição ereta 1458-9
apoio unipodal 1459
centro de gravidade 1458
posição pélvica 1358-9
posição sentada
ergonomia 745
posição pélvica 1359
postura 745
anatomia 643-4, 643(f)
anormal, disfunção dos núcleos da base 334
de "praia", respiração associada à contração do abdome 1012
fixação, papel do cerebelo 309
função antecipatória do cerebelo 308
músculos da 744, 745
que afeta o nível do diafragma 1012
potássio, excreção 1238
potencial
da placa terminal 111
de ação *ver* potencial de ação
de membrana 64
de repouso 63
endolinfático 647
graduado 64
nervoso, receptor 57
receptor, na audição 647
potencial de ação 63-4, 110, 111, 225
músculo esquelético 110, 111
prateleira, palatina
elevação 604
fusão 604, 604(f)
rotação 604
práxis 358
pré-cúneo 336, 336(f)
pré-dentina 514, 517(f)
pré-eclâmpsia 176, 1299
preensão com as polpas do polegar, 2º e 3º dedos 875
preensão com as pontas do polegar e de um ou mais dedos 875, 889-90, 890(f)
preensões, de força 872
prega(s)
alares, do joelho 1401, 1402(f)
ariepiglótica 577, 581, 581(f), 582
desenvolvimento 610
avascular, de Treves 1109
axilar
anterior 786, 808
posterior 778, 779, 811, 813
basolaterais, túbulos renais distais 1237
caudal 187(f), 189
cefálica 187(f), 189
ciliares 681
circulares, do intestino 135(f), 1128(f), 1129, 1133(f)
crescentiforme, septação atrial 1023, 1030
da pele 160-1
do punho 785
dos dedos da mão 785, 857
palmar 160, 657, 657(f)
da veia cava 1215(f), 1216
da virilha 1340
digital 657
do reto 1151
horizontal 1151
duodenal 1126, 1126(f), 1127(f)
falciforme 1100, 1320
falha na fusão 1323
franjada 503
gástricas(*magenstrasse*; rugas) 1051, 1115, 1116(f)
gastropancreáticas 1107, 1216
genital 1323, 1323(f), 1324
fusão 1323, 1324(f), 1325
masculina *vs* feminina 1316(t)
glossoepiglótica 503, 577
glútea, horizontal 1341, 1369
gonadal 1307(f), 1313
horizontal, do reto 1151
infrapatelar 1401, 1401(f)
infundibulopélvica, do peritônio 1319
inguinal, lateral 1307, 1320
interuretérica 1312
lacrimal 674
maleolar 624, 627, 630
mesonéfrica 1307, 1320, 1321
formação dos cordões genitais 1321
nasolabial 467
neural *ver* crista neural
palatofaríngea 501(f)
palatoglossal 501(f)
palmar 160, 657, 657(f)
peritoneal 1285, 1288, 1319
peritoneal *ver* peritônio, pregas(ligamentos)
retouterina 1106
retovaginal 1285
sacrogenitais 1105
salpingofaríngea 563
salpingopalatina 562(f), 563
semilunar 669, 703
sinovial, da articulação do cotovelo 832
sublingual 521
suprapatelar 1401
triangular 566
tubárias 1307(f), 1313
umbilical 1105, 1245, 1247
lateral 1056, 1105
medial 1105
mediana 1105, 1106(f)
ungueal 155, 858, 861
uretral *ver* prega(s), genital
uterovesical 1285, 1287(f)
ventriculossacular 583
vestibular 581(f), 582
vocal *ver* corda(s), vocal
pré-maxila, ossificação 613
pré-molares *ver* dentes
prepúcio
do clitóris 1325
do pênis 1271
anormalidades 1252
presbiacusia 648
presbiesôfago 954
presbiopia 687
preservação da mácula 254
pressão
intra-abdominal, elevada, ação do anel inguinal profundo 1066
intraocular 680
aumentada 680, 686, 695
negativa, espaço pleural 989
pleural, aumento durante a tosse 1005
portal 950, 1118
pré-subículo 347, 351, 352
priapismo 1276
primeiros movimentos fetais percebidos pela mãe(***quickening***) 903
primórdio
do quiasma 699
uterovaginal 1313, 1316(f), 1318(f)
pró-atlas 770
vestígios 770
processamento visual 347
processo(s) 88
acessório, das vértebras lombares 723,724
articular blastêmico
articular, das vértebras
caudado 1168
ciliares 686
clinoide 248
anterior 423, 424, 427, 529
médio 424, 527, 529, 530
posterior 424, 425, 427
coclear iforme 626, 628
condilar, da mandíbula 412, 530, 532, 533
fratura 480
coracoide 786
da escápula 794, 794(f), 795
coronoide
da mandíbula 412, 530, 532, 533, 538
fratura 480
da ulna 843
costiforme 770
desenvolvimento 768, 769(f)
da bigorna 627
da cabeça, do embrião *ver* notocorda
de Stieda 1436
do martelo 627
esfenoidal 551
do osso palatino 479
espinhoso, das vértebras 716, 716(f), 719, 720-1, 723, 768
cervicais 718
da vértebra C7 721
desenvolvimento 768
do áxis(vértebra C2) 721
palpação 912
torácicas 721
estiloide 403
da fíbula 1415
da ulna 786, 844
do osso temporal 412, 416, 615, 617
do rádio 840
do terceiro metacarpal 865
falangiano, do órgão de Corti 641
falciforme 1366
frontal
da maxila 476-7
do osso zigomático 409, 475
frontonasal 602
intrajugular 713
jugular, do occipital 415, 425, 428

juncional 141
lacrimal 474
da concha nasal inferior 474, 475, 476
lenticular 627
mamilar 723, 724
mandibular 602
mastoide 403, 411, 412, 416, 417, 419, 615, 617, 618, 619, 620, 622, 626
do osso temporal 415, 428
maxilar 602
alveolar 409, 477
da concha nasal inferior 478
nasal
lateral 602
medial 602
neural 767, 770
notocordal 702
odontoide *ver* dente, do áxis
orbital, do osso palatino 478-9
palatino, maxilar 404, 414, 477, 604
palpebral 703
paramastóideo 713
petroso 414, 415, 527
piramidal, do osso palatino 415, 478, 529
pterigoide, do osso esfenoide 415, 417(f), 529
septal 547
supracondilar 798
transverso, das vértebras 716-17, 770
atlas 405
áxis 405
cervicais 717, 718(f), 721
coccígeas 728
desenvolvimento 768, 770
lombares 716
sacrais 724
torácicas 716-17
troclear iforme 626
tubário 529
uncinado(unco do corpo)
das vértebras cervicais 718
do osso etmoide 472, 473(f), 475
do pâncreas 1183, 1185
desenvolvimento 1207
vaginal
nas mulheres 1289
nos homens 1320, 1320(f), 1322(f)
obliteração 1311
persistência 1279, 1320
parte obliterada 1262
vaginal, do osso esfenoide 416, 529
vocal 579
xifoide 909, 912, 917(f), 918, 1007, 1009, 1052, 1053
ossificação 918
zigomático
da maxila 409, 412, 476
do osso frontal 404, 409, 470
do osso temporal 615
ver também proeminência

processos articulares das vértebras 716, 732
desenvolvimento 768

processos cognitivos
circuito de Papez 347, 358
papel do cerebelo 309

pró-colágeno, tipo I 1017

proctodeu 1212

proctografia 1160

proeminência
cardíaca(pericárdica) 197
espiral 640
facial 624, 625(f)
laríngea(pomo de Adão) 405, 577, 578(f), 579
ver também processo(s)

proeminência laríngea 405, 579

pró-epicárdio 1026

prófase, divisão celular 21

progéria 18

projeção(projeções)
desenvolvimento 388
nervosa 357, 357(f)
ceruleospinais 271
corticofugais 357, 380, 385
corticopetais 380, 385, 388
corticopontina, desenvolvimento 388
desenvolvimento 388
estriatonigral 329, 332
neurossecretora
magnocelular 316, 319
parvocelular 316, 318
rubro-olivar 290
teto-olivar 292
ulnar 861
ver também conexões(neurais); fibra(s), nervosas

prolapso
do disco intervertebral 731-2, 732(f)
retal 1153-4

pró-metáfase, divisão celular 21

promontório
da orelha média 625
sacral 724, 1046, 1052

pronação(movimento) 868-70
músculos envolvidos 868, 872, 872(f)

pronefro 1305, 1305(f), 1306(f)

pró-núcleo 167

propriedades mecânicas 118

propriocepção, fibras nervosas 263, 271, 273(f), 535

prosencéfalo(cérebro anterior) 226, 228(f), 362(f)
desenvolvimento 362, 380
neuroectoderma 699
projeções amigdaloides 354
projeções para o córtex 341
sistema colinérgico 352
ver também diencéfalo; telencéfalo

prosopagnosia 358

prostaglandinas
no ducto arterial patente 975, 984, 1028-9
secreção pelas células renais 1237

próstata 1255-9
alterações relacionadas com a idade 1257, 1259
anatomia zonal 1256-7, 1257(f), 1258(f)
artérias 1257
carcinoma 1258
fáscia 1254
fetal 1257
hiperplasia, benigna 1250, 1259
imagem 1258(f)
linfáticos 1258
lobos 1254
microestrutura 1258-9
nervos 1258-9
relações 1254
uretra na 1254, 1266-7
veias 1257

protease(s), inibidores 176

proteassomos 12, 13

proteína(s)
associada ao microtúbulo 15-16, 42
básica da mielina 51
caderina M 116
canal 4
cinetócoro 16
constitutiva(*housekeeping*)(primária) 193
da família da cinesina 44
da matriz extracelular 36-8
da membrana plasmática 4
de ligação à actina 15
de ligação à nexina 17(f)
de ligação à testosterona 1319
de ligação ao trifosfato de guanosina 16
de marcador olfatório 553
de Tamm-Horsfall 1237
do músculo 106-7
actina *ver* actina
actinina α 7, 14(f), 106
desmina 7, 106, 114, 127, 137, 138
distrofina 106, 107
merosina 107
miomesina 106
miosina *ver* miosinas
nebulina 106, 115
plectrina 106
titina 106, 115, 124
tropomiosina 106, 111
troponina 196, 111
formadora de feixes(*bundling*) 15
formadora de gel 15
fragmentadora(*severing*) de filamentos 15
Gli 902
glial fibrilar ácida 392
glicoproteína associada à mielina(MAG) 51
histona 19
iodotireoglobulina 463
mielina *ver* mielina
mitocondrial 14
morfogenética do osso 87, 370
panexinas 48
perforina 71, 72
primária, do embrião 193
pró-filagrina 148, 158
proteína G 92
proteolipídica(PLP)
receptor 8-9
secundária, do embrião 193
transmembrana 4, 15
transportadora 4
ver também glicoproteína

proteína(s) G 9

proteína Cx40 1020

proteína de ligação à actina 15

proteína de ligação à testosterona 1319

proteína de membrana associada ao sistema límbico(LAMP) 386, 387

proteína de Tamm-Horsfall 1237

proteína glial fibrilar ácida(GFAP), zona ventricular 392

proteína LIS-1 388

proteínas cinases 20

proteínas cinases dependentes de ciclina 20

proteínas *Gli* 1032

proteínas morfogenéticas ósseas(PMO) 87, 370, 699, 1026, 1034

proteínas transportadoras 4

proteínas-canal 4

proteoglicanas 38, 675
na cartilagem 81, 82(f), 83, 84, 86, 87, 89, 96, 108, 120
síntese, metanefro 1308

proto-oncogene 8

protrusão, do lábio 489

protuberância(s) 409
do cerebelo(bilateral) 379
folicular 151
mentual 409, 527
occipital
externa 411, 412, 415, 416, 481, 745
interna 425, 426, 428

pseudocisto, pancreático 1187-8

pseudogânglio, do nervo interósseo posterior 856

pseudópodes 3

psicose de Korsakoff 358

psoríase 147

ptério 403, 412, 418, 469, 529

ptose 252, 295, 659, 661, 671

puberdade
alterações da próstata 1259
alterações da voz 592
alterações mamárias 934-5, 935(f), 1325
crescimento de pelos 153
crescimento ósseo 96
glândulas sebáceas 153
maturação dos órgãos reprodutores 1325, 1325(f)

púbis 1041, 1353(f), 1354-5
anatomia de superfície 1354
diferenças sexuais 1355
fixações musculares 1061, 1355
inervação 1355
no acetábulo 1352
ossificação 1354
suprimento vascular 1255
ver também osso do quadril
pudendo feminino(vulva) 1279-81, 1279(f)
alterações relacionadas com a idade 1279
artérias 1280
inervação 1280, 1280(t), 1282(f)
linfáticos 1280, 1282(f)
veias 1280
pudendo *ver* vulva
pulmão(pulmões) 989, 992-1000
agenesia 1037
alvéolos *ver* alvéolo(s), dos pulmões
amadurecimento intrauterino 1035
anatomia de superfície 914, 989, 992-3, 992(f)
ápice 993
base 993
costal 993
impressão cardíaca 992(f), 993
medial 993
ápice 465, 993
anatomia de superfície 993
aplasia 1037
artérias 996, 997(f)
desenvolvimento 1035
pós-natal 1036
aspecto(externo) 992-3
base 993
bebês 992
brotos 601, 1013-14, 1033, 1034
câncer, estagiamento 957
defeitos anatômicos 989
defesas anatômicas 989, 1005-6
desenvolvimento 1013-14, 1032, 1033-5, 1033(f)
dimorfismo sexual 1032
fase alveolar 1034-5
fase canalicular 1034
fase embrionária 1034
fase pseudoglandular 1034
fase sacular 1034
pós-natal 1036, 1036(f)
direito 992(f)
anatomia de superfície 992-3, 992(f)
artérias 993
fissuras e lobos 992(f), 993-4
hilo 995
impressão cardíaca 992(f), 993
relações 964
segmentos broncopulmonares 993
veias 997-8, 997(f)
drenagem linfática 998, 999(f), 1035
esquerdo 992(f)
anatomia de superfície 992-3
artérias 996-7
fissuras e lobos 992(f), 994
hilo 995
impressão cardíaca 992(f), 993
relações 964
segmentos broncopulmonares 994
veias 997-8, 997(f)
fetal 206(f), 992, 1013
fissuras 914, 992(f), 993-4
funções 989
alterações em torno da época do nascimento 1035-6
hilo(s) 963, 993, 994-5
hiperinflação 1007
hipoplasia 181, 1014, 1015, 1035
inervação 998
limites 993
lobos 992(f), 993-4
hipertransparente grande congênito 1037
lóbulos 995
malformações congênitas 1036-7, 1037(f)
microestrutura 998-1000, 999(f)
ver também alvéolo(s), dos pulmões
movimentos durante a ventilação em repouso 1012
nervos 998
peso 992
radiografia 993
raiz 991, 994
recolhimento elástico 1011
relação com a parede do tórax 989
ressecções, do lado direito 994, 996
revestimento pleural *ver* pleura
segmentos broncopulmonares 994, 995(f), 996, 996(f)
nomenclatura/numeração 994, 995(f)
vasos pulmonares 994
segmentos sequestrados 997
sequestro 997
veias 997-8, 997(f)
desenvolvimento 1035
pulso(s)
arterial
braquial 787
da carótida externa 445
da carótida interna 437, 444
dorsal do pé 1344
facial 446
femoral 1344
radial 787
subclávio 407, 438, 448
temporal superficial 405
tibial posterior 1344
ulnar 787
cabeça 405
facial 405
pescoço 405
venoso, jugular 407
pulvinar 311, 315, 357
punção
suprapúbica 1106
venopunção 790
punho *ver* articulações(específicas), punho
punho caído 829
pupila(do olho), atresia congênita 702
putame 229(f), 230, 325, 326
desenvolvimento 383
input aminérgico para 329, 329(f)
projeções para 329

Q

quadriplegia 759
queimadura de sol 148
queixo 486, 527
quiasma, óptico 239, 240(f), 242, 685
desenvolvimento 380, 700
suprimento arterial 253
quiasmas 22, 23
quilo 139
vazamento 943
quilomícrons 1135
quilotórax 991
quimiocinas, reconhecimento 137
quimiorreflexo, vias aéreas superiores 389
quimo, armazenamento 1142
quinocílio 638, 638(f)

R

radiação
acústica 357
óptica 346, 357, 696
lesões da 697
suprimento arterial 253
somestésica 357
talâmica, posterior 357
radículas, dos nervos espinais 257, 754, 769, 770
radículas, vitelinas 1019
rádio 840-4, 840(f), 841(f)
anatomia de superfície 786
ausência congênita 906
cabeça 786
desenvolvimento 905
diáfise 778, 786, 840-1, 840(f)
extremidade distal 841
locais de fixação 840(f), 841-2, 841(f)
ossificação 842-3, 843(f)
subluxação da cabeça 835
suprimento vascular 842, 842(f), 852
radiografia
do colo 1138-9, 1139(f)
do tórax 989, 990(f), 991, 993, 1002
contornos do mediastino 954, 954(f)
entubação endotraqueal, recém-nascido 1033
rafe
da "placa" do levantador do ânus 1155
da faringe 561, 568
da pálpebra, lateral 482
do escroto 1262
do músculo iliococcígeo 1083
do palato 500, 502
do palato mole 565
do períneo 1096
grupo de células serotoninérgicas 329, 329(f)
mediana
desenvolvimento 377
fibrosa 501
pterigomandibular 415, 487, 499, 530, 543, 565, 565(f)
raios
da lente 687, 687(f)
dos dedos 905
medulares, do rim 1229, 1234(f), 1235
raiz(raízes)
da alça cervical
inferior 445(f), 456
superior 437, 445(f), 456
da aorta 970(f), 974
da língua 503
do(s) nervo(s)
acessório
craniana 459
espinal 459-60
do gânglio ciliar 669
espinais
anterior 226, 227(f), 230, 260, 754
desenvolvimento 371
artérias 757, 758(f)
aspecto 754
compressão 759
lesões 759
orientação 754
posterior 227(f), 230, 751, 754
desenvolvimento 372
revestimentos 751(f), 752, 752(f)
variações 755
facial 279
hipoglosso 276(f), 281
lombares 754
mielinização 389
oculomotor 288
olfatório 554-5
sacrais 754
torácicos 754
do mesentério 1099
dorsal 1209, 1211, 1217
do pênis 155, 1271(f)
do pescoço 438, 439, 443, 465-6
dorsal 226
dos dentes 513, 514(f), 516(f)
caninos 510
incisivos 509
molares 510
pré-molares 510

dos pulmões 991, 994
omental 1217
ramo(s)
comunicantes, para o gânglio ciliar 668
da mandíbula 402, 412, 418, 530-1, 538
fratura 480
das artérias gástricas 1268
das artérias gastromentais 1268
das artérias somáticas 206
do ísquio 1356-7
do nervo frênico 1010
do púbis
inferior 1355
superior 1354-5
do sulco lateral(córtex cerebral) 335
iliopúbico 1378
isquiopúbico 1280
lingual do vago 459, 572
orbitais, do gânglio pterigopalatino 669
para o nervo facial 542-3
ramo(s)
da anti-hélice 618
da hélice 618
direito(feixe atrioventricular) 977
do clitóris 1280
do estribo 627
do pênis 1097, 1271
esquerdo(feixe atrioventricular) 977
nasal 547, 551
ramo(s), dos nervos espinais
anterior(primário anterior) 230, 455-7, 755, 911
7º a 12º torácico 1060
cervical 460, 755
lombar 754, 1078, 1081
primeiro nervo torácico 993
sacral 755
torácico 47, 928-9, 928(f), 1060
intermédio 754
posterior(primário posterior) 230, 755, 755-7, 756(f)
cervical 457, 755-6
coccígeo 757
lombar 756
sacral 756
torácico 756, 929
posterior, cervical 457
"ramo da crista terminal" 979
ramos comunicantes
brancos 234, 753, 755, 944
desenvolvimento 375
lombares 754, 1043
torácicos 754, 911, 944
cinzentos 234, 753, 944
cervicais 460
lombares 754, 1043, 1078, 1081
pélvicos 1093
"mistos" 944
ramos, das vértebras cervicais 718
rampa
do tímpano 634, 652
do vestíbulo 634, 652
média 634
rânula 521-2
raquitismo 95, 418
rebordo costal 909, 912
anatomia de superfície 1052
recém-nascido 214-16
amamentação 606-7
amostra de urina 1312
anatomia 214(f), 215(f)
anéis inguinais 1066
artéria ilíaca interna 1087
artérias 1032
bexiga urinária 1312, 1313(f)
cavidade oral 606-7
cavidade peritoneal 1218
cérebro 388-9
colo 1212
coração 1029(f), 1030
crânio 611(f)
curvaturas da coluna vertebral 714
deglutição 573(f), 574
dentição 512(f)
desconforto respiratório 1035
diafragma 1015-16, 1218
doença cardíaca congênita 974
ducto arterial 1028
entubação endotraqueal 1033
esôfago 1203-4
mucosa 1204
esqueleto 215, 215(f)
estômago 1206
faringe 610
fêmur 1365
funcionamento dos pulmões 1035-6
genitais externos femininos 1325
glândula suprarrenal 1219
glândula tireoide 608
gordura marrom 35
humor vítreo 688
intestino delgado 1211-12
intestino grosso 1212
laringe 574, 610
mandíbula 532
maturidade funcional do intestino 1213
medida do comprimento 216
membro(s), inferior 1463-4
mielinização 389
ossificação condrocraniana 611
osso do quadril 1354(f)
osso esfenoide 530
osso hioide 610
osso occipital 711(f)
ovário 1294, 1321
parede do abdome 1313(f)
peso 216
pós-termo 213
pré-termo(prematuro) 213, 216
ver também bebês, prematuro
punção lombar 760
reflexos 389
rim 1225, 1312, 1313(f)
sistema urinário 1312, 1313(f)
sono REM 1015-16
testículos 1325
timo 947(f), 948
tórax 1015-16
tronco encefálico 376(t), 377
ureter 1312, 1313(f)
útero 1313, 1313(f), 1316
vagina 1316
valva de Eustáquio(válvula da veia cava inferior) 964
veias 1032
vesícula biliar 1209
ver também bebês
receptor(es)
barorreceptores 58
classificação 57-8
cutâneos 58, 59
de estiramento 261
epiteliais 57, 58
especiais 59
ionotrópicos 46
mecanorreceptores 535
nociceptores 535
olfatórios 28
proprioceptores 535
quimiorreceptores 58, 59
sensitivos 57-8
articulares 61
barorreceptores 58
classificação 57-8
cutâneos 57
epiteliais 57
exteroceptores 57
gerais 57
gustativos 57
interoceptores 57-8
irritativos 58
mecanorreceptores 53, 57, 58(f), 59, 61
neuroepiteliais 57
neuronais 57
nociceptores 57, 58, 58(f), 63
peritriquiais 58
proprioceptores 57
quimiorreceptores 57, 58
termorreceptores 53, 57, 58
visuais 57
receptores acoplados à proteína G 8
receptores transmembrana do tipo *seven-pass* 8
recesso(s)
aórtico 959
azigoesofágico 957
cecal 1109
coclear 633, 634
costodiafragmático 910, 914, 991, 1015(f), 1228
borda inferior 991, 992(f)
costomedial 991
da adeno-hipófise 367
da hipófise(bolsa de Rathke) 198, 321, 367, 368(f)
da membrana timpânica 630
do infundíbulo, do terceiro ventrículo 239
duodenal 1217
duodenojejunal 1109
elíptico 633, 636
epitimpânico 621, 626, 627, 628
esfenoetmoidal 529, 551
esplênico 1107
faríngeo 563
faringotimpânico 604
hepatoentérico 1216
ileocecal(superior e inferior) 1109
inferior, da bolsa omental 1204
intersigmóideo 1109
lateral, do quarto ventrículo 240
mesentericoparietal 1109
óptico 239
pancreaticoentérico, desenvolvimento 1204, 1215(f)
paraduodenal 1109
paraesofágico 1203, 1215(f)
pericárdico 959
pineal 239
pleurais 991
pneumoentérico 1203, 1214, 1215(f), 1216
pulmonar 959
retrocaval 986
retrocecal 1109, 1142
retroduodenal 1109
saciforme, da articulação radioulnar distal 868, 868(f)
subpoplíteo 1396, 1402
suprapineal 239
tubotimpânico 604, 652
zigomático 558
reconhecimento de objetos, área visual V4 347, 358
rede
de veias, do tubo intestinal 1220
do ovário 1319
do testículo 1265, 1268
desenvolvimento 1319
inframedular, dos seios 918
sinusoidal, do osso 91, 92(f)
refeição de bário 953, 954(f), 957, 1115(f)
reflexo(s)
ao nascimento 389
corneano 286, 287(f)
cremastérico 1064
da ânsia 283, 401, 458, 573, 1324
da deglutição 283
da ejeção do leite 319
da tosse 284
de acomodação 681
de Babinski 230, 261, 389

de endireitamento do pescoço 389
de estiramento 261
de extrusão 389
de Ferguson 319
desvio e torção(olho) 663
do espirro 284, 284(f)
do extensor plantar 261, 271, 272(f)
do mergulho 389
do músculo bíceps 789
do músculo tríceps 789-90
do piscamento 401
do tensor do tímpano 287, 628
do tornozelo 1346
espinal 266(f), 272(f), 273(f), 389
estapediano 287, 401, 628
flexor 262, 261(f)
gama 261, 261(f)
glabelar 389
inibidores retoanais 1160
lacrimal 673, 674(f)
mandibular 287
nasal 389
optocinético 663
patelar 1346
peristáltico 1051
plantar 1346
pupilar à luz 389, 683(f), 684-5
radial 790
resposta à tração 389
vestíbulo-ocular 663
visual 644
reflexões
da pleura 914
do peritônio *ver* peritônio
refluxo
esofágico 953, 1009
gastroesofágico 1114
refração da lente 687
distúrbios 687-8
regeneração
da epiderme 145-8
da pele 162
do epitélio(esofágico) 952
do fígado 1175
dos músculos cardíacos 143
dos músculos esqueléticos 143
região(regiões)
abdominais 1051
aorta-gônada-mesonefro 207
articulares 868-70
das fibras nervosas
paranodal 43, 54, 54(f)
perinuclear(mediointernodal) 54
do cotovelo 831-8
artérias 835
inervação 836-7
lesões 835
pele
inervação 831
suprimento sanguíneo 831
do hipocampo *ver* hipocampo
do ombro
articulações *ver* articulações(específicas), glenoumeral
músculos 778, 807-14
ossos 791-800
pele 791
inervação 791
suprimento vascular 791
do pulso
ligamentos 870-1
extrínsecos 870-1
intrínsecos 871
ruptura 871
pele 857-61
inervação 858, 858(f)
nervos 858, 858(f)
suprimento vascular 857, 858(f)
do quadril *ver* cíngulo do membro inferior; articulações(específicas), do quadril; região(regiões), glútea
glútea 1349-85
anatomia de superfície 1341-2, 1343(f)
artérias 1378, 1378(f)
dor 1390
drenagem linfática 1336
fáscia 1349-50
músculos 1331, 1368-72, 1369(f), 1391-2
pele 1349
retalhos perfurantes 1381
tecido mole 1349-52
ilíaca
drenagem linfática 1336
músculos 1332, 1367-8, 1367(f), 1391-2
inguinal 1064-6
anatomia de superfície 1053, 1340, 1341(f)
occipitocervical *ver* junção(junções), occipitocervical
região atlantoaxial 770
"região locomotora mesencefálica" 331, 334
região occipitocervical *ver* junção(junções), occipitocervical
relaxina 1366
relé, sináptico, nervo vago 945
relógio da segmentação 763
renina 1225, 1310
liberação 1238
repetição em *tandem* 19
resistência vascular pulmonar 1035-6
respiração 989, 1011-12
"abdominal" 1012
anatomia 1011-12
durante o sono 1012
expiração 1012
forçada 1007
movimentos dos pulmões 914
músculos 1012
papel do abdome 1012
fetal 1013
inspiração 1011-12, 1011(f)
forçada 1007, 1012
movimentos dos pulmões 914
músculos 1011, 1071, 1085
profunda 1012
antes de esforços expulsivos 1009
silenciosa 991, 1012, 1085
limite pulmonar 993
músculos acessórios 924-6
papel do abdome 1012, 1071
papel do diafragma 1011-12
papel do músculo faríngeo 1012
papel dos músculos intercostais 1012
reflexo nasal no recém-nascido 389
"torácica" 1012
resposta à tração 389
resposta auditiva cruzada 620
restrição do crescimento intrauterino 216, 216(f), 1299
retalho(s)
de McGregor 469
retalho(s) cutâneo(s), formação/estrutura 163-4, 468
da artéria interóssea posterior 853
da testa 468
de couro cabeludo 467
de pele *ver* retalho(s) cutâneo(s), formação
deltopeitoral 926
escapular 817
fasciocutâneo 164
fasciocutâneo radial do antebraço 852
lateral do braço 827
livre 164
miocutâneo, do músculo reto do abdome 1061
musculocutâneo 164
do músculo latíssimo do dorso 811
do músculo peitoral maior 807-8
do trapézio 809
nasolabial 468
paraescapular 817
retalho musculocutâneo do músculo reto transverso do abdome(TRAM) 934
retalho perfurante da artéria epigástrica inferior profunda(DIEP) 934
retalhos perfurantes anterolaterais da coxa 1381
retalhos perfurantes anteromediais da coxa 1381
retalhos perfurantes da coxa e do quadril 1381
retalhos perfurantes da região glútea 1381
retalhos perfurantes do músculo tensor da fáscia lata 1381
retalhos perfurantes do tornozelo e do pé 1381
reticulina 72, 73, 74, 75
retículo
do baço 1195
endoplasmático *ver* retículo endoplasmático
mioepicárdico 1016, 1017(f)
sarcoplasmático *ver* retículo sarcoplasmático
retículo endoplasmático 10(f)
do músculo *ver* retículo sarcoplasmático
liso(agranular) 3(f), 4, 10(f)
rugoso(granular) 3(f), 4, 10, 11(f)
retículo sarcoplasmático 10
juncional 108, 141
músculo cardíaco 140, 140(f), 141, 142
músculo esquelético 107(f), 108, 110(f), 111, 112, 115
não juncional 141
retina 688-96
angiografia por fluorescência 688, 689(f)
artérias 693, 693(f), 694
capilares 694
cor 688, 695
descolamento 699
desenvolvimento 699
neural 700
dimensões 688
doença degenerativa 680
fotorreceptores 675, 685
inervação 694
microestrutura 688-9
camadas 688-9
células 689-93, 689(f)
quadrantes(superior e inferior) 346
sensorial, desenvolvimento 700
tomografia por coerência óptica 690(f)
veias 693, 693(f)
retináculo
da patela 1400, 1403, 1409
lateral 1400
da pele 1430
dos músculos extensores
do punho 879-80, 882(f)
do tornozelo
inferior 1429, 1430(f)
superior 1429, 1430(f)
dos músculos flexores
do membro superior, anatomia de superfície 785
do punho 878-9, 878(f)
do tornozelo 1429-30
fibular, do tornozelo
inferior 1430, 1431(f)
superior 1430, 1431(f)
retinoides 8
reto 1150-5, 1150(f)
artérias 1154, 1154(f)
disseminação de tumores 1086
epitélio 1050, 1161
hipotético 1307
ligamentos 1153, 1154
linfáticos 1155, 1155(f)
nervos 1141, 1155
peritônio 1151, 1218
prolapso 1153-4
relações 1153
com o sistema genital feminino 1286(f)
saculações 1138, 1139(f)
veias 1155

retocele 1154
retroperitônio 1069-81, 1137
  espaços 1069
revestimento(s)
  celular 4, 5(f)
  longitudinal conjunto 1159
  ver também túnica
ribossomos 4, 10, 12
  mitocondriais 14
rigidez cadavérica(*rigor mortis*) 111
rim 1225-38, 1225(f)
  abordagem cirúrgica 991
  agenesia 1035, 1312
  anatomia de superfície 1054, 1225, 1225(f), 1227(f), 1228
    anterolateral 1228
    posteromedial 1228
  artérias 1225(f), 1231-3, 1232(f)
    segmentação 1231-2
  ausente 1226
  cálculos 1242
  cálices *ver* cálice(s), renais
  cistos 1312
  cor 1225
  córtex 1228-9, 1230(f), 1232, 1235(f)
  desenvolvimento 1309-10
    anomalias 1312
    endócrino 1309-10
    mesonéfrico 1308
    metanéfrico 1308, 1309(f)
    subida 1310
      falha da 1226
    ver também mesonefro; metanefro
  dimensões 1225
  direito, superfícies 1228
  do feto 1225
  do recém-nascido 1225, 1312, 1313(f)
  drenagem linfática 1233
  ectopia 1226, 1226(f)
    cruzada 1226, 1226(f)
  em ferradura 1226, 1227(f), 1312
  esquerdo, superfícies 1228, 1228(f)
  estrutura 1228, 1228(f)
  fáscia perirrenal *ver* fáscia, perirrenal
  função endócrina 1225
  funções 1225
    indicadores 1312
  hilo 1228, 1231
  hipertrofia, compensatória 1226
  hormônios secretados 1310
  imagem, TC 1227(f), 1229(f)
  inervação 1233
  lobulado 1312
  lóbulos 1225, 1312, 1313(f)
  localização 1225
  medula 1228-9, 1230(f), 1232-3, 1234(f), 1237(f), 1238
  microestrutura 1233-7, 1236(f)
    ver também glomérulo(s); renal; túbulo(s), renal
  organização 1234(f)
  pelve do *ver* pelve, renal
  pélvico 1226, 1312
  peso 1225, 1312
  pós-natal 1228
  relação com a pleura 1009
  relações 1228, 1228(f), 1229(f)
  veias 1233
rim em ferradura 1226, 1227(f), 1312
rima da glote 583-4
  na fala 592
rins, ectopia cruzada dos 1226, 1226(f)
RNA
  mensageiro(RNAm) 10
  ribossômico(RNAr) 10
  interferente pequeno(RNAsi) 12
rodopsina 8, 690
rombencéfalo(cérebro posterior) 226, 227, 228(f)
  células que dão origem ao coração 1016
  desenvolvimento 362, 362(f), 376-9, 595
    colunas de células da placa alar 377
    colunas de células da placa basal 376
    derivados 412(t)
  percepção da dor 267
  segmentação 371
  ver também cerebelo; istmo do rombencéfalo; metencéfalo; mielencéfalo
rombômeros 194, 362, 365, 371, 376, 595, 596
  segmentação 376
ronco 561
roseta(s), fibras musgosas 303
rostro
  do corpo caloso 355, 386
  esfenoidal 98(f), 529
rotação(movimento) 103, 121, 122(f), 123, 123(f)
  adjunta 102, 103
  axial 103
  eixo de 103
  centro de 123
  conjunta(acoplada) 102, 103, 123
rugas
  da boca 606-7
  do estômago 1051, 1115, 1116(f)
  vaginais 1284
rugas cutâneas, na testa 468, 486

S

saco(s)
  alveolar(aéreo) 995, 996, 998, 999(f)
  aórtico 1020, 1025
    desenvolvimento 390, 601
    do embrião 206
  dentário 606
  endolinfático 617
  endolinfático 634, 636, 639, 651
    acesso cirúrgico 649
  faríngeo, *ver também* bolsa, faríngea
  infundibular 367
  lacrimal 404, 672, 674, 703
  lacrimal 655
  linfático 209, 209(f)
    cisterna do quilo 209
    jugular 209
    posterior 209
    retroperitoneal 209
    subclávio 209
  meníngeo 772
  pleural 989, 990(f), 1014
    formação 989
  prepucial 1271
  seroso do pericárdio 960(f)
  vaginal 1320, 1321
  vitelino 180
    primário 173, 180
    secundário 173, 175(f), 180, 184, 185, 190(f)
saco aéreo *ver* alvéolo(s)
saco vitelino *ver* saco(s), vitelino
sacralização 724, 728
sacro 724-8, 726, 726(f), 727(f)
  agenesia 771
  alar (anterolateral) 725
  ápice 725
  base 724
  desenvolvimento 771-2
  diferenças sexuais 1359
  estrutura 724
  faces
    dorsal 724-5
    lateral 725
    pélvica 724
  fixações musculares 725
  medidas 1359
  no idoso 725
  ossificação 727, 728(f)
  peso suportado 1359
  tropismo das faces articulares 728
  variantes 728
saculações, do intestino grosso 1137, 1138, 1139(f), 1212
sáculo(s)
  da laringe 583
  da orelha 633, 636, 637
    desenvolvimento 652
    microestrutura 638-9, 639(f)
    movimento da cabeça 638
  dos pulmões, desenvolvimento 1034
saída
  da pelve
    inferior 1358
    planos 1358
    superior 1358
    ver também pelve, assoalho("saída")
  dupla, do ventrículo 1031
  torácica 909, 910
saliência(s)
  aritenóidea 610
  das pregas ariepiglóticas 582
  labioescrotal(genital) 1323(f), 1324
  mandibular(lingual) 604
  poplítea 1402
saliva 520
  composição 523
  hipotônica 522
  secreção 520, 522
    controle 523
  taxas de fluxo 520
salivação, impulsos nervosos 523
sangramento
  do nariz 553
  dos vasos epigástricos superiores 1056
  varizes esofágicas 951, 1118
  ver também hemorragia
sangue 67-72
  células 67-72
    brancas 69-72
    formação 74-5, 75(f)
    vermelhas *ver* eritrócitos
  formação do coágulo 67, 68(f), 72, 135
  grupos 68
  plaquetas 72
  plasma 67
  retração do coágulo 72, 135
  vasos *ver* vasos, sangue
sarcolema
  músculo cardíaco 140-1
  músculo esquelético 104, 106, 108, 110, 110(f), 111, 115, 116, 117
sarcômero 105, 106, 106(f), 108, 109(f), 111
  músculo cardíaco 139, 140(f), 141
  músculo esquelético 107(f), 108(s), 111, 112, 113, 115, 117
sardas 149
SCIWORA 759
sebo 153, 153(f)
  fetal 213
segmentação
  crista neural 371
  mesênquima para-axial 763, 763(f)
  nervos dos membros inferiores 1339(t), 1340(t)
  notocorda 371
  rombencéfalo(cérebro posterior) 371
  rombômeros 376
  tubo neural 371
  vascular renal 1231-2, 1232(f)
segmento(s)
  broncopulmonares 994, 995(f), 996, 996(f)
    denominação/numeração 994, 995(f)
    vasos pulmonares 994
  de Couinaud 1165, 1166(f)
  do fígado 1165, 1166-7, 1166(f)
  espinais 751
  sequestro pulmonar 997

segmentos broncopulmonares *ver* segmento(s), broncopulmonar
segundos mensageiros 8-9
seio(s)
aéreos 527, 626
ver também seio(s), paranasais
basilar 431
bulares 558
bulboso da aorta 974
carótico 447-8, 448(f)
caroticocavernoso, fístula 430
cavernoso 424, 429-30, 527, 541, 666
desenvolvimento 393
triângulos da fossa média 430
trombose 430, 492
central, do osso 91
cervical 602
coronário 960, 964, 965(f), 981-2, 986, 1019
"sem teto" 1032
da aorta(de Valsalva) 962, 972-3, 981, 984
anterior 978
posterior, esquerdo 980
da concha 550
da laringe 583
das veias cavas 1019
de Valsalva(da aorta) *ver* seio(s), da aorta(de Valsalva)
do epidídimo 1262
do tarso 1341, 1437
do tímpano 625
esfenoidal 424, 528, 529, 557
pneumatização 557
esfenoparietal 431
esplênicos 1195
etmoidais, posteriores(células etmoidais) 529
frontal 470, 471(f), 472, 473(f), 479
imagem 559
infundibular 550
intracavernoso 430
jugular, externo 451
lactífero da mama 933
linfático 73, 74(f)
marginal 431, 433
maxilar
infecções 525
relação com os dentes 519, 525
oblíquo 959, 960(f)
do pericárdio 1203
occipital 429
paranasais 477, 479, 555-8, 602, 614
alterações relacionadas com a idade 556
artérias 557, 558
disseminação da infecção 559
esfenoidal 544, 557-8
abertura 557
relações 557
etmoidais 558
anteriores 473, 558
médios 556(f), 558
pneumatização 558
posteriores 558
ver também células(específicas), aéreas, etmoidais
frontal 556-7, 556(f)
abertura 556-7
variações 557
funções 556
imagem 557(f), 559
linfáticos 557
maxilar 477, 557(f), 558-9
relações 558
tumores 559
nervos 557, 558
veias 557, 558
pericárdico 960(f), 968
pericraniano 431-2
peri-infundibulares 558
petroescamoso 428
petroso
inferior 429, 430-1, 451, 457, 460
desenvolvimento 393
superior 429, 430, 617, 629
desenvolvimento 393
pré-auricular 619
pró-ótico, desenvolvimento 393
prostático 1267
rede inframedular 918
renal 1228, 1230, 1230(f), 1231
reto 428
sagital
inferior 428
superior 427-8
sigmóideo 393, 428-9
tentorial transitório 393
tonsilar 565
transverso 428
do pericárdio 959, 960(f), 1018
urogenital 1311(f), 1312, 1313, 1316(f), 1323
ducto mesonéfrico para o 1307, 1307(f)
masculino *vs* feminino 1316(t)
nas anormalidades da cloaca 1323
venoso 205, 610, 963, 964, 1016, 1018
alterações do desenvolvimento 1021(f)
defeitos 1030, 1031(f)
venoso da esclera(canal de Schlemm) 702
venosos da dura-máter 427-31
desenvolvimento 427
variação 427
venosos, da dura-máter *ver* seio(s), venosos da dura-máter
seios aéreos *ver* seio(s), paranasal
sela turca 424, 426, 427, 527, 530, 611
selectina L 175
selectinas 5, 137, 175
sentidos, especiais *ver os sentidos específicos/órgãos do sentido*
sepse, criptoglandular 1158
septo(s)
aorticopulmonar 601
atrial 964, 1029
defeitos 974-5, 1030-1, 1031(f)
atrioventricular 964
defeitos 1030
da medula espinal
intermédio posterior 262
mediano
dorsal 257
posterior 749
de Körner 626
do lobo límbico 352-3
do seio 1019
espúrio 1019
femoral 1067, 1350
interalveolares 998, 1000(f), 1001(f)
interatrial(atrial) 964, 980
ver também septo(s), atrial
interdentário 516(f), 530
intermuscular
da região glútea
lateral 1350
medial 1350
do braço 824
do pé
lateral 1431
medial 1431
posterior da perna 1411
inter-radiculares 530
interventricular 962, 963, 977, 980
lateral(hemisfério cerebral), projeções provenientes do 352
mediano posterior, da medula espinal 257
mediano, do pênis 1272
membranáceo
do coração 969, 974
do nariz 550
nasal 409, 415, 418, 471, 472, 472(f), 475, 528, 550
cartilagíneo 550
deslocamento 551
ósseo 550
ossificação 604
orbital 656-7, 657(f)
pectiniforme 1272, 1280
pelúcido 237, 352, 355
desenvolvimento 386
perimisial 108, 109, 110
placentário(cotiledonar) 178
primário(*primum*)(dos átrios) 964, 1023, 1028
retovaginal 1151, 1153, 1154, 1218
secundário(*secundum*)(dos átrios) 964
transverso(do embrião) 201, 207, 1013, 1014, 1015, 1018
desenvolvimento do mesênquima hepático 1207
separação estômago/pericárdio 1204, 1208(f)
ver também mesênquima, cardíaco
transverso, do canal semicircular 637
urorretal 1212, 1307, 1308(f), 1311(f), 1322, 1324
desenvolvimento da próstata 1324
desenvolvimento parcial 1323
ventricular 964, 967, 969
defeitos 974-5, 1030-1
do coração, em "queijo suíço" 1031
vertical, do complexo fascial da palma 860
sequência de localização nuclear 19
sequestro pulmonar 997
serosa 39, 1050, 1050(f), 1051
do apêndice vermiforme 1143
do estômago 1122
desenvolvimento 1206
do intestino delgado 1135, 1211
do intestino grosso 1161, 1212
do pulmão 991
do útero 1291
serotonina 46, 47
brônquios 1004
córtex cerebelar 303
estriado 328
neurônios, grupos 329, 329(f)
vias ascendente/descendente 293
sialograma
ducto parotídeo 497
ducto sublingual 521, 521(f)
ducto submandibular 521, 521(f)
sialólitos 405
sífilis 985
sinais(sinalização)
celulares 7-9
astrócitos 48
autócrinos 7, 8(f)
dependente de contato 7, 8(f)
embrionários 194
endócrinos 7, 8(f)
glicoproteína de adesão 36, 38
justácrinos 7, 8(f)
"organizador", do tecido nervoso 370
parácrinos 7, 8(f)
proteínas receptoras 8-9
sinápticos 8(f)
endócrinos *ver* hormônio(s)
formação do coração 1018
intracelulares 8-9
neurócrinos 7, 8(f)
sinal
de Babinski 269, 1346
de Battle 481
de Cullen 1100, 1188
de Grey-Turner 1188
de Hawkin 1437
de Romberg 309
de Trendelenburg 1342, 1371
do pterigóideo 539
sinalização Delta-Notch 24
sinapse 22

sinapses 41, 44-8, 225-6
axoaxônicas 45, 225, 226(f)
axodendríticas 45, 225
axossomáticas 41, 45, 46(f), 56, 225, 226(f)
dendroaxônicas 45
dendrodendríticas 45
desenvolvimento 47
despolarização 46
elétricas 46
fita 45, 46(f)
hiperpolarização 44, 46, 57, 63, 64(f)
mecanismo da atividade 46
plasticidade 42, 47
químicas 44-6
classificação 44-6
simétricas 45
somatodendríticas 45
somatossomáticas 45
tipo I 46
tipo II 46
sinaptogênese 370, 374, 386
sincício 24, 179, 1303
sincícios 772
sinciciotrofoblasto 173(f), 175, 176, 177(f), 178(f), 179
sincondroses 95, 98, 98(f), 99
desenvolvimento 611, 902
esfeno-occipital 409, 417, 420, 424, 527
neurocentral 770
torácica 770
pós-craniana 98, 99
posterior, torácica 770
sindecana 1308
síndrome(s)
auriculotemporal 497
bipartido 358
compartimental
da perna 1428
do antebraço 840
do membro inferior 1330-1
do pé 1431-2
craniofrontonasal 607
da criança hiperativa 332
da disfunção da articulação temporomandibular 539
da hipoventilação alveolar central 1011
da imunodeficiência adquirida(AIDS) 71
da oftalmoplegia internuclear 663
da sepse fulminante pós-esplenectomia 1193
de Alport 33
de Apert 418
de Axenfeld-Rieger 702
de Brown-Séquard 273(f)
de Budd-Chiari 1172
de Carpenter 418
de Chilaiditi 1146, 1164
de Crouzon 418, 419
de Cushing 1201
de DiGeorge 371, 609
de Down 160, 906
de Edward 1015
de Ehlers-Danlos 985
de Frey 436, 497, 629
de Frölich 319
de Goldenhaar 418-19, 607
de Goodpasture 33
de Guillain-Barré 1011
de Horner 461, 659, 671, 759, 790, 822
de Jeune 1014
de Kartagener 974
de Klippel-Feli 608, 770
de Marfan 194, 688, 918, 985, 1014
de Mirizzi 1179
de Parkinson 47, 52, 53
de Patau 1015
de Pfeiffer 418
de Pierre Robin 607, 607(f), 609
de Poland 808
de Potter 1013, 1035
de Ramsay Hunt 56
de Saethre-Chotzen 418
de Treacher-Collins 419, 607
de Turner 1319
de Waardenburg 371
de Waardenburg tipo II 374
de Wallenberg 281
de Williams-Campbell 1037
de Wiskott-Aldrich 50
de Wolff-Parkinson-White 977-8
de Zellweger 13
diarreica 1212
do abdome em ameixa seca 1061
do aprisionamento do nervo, do pé 1458
do desfiladeiro torácico 822
do forame jugular 458
do interósseo anterior 854-5
do lobo frontal 358
do músculo piriforme 1371, 1384
do músculo pronador 836-7
do pinçamento do manguito rotador 807
do pterígio múltiplo 903
do reto do abdome 929
do túnel cubital 837
do túnel do carpo 897
do túnel do tarso 1427, 1458
do túnel radial 855
do túnel ulnar 898
medular central 759
VATER 1037, 1213
"síndrome afetivocognitiva cerebelar" 309
síndrome da criança hiperativa 332
síndrome da hipoventilação alveolar central 1011
síndrome de Brown-Séquard 273(f)
síndrome de Hurler 13
síndrome de Zellweger 13
síndrome do túnel do tarso 1427, 1458
síndrome dos cílios imóveis de Kartagener 17
síndrome VATER 1037, 1213
sinergistas 114
sinfalangismo 906
sínfise 98, 98(f), 99
intervertebral *ver* disco(s), intervertebral
mentual 98, 486, 530, 532
púbica 98, 1280, 1331, 1353(f), 1365
diástase 1301
movimentos 1365
na gravidez 1300-1
relações 1365
sinostose 97, 98(f), 99, 409, 418
coronal 418
prematura 418
tratamento 418
sinusoide 131, 133
da medula óssea 75, 95
da medula suprarrenal 1200
do miocárdio 981
do osso 91, 92(f)
hepático 1173, 1174, 1174(f)
desenvolvimento 1207, 1208(f)
suprimento sanguíneo embrionário 1221
venoso, do baço 1194(f), 1195
siringobulbia 281
sistema do antígeno Rhesus 68
sistema estriadopalidal, ventral, projeções provenientes da amígdala 354
sistema imune, desenvolvimento, tecido linfoide associado ao intestino 1213
sistema musculoaponeurótico superficial 397, 468
sistemas
auditivo 648(f)
central 647-8
conectividade cortical 341
periférico 646-7
biliar, hepático, desenvolvimento 1205(f), 1207(s)
cardiovascular 130-9
desenvolvimento 205
organização 130-4
ver também artérias (geral); coração; veias (geral)
carótida interna 247-8, 247(f)
circulatório, do embrião 189
corporal, desenvolvimento do 212(f)
cruciforme, das suturas 414
de condução, do coração *ver* coração
de Havers *ver* ósteons
digestório(alimentar) *ver* canal(canais), alimentar; trato(s), gastrointestinal
do antígeno Rhesus 68
endógeno de analgesia 266
excretor *ver* sistemas, urinário
extrapiramidal(motor) 230
fasciocutâneo 1330
genital
anomalias 1316, 1317(f)
desenvolvimento 1314-25, 1322(f)
estágio indiferenciado 1312-13, 1315(f), 1318(f)
feminino 1279-304
masculino 1261-76
ver também gônadas
hepatobiliar 1163-75, 1181
lacrimal 672-3, 672(f)
límbico 335, 347, 350(f)
ver também lobo(s), límbico
linfático 130-9, 139
mononuclear fagocitário 35, 67, 78
musculoesquelético 81-125
nervoso(específico)
autônomo 41, 225, 232-6
da língua 509
desenvolvimento 373-4
do timo 946
do tórax 944-5
central(SNC) 41, 225-7
desenvolvimento 361, 373-4, 375-93
lesão 48
entérico 41, 225, 235, 374
desenvolvimento 374, 1213
parassimpático 234-5, 373-4, 401-2, 402(f)
lombar 1081
para o estômago 1120, 1120(f)
região abdominopélvica 1044-5
torácico 945
periférico(SNP) 41, 225, 230-2
desenvolvimento 361, 372-4
microestrutura 53
mielinização no recém-nascido 389
simpático 234, 374, 402
estruturas inervadas 234
fibras da polpa dentária 515
lombar 1043-4, 1081
ramos vasculares 1043-4
para o estômago 1120
parte pélvica 1044, 1093
ramos vasculares 1044
região abdominopélvica 1042-4
torácico 945
nervoso(geral) 41-65, 225-30

células do 225
desenvolvimento 361-94
células de Schwann 53
linhagem e crescimento 369-70
mecanismos 367-71
olivococlear 645
palmar de absorção de choques 860
piramidal (corticospinal) 230
respiratório 989-1006
mecanismos de defesa 1005
ver também trato(s), respiratório
urinário
anomalias 1312
ver também bexiga, urinária; rim
urogenital, homologias masculino/feminino 1316(f)
venoso portal 1048-9, 1049(f), 1171
ventricular 237-42, 237(f)
vestibular, microestrutura 638-9
visual, conectividade cortical 341
ver também aparelho; *as estruturas/regiões individuais*
sistemas de alavancas, movimento 121-2, 122(f)
sístole, movimento do LCR 243
situs inversus 974
***skimming* plasmático** 1193
sobrancelhas 467
músculos 659
sobremordida 500(f), 511
sobressaliência 513
soluços, do embrião 604
somação
espacial 225
temporal 225
somatopleura 197, 1204, 1213
somatostatina(ST) 48, 1207
sombra
cardíaca 957
mediastinal 957
pleural 989
somitocele *ver* células(específicas), somitoceles
somitogênese 201, 764-7, 765(f), 766(f)
compactação 764, 764(f)
estágios 764, 764(f)
numeração 767
somitômeros 200(f), 201
somitos 365, 368(f), 763
desenvolvimento 201, 764-7, 764(f), 765(f)
estagiamento dos embriões a partir do 767
desenvolvimento das vértebras 767, 767(f), 768, 768(f)
desenvolvimento do sistema nervoso autônomo e 374
desenvolvimento do tubo digestório 1204(f)
epiteliais 764
formação dos discos intervertebrais 768
estruturas derivadas do 772
junção occipitocervical 769-70
limites
formação 763
junção occipitocervical 769-70
migração de células da crista neural 371
número, controle 763
placa epitelial 764, 767
desenvolvimento dos nervos cranianos 373
formação dos dermomiótomos 772
formação dos esclerótomos 767
pré-óticos 702
torácicos 1013
transição entre o epitélio e o mesênquima 195, 764
ver também mesênquima
sonic hedgehog 1032
sono
apneia 561
REM
atividade tônica reduzida dos intercostais 1016-17
dos recém-nascidos 1015-16
locus ceruleus 284
respiração durante o 1012
splenunculi 1191
subcórtex, conexões, córtex somatossensitivo 345
subglote 584
do bebê 584
na fala 590
subículo 351
justalocórtex 349
projeções 352
projeções para o 354
subluxação, ligamentos vertebrais 730
submucosa 39, 1050, 1051
anal 1159, 1160
do apêndice vermiforme 1143
do esôfago 952
do estômago 1122
do intestino delgado 1135
do intestino grosso 1161
do palato duro 502
oral 500
subnúcleo
caudal 282, 282(f)
interpolar 282
oral 282
reto 290, 291
substância
branca 41, 225, 226, 227(f)
da medula espinal 226, 262-71
do bulbo 227
do hemisfério cerebral 354-8
cinzenta 41, 225-6, 227(f)
da medula espinal 226, 257-63
do bulbo 277-8
do córtex cerebral 382
gelatinosa 257, 259(f), 260, 266
negra 42, 44(f), 290, 331-2
desenvolvimento 379, 380
parte compacta 330, 332
degeneração na doença de Parkinson 332
parte lateral 332
parte reticulada 325, 332
eferentes 332
eferentes estriatais para 328, 329, 331
própria 672, 678-9
substância inibidora de Müller(MIS; hormônio anti-mülleriano) 1317, 1319
substância P(SP) 48, 508
estriado 328
globo pálido 331
substância, perfurada
anterior 317(f), 356, 383, 391
posterior 288(f), 289(f), 316
subtálamo 226, 230, 323
desenvolvimento 380
sucção, no recém-nascido 389
dificuldades 389
sudorese gustatória 497
sulco(s) 83, 85, 86, 97, 98(f)
aórtico 993
atrioventricular(coronário) 962, 963, 964, 974, 980
parte diafragmática 962
parte esternocostal 962
bucal 539
bucolabial 467
carótico 424, 527
circum-alar 467
colateral 238
coronário 913
cruciforme 288
da costela 919
da medula espinal
mediano
anterior 757
posterior 749
ventral 258(f), 268
posterolateral 749
da medula oblonga(bulbo), posterolateral 275
da placenta 1302
da subclávia 793
da primeira costela 921
da unha 159
da veia braquiocefálica 993
da veia cava inferior 1074-5, 1165
da veia cava no fígado 1075, 1165
da veia cava superior 993
deltopeitoral 807(f), 978
do carpo 861
do cerebelo 297, 298
do músculo obturador externo 1361
do músculo poplíteo 1363, 1363(f)
do músculo subclávio 791, 792
do nervo etmoidal anterior 472, 475
do nervo petroso maior 617
do nervo petroso menor 617
do seio petroso inferior 424, 430, 617
do seio petroso superior 617, 628
do seio sagital superior(osso parietal) 427, 469, 470(f), 471
do seio sigmóideo 424, 425, 428, 615
do seio transverso 425
dos hemisférios cerebrais 227, 335-8
calcarino 335-6, 346, 696
desenvolvimento 385
central 335, 344
desenvolvimento 385
nos recém-nascidos 388-9
colateral 338
da ínsula 346
desenvolvimento 385
do cíngulo 335
do corpo caloso 335
do recém-nascido 388-9
fimbriodentado 349, 351(f)
frontal medial 335
hipocampal 349, 350(f)
intraparietal 344
occipital lateral 347
occipitotemporal 336(f), 338
olfatório 337
orbitais 337
paracentral 335
paraolfatório anterior 335
paraolfatório posterior 335
parieto-occipital 335, 344, 385
polar inferior 347
pós-central 344
desenvolvimento 385
pré-central, desenvolvimento 385
rinal 336(f), 338
temporal inferior 345, 347
temporal superior 345
espiral(orelha)
externo 640
interno 640
espiral(radial) 797
faríngeo 596, 602
primeiro(hiomandibular) 652
gengival 500, 513
hiomandibular 652

hipocampal 384, 385
hipotalâmico 239, 312, 380
infraorbital 474(f), 476, 477(f), 544, 656
inguinal 1064
interatrial 962, 964
interesfinctérico do canal anal 1156, 1157
interligamentoso 871
intermédio 1112
intertubercular 797
interventricular 962, 974
posterior 962, 963
labiomarginal 467
lacrimonasal 475, 476
laringotraqueal 610, 1033
limitante 240
desenvolvimento 361, 363, 372(f), 374
linguogengival 604, 605, 606
malar 670
maleolar 617
mediano 747
mentolabial 467, 487, 489
milo-hióideo 530, 532, 539
nasojugal 670
nasolabial 467
neural 184, 187, 190(f), 361
oblíquo, do fêmur 1362
óptico 699
palatino, maior 478, 478(f)
paramediano, do cerebelo 298
paramesonéfrico 1313
pré-auricular 1356
pré-auricular, do ílio 1360, 1366
pré-central 341
pré-ótico 595(f), 596, 596(f)
pré-quiasmático 424, 527
primitivo 184
radial 798(f)
sagital(osso parietal) 423
superior 713
subtarsal 671
temporal superior 238
terminal 326, 503, 605, 963
timpânico 617, 621, 624, 627
transverso da anti-hélice 619
troclear 1362
vascular, do crânio 423
ventrolateral 275
vertebral 716
sulcos, paracólicos
esquerdo 1102, 1108
direito 1102, 1104, 1107, 1108
paravertebral 1041
sulfato de condroitina 534, 1016
metanefro 1308
suor 154
superfície(s)
articular(face)
das articulações sinoviais 99-100, 100(f)
forma da 102, 121(f)
movimento 121-2, 121(f)
ovoide 83, 101, 103(f)
basal, epitélio 27
bucal 510(f)
da bexiga urinária 1245
da escápula 794, 794(f)
do baço 1191-2, 1191(f)
do fígado 1163-5, 1163(f), 1164(f)
do ílio 1356
do úmero 797-8, 798(f)
labial 510(f)
lingual 509
respiratória *ver* alvéolo(s)
temporal, do osso frontal 470, 471(f)
volar, da unha 155
supinação(movimento) 852, 868, 872(f)
músculos envolvidos 868
supraglote 582
do bebê 584
na fala 593
surdez 648-9
surfactante 1000
armazenamento 1000, 1035
composição 1000
desenvolvimento 1000
produção 1035
células de Clara 1000, 1004
sustentáculo
anatomia de superfície 1341
do fígado 1104
do tálus 1433-4, 1437
sutura(s) 97, 409, 410(f), 411
coronal 412, 418, 423, 469, 470(f), 610, 611
crescimento na 613
fechamento prematuro 613
craniana, desenvolvimento 390
escamomastóidea 615, 626
escamosa 417
esfenoescamosa 181, 412, 529
esfenoetmoidal 424
esfenofrontal 424
esfeno-occipital 415, 530
esfenozigomática 412
esquindilese 97, 98(f)
frontal 479
frontoetmoidal 423, 656
frontonasal 409
frontozigomática 403, 412, 417, 475, 480
fusão das *ver* sinostose
incisiva 477
intermaxilar 409, 414
internasal 409, 418
lambdóidea 411, 412, 416, 423, 469, 470(f), 493, 613
sinostose 613
mediana, do osso frontal 472
metópica 409, 472, 613
obliteração 418
occipitomastóidea 411, 412, 416, 425
palatina intermaxilar 477
palatina, mediana 409, 414
palatomaxilar 550
parietomastóidea 411, 412
petroescamosa 424, 615, 617, 623
petroesfenoidal 415
petromastóidea 415
petro-occipital 415, 417
sagital 409, 410(f), 412, 423, 469, 470(f), 611, 613
sinostose 613
serrátil 409
simples 409
temporozigomática 403, 412
zigomaticomaxilar 409, 412

T

tabagismo, aspecto do pulmão 992, 998
tabaqueira anatômica 786, 787, 789, 851
tabela de crescimento, dos embriões 167
"tábula rasa" 386
tálamo 226, 228, 229(f), 230, 311-16
conexões *ver* conexões
crescimento 380
desenvolvimento 380, 381(f), 383, 388
superfície superior 388
input proveniente do cerebelo 308
intralaminar, aferentes para o estriado 329
núcleos/grupos de núcleos
anteriores 312
específicos 312
intralaminares 312, 315-6
laterais 313-15
mediais 312-13
lesão 312-13
medial dorsal 331, 354
medianos 312, 316
não específicos 312
reticular 316
ventral posterior 344
projeções provenientes do núcleo do fastígio 308
relações 311-12, 312(f)
suprimento arterial 253
talamotomia 333
talassemia 68
talina 15, 127, 128
tálus 1433-4, 1436-7
anatomia de superfície 1340
anomalias 1464
cabeça 1340, 1434
colo 1434, 1436
corpo 1436
fixações musculares 1436
fraturas 1336-7
inervação 1436
ossificação 1436
suprimento vascular 1435(f), 1436
tamponamento cardíaco 960, 985
tapete 355, 357
tarso *ver* ossos tarsais
taxol 22
TC *ver* tomografia computadorizada
teca 749
do folículo 1296
externa 1296
interna 1295, 1296
tecido 27-49
adiposo 34, 35(f), 38, 39
no timo 948
perirrenal 1226, 1228(f)
areolar
do coração 974
do diafragma 1008-9
bucolabial 467
cartilagem *ver* cartilagem(geral)
cicatricial, dérmico 163
classificação 27
conjuntivo 34-9
anormalidades 985
areolar 38
células 35-6
classificação 38-9
extraperitoneal 1070, 1099
frouxo 38
geral 34-5
irregular 38
denso 38
matriz 37-8
muscular 108
parede anterior do abdome 1060, 1099
parede posterior do abdome 1070, 1099
regular 38
subendotelial 131, 132, 137
subperitoneal 1099
cromafim 1081
de granulação 34, 163

dentário 513-16
ver também dentes
ectodérmico *ver* ectoderma
endodérmico *ver* endoderma
endotelial *ver* endotélio
epidérmico *ver* epiderme
epineuro 53
epitelial *ver* epitélio
extraperitoneal 1060
fibroadiposo subcutâneo 397, 468
formação, ligação homofílica 5
hematopoético 74-5, 75(f)
hipoderme 146(f), 150-1
interações *ver* interações teciduais
linfoide 72-4
desenvolvimento 209
timo 945-9, 946(f), 947(f)
ver também tecido linfoide associado ao intestino(GALT); linfonodos(geral); tecido linfoide associado à mucosa(MALT)
marginal, de Jacoby 694
mole *ver* fáscia; *estruturas anatômicas específicas*
mucoide 38-9
mucoso *ver* mucosa
muscular *ver* músculos(geral)
neuroectodérmico *ver* neuroectoderma
parenquimatoso, do fígado 1172
reticular 34
submucoso *ver* submucosa
subsinovial 101
tubuloacinar 1280
urotelial *ver* urotélio
ver também células(específicas)
tecido cromafim 1046, 1081
ver também células(específicas), cromafins
tecido linfoide associado ao brônquio(BALT) 74
tecido linfoide associado ao intestino(GALT) 74
desenvolvimento 1213
tecido linfoide associado às mucosas(MALT) 74, 74(f), 401, 671, 1135
linfócitos 74
vênulas 133
tegme timpânico 424, 535, 615, 617, 623, 626
desenvolvimento 652
tegmento
da ponte 284-5, 294
do mesencéfalo 289
desenvolvimento 379, 380
tela corióidea 242, 311
desenvolvimento 377
do terceiro ventrículo 355, 380
ramos arteriais 390
tela subcutânea 1095
telarca 935
telecanto, traumático 479
telencéfalo 226, 228(f), 602
desenvolvimento 362(f), 369, 382, 381(f), 382(f), 595
fusão das paredes do diencéfalo 383
telencéfalo ímpar 380
telófase
divisão celular 22
meiose 23
telomerase 19
telômero 19
tenascina 36, 38, 1033
tendão(tendões) 86, 92(f), 105(f), 112-13, 113(f), 117, 119, 119(t), 120, 124
central, do diafragma(centro tendíneo) 926, 1007
relações com o nervo frênico 1010
conjunto(foice inguinal) 1064, 1065(f), 1066
crescimento 112
de Todaro(da válvula da veia cava inferior) 964, 965(s), 977, 1019
do calcâneo(tendão-de-aquiles) 113, 1451
ação 1451
anatomia de superfície 1344
relações 1451
suprimento vascular 1451
do músculo extensor do carpo 879-80
do músculo flexor do carpo 879
do músculo flexor, da mão 879
do músculo reto do abdome 1061
do músculo temporal 538, 542
eixo do 113(f), 114
estrutura 112
extensor dos dedos 880-1
expansão 881, 881(f), 883(f)
fixações, ao osso 113
inervação 113
ocular(anel tendíneo comum) 529
patelar 1340, 1394, 1395(f), 1396-7
propriedades materiais do 120
vasculatura 113
tendinite, do músculo adutor 1390
tênia
do colo 1137, 1138, 1143(f), 1212
do reto 1151
do tálamo 311
livre 1138, 1138(f)
mesocólica 1138, 1138(f)
omental 1138, 1138(f)
tenossinovite de De Quervain 879-80
tentório do cerebelo 288, 295(f), 297, 298, 335, 355, 397, 424, 426-7
teorias
da comporta(*gate-control*) 266
da neurogênese(monofilética) 369
do desenvolvimento do córtex cerebral 386
do movimento dos ossos carpais 872
da coluna 872
da fileira/do corpo rígido 872
das quatro unidades 872
do anel 872
ressegmentação 768
terminações nervosas
semelhantes às de Ruffini 517
sensitivas 57-61
de Ruffini 59(f), 101
em buquê de flores 60, 60(f)
em cacho 110
em placa 110
encapsuladas 59-60
livres 58-9
motoras 60
neurossecretora 46
paciniformes(encapsuladas) 59
primária(anuloespiral) 60, 60(f)
receptores das articulações 61
táteis de Merkel 59
terminações, nervosas *ver* nervos(geral), terminações
termorregulação
do escroto 1262
envolvimento da pele 151, 154, 157
território
anatômico 134-5
vascular 134-5
território anatômico 134-5
teste(s)
da integridade do nervo ulnar 885
de Allen 787, 905
do músculo abdutor longo do polegar 851
do músculo adutor curto 1376
do músculo bíceps braquial 826
do músculo braquial 826
do músculo braquiorradial 849
do músculo coracobraquial 825
do músculo deltoide 810
do músculo extensor curto do polegar 851
do músculo extensor do dedo mínimo 850
do músculo extensor do indicador 851
do músculo extensor do polegar 851
do músculo extensor dos dedos 849
do músculo extensor radial curto do carpo 849
do músculo extensor radial longo do carpo 849
do músculo extensor ulnar do carpo 850
do músculo flexor do hálux 1454
do músculo flexor longo do polegar 848
do músculo flexor profundo dos dedos 848
do músculo flexor radial do carpo 846
do músculo flexor superficial dos dedos 847
do músculo flexor ulnar do carpo 847
do músculo glúteo máximo 1369
do músculo glúteo médio 1370-1
do músculo glúteo mínimo 1370-1
do músculo grácil 1375
do músculo latíssimo do dorso 811
do músculo obturador externo 1372
do músculo palmar longo 847
do músculo peitoral maior 808
do músculo piriforme 1371
do músculo poplíteo 1408
do músculo pronador quadrado 848
do músculo pronador redondo 845
do músculo quadríceps femoral 1374
do músculo redondo maior 813
do músculo sartório 1373
do músculo supinador 852
do músculo supraespinal 812
do músculo tensor da fáscia lata 1368
do músculo trapézio 809
do músculo tríceps 827
do nervo pudendo 1155
dos músculos adutores 1375, 1376
dos músculos do membro inferior 1340(t), 1346
dos músculos femorais 1377-8
dos músculos romboides 811
dos nervos espinais, L5 1418
para detectar lesões do nervo mediano 884
tenodese do punho 887
teste de Allen 787
testículo(s) 206
ação do músculo cremaster 1064
alterações relacionadas com a idade 1267
apêndice 1263(f), 1264(f), 1267, 1268, 1315(f), 1316(t), 1317
artérias 1262-3, 1265(f)
câncer 1319
descida 213, 1320-1, 1320(f), 1325
anormal 1319, 1321
desenvolvimento 1315(f), 1318(f), 1319, 1322(f)
distúrbios 1319
homologias com o ovário 1325
determinação do sexo 1319
do recém-nascido 1325
involução 1267
linfáticos 1264
maturação na puberdade 1325, 1325(f)
microestrutura 1264-7, 1265(f), 1266(f)
não descida 1267, 1323
nervos 1264
posição incorreta 1321
rede 1319
retração do escroto 1060

tecido intersticial 1267
termorregulação 1064
torção 1268
veias 1264, 1265(f)
volume 1325
teto 291-2
posterior 611
tetralogia de Fallot 975, 1030, 1031, 1032
tíbia 1412-15, 1413(f), 1414(f)
anatomia de superfície 1340
côndilos 1412
crescimento 95
diáfise 1412-13
diferenças raciais 1414
diferenças sexuais 1414
distal 1432
fixações musculares 1412
inervação 1415
ossificação 96, 1415
suprimento vascular 1415
torção 1414
trauma 1411-12
tiflite 1146
timectomia 949
timo 609, 609(f), 945-9, 946(f), 947
agenesia 949
anatomia e relações 946
anomalias congênitas 949
aplasia e hipoplasia 949
artérias 946
barreira sanguínea 947
córtex e medula 947-8, 948(f)
de crianças 948, 948(f), 949
desenvolvimento 609, 609(f), 948-9, 948(f)
do recém-nascido 947(f), 948
drenagem linfática 946
ectópico 946
funções 946
inervação 946
lobos 946(f), 947, 948
microestrutura 946-8, 947(f), 948(f)
células não linfocíticas 947
epitelial 947
microcirculação 947-8
nódulos acessórios 946
peso 948
remanescentes 948
tamanho 948
tumores 948
veias 948
timoma 948
tipoia, mentual 487
titina 106, 115, 124
tomografia computadorizada
colo
ascendente 1144(f)
descendente 1148(f)
coração 973(f)
derrame pleural 989, 990(f)
espaços mediastinais 955(f), 957
parede anterior do abdome 1062(f)
parte abdominal da aorta 1074(f)
região retroperitoneal 1070(f)
rim 1227(f), 1229(f)
timo 945
veia cava inferior 1075(f)
tomografia por emissão de pósitrons 358
tonsila 605
abscesso(dor de garganta) 405
adenoide *ver* adenoide (tonsila faríngea)
do cerebelo 298, 303
faríngea
desenvolvimento 209, 604
tubária 564, 567
ver também adenoide (tonsila faríngea)
faríngea *ver* adenoide
lingual 503, 505
palatina 405, 501(f), 503(f), 566-7, 566(f)
alterações relacionadas com a idade 566
artérias 567
criptas 566, 567
desenvolvimento 602, 605
dor referida 567
fóssulas 566
linfáticos/tecido linfoide 567
microestrutura 566-7
nervos 567
remoção 567
veias 567
tubária, desenvolvimento 209, 604
tonsilite 567**torque** 117-18, 118(f)
toque, falha de reconhecimento pelo 358
toracoscopia 989
tórax
acesso cirúrgico 937
anatomia de superfície 909-14
esquelética 909
musculotendínea 909-10
visceral 913, 913(f)
ao nascimento 909
caixa torácica 1013
cavidade 910
vísceras 913
do embrião 1013, 1013(f)
do recém-nascido 1015-16
drenagem linfática 911
drenagem venosa 911, 911(f)
inervação 911
autônoma 911-12
nervos 911-12
parede 915-38, 984
artérias 926-7
articulações 800-1, 922-4
complacência 1015
desenvolvimento 1013-14, 1013(f)
distúrbios congênitos 1014
fáscia 916-17
linfáticos 928
músculos 924-6
nervos 928-9
ossos 791-3, 909, 909(f), 917-22
pele 915-16
inervação 916
nervos 916
suprimento vascular 915, 915(f)
relação com a pleura e os pulmões 990(f)
veias 927-8
suprimento arterial 910, 911(f)
variações 909, 911
torção
testicular 1268
tibial 1414
torcicolo espasmódico 460
torcicolo, espasmódico 460
tornozelo *ver* articulações(específicas), tornozelo
toro
aórtico 964
mandibular 525, 530
maxilar 477, 525
palatino 477, 525
tosse 284, 284(f)
anatomia 1005-6
toxina botulínica 954
trabalho de parto 1301-3
início 1301
primeiro estágio 1301
segundo estágio 1301-2
terceiro estágio 1302
trabécula(s)
cárneas 966, 969, 971(f), 976(f)
do pênis 1274
epiteliais, desenvolvimento do fígado 1207
esplênicas 1193, 1194(f), 1195, 1195(f)
hepáticas 1207, 1208(f)
ósseas 85, 85(f), 86, 90, 90(f), 92, 94, 95, 113(f)
septomarginal 966, 967, 977
septoparietal 966
trabeculações, ventriculares 1020
trago 403, 618, 619, 620, 653
transcriptase reversa 19
transdiferenciação 39
transferrina 9
transição epitelial 194
somitos 195
translação(movimento) 103
transmissão de carga, na palma 860
transmissor, neuroquímico *ver* neurotransmissores
transplante
de fígado 1170, 1172
embrião quimérico 195
transporte de eletrólitos, nas células epiteliais 522, 522(f)
transporte paracelular 1237
transtorno obsessivo-compulsivo(TOC) 332
trapézio 862, 863(f)
anatomia de superfície 786
local de fixação 862, 863(f)
ossificação 864
trapezoide 862, 863(f)
ossificação 864
traqueia 996(f), 1000-5, 1002(f)
anatomia de superfície 406, 909, 912, 914
artérias 1003
bifurcação 983, 1000
broncograma 1002(f)
cartilagem 405, 406, 996(f), 1005, 1032-3
anéis completos 1037
anéis incompletos 1005
comprimento e diâmetro 465, 1000
das crianças 1000, 1005(f)
desenvolvimento 610, 1032, 1032-3
drenagem linfática 1003
glândulas da 1035
inervação 1003-4
malformações congênitas 1036-7, 1037(f)
músculo 1004
parte cervical 405, 465-6, 1001
artérias 466
linfáticos 466
nervos 466
relações 465-6, 1001
veias 466
parte torácica 1001
relações 465-6, 1001
tecido conjuntivo 1004
veias 1003
traqueomalacia 1036-7
trato(s)
de entrada, do coração 1018-20
desenvolvimento 1018-20
de saída, do coração 1020-1
desenvolvimento 1020-1
posição 1025-6
septação 1025-6

gastrointestinal
desenvolvimento 1203-23
microestrutura 1048-52, 1050(f)
suprimento arterial 1047-8
ver também tubo(s), digestivo/intestinal
genital *ver* sistema(s), genital
iliotibial 1340, 1342, 1349-50
olfatório, desenvolvimento 383, 384
óptico
desenvolvimento 382
suprimento arterial 253
piloso, das costas 707(f)
portal 1173, 1175
respiratório 996(f), 1032-7
artérias 996-7, 997(f)
desenvolvimento 1032-3, 1033(f)
drenagem linfática 998
elastina *ver* elastina
mecanismos de defesa 989, 1005
microestrutura 998-1000, 999(f)
nervos 998, 1010-11
veias 997-8
ver também sistemas, respiratório
urinário
desenvolvimento 1305-14, 1305(f), 1306(f)
obstrução 1312
urogenital, desenvolvimento 1305-25
uveal 675, 679-85, 682(f)
trato(s)(nervosos)
bulbospinal (reticulospinal medial) 293
corticobulbar 229, 230(f), 280, 287
corticospinal (piramidal) 229-30, 230(f), 268-9, 343, 357
desenvolvimento 385, 389
lateral 266(f), 268, 268(f), 269(f), 280
lesões 290
ventral 262(f), 268, 280
cuneocerebelares 264, 264(f), 279, 280, 295, 304, 305
espinal 262-71
ascendente 262-8
descendente 268-71
espinocerebelar 262(f), 263-4, 298, 304-5
anterior 304, 305
dorsal(posterior) 260, 262, 263, 264(f), 268, 278, 279(f), 281(f)
fibras 304, 305
posterior 298, 304
ventral(anterior) 262(f), 263, 264, 278(f), 281(f)
espinocervical 267
espinomesencefálico 267
espinolivar 268
espinotalâmico 228, 229, 264-5
lateral 262, 264, 279, 281(f), 283, 285
neurônio 264-5
ventral 262(f), 264
espinotetal 267, 279, 291
espiral 634
espiral foraminoso 634
fibras nervosas, da medula espinal 257
habenulointerpeduncular (fascículo retroflexo) 293, 323, 329
hipotálamo-hipofisial 321
intersticiospinal 270, 306
mamilotalâmico 312, 320
mamilotegmentar 320
mortos, da dentina 514
olivocerebelar 283, 298, 300, 302, 303, 305
óptico 275, 276(f)
piramidal *ver* trato(s), corticospinal
pontespinal 293
posterolateral(de Lissauer) 257, 259, 262(f), 265(f), 271, 375
propriospinal 271
reticulocerebelar 298, 306
reticulospinal 230
lateral 293
medular 293, 308
rubrospinal 269, 279, 283, 290, 294, 306, 308
solitário 276(f), 279, 282, 283, 546, 574
desenvolvimento 373, 376, 377
solitariospinal 270
tegmental central 281(f), 283, 285, 289(f), 290, 294, 305, 308
tetobulbar 292
tetospinal 258, 262(f), 269, 292, 306
trigeminocerebelar 304-5
trigeminotalâmico 228, 275, 287(f)
lesões 230
urinário, obstrução 1312
vestibulospinal 269-70, 286
lateral 269, 306, 308
medial 269-70
ver também fascículo(s); fibra(s)
tratores labiais, diretos 467, 488-9
tratos mortos, da dentina 514
trauma
da boca(assoalho da) 521
da perna 1411-12
das vértebras 744
de aorta 985
de parto 1096
diafragmático 1009
do pé 1431-2
esplênico 1192
laríngeo 584
tibial 1411-12
ver também lesão *em estruturas anatômicas específicas*
traumatismo de parto 1096
tremor 309
intencional 309
tríade
da visão de perto, do olho 681
muscular 107(f), 108, 110(f)
portal 1173, 1173(f), 1174, 1174(f)
desenvolvimento 1208
trígono(s)
anal 1093-4
carótico 437
cervical(pescoço) 406, 406(f), 436-8
anterior 405, 437
carótico 437
digástrico 437
muscular 437
submentual 437
posterior 406, 436-7
occipital 436-7
supraclavicular 438
colateral 237
da bexiga 1247-8
da valva aórtica 972, 974
da valva mitral 970
de Calot(cisto-hepático)1179
conteúdo 1179
de Killian 572
de Koch(do nó sinoatrial) 964, 965(f), 966, 976-7
de Laimer 572
de Macewen (fovéola suprameática) 403, 412, 615, 618, 626
deltopeitoral 785, 789
digástrico 520
do nervo hipoglosso 240
do nervo vago 240
feminino 1094
femoral 1080, 1351(f), 1373
anatomia de superfície 1342
habenular 380
inguinal 1066
lombar 747, 811, 1072
masculino 1094
olfatório 383
submandibular 406
submentual 406
suboccipital, relações 742
urogenital 1093, 1094-5
feminino 1093, 1094
masculino 1093, 1094
trigonocefalia 418
trigonometria 106
trimestres 213
triquíase 669
trismo 538, 539, 543
trocanter 85, 85(f)
maior 1340, 1361, 1361(f)
menor 1361
ossificação 1365
terceiro 1362
tróclea 86, 657, 660, 799
do úmero 799
na articulação do cotovelo 831
trofoblasto(trofoectoderma) 172, 179
mural 173, 175
polar 172, 175
sincicial 175
trofoectoderma *ver* trofoblasto
trombose
da artéria apendicular 1145
da veia mesentérica superior 1187
do bulbo da jugular 458
do seio cavernoso 492
venosa profunda 1426
venosa, da perna 47
trombospondina 86, 87
trompa
de Eustáquio *ver* tuba(s), auditiva
de Falópio *ver* tuba(s), uterina; canal(canais), facial
tronco(arterial)
anterior, ramos 1087-9
braquiocefálico 984, 986
celíaco 207, 1048, 1073, 1116, 1117(f), 1220
celiacomesentérico 1047
costocervical 450-1, 984
frênico 1010-16
gastrocólico 1145
lieno-hepatomesentérico 1047
posterior, ramos 1087
pulmonar 960, 962, 963, 964, 983
tireocervical 449
tronco(do corpo) 746(f)
flexão anterior 1061
paralisia 1012
tronco(linfático)
abdominal 1077-8, 1077(f)
broncomediastinal 455(f), 928
direito 455, 941, 941(f)
esquerdo 455, 941, 941(f)
variações 455
cardíaco 982
cisterna do quilo 209, 940, 941(f), 942, 1077
confluência abdominal 1077
direito 941(f), 944
anomalias 944

intercostal, superior 943
intestinal 1077
jugular 928
direito 455
esquerdo 455, 943
variações 455
lombar 1077
mediastinal 943
subclávio 818
direito 455
esquerdo 455, 943
variações 455
torácico
ascendente bilateral 943
descendente bilateral 943
ver também ducto(s), torácico
tronco(nervoso)
caloso 355
cervicofacial 494
dos dentes 519
lombossacral 1078, 1091-2
simpático 234
cervical 433, 460-1
lombar 944, 1043-4, 1081
parte pélvica 1044, 1093
torácico 911, 944-5, 944(f), 945
temporofacial 494
vagal 944(f), 945
tronco(s)
dural, desenvolvimento 393
tronco arterial 600, 1020
formação 1020(f), 1022(f), 1025
tronco encefálico 225-6, 229, 230, 275-96
artérias 253
conexões 330(f)
desenvolvimento 369(f), 371
do recém-nascido 377
inibição do trato espinotalâmico 264
lesões 275-6
morte 275, 295
projeções para a amígdala 354
veias 254
tronco linfático *ver* tronco(linfático)
tropomiosina 106, 111
troponina 106, 111
tuba(s)
auditiva 529, 544, 564, 604, 617
abertura 564
ao nascimento 564
artérias 564
bloqueio 626
deglutição 564
desenvolvimento 652
do recém-nascido 618
parte cartilagínea 564
parte óssea 564
relações 564
veias 564
uterina 1285, 1291(f), 1292-4, 1293(f)
artérias 1293
ciclo menstrual 1294
desenvolvimento 175, 1316(f)
fertilização *ver* fertilização
imagem 1293(f)
inervação 1293-4
linfáticos 1293
microestrutura 1293-4
parte intramural 1293
relações 1293
veias 1293
túber
cinéreo 48, 239, 316, 318, 321, 367, 380
desenvolvimento 380
do cerebelo 298, 303, 306
frontal 409
parietal 412, 469
ver também tuberosidade
tubérculo(s) 85, 96, 97
articular, do osso temporal 615
auricular 618(f)
carótico(de Chassaignac) 406, 444, 719
conoide 792
cuneiforme 240, 277(f)
da costela 919
da primeira 921
da sela 424, 527, 530
da tíbia 1340
da ulna 844
da vértebra
cervical 718
décima segunda torácica 723
de Carabelli 510, 513
de Darwin 618
deltoide
da clavícula 792
da escápula 795
do úmero 797
do adutor 1360(f), 1361(f), 1363
do calcâneo 1341
do escaleno 921
do seio 1316, 1317
do seio de Müller 1314, 1322(f)
do tálamo, anterior 312
do trato iliotibial(de Gerdy) 1340, 1412, 1413(f)
do úmero
maior 797
menor 796-7
dorsal do rádio(de Lister) 786, 841, 851
dos dentes, incisivos 509, 510(f)
epiglótico 577
faríngeo 414(f), 415
fibular(peroneal) 1341
geniano 530
fixação do músculo genioglosso 503
genital
desenvolvimento 1324
localização incorreta 1313, 1314(f)
masculino *vs* feminino 1316(t)
grácil 240, 277
infraglenoidal 795
intercondilar 1397, 1398
isquiático(túber), anatomia de superfície 1340
jugular 424
marginal – da órbita(de Whitnall) 404, 475
marginal 475
mentual 402, 487, 530
obturatório 1352, 1353(f)
olfatório 329, 331, 356
desenvolvimento 383
orbital 656
pós-glenoidal 533, 615, 617
pterigóideo 529
púbico 1053, 1067, 1355
quadrado 1361(f), 1362
sinovaginal 1316(f)
subcutâneo, da mama 930
supraglenoidal 794
tubérculo ímpar 604
tuberosidade 85
da tíbia 1412, 1415
da ulna 844
do osso navicular 1341
do rádio 839(f), 840
do úmero *ver* tubérculo
maior 814(f)
menor 802(f)
frontal 404, 470, 491
glútea 1362, 1364
ilíaca 1356
anatomia de superfície 1357
maxilar 476, 477(f), 478, 539
metacarpal
do quinto 865
do segundo 864
metatarsal, do quinto 1341
omental 1184
ver também túber
tubo(s)
cardíaco 142, 1018, 1020
câmaras 1018
dobramento 1018, 1019(f)
formação e torção 1018
primitivo 142
digestivo/intestinal
do embrião 1203, 1203(f), 1204(f), 1205(f)
veias 1219(f), 1220
ver também canal(s), alimentar; intestino anterior; intestino posterior; intestino médio
endocárdico 1016
epitelial, miocárdico 1026
neural 41, 187, 187(f), 189, 361, 768
células no desenvolvimento do coração 1016
desenvolvimento 364(f)
disposição das células 362-3
falha no fechamento 772
fechamento 362
flexuras 362
histogênese 369
segmentação 371
vesículas 362
pericárdico 959
tubulinas 10, 14, 16, 17(f)
túbulo(s)
coletores *ver* ducto(s), coletores
da dentina 514
do epoóforo 1307
mesonéfrico(néfrons) 1307
mesonéfrico 1305, 1306(f)
mucoso, das glândulas salivares 522, 523(f)
renais 1235, 1236(f), 1237, 1237(f)
antígenos 1309
contorcido proximal 1234, 1235, 1236(f), 1237, 1238
contorcidos distais 1232, 1235(f), 1236(f), 1237
funções 1237-8
seminíferos 1265, 1266, 1266(f)
desenvolvimento 1317
uriníferos *ver* túbulo(s), renais
túbulos retos 1268
túbulos T
músculo cardíaco 140, 141, 142
músculo esquelético 107, 108, 110(f), 111, 115
desenvolvimento 111, 115
tufo, dendrítico 339
tumor de Pancoast 822
tumores
cerebral 49
da glândula paratireoide 464
da glândula parótida 496
de Pancoast 822
do corpo timpânico 452
do seio maxilar 559
faríngeo 568
glômico 894

laríngeos 585, 588
retroperitoneal 1383
ver também câncer
túnel
de Corti 635(f), 640
do carpo 861, 895
anatomia de superfície 785
túnica
adventícia 131, 139
das artérias 131, 132(f)
das veias 131, 132(f)
dos linfáticos 139
albugínea
do ovário 1295
do pênis 1271, 1272, 1272(f), 1273, 1274(f)
dos testículos 1262, 1318(f), 1319
dartos 1273
íntima 131, 132(f), 139
das artérias 131, 132(f)
das veias 131, 132(f)
dos linfáticos 139
média 130, 131, 132(f), 139, 205, 602, 1222
das artérias 131, 132(f), 139
das veias 131, 132(f)
do aparelho justaglomerular 1238
dos linfáticos 139
vaginal
do epidídimo 1262
dos testículos 1218, 1262, 1321, 1325
vascular 1262
túnicas, do funículo espermático 1261
turricefalia 418
TWIST 612
U
ubiquitina 20
ubiquitina ligases 20
úlceras, pépticas 1126
ulna 840(f), 841(f), 843-4
anatomia de superfície 786
desenvolvimento 905
diáfise 840(f), 841(f), 844
epífise proximal 843-4
fixações musculares 840(f), 841(f), 844
ossificação 844, 845(f)
suprimento vascular 844, 852
ultrafiltração 1236(f)
ultrassom
anormalidades do sistema urinário 1312
derrame pleural 991
endométrio 1298, *1298*
transesofágico 952-3
umbigo 1062(f), 1063
anatomia de superfície 1052-3
da membrana timpânica 623, 624
do feto 1062
do recém-nascido 213
eversão 1300
mancha ao redor do, sinal de Cullen 1100, 1188
úmero 796-800, 797(f), 798(f), 799(f)
amputação 800
cabeça 786, 796, 798(f)
colo anatômico 796
colo cirúrgico 796
diáfise 786, 797-8
fratura 798, 835
ossificação 96, 800, 800(f)
suprimento sanguíneo 827
unco 338, 383
unha 154-6, 155(f), 858
campo 159
crescimento 156
cutícula 155, 159
desenvolvimento 159
lâmina 155
leito 155
matriz 155
no nascimento 905
pregas 155, 861
unidade
formadora de colônias 75, 77
lamelar 131
motora 111, 112(t)
osteomeatal 559
pilossebácea 150-4, 152(f)
desenvolvimento 158-9
proliferativa colunar 147
secretora, das glândulas submandibulares 523(f)
"unidade radial", modelo da 386
unidade motora 111, 112(t)
unidades formadoras da explosão, linhagem eritroide (BFU-E) 77
unidades formadoras de colônias 75, 77
uraco 1247
fechamento 1312
formação 1209
remanescentes 1062, 1312
urato oxidase 13
ureter 1238-42
anatomia de superfície 1054
artérias 1241
cálculos 1242
desenvolvimento 1310, 1316(f)
dilatações fusiformes 1310
dor referida 1242
dos recém-nascidos 1312, 1313(f)
duplo 1240
ectópico 1240
feminino 1239(f), 1240
linfáticos 1241
masculino 1239(f), 1240, 1240(f)
microestrutura 1242, 1242(f)
músculo liso 1240
na gravidez 1300
nervos 1241
orifício 1226, 1240, 1245(f), 1248
origem 1238, 1239
peristalse 1241, 1242
relações 1238-40, 1239(f), 1240(f)
abdominal 1238-9
pélvica 1239-40
retrocaval 1240-1
ureterocele 1240
veias 1241
ureterocele 1240
uretra 1250-4, 1251(f)
artérias 1252, 1253
defeitos 1323
desenvolvimento 1308(f), 1323
esfíncter 1323
feminina 1095, 1253, 1280, 1323
microestrutura 1253
glândulas 1251, 1252, 1253
lacunas 1251(f), 1252, 1253
linfáticos 1252, 1253
masculina 1095, 1250-3, 1251(f), 1323
anomalias, congênitas 1252
bulbar 1250
duplicação 1252
lesão 1252
microestrutura 1253
parte anterior (esponjosa) 1251-2
parte esponjosa 1251(f), 1252
parte membranácea 1095, 1251
parte pré-prostática 1250
parte prostática 1250-1, 1252(f), 1254, 1312, 1323
posterior 1250-1
suprimento vascular 1252
mecanismo do esfíncter 1094-5
músculo compressor da 1095, 1095(f)
na micção 1253
nervos 1098, 1253
pós-glandular 1325
veias 1252, 1253
urina
coleta de amostra, recém-nascido 1312
concentração 1238
extravasamento 1252
produção 1237-8
mesonefro 1307
urografia, intravenosa 1230(f), 1231
urotélio 27, 30-1, 1242
da bexiga 1250, 1253(f)
da uretra 1250, 1253
feminino/masculino 30
útero 1285-92, 1285(f), 1291(f)
anomalias 1316, 1317, 1317(s)
antefletido/antevertido 1285, 1316
ao nascimento 1313(f), 1317
artérias 1284(f), 1289, 1290(f)
atresia 1317(f)
bicorne(bicornuto) 1285, 1317(f)
bilocular 1317(f)
corpo 1285, 1291
desenvolvimento 1313, 1316
didelfo 1285, 1317
dor 236
histeroscopia 1287(f)
imagem por ressonância magnética 1292, 1292(f)
inervação 1290-1
linfáticos 1290
microestrutura 1291-2, 1291(f)
na gravidez 1299-300, 1300(f)
peritônio 1285
posições 1285, 1316, 1322(f)
recém-nascido 1313(f), 1317
relações 1285
septado 1285
veias 1289-90
vista laparoscópica 1287(f)
utrículo
da orelha 633, 636-7, 637(f)
desenvolvimento 652
microestrutura 638-9
movimentos da cabeça 636-7
prostático 1251, 1317
úvula 501(f)
da bexiga urinária 1249(f)
do cerebelo 298, 300(f), 305, 307
do palato mole 564, 604
fenda 607

V

vacúolo, lipídico 14
vagina 1281, 1284
anomalias 1317, 1317(f)
artérias 1284, 1284(f)
bactérias 1284
camadas musculares 1284
desenvolvimento 1316-17

dos recém-nascidos 1316
dupla 1317(f)
epitélio 1281, 1316
fórnices 1281, 1283(f), 1313(f), 1316
inervação 1284
linfáticos 1284
"masculina" 1251
microestrutura 1284
no parto 1284
peritônio 1284
relações 1281
septada 1285
veias 1284, 1284(f)
vestíbulo 1316
valécula
do cerebelo 379
epiglótica 577
valva(s)
atrioventricular, desenvolvimento 962, 966, 1026-7, 1027(f)
bicúspide *ver* valva(s), mitral
da aorta 962, 968(f), 972-3, 1031
abertura da 973
cúspides da 972
desenvolvimento 1027
estenose 975
orifício da 971(f)
da veia safena parva 1409
das veias jugulares externas 451
de Eustáquio *ver* válvula(s), da veia cava inferior
de Hoboken 182
de Tebésio(do seio coronário) 964, 1019
do ducto torácico 942
ileocecal *ver* papila ileal
mitral 960, 962, 970-2
abertura da 972
atresia 1030
cleft(fenda) 1030
cordas tendíneas 972
cúspides da 970-2
desenvolvimento 1027
estenose 975
orifício da 913, 970
pulmonar 962, 964, 967, 968(f), 1026(f)
abertura da 967
cúspides da 967
desenvolvimento 1027
estenose 975
semilunar 981
sinoatrial 1019
testicular 1264
tricúspide 960, 962, 964, 965(f), 966-7, 967(f), 1031
abertura da 967
atresia 1030
cordas tendíneas 966-7
cúspides da 966
desenvolvimento 1027
orifícios da 913, 966
venosa, do coração do embrião 964
válvula(s)
anais 1155, 1156, 1212
da veia cava inferior 964
do feto 964
linfática 139, 139(f)
nasais 549, 555
varicela 55, 56
varicoceles 1264
varizes
esofágicas 950-1, 1118-19, 1171(t)
gástricas 1118-19, 1171(t)
retais 1171(t)
vas deferens *ver* ducto deferente
vasa previa 1303
vasculogênese 203, 600, 1026
angiotrófica *ver* angiogênese
vaso(s)
aberrante
da artéria braquial 827
hepático 1060
curtos(*vasa brevia*), do colo 1140
dos nervos(*vasa nervorum*) 53
dos vasos(*vasa vasorum*) 138, 980, 982
longos(*vasa longa*), do colo 1140
retos (*vasa recta*) 1140, 1232, 1233, 1236(f), 1237(f)
vasopressina(ADH) 1238
vasos
desenvolvimento 203
fetais 179, 181, 182
grandes
anomalias 1030, 1031-2, *1032*
transposição 1030, 1031
ver também os vasos individuais
linfáticos 131, 139, 139(f)
desenvolvimento 203
do intestino delgado(quilíferos) 139, 1130-1, 1134(f), 1135
sanguíneos
capacitância 131
cerebrais 138-9
estruturas 131, 132(f)
inervação 138
microestrutura 135-7
obstrução 109, 135
resistência 1312
troca 131
vitelinos 182
ver também artérias(específicas), arteríolas; capilar(es); veias(específicas); vênulas
vasos linfáticos
parede anterior do abdome 1059
pulmonares 998
vasos quilíferos 139, 1130-1, 1134(f), 1135
VCAM 6
veias(de órgãos ou regiões) 1280
da articulação do joelho 1409
cutânea 1393
da articulação temporomandibular 535-6
da bexiga urinária1247(f), 1249
da cabeça 541, 541(f)
desenvolvimento 378(f), 392-3
da cavidade timpânica 629
da coluna vertebral 714-15, 715(f)
da conjuntiva 672
da face 491-2
da faringe 561
da glândula lacrimal 673
da glândula parótida 497
da glândula pineal 324
da glândula suprarrenal 1198, 1198(f), 1199(f)
da glândula tireoide 453(f), 456(f), 462
da íris 685
da laringe 588
da língua 505
da mama 932
cutânea 932
da mão 858(f), 894-5
da medula espinal 757, 759(f)
da órbita 666, 666(f)
da orelha
externa 620
interna 642
média 629
da orelha externa 620
da parede do abdome
anterior 1055-9
posterior 1075-7, 1076(f)
da parede torácica 927-8
da pele 156-7
da mama 932
da perna 1411
da região glútea 1349
das costas 708
do joelho 1393
do pé 1429
do pescoço 435
da pelve 1047, 1048(f), 1089-90, 1090(f)
da perna 1090, 1426
cutânea 1411
da pleura 991
da próstata 1257
da região glútea, cutânea 1349
da retina 693, 693(f)
da tonsila faríngea 563
da tonsila palatina 567
da traqueia, parte cervical 466
da tuba auditiva 564
da tuba uterina 1293
da uretra
feminina 1253
masculina 1252
da vagina 1284
da vesícula biliar 1180
das costas, cutânea 708
das costelas 921
das glândulas seminais 1270
das pálpebras 671
do abdome 1047, 1048(f)
do antebraço 853
do apêndice vermiforme 1145
do baço 1193
do braço 828
do canal anal 1160
do ceco 1145
do cérebro 254-6, 255(f)
do colo
ascendente 1145
descendente 1150
sigmoide 1150
transverso 1146-7
do coração 981-2, 982(f)
do córtex cerebral 392
do cotovelo 836
do diafragma 1010
do ducto colédoco 1180
do duodeno 1128
do embrião 207-8, 208(f)
do escroto 1262
do esôfago 950, 951(f), 1111
cervical 465
do esterno 918
do estômago 1268-9
do fígado 1170-2, 1174

do íleo 1130
do intestino, grosso 1141, 1141(f), 1145, 1150
do jejuno 1130
do meato acústico externo 621
do membro inferior 1334-5, 1335(f)
do membro superior 778, 781(f), 817-18
do músculo esquelético 110
do nariz, externa 549
do osso 91
do ovário 1295
do palato mole 565
do pâncreas 1186, 1187(f)
do pé 1457
  cutânea 1429
do pênis 1273
do pericárdio 959
do períneo 1098
do períneo feminino 1283(f)
do pescoço 451-3
  cutânea 435
do plexo corióideo 242
do quadril e da coxa 1381-2
do recém-nascido 1032
do reto 1155
do rim 1233
do testículo 1264, 1265(f)
do timo 946
do tórax 911
do trato uveal 682(f)
do ureter 1241
do útero 1289-91
dos brônquios 1003
dos dentes 518
dos ductos hepáticos 1180
dos pulmões 997-8, 1035
dos seios paranasais 557, 558
veias(específicas)
acompanhante 131
  do antebraço 853
  do membro superior 778, 780, 781(f)
acompanhante do nervo hipoglosso 451
advehentes 1221, 1221(f)
alveolar(dentária) 541
anastomótica, do cérebro
  anastomótica inferior(de Trolard) 255, 392
  cerebral superior média(de Labbe) 255, 392
angular 451, 492
apendicular 1145
arco venoso *ver* arco(s)
arqueadas, do rim 1233
auricular 620
  posterior 492
axilar 778, 781(f), 817-18
ázigo 484-5, 911, 928, 950, 964, 985, 986, 987, 991, 993, 1075, 1118
  desenvolvimento 1027, 1219(f)
  linhas da 207, 208
  lombar 1075
  variações 915, 940
basal 255
  comum 998
  desenvolvimento 393
  inferior, anatomia de superfície 1054
basílica 778, 779, 781(f), 853
  desenvolvimento 905
basivertebrais 715
braquiais 828, 853
braquiocefálica 400, 959, 986, 987
  anatomia de superfície 914
  desenvolvimento 1027, 1220(f)
  direita 985, 987
  esquerda 984, 987
bronquiais 991, 1035
cardíacas 981-2, 982(f)
  anastomoses 982
  anteriores 964, 981, 982
  magna 964, 980, 981
  média 981
  parva 981, 982
  variações 981
cardíacas mínimas(de Tebésio) 981, 982
cardinais 206, 207-8
  comuns 610, 959, 982, 1014, 1019
  desenvolvimento 1027, 1220(f)
  desenvolvimento posterior 208
cardinais, comuns 959
cava
  esquerda 982
  inferior 959, 962, 963, 964, 986, 1075-7, 1075(f), 1076(f), 1219-20, 1219(f)
    abertura da 964
    abertura diafragmática 1008
    anomalias 1075
    canais colaterais 987
    desenvolvimento 1219
    dupla 1075, 1076(f)
    filtros 1076
    obstrução 1076
    relações(abdominais) 1075
    TC 1075(f)
    trajeto 1075
    transposição visceral 1075
    tributárias 1075-6
    valva da 964, 965(f)
  superior 962, 964, 980, 985, 986
    abertura da 964
    anatomia de superfície 914
    defeitos congênitos 1030
    desenvolvimento 1028, 1219(f), 1222(f)
    direita, persistente 1032
    esquerda, persistente 1032
    obstrução 986
    relações 986
    tributárias 986
    variações 986
cefálica 610, 778, 779, 781(f), 787, 828, 853
  acessória 853
  anatomia de superfície 789
  desenvolvimento 905
  na mão 894
central, da retina 666
cerebelares
  inferiores 255
  superiores 255
cerebrais
cerebral magna 255, 256, 256(f)
cervical, profunda 452-3
ciliares 681
circum-hepática 1028, 1219(f), 1220(f), 1221(f)
cística 1049, 1180
cólica
conjuntivais 672
corióidea 242, 255(f), 256
coronária, desenvolvimento 1026
da boca 492, 541
da cabeça, primária 610
da cavidade nasal 553
da cóclea 642
  anteriores 255
  desenvolvimento 392
  direita 1145
  esquerda 1150
    ligadura 1149
  externa(superficial) 255
  inferiores 255, 256(f)
  internas 255
  magna 255, 256, 256(f)
  média 1145, 1147
  média 392
    profundas/superficiais 255
  posteriores 255
  superiores 255
da hipófise 323
da retina, central 696
digitais
  dorsal, da mão 894
  palmares 894
diploica 431-2
  anterior 541
do átrio, oblíqua 986
do cotovelo, intermédia 778, 781(f), 828, 853
  anatomia de superfície 789
  venopunção 789
do labirinto 642
do membro inferior 1334-5, 1335(f)
dorsal
  da língua 451
  da mão 894
  do pênis 1273
  metacarpais 895, 895(f)
dos seios paranasais 557, 558
embrionárias, esquerda e direita 1220
emissária 392, 423, 425, 432-3, 492
  condilar 432
  do osso 91
  mastóidea 432
  occipital 432
  parietal 432
epigástrica
  inferior 1056, 1059, 1090
    "cabeça-de-medusa" 1059
  superior 1056
episclerais 686
esfenopalatina 541, 553
esofágicas 951, 1118
espinal 255
esplênica 1150, 1193
  tributárias pancreáticas 1186, 1193
estelares, do rim 1233
estilomastóidea 492
estriada 255
facial 451, 492, 538, 666
  anterior 393
  tributárias 451, 492
faríngea 451
  ventral 610
femoral 1350, 1351(f), 1352(f), 1378, 1381-2
  anatomia de superfície 1344
  canulação 1344
  comum 1041
fibulares 1426
frênicas 1010

esquerda 984
inferiores 1076
gástrica
curtas 1268
direita 1118, 1268
esquerda 950, 1049, 1118, 1268
posterior 1118, 1268
gastromental
direita 1268
esquerda 1268
glúteas, superiores/inferiores 1041, 1090
gonadal 1075
esquerda 1233
grandes vasos, conexões anormais 1031-2
hemiázigo 208, 911, 927, 928, 940, 951, 985, 987, 1075, 1118
acessória 927, 928, 940
hepática 1048, 1171-2, 1172(f), 1174
aferente 1221
comum 1171, 1220
desenvolvimento 1028, 1208, 1221
direita 1171
esquerda 1172
intermédia 1171
tributárias 1172
hepatocardíaca 1221
umbilical 1221
vitelina
direita 1221
esquerda 1221
ileocólica 1145, 1146
ilíaca
circunflexa, profunda 1090
comum 987, 1089, 1090(f)
direita 1089
esquerda 1089, 1219
externa 1041, 1090
doença 1090
interna 1041, 1089-90, 1284
infraorbital 492, 666
intercapitular 894
intercostais 951
anteriores 928
desenvolvimento 1028
posteriores 928, 940, 987
superior 987
direita 928
esquerda 927-8, 959, 984
interlobulares, do rim 1233
intersegmentar 1219, 1220
intervertebral 715
intralobular, do fígado 1174
intramedular 757
intraparenquimatosa 392
jugular
anterior 407, 451
externa 407, 451, 610
posterior 451
tributárias 451
interna 400, 407, 451, 452, 610
canulação 453, 978
desenvolvimento 392, 393
tributárias 451
laríngea 588, 610
lingual 451, 505
dorsal 451, 505
profunda 451, 503, 505
linguofacial 610
lobar, média 997
lombar 208, 715, 1075
anastomoses 1075
ascendente 987, 1075
marginal 903
direita 964, 982
massetérica 541
maxilares 541, 541(f)
primitiva 392
mediana 853
anatomia de superfície 789
anterior 757
profunda 778, 779
medular mediana
anterior 255
posterior 255, 757
medular, da glândula suprarrenal 1198
meníngeas 431
médias 431, 541
mentual 494
mesentérica
inferior 1141, 1141(f), 1150, 1150(f)
identificação cirúrgica 1184-5
ligadura 1149
superior 1130, 1130(f), 1132(f), 1150, 1209
tributárias 1130
trombose 1187
metacarpais
dorsais 895, 895(f)
palmares 895
metatarsais, plantares 1334
oblíqua
desenvolvimento 1028
do antebraço 853
do átrio esquerdo 964, 981-2, 982(f)
obturatórias 1041, 1089
occipital 490(f), 492
oftálmica 433, 656, 671
inferior 429, 541, 656, 666
superior 429, 666
ovárica 208, 1293, 1295
palatina
externa 563, 620, 620(f)
maior 541
palmares, metacarpais 895
pancreaticoduodenal
inferior 1128
superior 1128
paratonsilar *ver* veias(específicas), palatina; veias(específicas) palatina, externa
pericárdicas 987
peroneais *ver* veias(específicas), fibulares
pineal 324
pontina 255
poplítea 1409
porta 131, 1048-9, 1170-1
anormalidades 1208
ausência de valvas 1048
desenvolvimento 1028
do feto 1048, 1208
tributárias 1049, 1170
variações 1170
pós-axial, do membro do embrião 903, 905
pós-cardinal 1219, 1219(f)
desenvolvimento 1028
direita, persistência 1220
posterior, do ventrículo esquerdo 981, 982(f)
pré-axial, do membro do embrião 903, 905, 906(f), 1463
pré-cardinal 392, 610, 1220(f)
desenvolvimento 1027
profunda do fêmur 1381
pterigóidea 541
púbica 1090
pudenda
externa 1280, 1282(f)
interna 1089, 1098
pulmonar 962, 991, 997-8, 997(f), 1032
desenvolvimento 1020, 1035
direita 964, 968
inferior direita/esquerda 997
superior direita/esquerda 997
radiais 853, 895
radicular 254, 757, 759(f)
renal 208, 1076, 1233, 1233(f), 1293, 1295
direita 1233
esquerda 1233
retroaórtica esquerda 1233
retais
médias 1090, 1155
superior 1150, 1155, 1160
retinociliar 694
retromandibular 428, 492, 494, 496, 496(f), 496(s), 541
sacral
lateral 1089-90
mediana 1089
safena
cirurgia de revascularização do miocárdio 981
magna 1280, 1282(f), 1335(f), 1381, 1409
anatomia de superfície 1344
parva 1409
anatomia de superfície 1344
tributárias 1409
tributárias magnas 1381-2
seios, durais *ver* seio(s) venoso(s) da dura-máter
sigmóidea, emissária 425
sigmóideas 425
subarqueada 629
subcardinal 207, 1219, 1220, 1221
desenvolvimento 1219
persistência(esquerda) 1075
subcentral 207
subclávia 407, 452, 818
canulação 978
desenvolvimento 1027
subcortical 392
subependimária 392
sublingual 451, 505
subtunicais 1274
supracardinal 207
desenvolvimento posterior 208
direita 1219
esquerda 1219
supraorbital 491-2, 666
primitiva 393
suprarrenal 1076
acessória 1198
direita 1198
esquerda 1198, 1233
supratrocleares 491
talamoestriada 237, 255(f), 256, 311
temporal

média 491, 492
profunda 541
testicular 208, 1264
varicocele 1264
tibiais
anteriores 1334, 1426
posteriores 1334, 1426
tímicas 946, 987
tireóidea
inferior 452(f), 453(f), 456(f), 462, 985, 987
média 451, 462
superficial 490(f), 496(f)
superior 451, 462
torácica interna(mamária) 927
torácica, interna(mamária) 927, 987
transcortical, do esterno 918
traqueobrônquica 610
ulnares 853
umbilical 182, 206, 207, 1019, 1028, 1028(f), 1049, 1221
alterações durante o desenvolvimento 1209, 1221, 1222
cateterização 1222
desenvolvimento 1220(f), 1221
do feto/recém-nascido 1222
esquerda 1170
remanescentes 1062
regressão 1221-2
umbilical ímpar 207
uterinas 1300
vaginal 1284
vertebral 452
acessória 448, 452
anterior 452
esquerda 987
tributárias 453
vitelina 206, 207, 1220
alterações durante o desenvolvimento 1221-2, 1221(f), 1222(f)
anastomoses da 1220
ascendente 1220
atrofia 1221
desenvolvimento 1220(f)
desenvolvimento do fígado 1207
direita 1220
esquerda 1220
hepatocardíaca 1219, 1220
viteloumbilical, alterações durante o desenvolvimento 1221-2, 1221(f), 1222(f)
vorticosas, do bulbo do olho 666, 682(f)
veias(geral) 130-1, 134, 134(f)
alterações na pressão sanguínea 134
colaterais, após ligadura da veia renal 1233
desenvolvimento, nos membros 903
do embrião, complexos venosos 1222
estrutura 134, 137
inervação 138
satélite 131
suprimento sanguíneo 137
troca de calor 131
valvas 134, 134(f)
varicosas 1426
velocidade do crescimento
de tecidos/órgãos, da cabeça 217, 217(f)
do pelo 153
efeitos do ambiente materno 213
venograma, renal 1233(f)
venopunção, cotovelo 789
ventrículo(s)
da laringe 582, 583
do cérebro 227
do coração 965(f), 968(f), 971(f)
aumento do tamanho 244
defeitos do septo 974-5, 1030, 1031
desenvolvimento 1018, 1020
desenvolvimento 383
direito 960, 962, 964, 966
ao nascimento 1030
características externas 96, 964, 969
relações 968
ver também bulbus cordis
dupla via de entrada 1030
dupla via de saída 1031
esquerdo 962, 963, 968-70
ao nascimento 1030
lateral 227, 228(f), 237-9, 237(f), 238(f), 335
quarto 227, 240, 240(f), 297, 298
desenvolvimento 377
meduloblastoma do teto 309
teto 377
septação 1023-5, *1025*
suprimento arterial 253
terceiro 227, 239
desenvolvimento 380, 381(f)
terminal, da medula espinal 257
ver também bulbus cordis
vênulas 131, 133
cerebrais 139
de endotélio alto(HEV) 72, 73(f), 133, 136, 136(f)
musculares 133
pós-capilares 131, 133
vênulas de endotélio alto(HEV) 72, 73(f)
vergência(movimento do olho) 661
verme, do cerebelo 298, 426
conexões eferentes 306(f)
função antecipatória 308-9
inferior 298
linha mediana 226, 298
posterior 664
verniz caseoso 157, 213
verruga 159
verrugas do hipocampo 351
versão(movimento do olho) 661
vértebra(s) 716-24
anatomia de superfície 912, 914
câncer 744
capacidade de suportar carga 744
centro de blastema 766(f), 767, 767(f)
cervicais 397, 718-21
C1 *ver* atlas(vértebra C1)
C2 *ver* áxis(vértebra C2)
C3-C7
anomalias 770
desenvolvimento 770
C7 *ver* vértebra(s), proeminente
desenvolvimento 770
fixações musculares 719
fusão(inapropriada) 770
ossificação 719, 770
primeira *ver* atlas(vértebra C1)
segunda *ver* áxis(vértebra C2)
típica 718-19
união dos arcos 768
coccígeas 728
ver também cóccix
corpo *ver* corpo(s), vertebral
cuneiforme 768
desenvolvimento 763, 768-72
anormal na espinha bífida 772
estágio de blastema 768
estágio de cartilagem 768
estágio de ossificação 768
somitos 767, 768
dimorfismo sexual 717
doença inflamatória 744
em bloco 719, 1014
estrutura 716, 716(f)
infecção 744
lombares 723-4, 724(f)
alterações relacionadas com a idade 714
desenvolvimento 771
fixações fasciais 723-4
origem embrionária 769, 769(f)
ossificação 724, 771
quinta 724
união dos arcos 768
lombossacrais, malformações 772
movimentos 744
natureza segmentar 768
origem embrionária 769, 769(f)
ossificação 771
centros 768, 769(f)
cervical 719, 770
lombar 724, 771
processos *ver* processo
proeminente(vértebra C7) 397, 721, 745, 746(f)
espinha do 405
fixações musculares 721
ossificação 721
sacrais *ver* sacro
segunda *ver* áxis(vértebra C2)
suprimento arterial 91
tamanho 716
típica 715-18, 716(f)
torácicas 716(f), 721-3
primeira 722, 722(f)
nona 722, 722(f)
décima 722, 722(f)
décima primeira 714-15, 722(f)
desenvolvimento 770-1
fixações musculares 722
origem embrionária 769, 769(f)
ossificação 722
trauma 744
ver também coluna(s), vertebral; espinha, vertebral
vertigem 639, 649
vesícula(s) 3(f), 4
auditiva *ver* otocisto
cerebral 362, 362(f)
da lente 699
de zimogênio 28
metanéfrica 1309(f)
óptica 699, 700(f), 702
desenvolvimento 380
ver também otocisto
pinocitóticas 128, 136, 137, 139, 676, 1237
das células do mesotélio pleural 991
seminais *ver* glândulas1270, 1317
sinápticas 44, 45, 46, 47, 48, 62, 62(f)
inervação 1270
linfáticos 1270

microestrutura 1270
secreção 1270
suprimento vascular 1270
umbilical, primária 173
vesícula biliar 1177-81
anatomia 1177, 1177(f)
anatomia de superfície 1054, 1179
artérias 1179-80
desenvolvimento 1207, 1207(f)
dor referida 1181
duplicação 1177
inflamação 1179
linfáticos 1180
microestrutura 1181, 1181(f)
mucosa 1181
nervos 1172, 1180-1
recém-nascido 1209
secreções 1181
veias 1180
vesícula sexual 22
vestíbulo
da boca 499
ver também cavidade(s), bucal
da bolsa omental 1108
da vagina 1279(f), 1280
desenvolvimento 1316
do labirinto, da orelha interna 633-4, 633(f)
do nariz 551
pelos(vibrissas) 551
membranáceo 652
vestibulocerebelo 303, 305, 308, 664
conexões 308
conexões das células de Purkinje 307
projeções das fibras musgosas 305
vestígios, da notocorda 768
véu, medular
anterior 298
desenvolvimento 362
inferior 240
superior 240, 281(f), 284, 288, 298
via(s)
auditiva 314, 649(f)
central 647-8
periférica 646-7
autônomas *ver* sistemas, nervoso(específico)
colinérgica, do cérebro anterior até o córtex 341, 352
coluna posterior-lemnisco medial 280]
contralateral(comissural) 402-3, 402(f), 403(f)
controle da dor 292
corticopontina 230, 284, 289, 306
corticopontocerebelar 298
corticorreticular 230
direta, do estriado 329, 331, 332
dopamínica
"mesoestriatal" 329, 332
mesolímbica 331, 332
espinal, monoaminérgica 270-1
espinocerebelar, doença 309
espinocervicotalâmica 267
espinomesencefálica 267
espinorreticular 267
espinorreticulotalamocortical 267
gustativa 508
indireta, do estriado 329, 329(f), 331, 332
hipoativa 332
ipsilateral(de associação) 402-3, 402(f), 403(f)
motora, descendente 228-9
núcleo-olivar 308
olfatória 348-357, 349
perfurante 351
proprioespinal 271
reflexo bulbar 294
reticulospinal 230
sensitiva, ascendente 227-8
serotoninérgica 293
somatossensitiva 314
subceruleospinal 294
subcorticospinal, mielinização 389
talamocortical 326
trigeminotalâmica 314
uveoescleral 676, 686
vestibulospinal 230
visceral
aferente 235-6, 235(f)
eferente 231, 232(t), 233
visual 314, 347, 696-7, 696(f)
ver também fibra(s); trato(s)
via de transporte de elétrons(citocromo) 13
via do desenvolvimento masculino 1319
vias aéreas, de condução
artérias 999(f)
desenvolvimento 1033(f), 1034
cartilagem 1034
malformações congênitas 1036-7, 1037(f)
veias 999(f)
ver também brônquio(s); traqueia
vibrissas 551
vilina 15, 18
vilos(vilosidades)
da aracnoide 243-4, 244(f)
da placenta 176, 178-9
especialização dos 176
terminais 176
transporte através de 180
do cório frondoso 177(f), 180
do duodeno 1131
do intestino delgado 1132-3, 1133(f)
desenvolvimento 1210
estrutura 1135
do intestino grosso, desenvolvimento 1212
do jejuno 1131
sinoviais 100
vimentina 15, 127, 137, 1034, 1051
vinculina 7, 14(f), 15
vínculos tendíneos, dos dedos da mão 879, 881(f)
curtos 879
longos 879
virilha
dor 1375, 1390
ver também região(regiões), inguinal
visão
das cores, área visual V4 347
espacial, vias 345
seletividade direcional 347
seletividade orientacional 347
vísceras, níveis vertebrais 746, 747(t)
viscerocrânio 409, 610
ossos membranáceos 613
ver também arco(s), faríngeo
viscoelasticidade 119-20
vitamina A
deficiência 30, 95
excesso 95
vitamina C, deficiência 34, 95, 533
vitamina D 8
deficiência 533, 958
vólvulo
congênito 1209
do ceco 1142
do sigmoide 1148
gástrico 1113
vômer 415, 420, 472(f), 475, 527, 613
na cavidade nasal 549, 550, 611
ossificação 475
vômito 242
mecanismo 953

W

***Wilson's pencils*(fibras estriatofugais)** 328

X

xerostomia 520

Z

zeaxantina 693
zigóteno 22
zigoto, clivagem 168-71, 169(f)
zixina 15
zona(s)
anal de transição 1157
anticondrogênica, do membro em desenvolvimento 902
arqueada, da cóclea 640
ativa, das sinapses 45
celulares, do linfonodo 73-4
cruzadas, da mão 879
da cartilagem articular 83
da membrana basal(ZMB), da pele 146, 146(f), 157, 158(f)
da próstata 1257, 1257(f), 1258(f)
da subplaca 386
da valva tricúspide 966
de alta pressão, da junção gastroesofágica 1114
de atividade polarizante 901, 900(f)
de cartilagem calcificada 94(f), 95
de crescimento do osso 94, 95
de morte celular pré-programada, formação dos dedos 902
de progresso, do membro em desenvolvimento 900
condições 900
de proliferação, do osso 94, 95, 534
de repouso, do osso 94
de transformação, do colo do útero 1292, 1292(f)
de transição
da parte nasal da faringe 563
da próstata 1259
SNC-SNP 63
do canal vertebral 717
do manto 363, 364(f), 369
do tubo neural 363, 363(f)
fasciculada, da glândula suprarrenal 1200, 1200(f), 1218
glomerulosa, da glândula suprarrenal 1200, 1200(f), 1218
H, do músculo esquelético 105, 108(f)
incerta 323, 331
intermediária 363, 364(f), 369, 386
interna 362, 368

marginal 388
da retina 700
do baço 1195
do tubo neural 363, 363(f), 386
nuclear, da retina 700
orbicular, da articulação do quadril 1387, 1388(f), 1389
pectinada, da cóclea 640
pelúcida 167, 170, 170(f), 1296
reticulada, da glândula suprarrenal 1200, 1200(f)
subependimária 51
subventricular 386
vascularização 392
ventricular 369, 375, 386
ciclo celular 369
vermelha, dos lábios 467, 487, 602
zona ectoderme/endoderme 1324
zônulas, ciliares 686
desenvolvimento 702

Esta p gina foi intencionalmente deixada em branco